

環境省業務委託報告書
平成 27 年度
光化学オキシダント調査検討業務
報告書

平成 28 年 3 月

一般財団法人 日本気象協会

目次

1. 調査の概要	1
1.1. 調査の目的.....	1
1.2. 調査の項目.....	1
1.2.1. 調査項目について.....	1
1.2.2. 検討会および作業部会の実施.....	1
2. 調査結果.....	3
2.1. シミュレーションモデルの改善.....	3
2.1.1. 平成 26 年度のシミュレーションの課題および対応方法	3
2.1.2. 対応方法について.....	4
2.1.3. 平成 26 年度のシミュレーションの課題に対する対応方法および対応結果	14
2.1.4. 他モデルとの比較	23
2.1.5. シミュレーションモデルの改善まとめ	26
2.2. シミュレーションモデルの精度レベルの確認.....	27
2.2.1. シミュレーションモデルの再現性の目標水準	27
2.2.2. 新指標統計値について	27
2.2.3. シミュレーションモデルの再現性の確認結果	27
2.2.4. 精度レベルの確認のまとめ	39
2.3. シミュレーションモデルを用いた 3 つの要因の解析	44
2.3.1. 越境大気汚染の増加の影響の解析	46
2.3.2. 越境大気汚染の増加の影響の解析(基準年を変えた場合の影響の検討)	51
2.3.3. 光化学オキシダント前駆物質(NO_x 、 VOC (NMHC))濃度の影響.....	54
2.4. これまでの光化学オキシダント排出抑制対策の効果等の把握	57
2.4.1. 固定蒸発 VOC 排出量削減の影響の解析.....	57
2.4.2. O_3 の濃度レンジによる感度の違いについて	59
2.5. シミュレーションモデルを用いた解析のまとめ	61
2.6. 光化学オキシダント調査検討会検討結果について.....	62
2.6.1. 光化学オキシダント調査検討会検討結果のとりまとめ.....	62
2.6.2. 今後の課題	63

要 約

国内の光化学オキシダント濃度の長期トレンドに影響を及ぼす主な要因であることが示唆された「越境大気汚染の増加」、「オゾン前駆物質排出量の減少」および「NO タイトレーション効果の低下」の寄与の大きさを定量的に求め、これまでの光化学オキシダント対策の効果および今後の対策について検討することを目的としてシミュレーションを用いた解析を実施した。なお、日最高 8 時間平均値の暖候期(4~9 月)98 パーセンタイル値を指標として評価を行った。

解析を行うにあたって、昨年構築したモデルの改良を行った。主な改良点は、東アジア領域の境界値データ、東アジア領域における日本付近のインベントリおよび植物起源 VOC 排出量の設定方法である。

改良を行ったシミュレーションモデルは、 O_3 、 NO_2 、NMHC の絶対値の精度には一部課題があるものの、10 年間(2001~2010 年)のトレンドは概ね再現していた。また、他機関が研究で用いているモデルと精度について比較した結果、同等の精度を有していることが明らかとなった。

改良したモデルを用いて、「越境大気汚染の影響」、「前駆物質濃度の影響」および「固定蒸発 VOC 削減対策の効果」について解析を行った。「越境大気汚染の影響」は、関東よりも九州地域の方が大きいことを確認した。「前駆物質濃度の影響」は、 NO_x および VOC の排出量の変化の組み合わせの違いによって、 O_3 濃度が上昇もしくは低下する地域が異なることが示唆された。また、「固定蒸発 VOC 削減対策」によって、関東地域全域で O_3 濃度が低下していたことを確認した。

光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための新指標の算出方法を確定し、各都道府県の新指標の値を算出した。

Summary

In recent studies, the increasing trend of O₃ has been ascribed to an increase in transboundary transport, a reduction in precursors, and reduced titration by NO. We used a regional chemistry–transport model to quantify the effects of these three factors and examine their effect on past and future measurements of O₃. We used the 98th percentile values for the daily maximum 8-h average in the warm season (April–September) as the O₃ index.

Before performing the analysis, we improved the model that was constructed last year. The main improvements were the boundary data for the East Asia region, the anthropogenic emissions inventory in the vicinity of Japan in the East Asia region, and the method for estimation of biogenic emissions of volatile organic compounds (VOC).

When evaluating the performance of the improved model, there were some problems with the accuracy of the absolute values of O₃, NO₂, and non-methane hydrocarbons; however, the trend in the concentrations of these substances from 2001 to 2010 was approximately reproduced. Moreover, there was no significant difference in accuracy between the present model and those used for research in other institutes.

An analysis using the improved model revealed that the effect of transboundary transport of O₃ in the Kyushu region, Japan, was greater than in the Kanto region of Japan. The areas wherein O₃ concentrations increased or decreased were different because of a combination of changes in the emissions of NO_x and VOC. The reduction in VOC emissions from fixed sources could have caused the decrease in O₃ over the entire Kanto region.

In addition, we confirmed that the calculation method of the new index (3-year moving averages of 99th percentile values for the daily maximum 8-h average in the year) can appropriately indicate the environmental improvement effect of photochemical oxidants. We also calculated the values of new indicators for each prefecture.

1. 調査の概要

1.1. 調査の目的

「光化学オキシダント調査検討会」において、平成 25 年度に光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標(日最高 8 時間値平均値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値)が示され、その指標により、過去の光化学オキシダント濃度を解析した結果、長期トレンドは、越境大気汚染の増加、前駆物質排出量の減少、NO タイトレーション効果の低下が光化学オキシダント生成に影響を及ぼす主な要因であることが示唆された。

本業務は、3 つの要因の寄与割合について、シミュレーションを用いて定量的に解析をすることで、これまでの対策の効果および今後の対策に資する調査検討を実施するものである。

1.2. 調査の項目

1.2.1. 調査項目について

調査項目は以下の項目からなる。

<シミュレーションモデルについて>

- ① シミュレーションモデルの改善
- ② シミュレーションモデルを用いた 3 つの要因の解析
 - ・越境大気汚染の影響
 - ・光化学オキシダント前駆物質(NO_x、VOC(NMHC))濃度の影響
 - ・NO タイトレーション効果の低下の影響
- ③ これまでの光化学オキシダント排出抑制対策の効果等の把握
- ④ 光化学オキシダント調査検討会検討結果のとりまとめ

<光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標について>

- ① 統計処理方法の確定
- ② 全国の測定データを対象とした解析の実施

1.2.2. 検討会および作業部会の実施

昨年度に引き続き、「光化学オキシダント調査検討会」の他に、シミュレーションを用いた解析の方針、具体的な解析内容および解析結果について、より専門的な視点からの検討を行うため「シミュレーション解析作業部会」を実施した。なお、今年度は、作業部会長を設置し、作業部会における議事進行、作業部会におけるアウトプットのとりまとめ、検討会への情報の還元等を担って頂いた。

今年度の「光化学オキシダント調査検討会」および「シミュレーション解析作業部会」の開催状況と議題について図 1-1 に整理した。

■**第一回検討会（平成 27 年 9 月 4 日開催）**

- 光化学オキシダント調査検討について
- 平成 26 年度の解析結果について
- 平成 27 年度の解析計画について

●**第一回解析作業部会（平成 27 年 9 月 24 日開催）**

- (1) 光化学オキシダントシミュレーションによる解析作業部会について
- (2) 平成 26 年度調査における計算結果の精度について
- (3) 平成 27 年度解析計画について
- (4) シミュレーションモデルの構築・改善

●**第二回解析作業部会（平成 27 年 10 月 30 日開催）**

- (1) 追加検討項目および対応状況について
- (2) 再現性向上に関する作業について
- (3) 60km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (4) 10km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (5) 他モデルとの比較

●**第三回解析作業部会（平成 27 年 11 月 10 日開催）**

- (1) 追加検討項目および対応状況について
- (2) 再現性向上に関する作業について
- (3) 60km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (4) 10km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (5) 平成 27 年度の解析計画について

●**第四回解析作業部会（平成 27 年 12 月 2 日開催）**

- (1) 追加検討項目および対応状況について
- (2) 排出量データの比較について
- (3) 60km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (4) 10km 格子における計算結果を対象とした解析結果
- (5) 平成 27 年度の解析計画について

■**第二回検討会（平成 28 年 1 月 15 日開催）**

- これまでの検討内容と対応状況について
- シミュレーションモデルの構築・改善について
- シミュレーションモデルを用いた解析について

●**第五回解析作業部会（平成 28 年 2 月 16 日開催）**

- (1) 指摘事項および対応状況について
- (2) 指摘事項に対する解析結果について
- (3) シミュレーションモデルを用いた解析結果について
- (4) 第三回検討会の議題および課題について

■**第三回検討会（平成 28 年 3 月 25 日開催）**

- これまでの検討内容と対応状況について
- シミュレーションモデルを用いた解析結果について

図 1-1 光化学オキシダント調査検討会およびシミュレーション解析作業部会の開催状況と議題

2. 調査結果

2.1. シミュレーションモデルの改善

2.1.1. 平成 26 年度のシミュレーションの課題および対応方法

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および対応方法を以下に示した。

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 O₃ の再現性(測定値と計算値の相関係数および昼間平均値の比較による評価)が低い。

⇒課題(A)に対する対応方法

東アジア領域の境界値データを MOZART¹から CHASER²へ変更した。

課題(B):東アジア領域(60km)の計算結果について

- ・ O₃ の月平均濃度は、関東・九州地域ともに過大。
- ・ O₃ 新指標相当値³のトレンドの再現性(測定値と計算値の比較による評価)は、関東・九州地域ともに低い。
- ・ NO₂ の月平均濃度は、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(測定値と計算値の比の評価)の低い成分がみられた⁴。

⇒課題(B)に対する対応方法

- ・植物起源 VOC について気象条件を反映した MEGAN⁵による計算値を用いた。
- ・東アジア領域の日本付近のインベントリを REAS2.1⁶から JEI-DB⁷に変更した。

¹ 全球化学輸送モデル(MOZART :Model for Ozone and Related Chemical Tracers ver.4)

² 全球化学輸送・気候モデル(CHASER :CHemical AGCM for Studies of atmospheric Environment and Radiative forcing)

³ 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。

⁴ 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。

⁵ 植物起源 VOC 排出モデル(MEGAN :Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)

⁶ アジアの人為起源インベントリ(REAS2.1:Regional Emission inventory in Asia version 2)

⁷ 日本国内の人為起源インベントリ(JEI-DB :JATOP Emission Inventory-Data Base)

課題(C): 関東・九州領域(10km)の計算結果について

- ・ 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(測定値と計算値の比較による評価)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(測定値と計算値の比の評価)の低い成分がみられた。

⇒課題(C)に対する対応方法

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た。

2.1.2. 対応方法について

2.1.2.1. 境界値データの変更(MOZART から CHASER へ変更)

2001～2010年のデータが揃った全球化学輸送・気候モデル CHASER (CHemical AGCM for Studies of atmospheric Environment and Radiative forcing)の計算結果を東アジア領域の境界値として採用した。CHASERにおける成分とCMAQにおける成分の対応は表2-1に従った。

表 2-1 CHASERとCMAQの成分対応表

CHASER			⇒	CMAQ
データ内容	ファイル名	単位		
C10H16 テルペン	c10h16.bin	ppt		TRP1
C2H4	c2h4.bin	ppb		ETHENE
C2H6	c2h6.bin	ppb		ALK1
C3H8	c3h8.bin	ppt		ALK2
C5H8 イソプレン	c5h8.bin	ppt		ISOPRENE
CH2O	ch2o.bin	ppb		HCHO
CH3CHO	ch3cho.bin	ppt		CCHO
CH3COCH3	ch3coch3.bin	ppt		ACET
CH3OH	ch3oh.bin	ppb		MEOH
CH3OOH	ch3ooh.bin	ppt		COOH
CO	co.bin	ppb		CO
DMS	dms.bin	ppt		SO2
H2O2	h2o2.bin	ppb		HO2H
HNO3	hno3.bin	ppt		HNO3
HNO4	hno4.bin	ppt		HNO4
BC 質量濃度	mc_bc_conbt.bin	kg/m3		AECJ
ダスト 質量濃度	mc_dust_condt.bin	kg/m3		ASOIL
硝酸塩(NH ₄ NO ₃)粒子 質量濃度	mc_nitr_conni.bin	kg/m3		ANO3J
OC 質量濃度	mc_oc_conot.bin	kg/m3		AORGAJ
海塩粒子 質量濃度	mc_salt_connt.bin	kg/m3		ACLK:ANAK=3:2で分配
SOA 質量濃度	mc_soa_conc2.bin	kg/m3		AOLGBJ
硫酸塩((NH ₄) ₂ SO ₄)粒子 質量濃度	mc_sulf_cons1.bin	kg/m3		ASO4J
MPAN	mpan.bin	ppt		MA_PAN
N2O5	n2o5.bin	ppt		N2O5
NH4	nh4.bin	ppt		ANH4J
NO	no.bin	ppt		NO
NO2	no2.bin	ppt		NO2
NO3	no3.bin	ppt		NO3
O3	o3.bin	ppb		O3
その他のNMVOC	onmv.bin	ppt		ALK3:ALK4:ALK5=1:1:1で分配
PAN	pan.bin	ppt		PAN
SO2	so2.bin	ppt		SO2

表 2-1 に従って成分の変換を行ったのち、CHASER のデータを本解析のシミュレーションモデル境界値の格子点に内挿した。

図 2-1 において、 O_3 および NO_2 について 1 層目の内挿状況について確認した。確認の結果、CHASER のデータが、本解析のシミュレーションモデル境界値として適切に内挿されていると判断した。

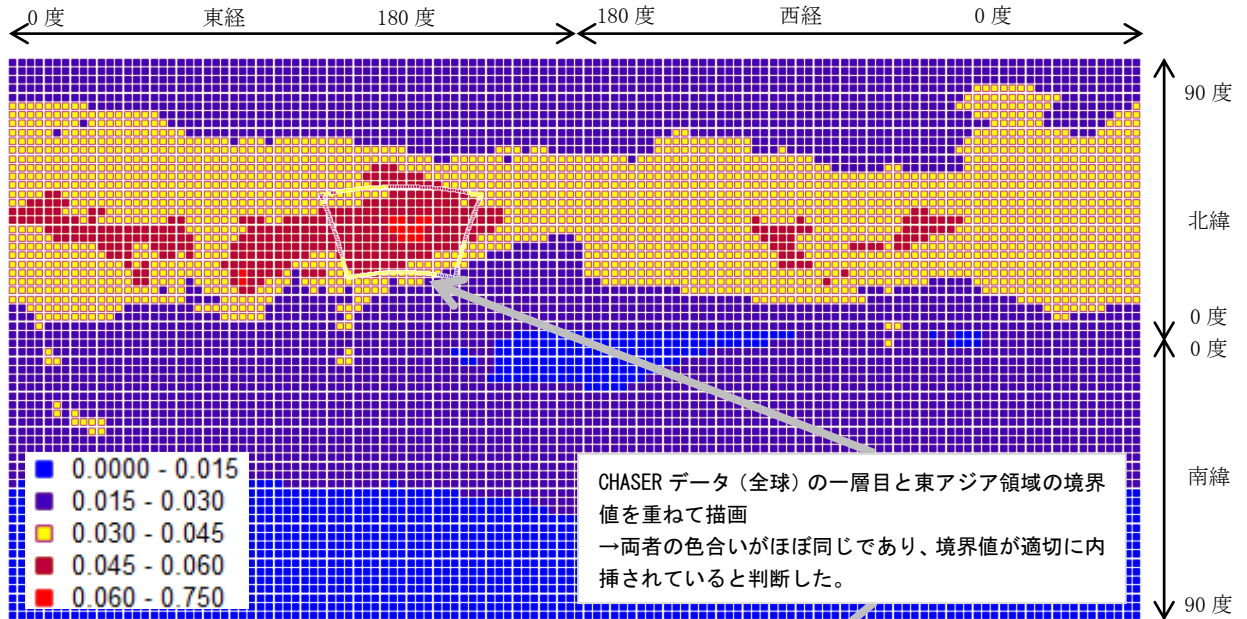


図 2-1 O_3 濃度分布 (ppm)

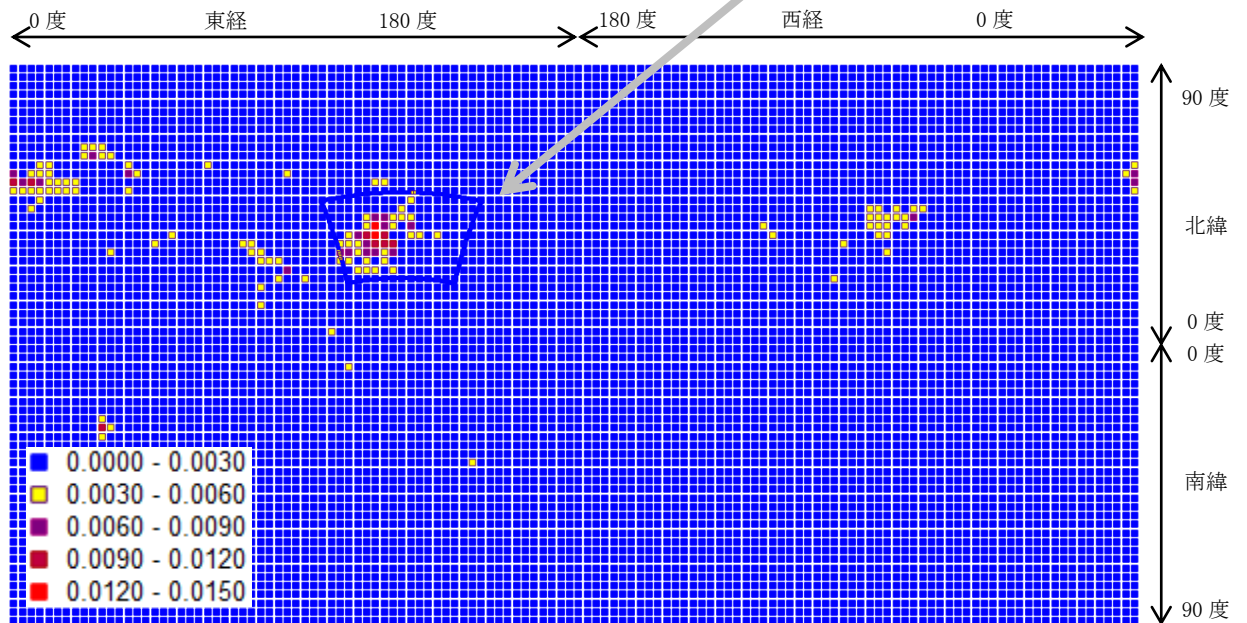


図 2-2 NO_2 濃度分布 (ppm)

2.1.2.2. 植物起源 VOC の算出方法の変更 (MEGAN による計算値を適用)

これまでは、物質ごとの基礎放出量を気象値をパラメータとする変換式に入力することで植物起源 VOC を算出していたが、新たな手法では、MEGAN を用いて植物起源 VOC を算出した。

2.1.2.2.1. MEGAN version2.1 の実行手順について

MEGAN version2.1 の実行手順のフローについて以下に整理した。

- ① MEGAN version2.1 プログラムの解凍
- ② プログラムのコンパイル
- ③ 排出係数ファイルの作成
- ④ LAI、植生割合ファイルの作成
- ⑤ 排出係数、LAI、植生割合ファイルの変換
- ⑥ 気象ファイルの変換
- ⑦ 排出量の推計
- ⑧ 組成分解

2.1.2.2.2. 植物起源 VOC 排出量の検討

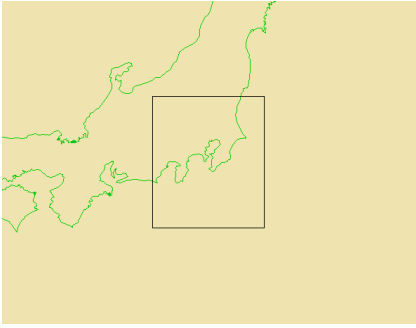
ここでは、①～⑧の上記手順によって計算された植物起源 VOC 排出量を集計し、本手法が植物起源 VOC 算出の代替方法として適用可能かどうか検討した。また、人為起源の VOC 成分、大気汚染物質の排出量についても妥当な排出量が設定されているか確認した。

<植物起源 VOC 排出量の比較方法(人為起源 VOC および大気汚染物質も含む)>

作業部会委員のモデルにおける排出量と本調査のモデルにおける排出量について成分別の比較を行った。植物起源 VOC だけでなく人為起源 VOC および大気汚染物質も検討対象とした。排出量の比較のための設定内容を表 2-2 に示した。

表 2-2 に示したような作業部会委員のモデル領域について、検討対象物質の総量を算出し、作業部会委員のモデルにおける排出量と本調査のモデルにおける排出量を比較した(図 2-3～図 2-6)。また、排出量の比(本調査のモデル/作業部会委員のモデル)を整理した(表 2-3)。以下、要素別に傾向を整理した。

表 2-2 排出量の比較のための設定内容

	設定内容
年月日	2010年4月8日(木)、4月25日(日) 2010年8月5日(木)、8月22日(日) ※4月(春季)と8月(夏季)での関東地方で、植物起源VOCの排出量が多くなる気象条件である、日射量が多い日(平日および休日)を解析対象日とした。
メッシュサイズ	本調査のモデルのメッシュサイズ:60km 作業部会委員のモデルのメッシュサイズ:5km
領域	作業部会委員のモデルの以下の計算領域 
物質	<p>■植物起源 VOC イソプレン (ISOPRENE)、テルペン (TRP1)、セスキテルペン (SESQ) ※作業部会委員のモデルは、テルペンとセスキテルペンを別々に出力しているため、テルペンとセスキテルペンの和を本調査のモデルのテルペンと比較した</p> <p>■VOC 成分 ALK1、ALK2、ALK3、ALK4、ALK5</p> <p>■大気汚染物質 NO、NO₂、CO、SO₂、NH₃</p>
比較方法	1時間ごとの排出量データを合計し、日排出量を算出し比較した。

<植物起源 VOC について(イソプレン、テルペン、セスキテルペン)>

- ・ イソプレンは、比の値が 1.00～3.13 となった。4月の排出量の比は 2.26～3.13、8月の排出量の比は 1.00～1.13 であった。4月の排出量は、作業部会委員のモデルにおける排出量と比較して本調査のモデルにおける排出量の方が多い。8月の排出量に大きな差はみられなかった。
- ・ テルペンは、比の値が 1.56～2.13 で作業部会委員のモデルにおける排出量と比較して本調査のモデルにおける排出量の方が多かった。
- ・ 作業部会委員のモデルにおける排出量について、テルペン排出量にセスキテルペン排出量を加えた場合、4月はセスキテルペン発生量が少ないため比の値は大きく変わらないが、8月はセスキテルペン発生量が多いため、比の値が 1 に近付いた。

<人為起源 VOC について(ALK1、ALK2、ALK3、ALK4、ALK5)>

- ・ ALK1～5 の比の値は、ALK1 および ALK 2 が 0.59～0.88 であった。作業部会委員のモデルにおける排出量と比較して本調査のモデルにおける排出量の方が少ない。ALK3 および ALK 4 は 1.13～1.64 で、作業部会委員のモデルにおける排出量と比較して本調査のモデルにおける排出量の方が多い。また、ALK5 は 1.00～1.06 で両者に大きな差はない。ALK1～ALK5 の総量は両者ともほぼ同等であった。
- ・ ALK1～5 について排出量に差がみられる理由として、以下の原因が考えられた。

①VOC 総量から各成分への分配係数を一部集約していること

例えば作業部会委員のモデルにおいては、産業機械は、農業機械、産業機械、建設機械の 3 種類に分類し、さらに燃料種別に分配係数を設定している。弊社では「ガソリン使用の作業機械」、「軽油使用の作業機械」の 2 種類に分類し、分配係数については平均的な値を設定している。

②分配係数が与えられていない発生源に対する扱いが異なること

本調査のモデルにおいては分配係数が不明である発生源に対しては、発生源カテゴリーの平均的な値を分配係数として設定している。この係数が作業部会委員のモデルで設定した係数と異なる可能性がある。

<大気汚染物質(NO、NO₂、CO、NH₃、SO₂)>

- ・ NO、NO₂、CO、NH₃ は、比の値が 0.87～1.01 で両者に大きな差はなかった。
- ・ SO₂ は、比の値が 0.16～0.18 で作業部会委員提供のモデルにおける排出量と比較して本作業で算出した排出量の方が少なかった。本調査のモデルにおいては、火山からの排出を考慮していないことが原因であると考えられる。

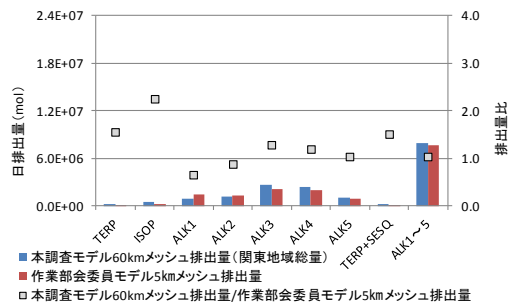
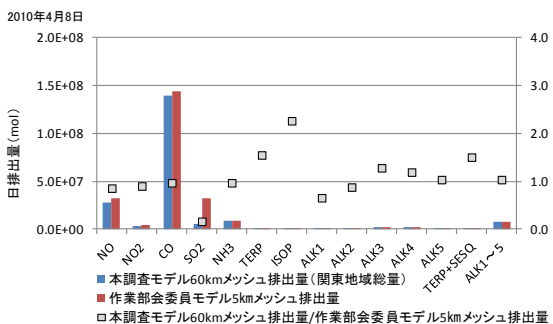


図 2-3 排出量の比較(2010年4月8日 右図は軸の最大値を変更)

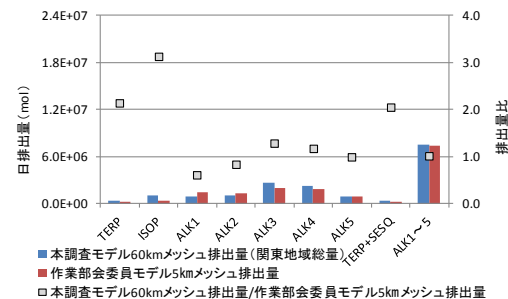
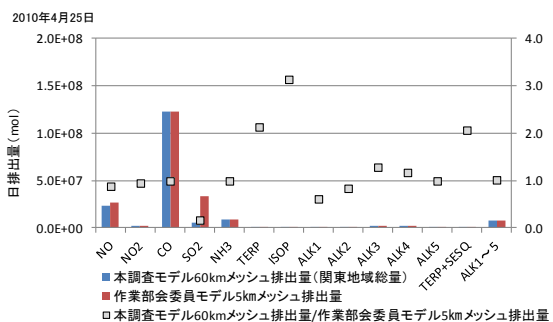


図 2-4 排出量の比較(2010年4月25日 右図は軸の最大値を変更)

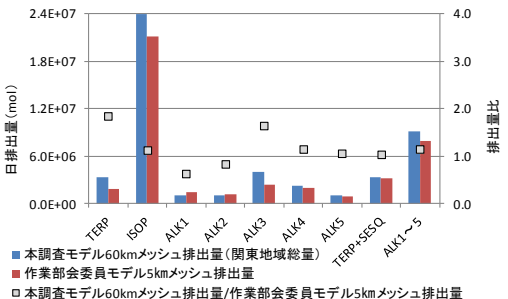
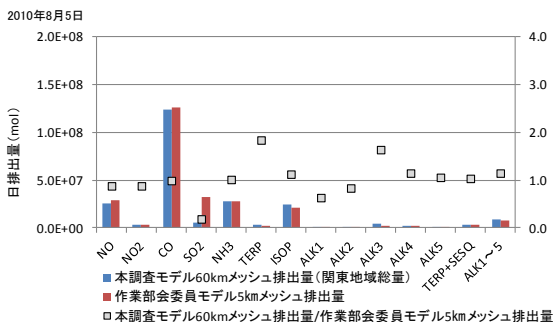


図 2-5 排出量の比較(2010年8月5日 右図は軸の最大値を変更)

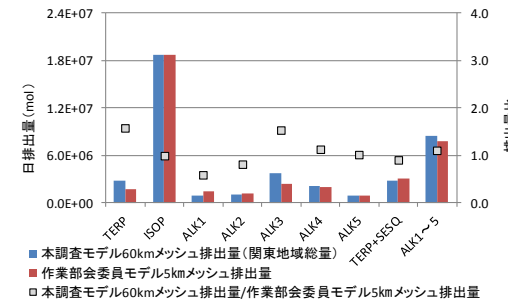
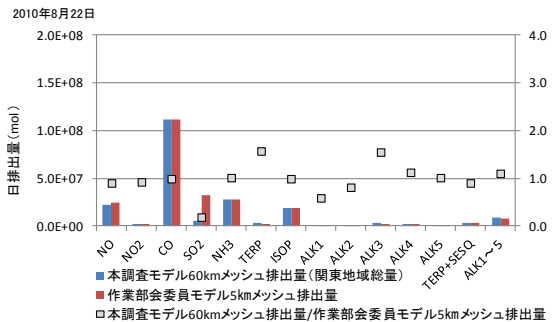


図 2-6 排出量の比較(2010年8月22日 右図は軸の最大値を変更)

表 2-3 排出量の比(本作業における排出量/作業部会委員提供モデルにおける排出量)

2010年	NO	NO ₂	CO	SO ₂	NH ₃	TRP1(+SESQ) _{※1}	ISOP
4月8日	0.87	0.89	0.97	0.17	0.98	1.56 (1.52)	2.26
4月25日	0.88	0.94	1.00	0.16	0.98	2.13 (2.06)	3.13
8月5日	0.88	0.88	0.99	0.18	1.01	1.84 (1.03)	1.13
8月22日	0.89	0.92	1.00	0.18	1.01	1.57 (0.90)	1.00

2010年	ALK1	ALK2	ALK3	ALK4	ALK5	ALK1~ALK5
4月8日	0.66	0.88	1.28	1.19	1.04	1.04
4月25日	0.61	0.84	1.29	1.16	1.00	1.02
8月5日	0.64	0.84	1.64	1.15	1.06	1.15
8月22日	0.59	0.82	1.54	1.13	1.02	1.10

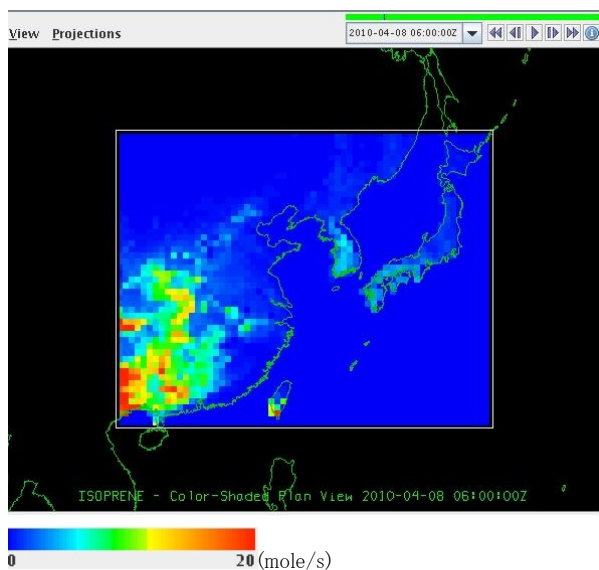
※網掛けは1以下(=本作業における排出量が過小)を表わす
 ※1 (+SESQ)はテルペン排出量とセスキテルペン排出量を足し合わせた場合の比を表わす

イソプレンおよびテルペンの日中(15時)の排出量分布図を図 2-7 および図 2-8 に示した。植物起源 VOC の排出量は、気温(高くなるほど植物起源 VOC 排出量が増える)および日射量(多くなるほど植物起源 VOC 排出量が増える)の影響を受け変化する。計算では、4月と比較して気温が高く、日射量も多い8月の排出量が多くなる傾向がみられるため、本結果は妥当であると考えられた。また、排出位置についても問題ないと考えられた。

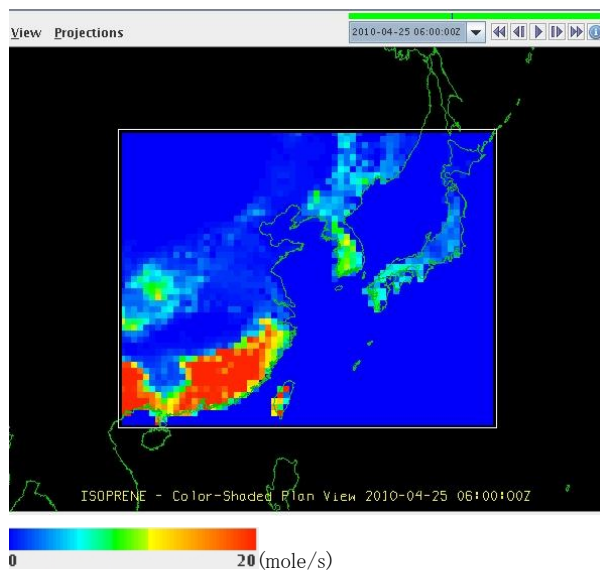
以上の結果から、本手法が植物起源 VOC 算出の代替方法として適用可能であると判断した。また、人為起源の VOC 成分や大気汚染物質の排出量についても妥当な排出量が設定されていると判断した。

イソプレン

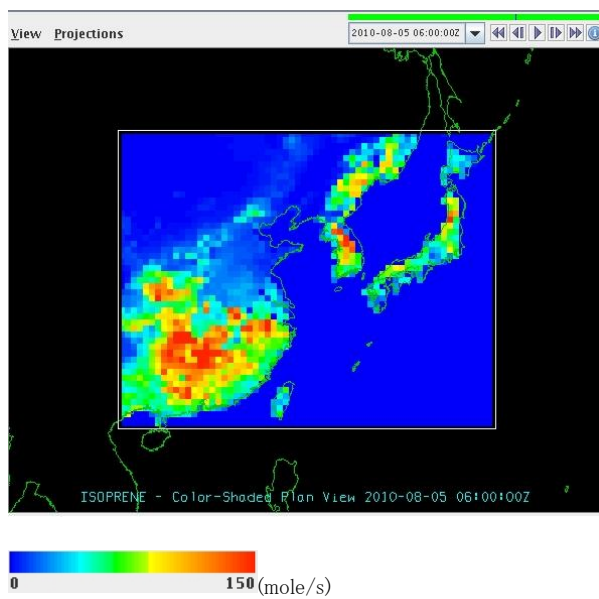
2010年4月8日15時(JST)



2010年4月25日15時(JST)



2010年8月5日15時(JST)



2010年8月22日15時(JST)

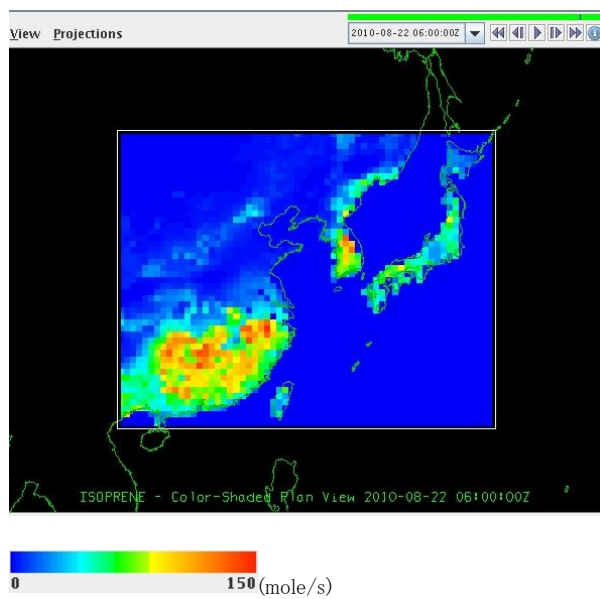
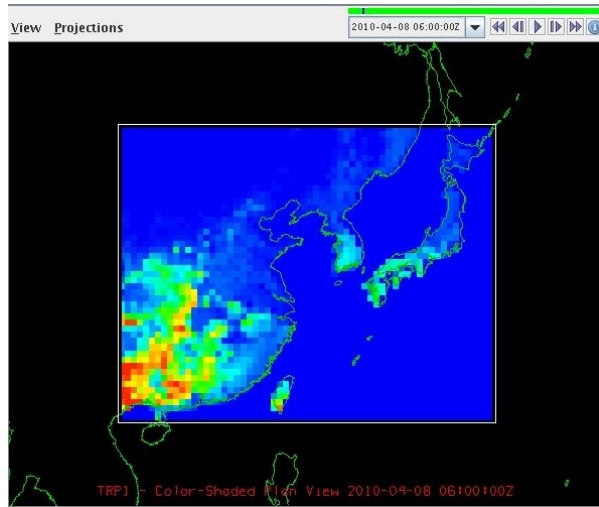


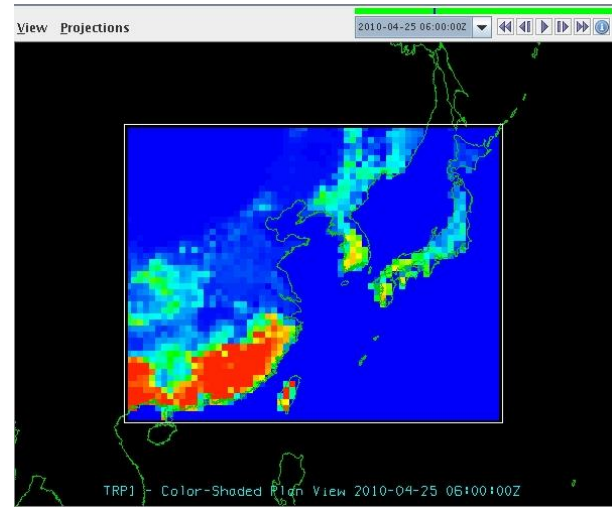
図 2-7 排出量分布(イソプレン)

テルペン

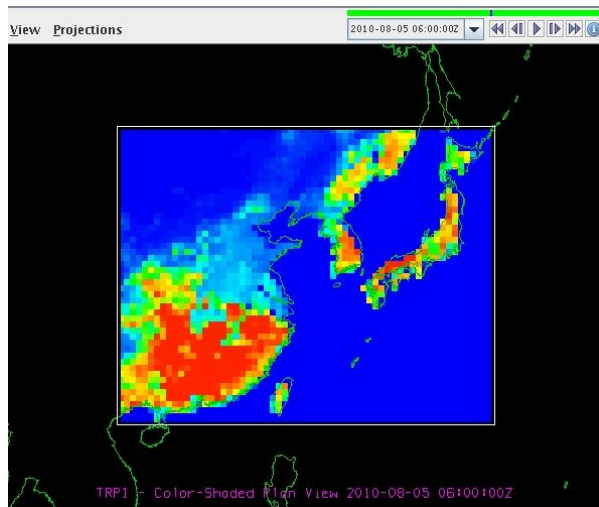
2010年4月8日15時(JST)



2010年4月25日15時(JST)



2010年8月5日15時(JST)



2010年8月22日15時(JST)

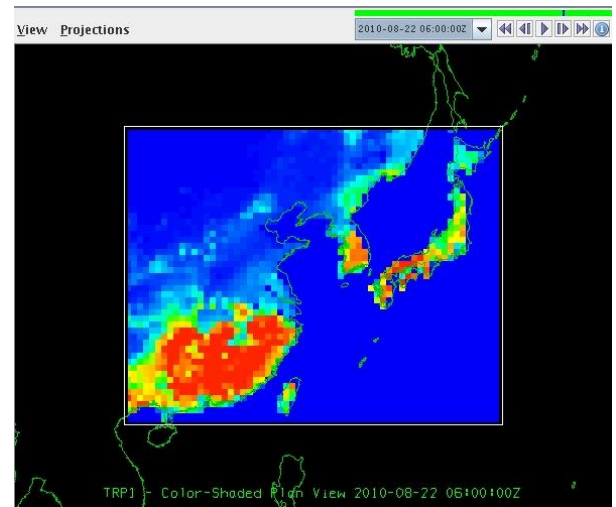


図 2-8 排出量分布(テルペン)

2.1.2.3. 東アジア領域の日本付近のインベントリの変更 (REAS2.1 から JEI-DB に変更)

2008 年以降の東アジア領域の計算のためのインベントリデータについて、日本付近のデータを JEI-DB に差し替えた。具体的には、表 2-9 の四角で囲った範囲 (A~B~C~D) について、REAS2.1 から JEI-DB に置き換えた。

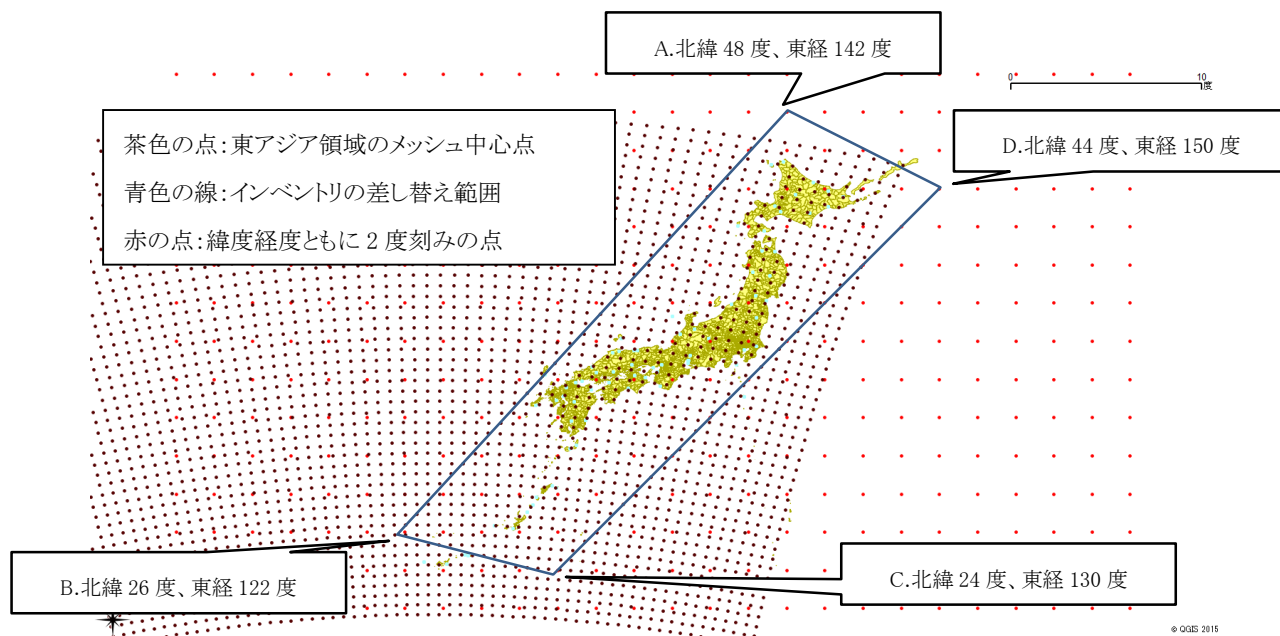


図 2-9 日本付近のインベントリの差し替え範囲

2.1.2.4. その他の対応方法

WRF および CMAQ のスピナップ時間および連続計算時間を変更した。これは、スピナップ時間を長くすることによって初期値の影響を小さくすること、また、連続計算時間を長くすることで、気象現象の連続性を確保することを目的とする。具体的な設定は表 2-4 および表 2-5 のとおりとした。

表 2-4 WRF の計算方法の変更内容

	スピナップ時間	連続計算時間
対応前	3 日	1 週間
対応後	1 週間	6 ヶ月

表 2-5 CMAQ の計算方法の変更内容

	スピナップ時間	連続計算時間
対応前	3 日	1 ヶ月
対応後	1 週間	1 ヶ月

2.1.3. 平成 26 年度のシミュレーションの課題に対する対応方法および対応結果

2.1.1. で示した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および結果について表 2-7～表 2-9 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、O₃ や O₃ 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。また、精度評価で用いた精度評価指標について表 2-6 に整理した。

表 2-6 精度評価指標について

指標	算出式	備考
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。 本解析においては、Cobs=測定値の日平均値、Ccal=計算値の日平均値、N=183(日)である。
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、Cobs=測定値の日平均値、Ccal=計算値の日平均値、N=183(日)である。
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。 本解析においては、日別・地域別に指標を計算後、月平均値を算出した。

表 2-7 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(測定値と計算値の相関係数および昼間平均値)が低い。	
対応方法	
境界値データを MOZART から CHASER へ変更	
目的	
データの不連続性を解消すること	
平成 26 年度設定内容	平成 27 年度設定内容
<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 について月平均値を算出し O₃ 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。このことから、CHASER の方が MOZART よりも O₃ 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 O₃ の再現性が向上した(図 2-12)。このことから、相関係数による評価で日本付近の O₃ 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、O₃ の再現性に改善は見られなかった(図 2-10～図 2-12)。 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 2-13 および図 2-14)。 	

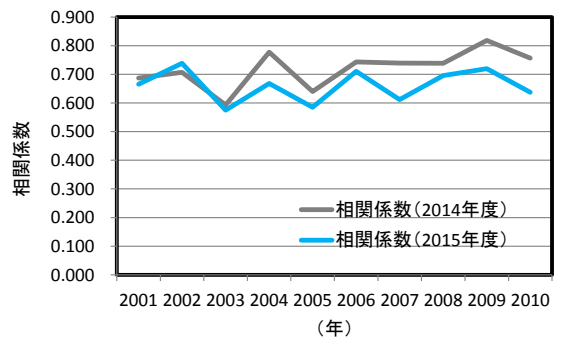
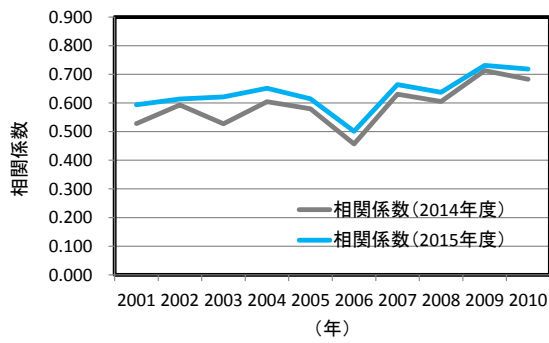


図 2-10 O₃の測定値と計算値の相関係数(暖候期)(左図:隠岐 右図:小笠原)

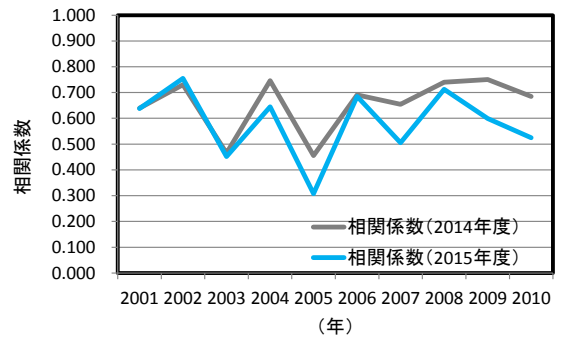
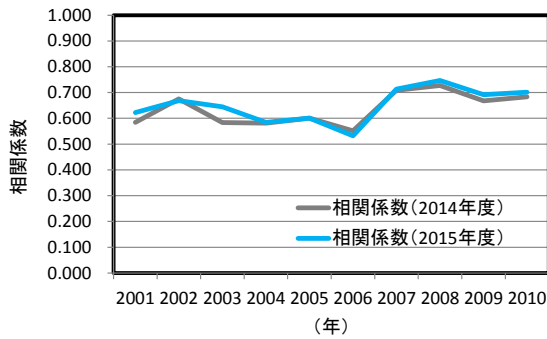


図 2-11 O₃の測定値と計算値の相関係数(4~6月)(左図:隠岐 右図:小笠原)

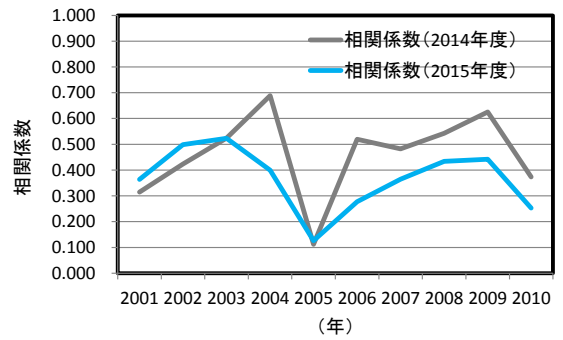
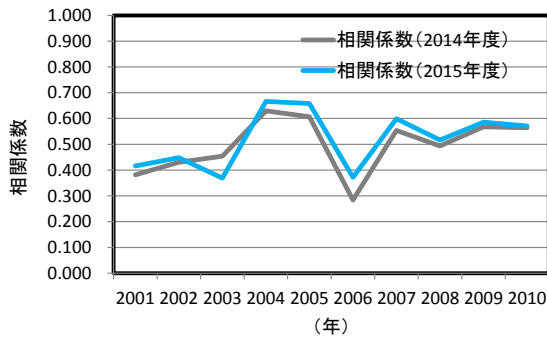


図 2-12 O₃の測定値と計算値の相関係数(7~9月)(左図:隠岐 右図:小笠原)

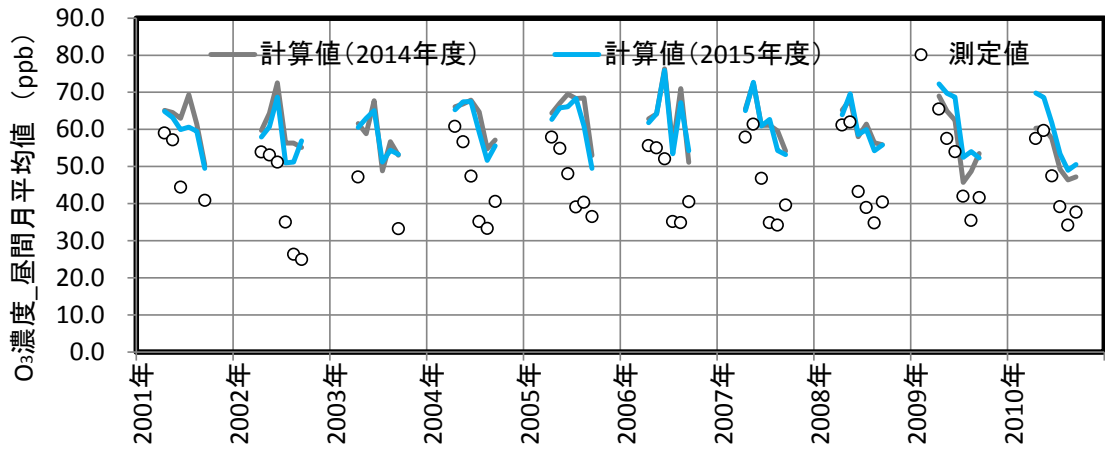


図 2-13 O₃の昼間の日平均値の月平均値(隠岐)

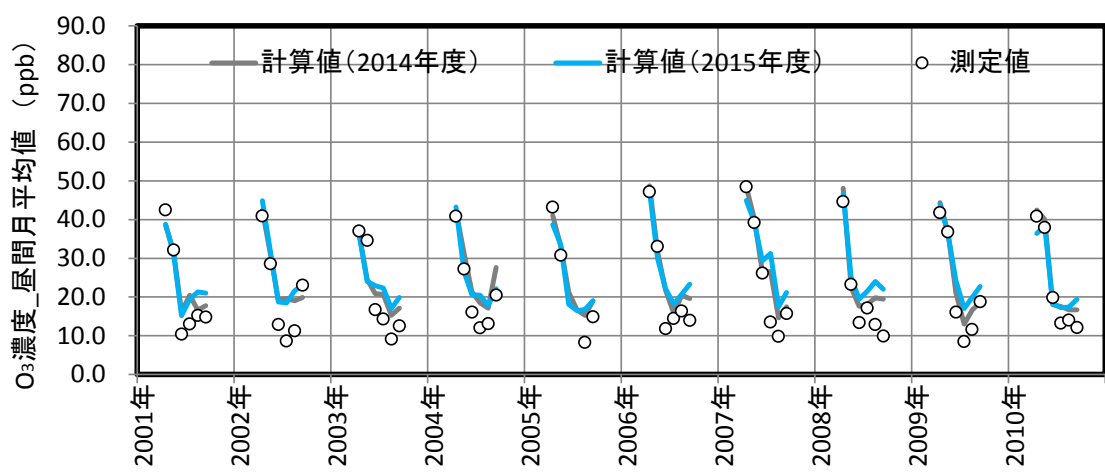


図 2-14 O₃の昼間の日平均値の月平均値(小笠原)

表 2-8 課題(B)の解決のための対応方法および結果

課題(B)	
東アジア領域(60km)の計算結果について	
<ul style="list-style-type: none"> ・ O₃の月平均濃度は、精度評価指標 NB⁸の評価により、関東・九州地域ともに過大。 ・ O₃新指標相当値のトレンドの再現性(測定値と計算値の比較による評価)は、関東・九州地域ともに低い。 ・ NO₂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(測定値と計算値の比の評価)の低い成分がみられた。 	
対応方法	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 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	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 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 	
平成26年度設定内容	平成27年度設定内容
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	平成27年度設定内容
<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"> ・ O₃の月平均濃度の再現性(精度評価指標 NB による評価)は、関東・九州地域ともに向上はみられなかった。O₃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(図 2-15)。 ・ O₃、PO の新指標相当値のトレンドの再現性(測定値と計算値の比較による評価)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 2-16、図 2-17)。 ・ NO₂の月平均濃度の再現性(精度評価指標 NB による評価)は、関東・九州地域ともに向上はみられなかった(参考資料1 p.45,46 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(測定値と計算値の比の評価)⁹は、関東地域において向上した(図 2-18)。 	

⁸ NB 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。

⁹ 主要VOC成分の再現性の評価方法については、「2.2.3.4. 主要VOC成分の再現性」を参照のこと

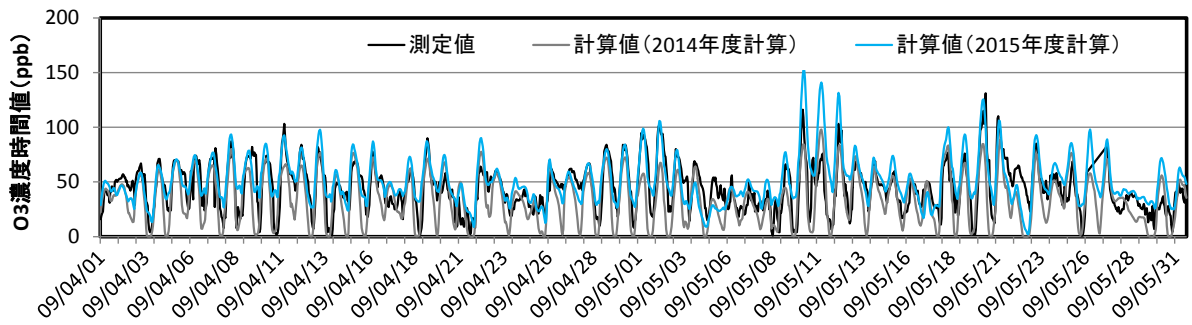
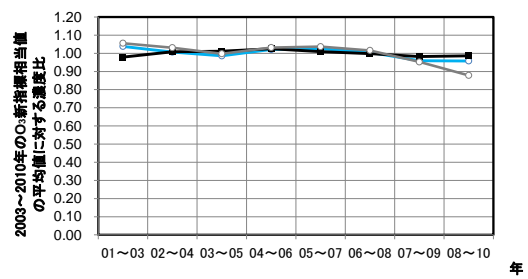
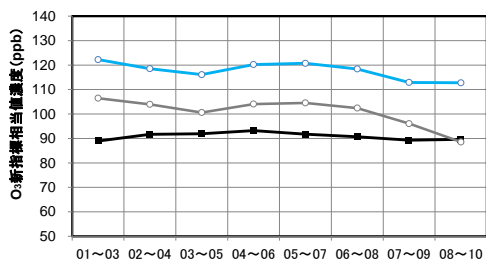


図 2-15 埼玉県衛生研究所における O₃ 測定値と計算値の経過図(2009 年 4~5 月抜粋)

関東地域 (O₃ 新指標相当値)



九州地域 (O₃ 新指標相当値)

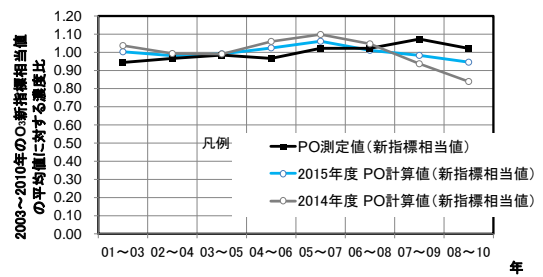
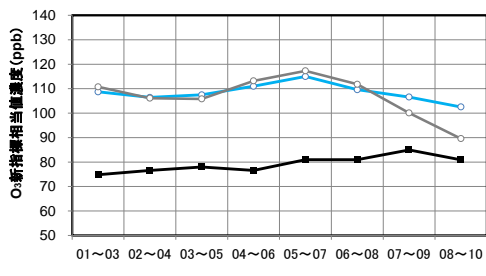
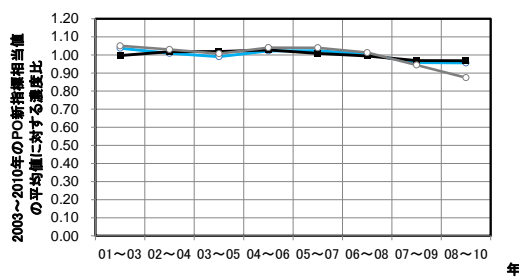
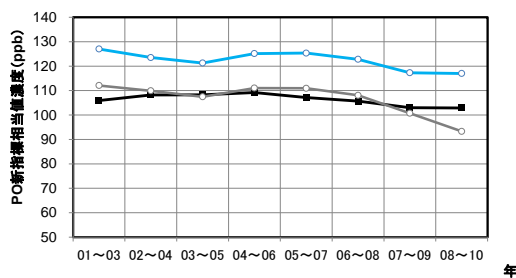


図 2-16 O₃ 新指標相当値の推移(60km 計算値)

(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)

関東地域(PO 新指標相当値)



九州地域(PO 新指標相当値)

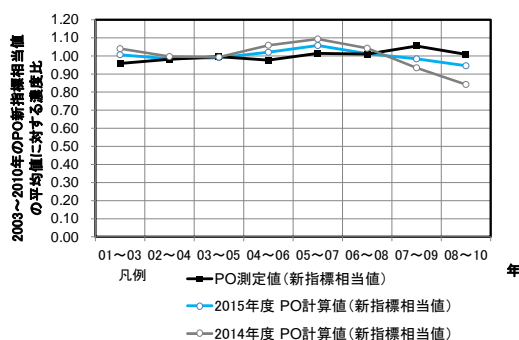
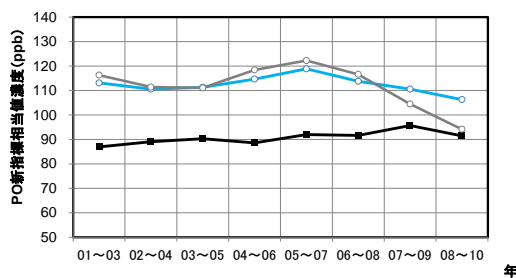
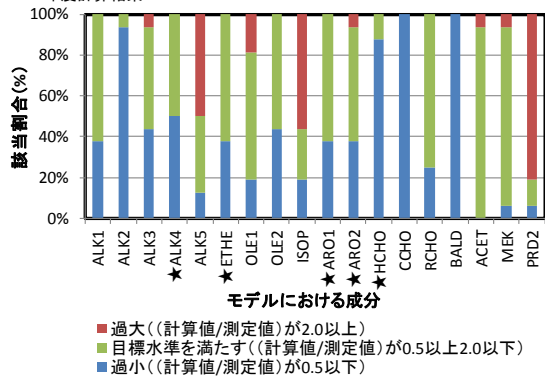


図 2-17 PO 新指標相当値の推移(60km 計算値)

(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)

2014年度計算結果



2015年度計算結果

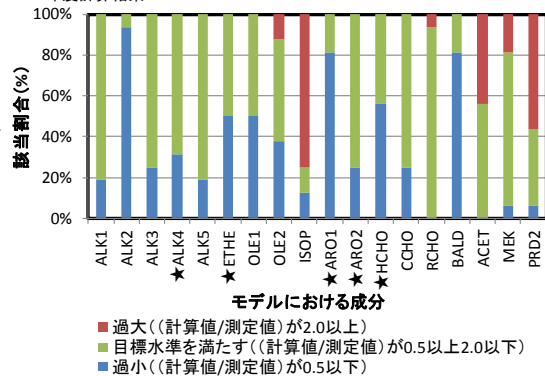


図 2-18 VOC 成分の再現性(2010 年の 60km 計算値)(★は MIR¹⁰と平均濃度¹¹の積の上位 5 成分)

(左図:2014 年度計算結果 右図:2015 年度計算結果)

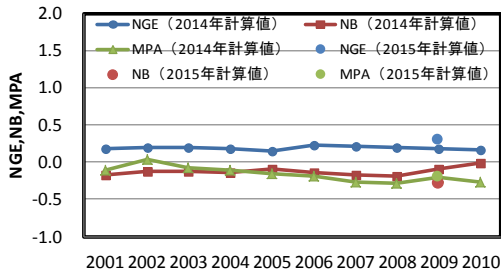
¹⁰ MIR(Maximum Incremental Reactivity):光化学反応性を示す指標

¹¹ 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 2-9 課題(C)の解決のための対応方法および結果

課題(C)
<p>関東・九州領域(10km)の計算結果について</p> <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(測定値と計算値の比較による評価)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(測定値と計算値の比の評価)の低い成分がみられた。
対応方法
<p>課題 A および課題 B への対応によって、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。</p>
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 2-19)。 ・ 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 2-20)。 ・ 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 2-21)。 ・ 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 2-22)。
<p>関東(6月)_10km計算値(O₃)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <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>
<p>図 2-19 O₃を対象にした再現性評価結果(10km 計算値)</p>
<p>図 2-20 O₃を対象にしたMPAの値(2009年4~9月平均値 10km 計算値)</p>

関東(6月)_10km計算値(NO2)



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の値で評価した。

図 2-21 NO₂を対象にした再現性評価結果(10km 計算値)

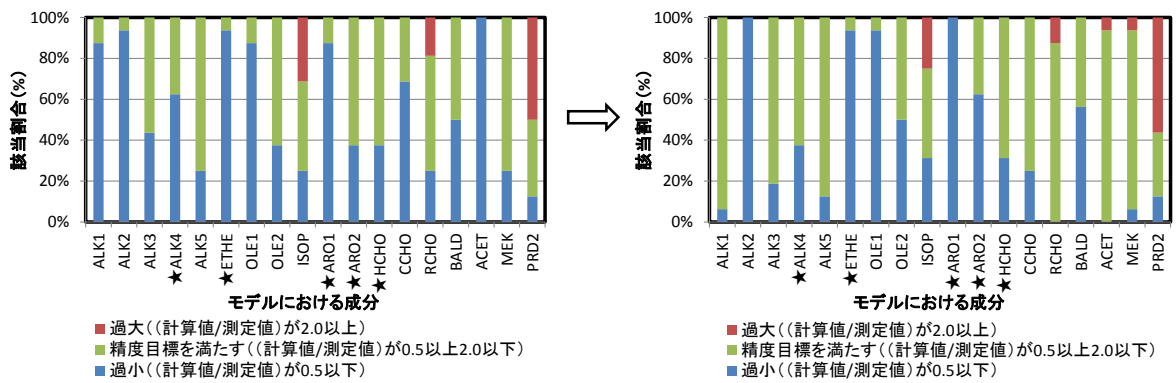


図 2-22 VOC 成分の再現性(2009 年の 10km 計算値) (★は MIR と平均濃度の積の上位 5 成分)
(左図:2014 年度計算結果 右図:2015 年度計算結果)

2.1.4. 他モデルとの比較

2.1.4.1. 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。

2.1.4.2. 解析結果

平成 27 年度の計算結果(2001～2010 年暖候期における O₃ および NO₂ の月平均値)を関東地域について図 2-23～図 2-24 に示した。また、九州地域について図 2-25～図 2-26 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 2-10 に示した。

表 2-10 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 2-23～図 2-26 から、関東および九州地域ともに O₃ および NO₂ 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た。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、O₃ および NO₂ 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(測定値と計算値の比較による評価)を有していると判断した。

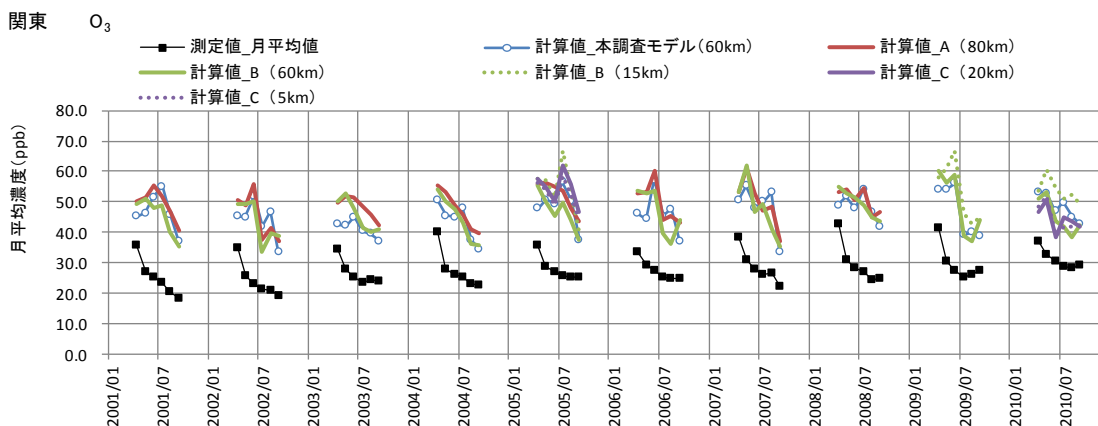


図 2-23 関東地域の O₃ 月平均値の経過図

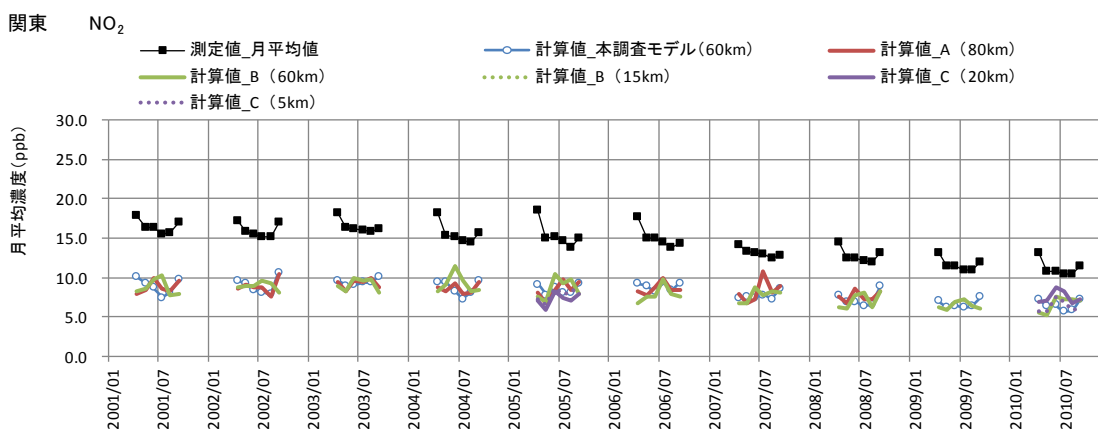


図 2-24 関東地域の NO₂ 月平均値の経過図

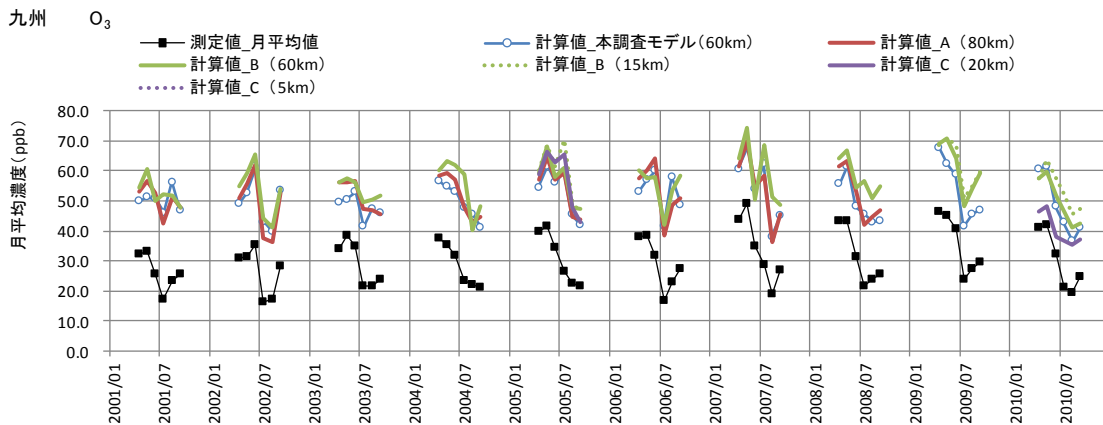


図 2-25 九州地域の O₃ 月平均値の経過図

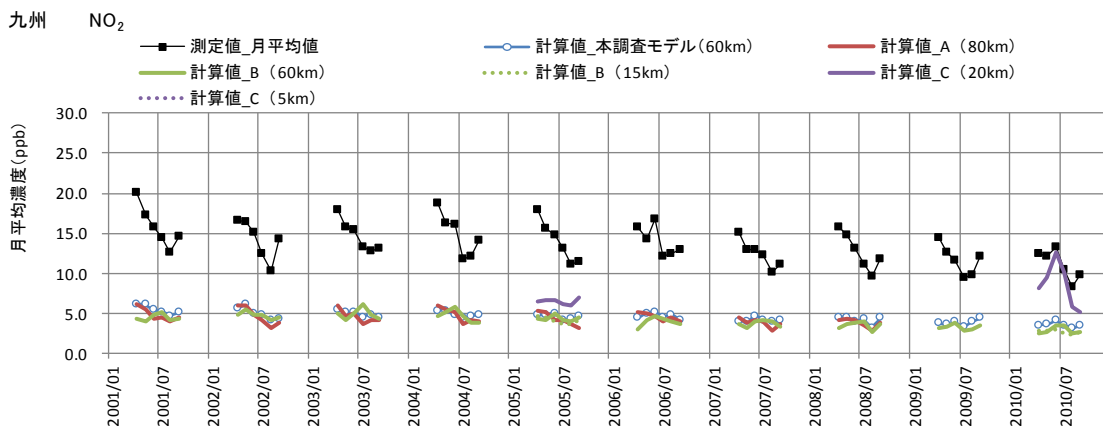


図 2-26 九州地域の NO₂ 月平均値の経過図

2.1.5. 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

O₃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O₃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、O₃新指標相当値のトレンドの再現性(測定値と計算値の比較による評価)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(測定値と計算値の比の評価)が向上した。

関東領域(10km)の計算

O₃日最高濃度の再現性(精度評価指標MPAによる評価)が向上した。主要VOC成分のうち、ARO1およびARO2の再現性(測定値と計算値の比の評価)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。

O₃およびNO₂の月平均濃度

他モデルとの比較結果から、O₃およびNO₂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(測定値と計算値の比較による評価)を有していることが確認できた。

2.2. シミュレーションモデルの精度レベルの確認

2.2.1. 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、一指標として当目標水準を達成することを目指して実施した。なお、ここでいう「再現性」とは、測定値と計算値の一致レベルのことを意味する。

- 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

2.2.2. 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」で比較することとした。

2.2.3. シミュレーションモデルの再現性の確認結果

平成27年度の計算値を対象に、目標水準(①～④)を1つの指標として、精度レベルの確認を行った。

2.2.3.1. 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+NO₂)については、NO₂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、また、排出に偏りがみられることからNOを含むNO_xの空間代表性は小さいことが想定されるためである。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NO₂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乘じて算出した。

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。計算値は過大で、測定値に対して+50~80%程度(図 2-27 参照)。
- ・ 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。計算値は過大で、測定値に対して+60~100%程度(図 2-28 参照)。

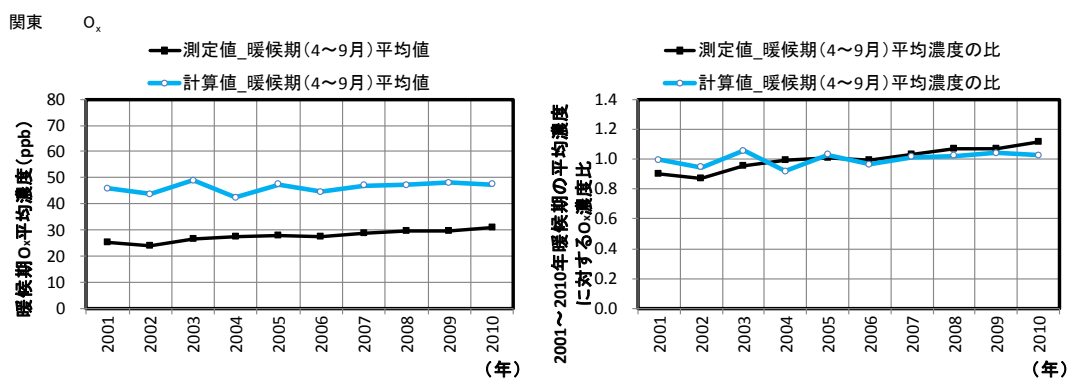


図 2-27 O_x の暖候期平均値および 2001~2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比(関東地域)

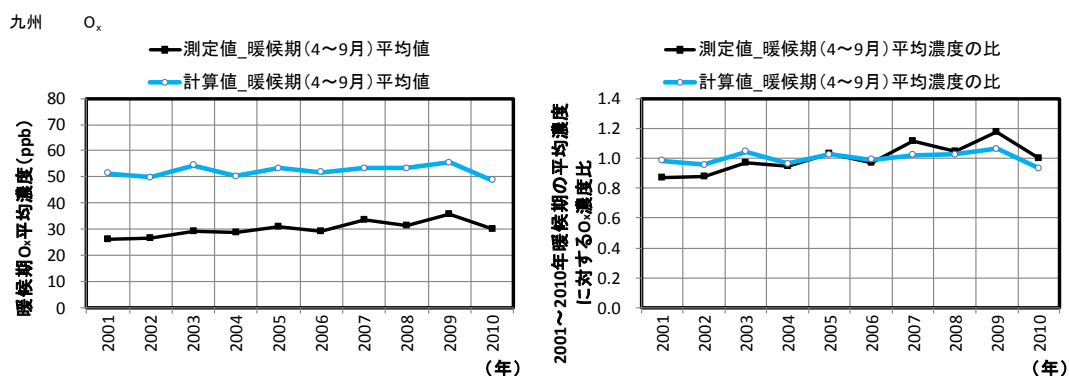


図 2-28 O_x の暖候期平均値および 2001~2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比(九州地域)

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。計算値は過小で、測定値に対して-50%程度(図 2-29 参照)。
- ・ 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。計算値は過小で、測定値に対して-70%程度(図 2-30 参照)。

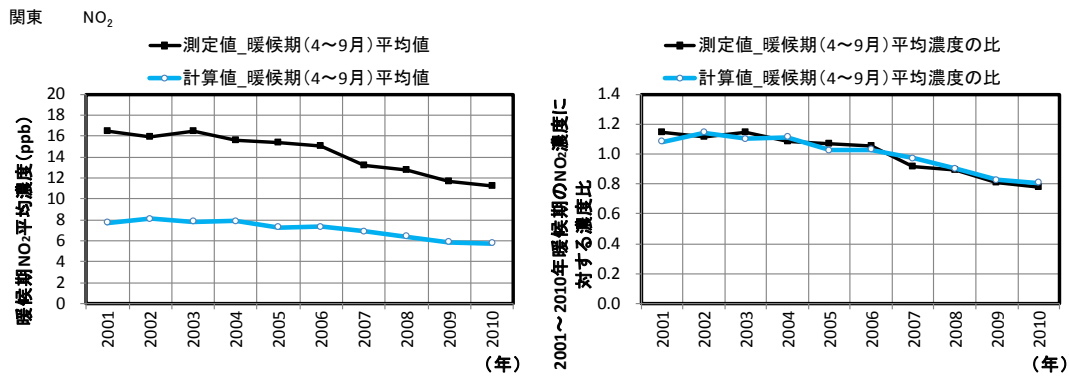


図 2-29 NO₂の暖候期平均値および2001~2010年暖候期の平均濃度に対する濃度比(関東地域)

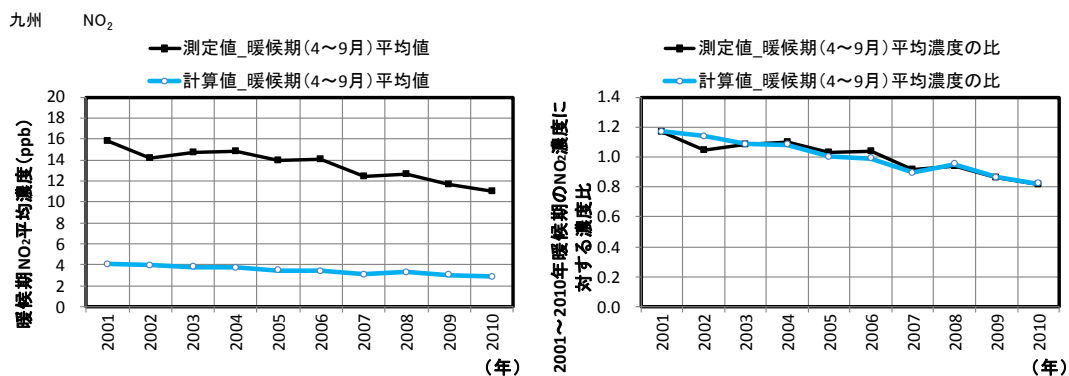


図 2-30 NO₂の暖候期平均値および2001~2010年暖候期の平均濃度に対する濃度比(九州地域)

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。計算値は過小で、測定値に対して-80%程度(図 2-31 参照)。
- ・ 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。計算値は過小で、測定値に対して-80%程度(図 2-32 参照)。

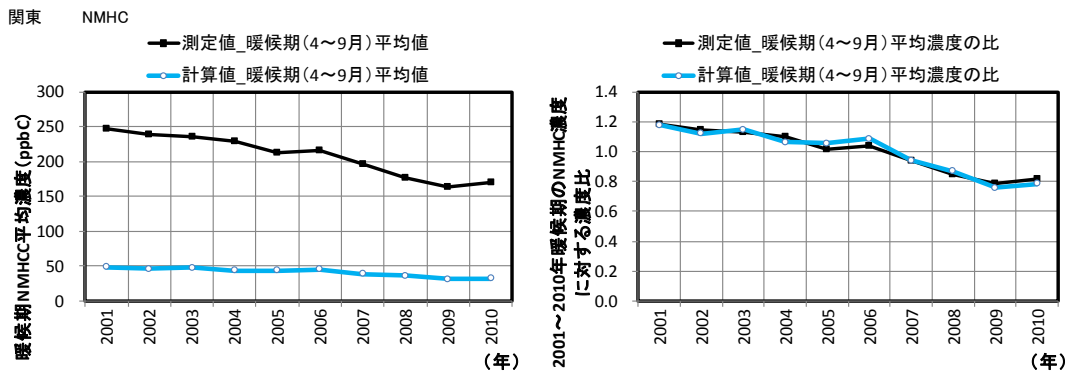


図 2-31 NMHC の暖候期平均値および 2001~2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比(関東地域)

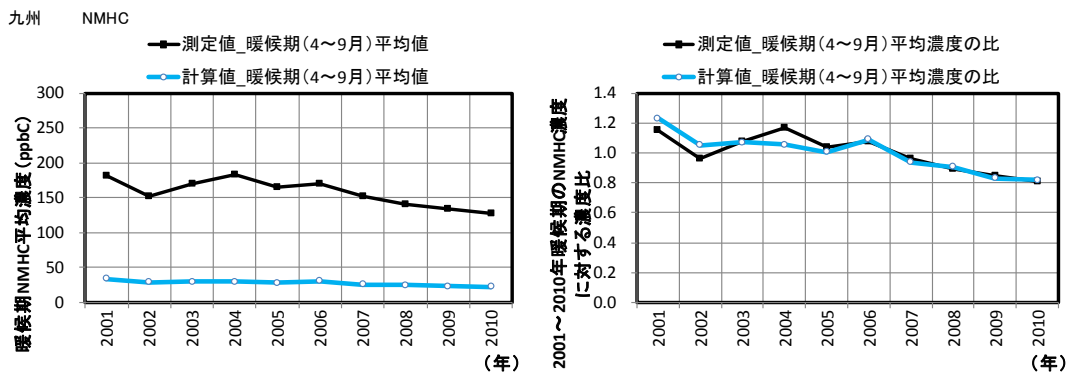


図 2-32 NMHC の暖候期平均値および 2001~2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比(九州地域)

2.2.3.2. 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(図 2-33 および図 2-34 参照)

- ・ 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(図 2-33 および図 2-34 参照)

- ・ 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。

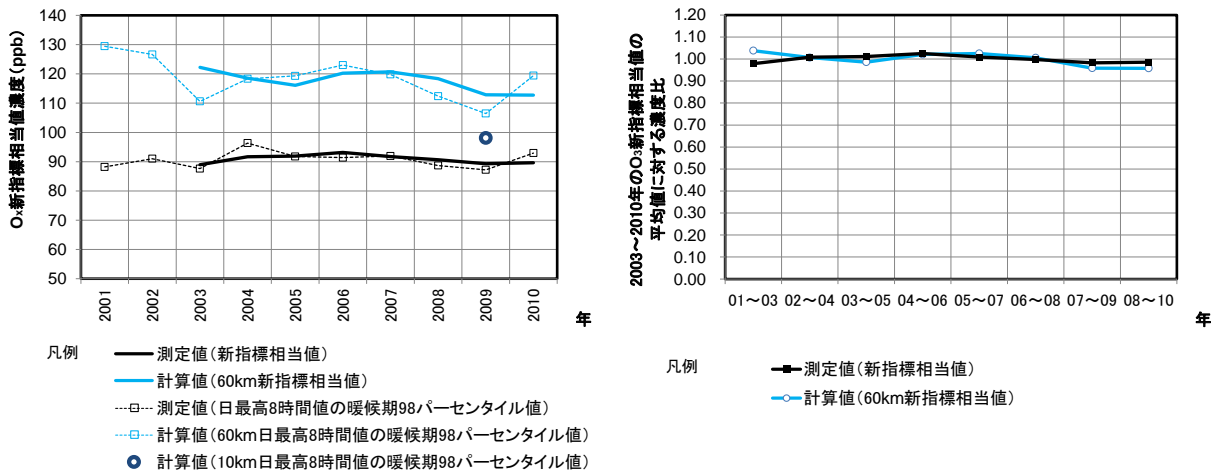


図 2-33 測定値および計算値を対象とした O₃ 新指標相当値 (関東 60km、10km)
 (左図: O₃ 新指標相当値 右図: 2003~2010 年 O₃ 新指標相当値の平均値に対する濃度比)

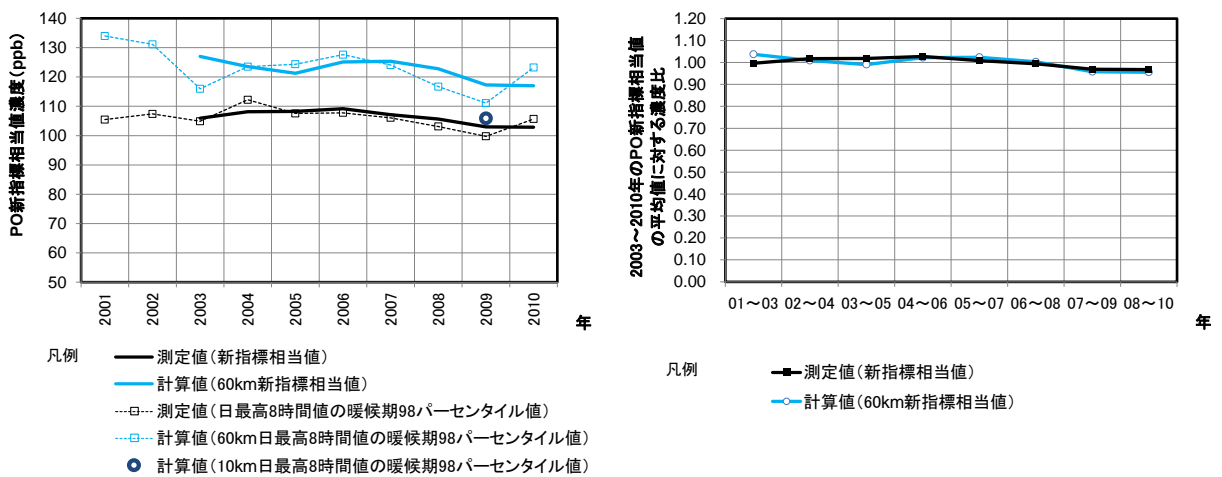


図 2-34 測定値および計算値を対象とした PO 新指標相当値 (関東 60km、10km)
 (左図: PO 新指標相当値 右図: 2003~2010 年 PO 新指標相当値の平均値に対する濃度比)

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(図 2-35 および図 2-36 参照)

- ・ 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。

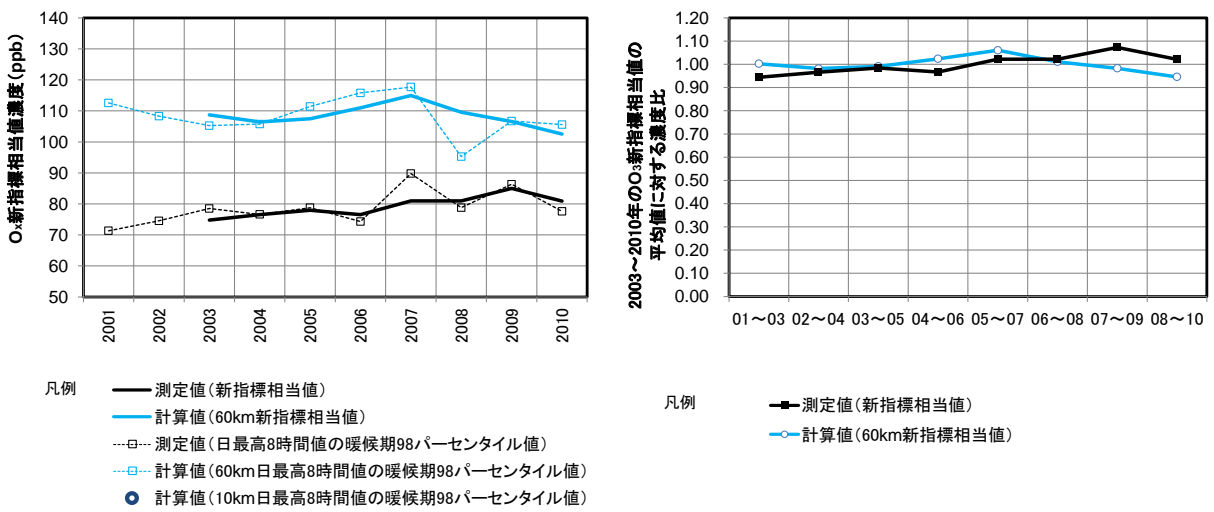


図 2-35 測定値および計算値を対象とした O_x 新指標相当値(九州 60km)

(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)

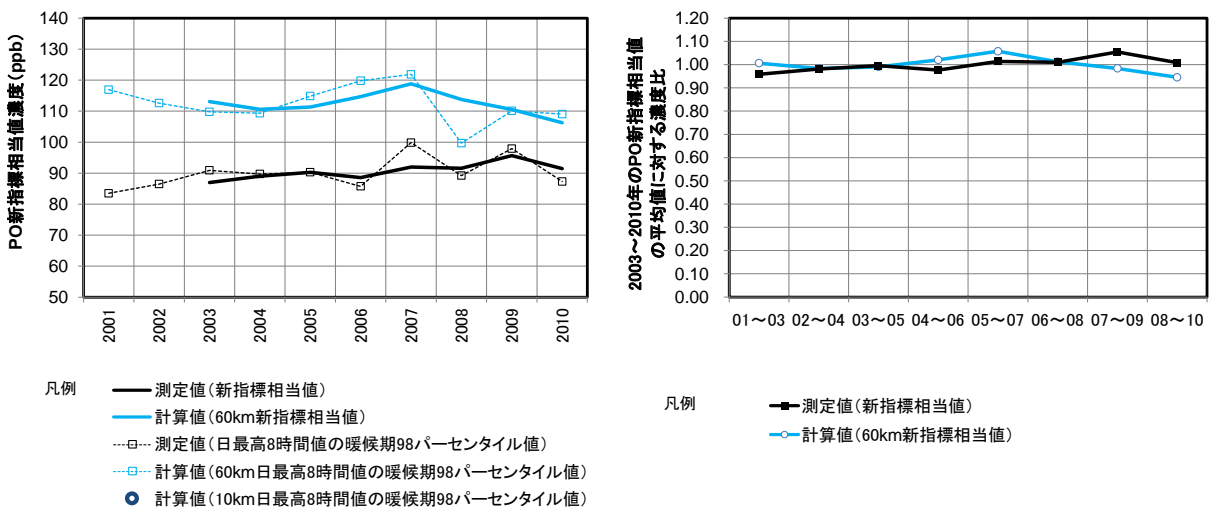


図 2-36 測定値および計算値を対象とした PO 新指標相当値(九州 60km)

(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)

2.2.3.3. 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。

関東地域 60km・10km 計算値を対象にした NO₂の日平均値の再現性(図 2-37 参照)

- ・ 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。

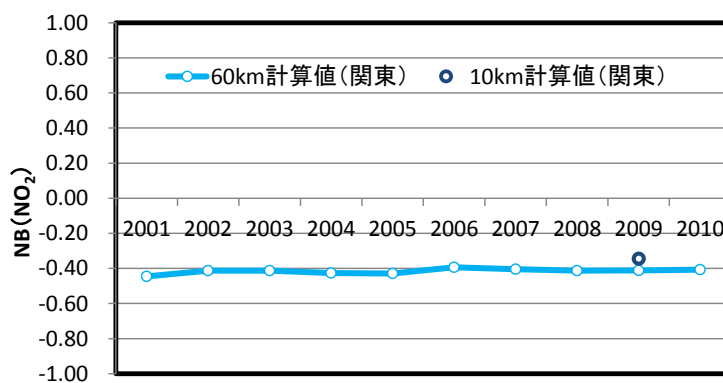


図 2-37 NO₂濃度の地域別日平均値を対象とした再現性評価結果(関東)

九州地域 60km 計算値を対象にした NO₂ の日平均値の再現性(図 2-38 参照)

- ・ 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。

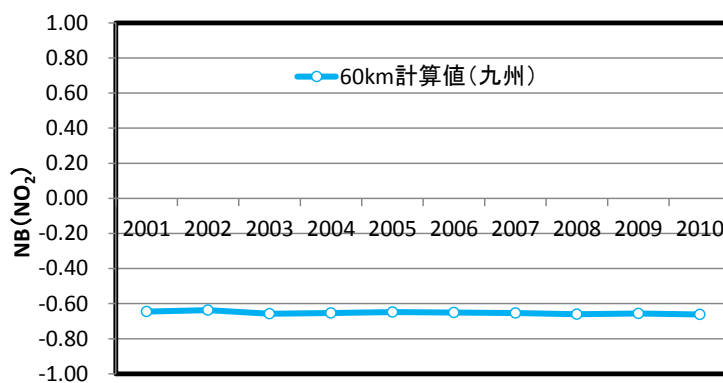


図 2-38 NO₂ 濃度の地域別日平均値を対象とした再現性評価結果(九州)

2.2.3.4. 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 2-11)。測定物質はモデルにおける成分ごとに分類・集計した(表 2-12)。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 2-39 に、10km 計算値 2009 年の結果を図 2-40 に示した。図 2-39 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 2-39 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 2-11 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 ¹²
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:8 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)、9/9 <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

¹² 埼玉県提供データ

表 2-12 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
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	アセチレン	ALK2	トルエン	ARO1	ジクロロメタン	ALK1	アセトアルデヒド	CCHO
イブタン	ALK3	アトレン	OLE1	エチルベンゼン	ARO1	クロロホルム	NROG	アセトアルデヒド	RCHO
n-ブタン	ALK3	ト-2-ブテン	OLE2	m&p-キシレン	ARO2	四塩化炭素	NROG	n-イブチルアルデヒド	RCHO
イブタン	ALK4	c-2-ブテン	OLE2	o-キシレン	ARO2	ブロメタン	NROG	イブチルアルデヒド	RCHO
n-ペンタン	ALK4	1,3-ブタジエン	OLE2	スズレン	OLE2	クロロエタン	ALK2	n-ハルアルデヒド	RCHO
シクロペンタン	ALK4	1-ペンテン	OLE1	イブチルベンゼン	ARO1	1,2-ジクロロエタン	ALK1	ヘキサール	RCHO
2,2-ジメチルブタン	ALK3	ト-2-ペンテン	OLE2	n-ブチルベンゼン	ARO1	1,1-ジクロロエタン	ALK1	ペンズアルデヒド	BALD
2-メチルペンタン	ALK4	2-メチル-1,3-ブタジエン	ISOP	m&p-エチルトルエン	ARO2	1,1-トリクロロエタン	NROG		
3-メチルペンタン	ALK4	c-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	測定物質	成分分類
n-ヘキサン	ALK4			o-エチルトルエン	ARO2	1,2-ジブクロロエタン	ALK1	ケトン類	
メチルシクロヘキサン	ALK4	測定物質	成分分類	1,2,4-トリメチルベンゼン	ARO2	塩化ビニルモノマー	ALK5	アセトン	ACET
シクロヘキサン	ALK5	アセトン	ACET	1,2,3-トリメチルベンゼン	ARO2	1,1-ジクロロエチレン	ALK5	メチルエチルケトン	MEK
2,4-ジメチルペンタン	ALK4	HCFC22	NROG	m-ジメチルベンゼン	ARO2	c-1,2-ジクロロエチレン	ALK3	メチルイブチルケトン	PRD2
2-メチルヘキサン	ALK5	CFC12	NROG	p-ジメチルベンゼン	ARO2	トリクロロエチレン	ALK3		
2,3-ジメチルペンタン	ALK5	CFC11	NROG			テトラクロロエチレン	ALK1		
3-メチルヘキサン	ALK5	HFC134a	NROG			c-1,3-ジクロロプロペン	ALK5		
n-ヘプタン	ALK4	CFC114	NROG			t-1,3-ジクロロプロペン	ALK5		
メチルシクロヘキサン	ALK5	HCFC142b	NROG			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	HCFC123	NROG			m-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	HCFC141b	NROG			p-ジクロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
2-メチルヘプタン	ALK5	CFC113	NROG			o-ジクロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
3-メチルヘプタン	ALK5	HCFC225ca	NROG						
n-オクタン	ALK5	HCFC225cb	NROG						
n-ナフテン	ALK4								
n-デカリン	ALK5								
n-ウンデカリン	ALK5								

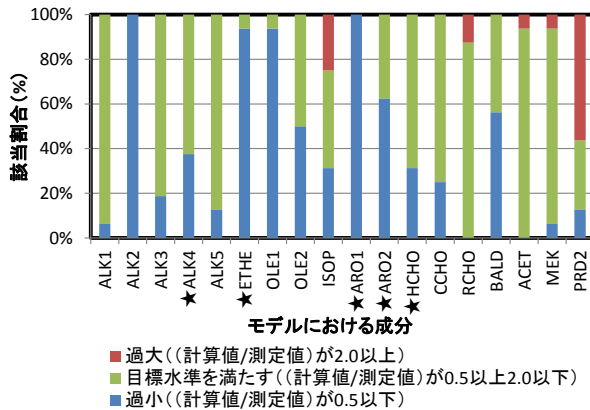
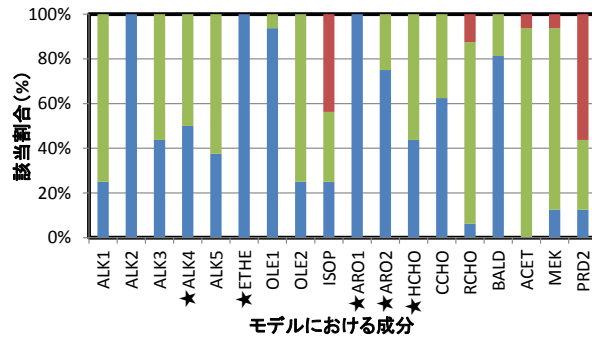


図 2-39 成分別にみた計算値と測定値の比の該当割合(2009年計算値)
(★はMIRと平均濃度の積の上位5成分 上図:60km 下図:10km)

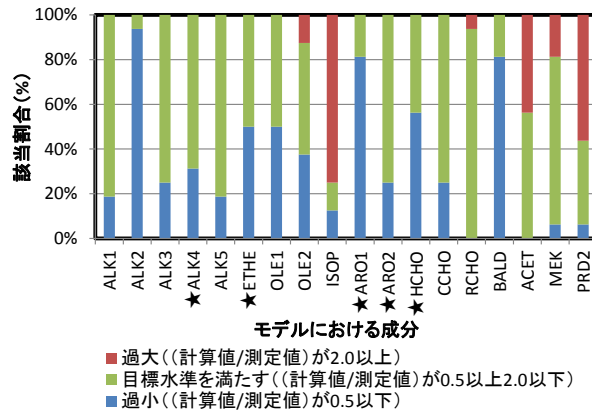


図 2-40 成分別にみた計算値と測定値の比の該当割合(2010年60km計算値)
(★はMIRと平均濃度の積の上位5成分)

2.2.4. 精度レベルの確認のまとめ

2.2.4.1. 精度レベルの確認結果

平成 27 年度の計算結果を対象とした再現レベルについて以下に整理した。

① O_x、NO_x、NMHC の過去のトレンドの再現

- ・ O_x、NO₂ および NMHC ともに過去のトレンドは概ね再現。
- ・ 関東地域における計算値の暖候期平均濃度は、O_x は過大(測定値に対して+50～+80%程度)、NO₂ は過小(測定値に対して-50%程度)、VOC(NMHC)は過小(測定値に対して-50%程度)の傾向がみられた。
- ・ 九州地域については、O_x は過大(測定値に対して+60～100%程度)、NO₂ は過小(測定値に対して-70%程度)、VOC(NMHC)は過小(測定値に対して-80%程度)の傾向がみられた。

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測定値に対して 26～37%の過大評価
- ・ 単年度(2009 年)で測定値に対して 12%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測定値に対して 25～45%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】

- ・ NB による評価で、すべての年で 30～40%の過小評価*

【九州地域】

- ・ NB による評価で、すべての年で大幅(60%程度)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、ETE,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

2.2.4.2. 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。

2.2.4.3. 平成 27 年度のシミュレーション設定内容

平成 27 年度の改善作業を反映した気象モデルおよび化学輸送モデルの設定内容を表 2-13 に、計算対象領域を図 2-41 および図 2-42 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 2-13 気象モデルおよび化学輸送モデルの設定内容

対象年	2001～2010 年の暖候期(4～9 月)を対象 ・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、O ₃ や O ₃ 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	関東地域および九州地域 ・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	WRF 気象モデルバージョン:WRFV3.5.1 水平格子点数:72×59(東アジア領域) 水平格子点数:45×45(関東・九州領域) 鉛直層数:30 層 初期値・境界値:東アジア領域(60km 格子) 大気データ:気象庁全球客観解析データ 海面水温データ:NCEP リアルタイム全球海面水温 土壌データ:NCEP 客観解析値 初期値・境界値:関東領域(10km 格子)(2009 年のみ) 大気データ:気象庁 GSM(日本域)客観解析データ 大気データ:毎時大気解析 GPV(風、気温のみ) 海面水温データ:気象庁日平均海面水温 土壌データ:NCEP 客観解析値 雲物理 :Thompson graupel scheme 長波放射:RRTM 短波放射:Dudhia 接地層 :MYNN 地表面 :Noah land-surface 都市物理:UCM 積雲対流:Kain-Fritsch ナッジング:格子点ナッジング スピンアップ時間:7 日 連続計算時間:4～9 月の 6 か月間
化学輸送モデル	CMAQ 大気質モデルバージョン:CMAQ4.7.1 水平格子点数:62×49(東アジア領域)

	<p>水平格子点数:30×30(関東・九州領域) 鉛直層数:30層 水平拡散:multiscale 鉛直拡散:acm2 気相反応:SAPRC99 粒子化:AERO5 沈着 :areo_depv2 Cloud:cloud acm ae5</p> <p>スピニアップ時間:7日 連続計算時間:4~9月の6か月間</p>
計算対象領域 (化学輸送モデル)	<p>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</p>
解像度	<p>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</p>
ネステイング	CMAQについては、関東領域は親領域からのネステイングを実施した
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	<p>東アジア領域 人為起源排出量:JEI-DB¹³(日本付近のみ適用、内訳は関東領域の項目参照)、REAS2.1¹⁴(日本付近を除く全域) 植物起源排出量:MEGAN¹⁵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 DB¹⁶ 船舶以外:JEI-DB</p>

¹³ 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)

¹⁴ 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)

¹⁵ Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P.L., 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)

¹⁶ 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」

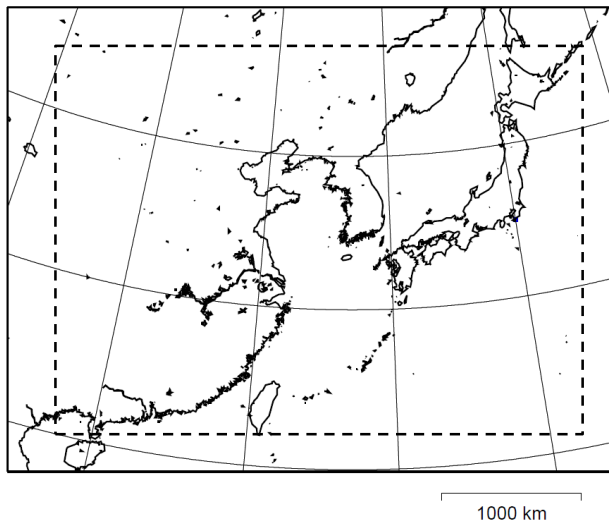


図 2-41 東アジア領域(60km 格子)

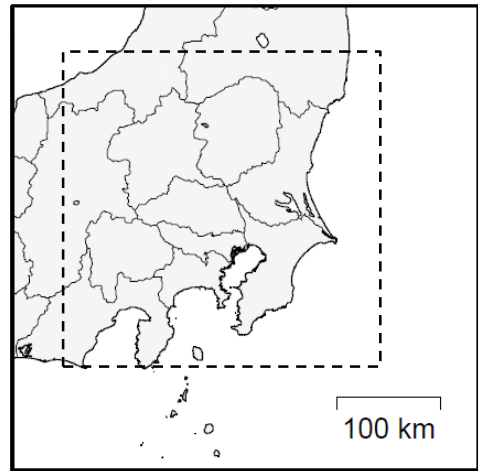


図 2-42 関東領域(10km 格子)

2.3. シミュレーションモデルを用いた3つの要因の解析

今年度、改良・構築したシミュレーションモデルを用いて、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主な要因のうち、「越境大気汚染の影響」および「光化学オキシダント前駆物質(NO_x、VOC(NMHC))濃度の影響」の解析を実施した。

なお、「NO タイトレーションの効果の低下の影響」については、60km の計算においては、NO_x 濃度が平均化されるため、ローカルスケールで生じていると考えられる NO タイトレーション効果の低下の影響について適切に評価することが難しいと判断された。また、10km 計算値を対象とした 2009 年関東の解析結果では、NO_x は全体的に過小であり、また、タイトレーション効果による夜間の O₃ 濃度の低下が適切に再現されないことが示唆された。以上のことから「NO タイトレーション効果の低下の影響」の解析については、次年度以降モデルの精度向上に取り組むとともに、10km 格子による 10 年分の計算結果を対象にしたポテンシャルオゾン(PO)と O₃ についての評価を行ったのち、濃度差に着目した解析を行うこととする。

解析項目とその目的について表 2-14 に整理した。解析対象地域として設定した、関東地域および九州地域について、格子間隔 60km における解析対象メッシュとその中心位置を図 2-44 に示した。また、関東領域(10km 格子)におけるメッシュの中心位置と測定局を図 2-45 に示した。関東領域(10km 格子)においては、測定局を含むメッシュを解析対象メッシュとした。

表 2-14 シミュレーションを用いた解析項目とその目的
(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主な要因の解析)

解析項目	解析の目的	備考
越境大気汚染の影響	2001 年から 2009 年までの東アジア大陸の大気汚染物質排出量の変化(図 2-43 参照)が国内の光化学オキシダント濃度におよぼす影響の程度を明らかにすること	<ul style="list-style-type: none"> ・基準年:2009 年暖候期(4~9 月) ・計算格子間隔:60km ・解析対象地域:関東・九州
	基準年(実際の状況を再現するために、気象場および大気汚染物質排出量ともに同年のものを設定し計算する。この計算結果を基準として、条件を変えて実施した計算結果と比較する)が異なることで、越境大気汚染の増加の影響の解析結果(越境汚染の増加の影響は、関東地域よりも九州地域の方が大きいこと)が変化しないか確認すること	<ul style="list-style-type: none"> ・基準年:2001 年暖候期(4~9 月) ・計算格子間隔:60km ・解析対象地域:関東・九州
光化学オキシダント前駆物質(NO _x 、VOC(NMHC))濃度の影響	今後の関東地域の光化学オキシダント対策を検討するうえで、NO _x 削減と VOC 削減の光化学オキシダント濃度に対するそれぞれの感度を明らかにすること	<ul style="list-style-type: none"> ・基準年:2009 年暖候期(4~9 月) ・計算格子間隔:10km ・解析対象地域:関東 ・関東 NO_x および VOC 排出量を 5 ケース設定する。

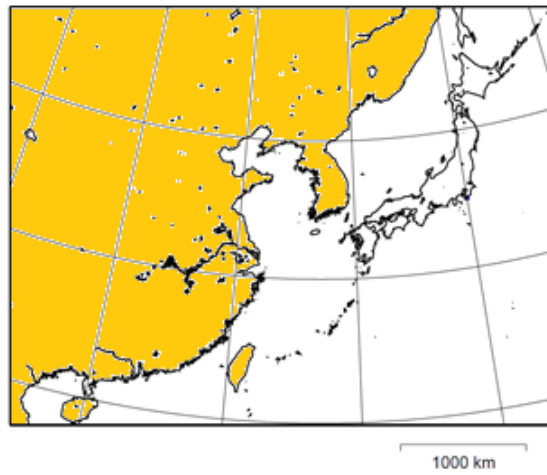


図 2-43 越境大気汚染の増加の影響の解析で大気汚染物質排出量を変化させた地域(山吹色)



図 2-44 東アジア領域(60km 格子)における解析対象メッシュ
(左図:九州地域、右図:関東地域)

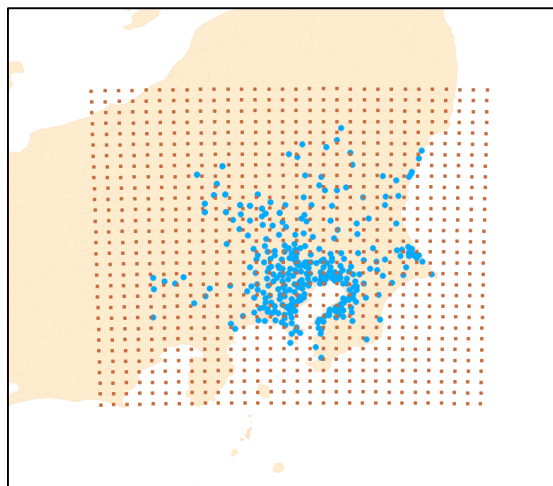


図 2-45 関東領域(10km 格子)におけるメッシュの中心位置(■)と測定局(●)

2.3.1. 越境大気汚染の増加の影響の解析

2.3.1.1. 解析の目的

2001年から2009年までの東アジア大陸からの大気汚染物質排出量の変化が国内の光化学オキシダント濃度におよぼす影響の程度を把握することを目的とする。

2.3.1.2. シミュレーションの設定条件

シミュレーションの設定条件(大気汚染物質排出量および気象場の設定年)を表 2-15 に示した。気象場および国内大気汚染物質排出量を 2009 年で固定し、東アジア大陸からの大気汚染物質排出量について 2009 年の排出量を設定した場合(ケース A)と東アジア大陸からの大気汚染物質排出量について 2001 年の排出量を設定した場合(ケース C)の国内の光化学オキシダント濃度を比較した。2001 年と 2009 年における東アジア大陸(シミュレーション)における NO_x 排出量の比は 1.48 程度、VOC 排出量の比は 1.19 程度であった。

本解析は、気象場の設定を 2009 年¹⁷とし、広域スケールを対象としていることから、関東領域 60km 格子における計算結果を対象に解析を行った。

表 2-15 大気汚染物質排出量および気象場の設定内容

ケース	大気汚染物質排出量の設定年		気象場の設定年	備考
	東アジア大陸	国内		
A	2009 年	2009 年	2009 年	【基準ケース(2009 年)】
C	2001 年			越境大気汚染の増加の影響の把握

2.3.1.3. 解析結果

(1) O₃ の日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値

東アジア領域の O₃ 計算値について、計算メッシュごとに O₃ 新指標相当値を算出した。図 2-46 に「すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定」した場合と「東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001 年に設定」した場合の O₃ 新指標相当値の分布図を示した。また、図 2-47 に「すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定」した場合の O₃ 新指標相当値と「東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001 年に設定」した場合の O₃ 新指標相当値の濃度比を示した。併せて、日本付近を拡大した図(凡例も変更)を示した。

図 2-47 の広域の分布図より、日本付近の O₃ 新指標相当値の濃度比(ケース A/ケース C)は、沖縄から九州といった、東アジア大陸に近い地域ほど大きくなっている。また、図 2-47 の日本付近の分布図より、濃度比が大きい地域は、九州地方(ただし九州北部を除く)、中国地方西部、中部地方内陸部、東北地方～北海道にかけての一部の地域であった。

¹⁷ 参考資料 4 の「3.異常年検定について」において、気象場に関する異常年検定の検定結果について示した。

ただし、東北地方～北海道にかけては、O₃新指標相当値の絶対値が小さいことに留意する必要がある。

九州地域および関東地域の O₃新指標相当値から濃度比(ケース A/ケース C)を算出した結果を図 2-48 に示した。図 2-48 から、九州地域の濃度比は 1.08、関東地域の濃度比は 1.02 と算出された。

以上のことから、これまでの東アジア大陸からの大気汚染物質排出量増大によって、日本国内の広い範囲で O₃新指標相当値が増加したことが確認された。この増加割合は、関東地域よりも九州地域の方が大きいことが確認された。

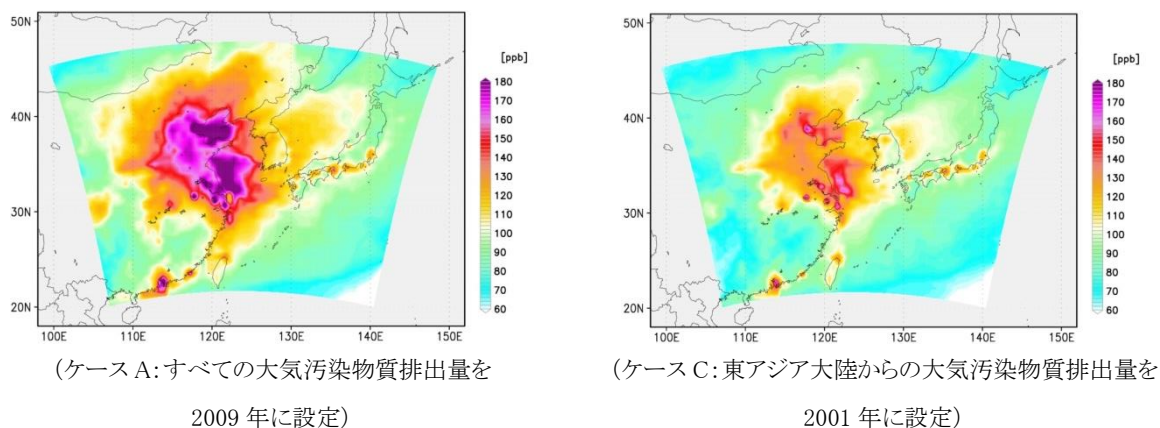
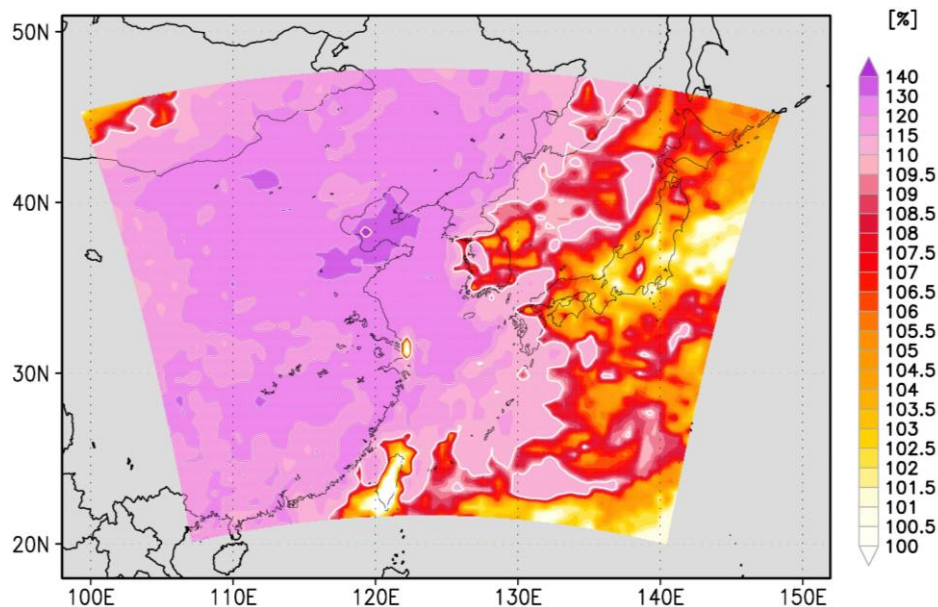
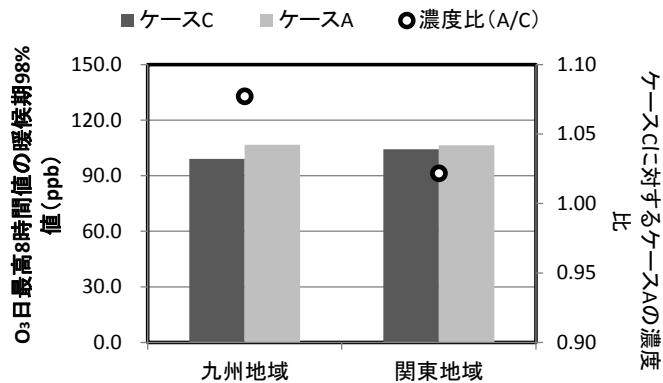


図 2-46 O₃新指標相当値の分布状況



ケース A:すべての大気汚染物質排出量を 2009年に設定
ケース C:東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001年に設定

図 2-47 O₃新指標相当値の濃度比(ケース A/ケース C)



ケース A: すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C: 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-48 九州および関東地域の O₃ 新指標相当値および濃度比(ケース A/ケース C)

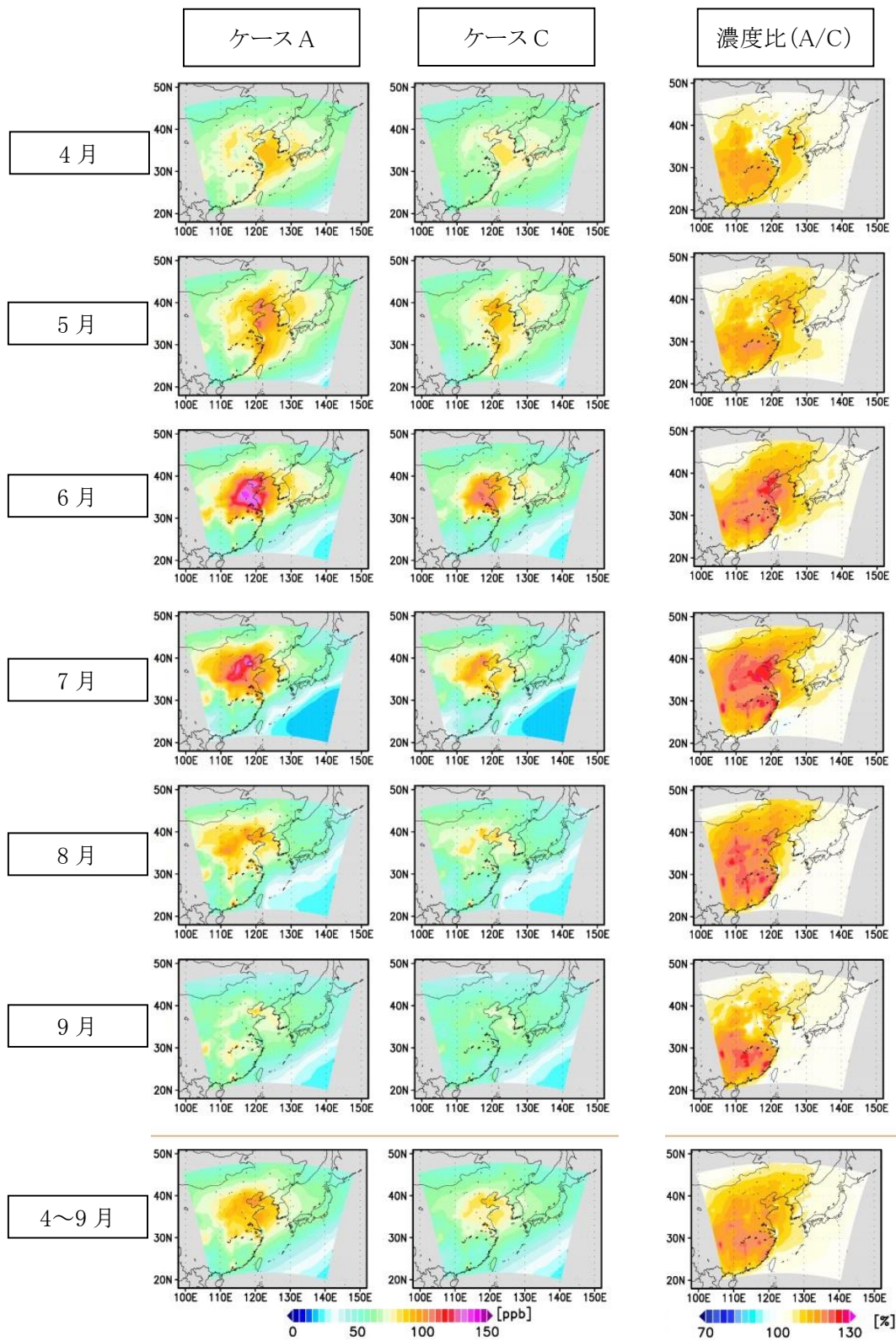
(2) O₃ の日最高 8 時間値の月平均値

東アジア領域の O₃ 計算値について、計算メッシュごとに日最高 8 時間値の月平均値を算出した。それぞれのケースの日最高 8 時間値の月平均値の分布状況と両ケースの日最高 8 時間値の月平均値の濃度比(ケース A/ケース C)の分布状況を図 2-49 に示した。また、九州および関東地域の日最高 8 時間値の月平均値および濃度比を図 2-50 に示した。

図 2-49 の濃度比の分布図より、日本の沖縄～九州地域に着目すると、4～7 月にかけての濃度比が比較的大きいことが分かる。また、O₃ 新指標相当値と同様、東アジア大陸に近いほど濃度比が大きくなる傾向がみられる。

図 2-50 から、九州地域における日最高 8 時間値の月平均値の濃度比は 6～7 月にかけて特に大きくなり、値は 1.07 程度であった。一方、関東地域における日最高 8 時間値の月平均値の濃度比は、九州地域と同様、6～7 月にかけて大きくなったが、値は 1.04 程度であり、九州地域よりも小さい結果となった。

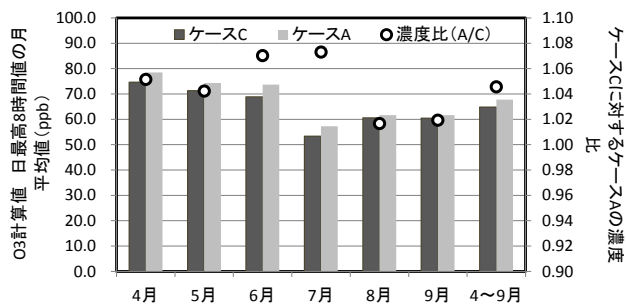
以上のことから、東アジア大陸からの大気汚染物質排出量が増大したことによる O₃ の日最高 8 時間値の月平均値に及ぼす影響は、関東地域よりも九州地域の方が大きいことが確認された。また、両地域とも 6～7 月にかけて、その影響が大きくなる傾向がみられた。



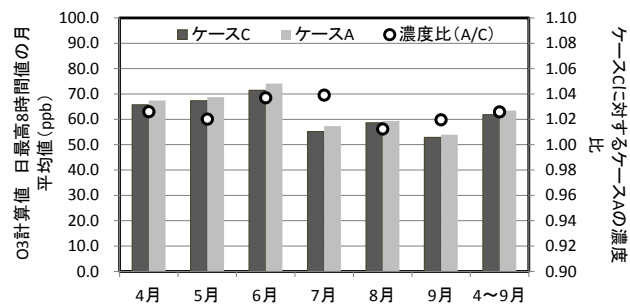
ケース A: すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C: 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-49 O₃ の日最高 8 時間値の月平均値および濃度比(ケース A/ケース C)

九州地域



関東地域



ケース A: すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C: 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-50 九州および関東地域の O₃ の日最高 8 時間値の月平均値および濃度比(ケース A/ケース C)

2.3.2. 越境大気汚染の増加の影響の解析(基準年を変えた場合の影響の検討)

2.3.2.1. 解析の目的

基準年が異なることで、越境大気汚染の増加の影響が変化しないことを確認することを目的とする。

2.3.2.2. シミュレーションの設定条件

シミュレーションの設定条件(大気汚染物質排出量および気象場の設定年)を表 2-16 に示した。気象場および国内大気汚染物質排出量を 2001 年で固定し、東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年の排出量を設定した場合(ケース A')と 2001 年の排出量を設定した場合(ケース C')の国内の光化学オキシダント濃度を比較し、ケース A と C の解析結果と同様の傾向がみられるか確認した。

表 2-16 越境大気汚染の増加の影響の解析の設定ケース

ケース	大気汚染物質排出量の設定年		気象場の設定年	備考
	東アジア大陸	国内		
A'	2009 年	2001 年	2001 年	気象場が異なることで、(A と C)の解析結果(越境汚染の増加の影響は、関東地域よりも九州地域の方が大きいこと)が変化しないことの確認 【基準ケース(2001 年)】
C'	2001 年			

2.3.2.3. 解析結果

(1) O₃ の日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値

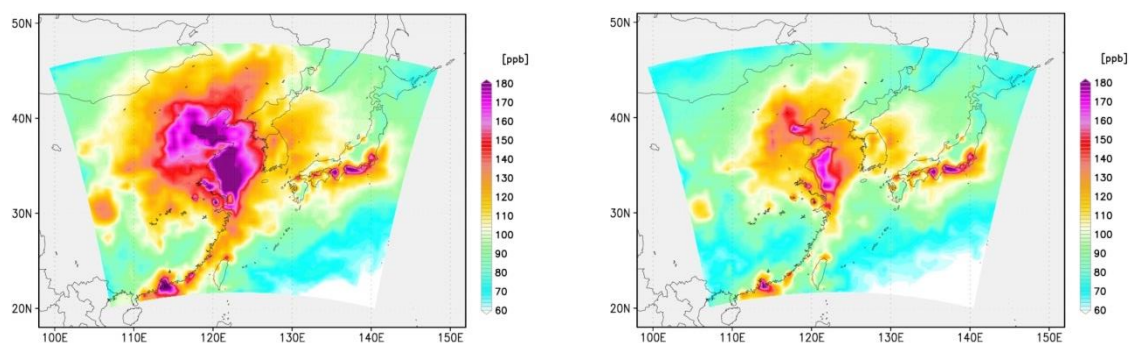
東アジア領域の O₃ 計算値について、計算メッシュごとに O₃ 新指標相当値を算出した。図 2-51 に「東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年に設定」した場合と「すべての大気汚染物質排出量を 2001 年に設定」した場合の O₃ 新指標相当値の分布図を示した。また、図 2-52 に両ケースの O₃ 新指標相当値の濃度比を示した。併せて、日本付近を拡大した分布図を示した。

図 2-52 の広域の分布図より、日本付近の O₃ 新指標相当値の濃度比(ケース A'/ケース C')は、東アジア大陸に近い地域ほど大きくなっている。また、図 2-52 の日本付近の分布図より、濃度比が大きい地域は、沖縄地方、九州地方東部、中国地方西部、東北地方～北海道にかけての一部の地域であった。ただし、東北地方～北海道にかけては、O₃ 新指標相当値の絶対値が小さいことに留意する必要がある。

九州地域および関東地域の O₃ 新指標相当値を算出し、濃度比(ケース A'/ケース C')を算出した。結果を図 2-53 に示した。図 2-53 から、九州地域の濃度比は 1.03、関東地域の濃度比は 1.01 と算出された。

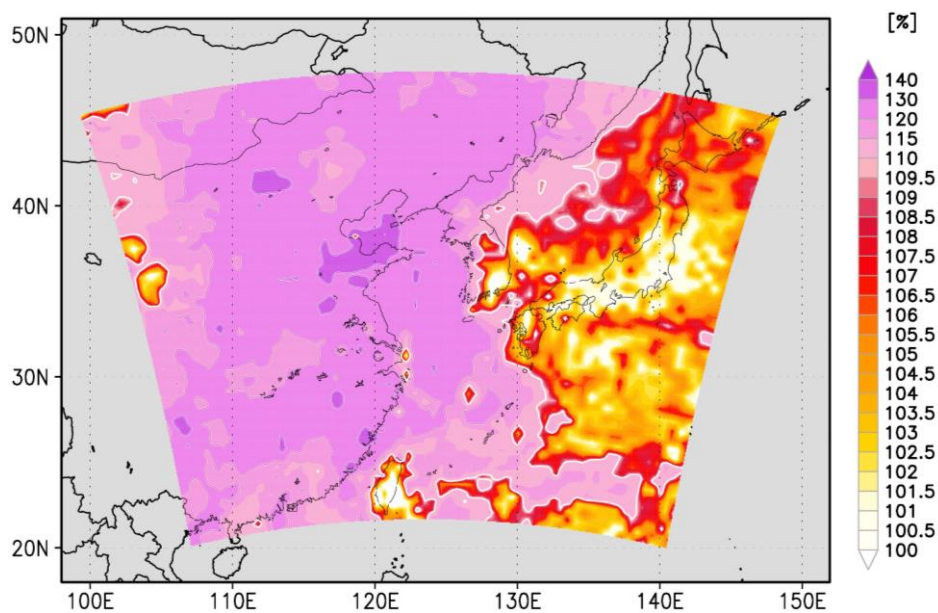
以上のことから、東アジア大陸の大気汚染物質排出量の増大は、日本国内の O₃ 新指標相当値の増加に寄与することが確認された。また、基準年を 2001 年に設定した

場合でも、越境大気汚染の増加の影響の傾向(O₃新指標相当値の増加割合は、九州地域の方が関東地域よりも大きい)に変化はみられないことも確認された。



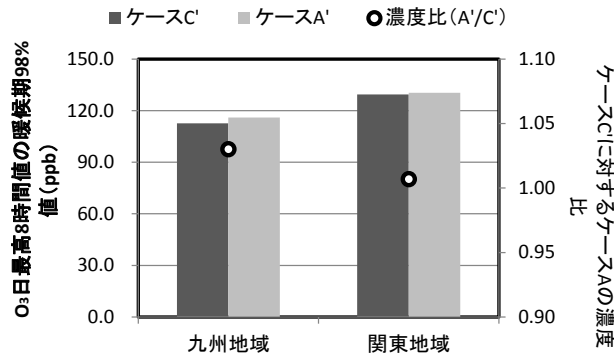
ケース A': 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C': すべての大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-51 O₃ 新指標相当値の分布状況



ケース A': 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C': すべての大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-52 O₃ 新指標相当値の濃度比(ケース A'/ケース C')



ケース A': 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C': すべての大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-53 九州および関東地域の O₃ 新指標相当値および濃度比(ケース A'/ケース C')

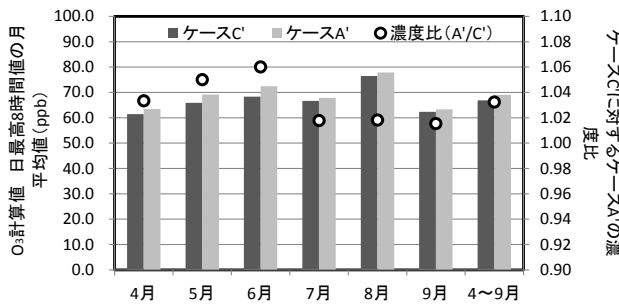
(2) O₃ の日最高 8 時間値の月平均値

両ケースの九州および関東地域の日最高 8 時間値の月平均値および濃度比を算出した。結果を図 2-54 に示した。

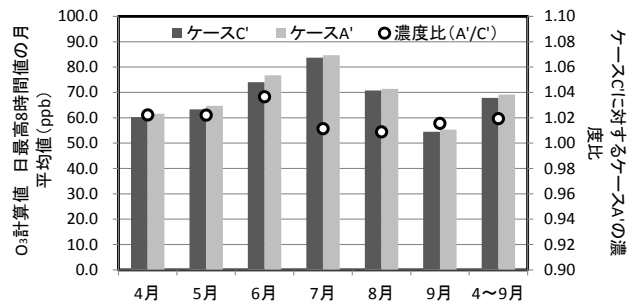
九州地域における日最高 8 時間値の月平均値の濃度比は 5~6 月にかけて大きくなり、値としては 1.05~1.06 程度であった。一方、関東地域における日最高 8 時間値の月平均値の濃度比は、6 月に大きくなり、値としては 1.04 程度であり、九州地域と比較すると、やや小さい結果となった。

以上のことから、東アジア大陸からの大気汚染物質排出量が増大したことによる O₃ の日最高 8 時間値の月平均値に及ぼす影響は、関東地域よりも九州地域の方が大きいことが確認された。また、両地域とも 6 月にその影響が大きくなる傾向がみられた。この傾向は、基準年が異なっても同様であることが確認された。

九州地域



関東地域



ケース A': 東アジア大陸からの大気汚染物質排出量を 2009 年に設定
 ケース C': すべての大気汚染物質排出量を 2001 年に設定

図 2-54 九州および関東地域の O₃ の日最高 8 時間値の月平均値および濃度比(ケース A'/ケース C')

2.3.3. 光化学オキシダント前駆物質(NO_x、VOC(NMHC))濃度の影響

2.3.3.1. 解析の目的

今後の光化学オキシダント対策を検討するうえで、関東地域を対象に NO_x 削減と VOC 削減の光化学オキシダント濃度に対するそれぞれの感度を明らかにすることを目的とする。また、VOC 削減対策の効果について、VOC 削減量と O₃ 新指標相当値の変化の大きさとの関係から評価した。

2.3.3.2. シミュレーションの設定条件

表 2-17 にシミュレーションの設定条件(大気汚染物質排出量および気象場)を示した。本解析では 2009 年を基準年として、関東を対象とした前駆物質(VOC および NO_x)削減の感度を把握した(ケース A を基準として、ケース D~F と比較)。また、ケース G は「関東人為起源 VOC のうち固定蒸発 VOC のみ 2009 年排出量比で半分にした場合」を設定した。「関東人為起源 VOC を 2009 年排出量比で半分にした」ケース D と比較することで、VOC 削減対象成分と感度の関係について評価した。なお、ケース G の関東領域(シミュレーション)における人為起源 VOC 排出量のケース A に対する比は 0.73 程度であった。また、光化学反応性を考慮した場合の人為起源 VOC 排出量の比は 0.78 程度であった。

本解析は、地域的なスケールを対象としていることから、関東領域 10km 格子における計算結果を対象に解析を行った。

表 2-17 大気汚染物質排出量および気象場の設定内容

ケース	大気汚染物質排出量の設定年				気象場の設定年	備考
	東アジア大陸	関東人為起源 VOC	関東 NO _x	関東 ¹⁸ 左記以外		
A	2009 年	2009 年	2009 年	2009 年	2009 年	【基準ケース(2009 年)】
D		2009 年×1/2	2009 年			関東における人為起源 VOC 削減の感度の把握
E		2009 年	2009 年×1/2			関東における NO _x 削減の感度の把握
F		2009 年×1/2	2009 年×1/2			関東における人為起源 VOC・NO _x 同時削減の感度の把握
G		固定蒸発 VOC のみ 2009 年×1/2	2009 年			ケース D との比較により感度の差異をみる

※関東領域の境界値は変化させていない

¹⁸ 関東左記以外の物質は、SO₃、CO、植物起源 VOC、粒子状物質、NH₃

2.3.3.3. 解析結果

(1) O₃ の日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値

関東領域の O₃ 計算値について、計算メッシュごとに O₃ 新指標相当値を算出し、図 2-56 に分布状況を示した。また、図 2-57 にケース D～G のケース A に対する O₃ 新指標相当値の濃度比を示した。

図 2-57 より、「VOC 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合、関東地域全域で O₃ 新指標相当値は小さくなった。一方、「NO_x 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合、東京湾を中心とした NO_x 排出量が多いと考えられる地域において、O₃ 新指標相当値が大きくなる傾向がみられたが、他の地域では O₃ 新指標相当値は小さくなった。「VOC および NO_x 排出量ともに 2009 年排出量の 50%に設定」した場合、O₃ 新指標相当値は、東京湾を中心とする地域では、ほとんど変化が無いやや大きくなる傾向がみられたが、埼玉県西部や東京都西部などの郊外では O₃ 新指標相当値は「VOC 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合よりも小さくなった。

関東地域では「VOC 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合、O₃ 新指標相当値が全域で低減することが示唆された。さらに一部地域では「VOC および NO_x 排出量ともに 2009 年排出量の 50%に設定」した場合、最も低減割合が大きくなることが示唆された。一方、「NO_x 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合は、東京湾周辺を中心に O₃ 新指標相当値は増大するが、その他の地域では現状通りもしくは低減する可能性が示唆された。

(2) VOC 排出量と O₃ 新指標相当値の関係について

「VOC 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合(ケース D)と「固定蒸発 VOC 排出量を 2009 年排出量の 50%に設定」した場合(ケース G)で、関東地域における VOC 排出量比と O₃ 新指標相当値の濃度比を比較した(図 2-55)。図 2-55 より、両ケースの VOC 排出量比の大きさと O₃ 新指標相当値の濃度比の大きさを比較すると、O₃ の濃度減少の程度は、VOC の削減比に対応していることが示唆された。

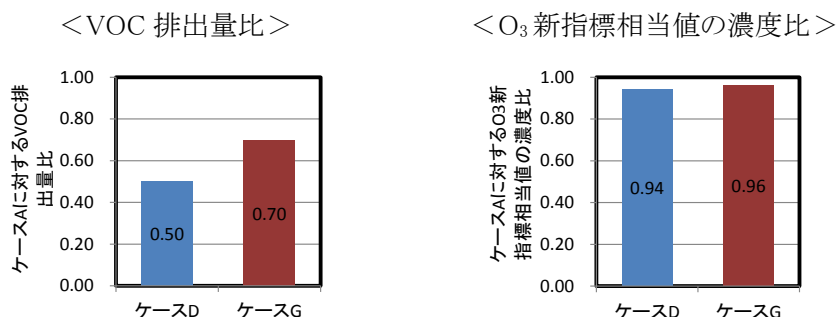


図 2-55 VOC 排出量比と O₃ 新指標相当値の濃度比

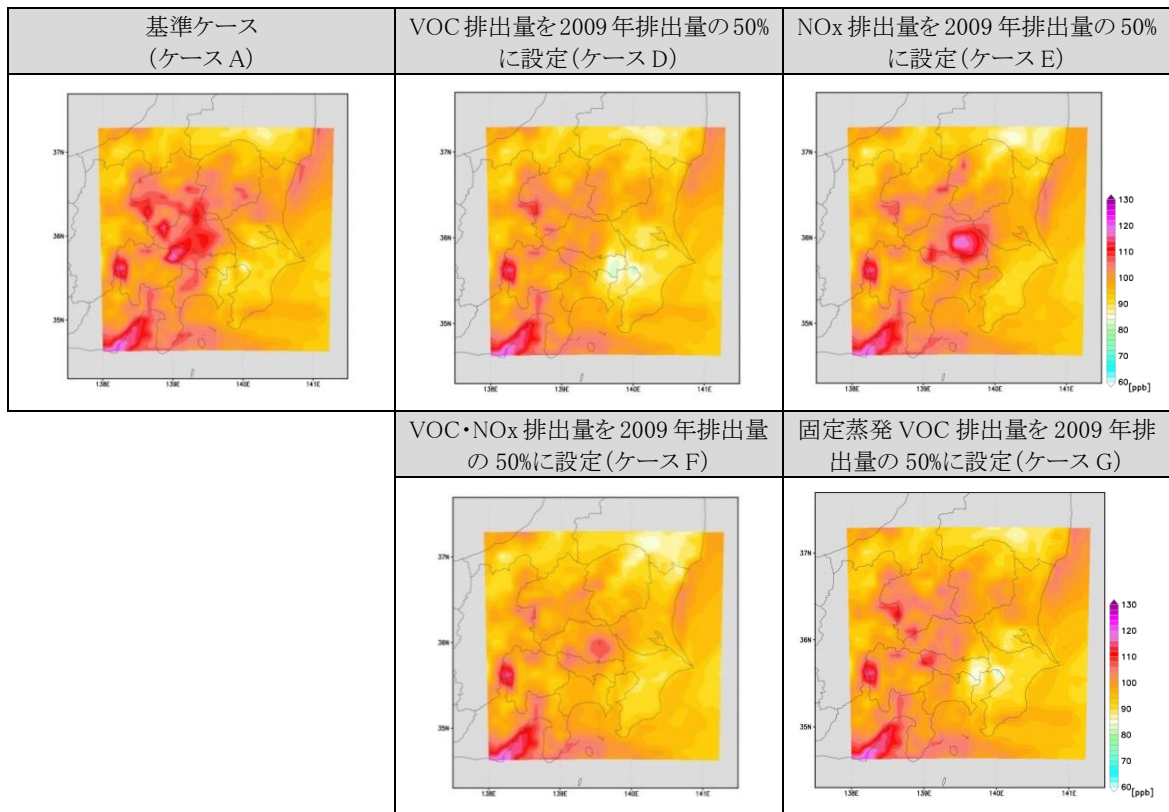


図 2-56 O₃ の新指標相当値の分布状況

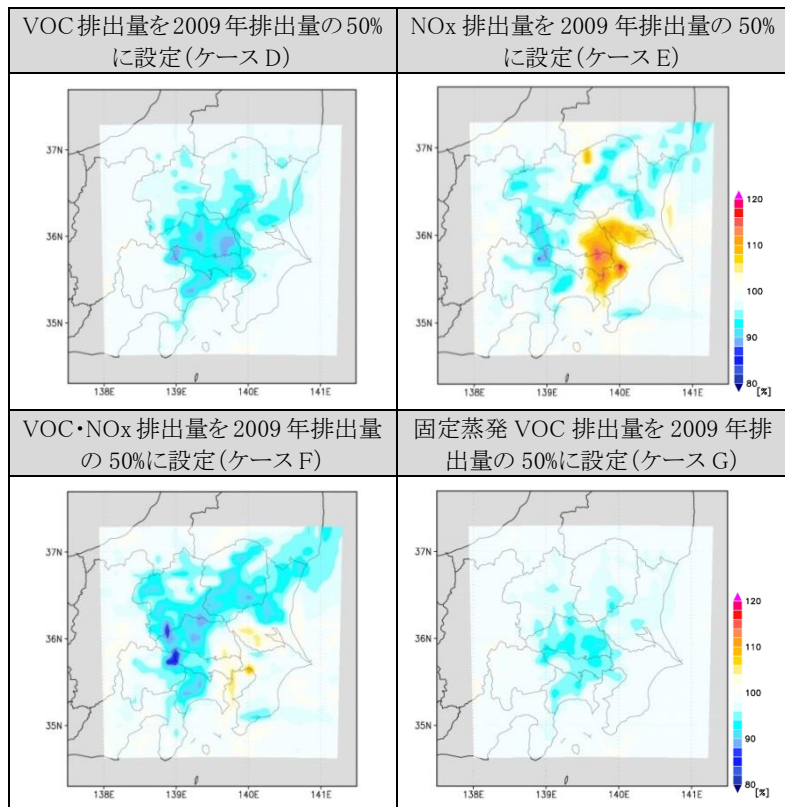


図 2-57 O₃ の新指標相当値の基準ケースに対する濃度比

2.4. これまでの光化学オキシダント排出抑制対策の効果等の把握

2.4.1. 固定蒸発 VOC 排出量削減の影響の解析

2.4.1.1. 解析の目的

関東の高濃度域の光化学オキシダント濃度の変化に対して、これまでの大気汚染物質排出抑制対策がどのような影響を与えたか明らかにする。具体的には、平成 18 年度(2006 年度)より施行された「揮発性有機化合物(VOC)の排出抑制制度」による関東地域における固定蒸発 VOC 排出量削減の影響の程度を把握することを目的とする。

2.4.1.2. シミュレーションの設定条件

シミュレーションの設定条件(大気汚染物質排出量および気象場の設定年)を表 2-18 に示した。関東の固定蒸発 VOC 排出量について、対策前の排出量として 2001 年の排出量を設定し、対策後の排出量として 2009 年の排出量を設定した場合の光化学オキシダント濃度を比較する。2001 年と 2009 年の関東領域(シミュレーション)における人為起源 VOC 排出量の比は 0.73 程度であった。また、光化学反応性を考慮した場合の人為起源 VOC 排出量の比も 0.73 程度であった。

本解析は、気象場の設定を 2009 年とした。また、地域的なスケールを対象としていることから、関東領域 10km 格子における計算結果を対象に解析を行った。

表 2-18 大気汚染物質排出量および気象場の設定内容

ケース	大気汚染物質排出量 ¹⁹ の設定年			気象場の設定年	備考
	東アジア大陸	関東固定蒸発 VOC	関東 ²⁰ 左記以外		
A	2009 年	2009 年	2009 年	2009 年	基準ケース(2009 年)
B		2001 年			関東固定蒸発 VOC 削減影響の把握

※関東領域の境界値は変化させていない

2.4.1.3. 解析結果

(1) O₃ の日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値

関東領域の O₃ 計算値について、計算メッシュごとに日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値(以下、O₃ 新指標相当値と記述)を算出した。図 2-58 に分布状況を示した。また、図 2-59 に「すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定」した場合と「関東の固定蒸発 VOC 排出量を 2001 年に設定」した場合の O₃ 新指標相当値の濃度比を示した。

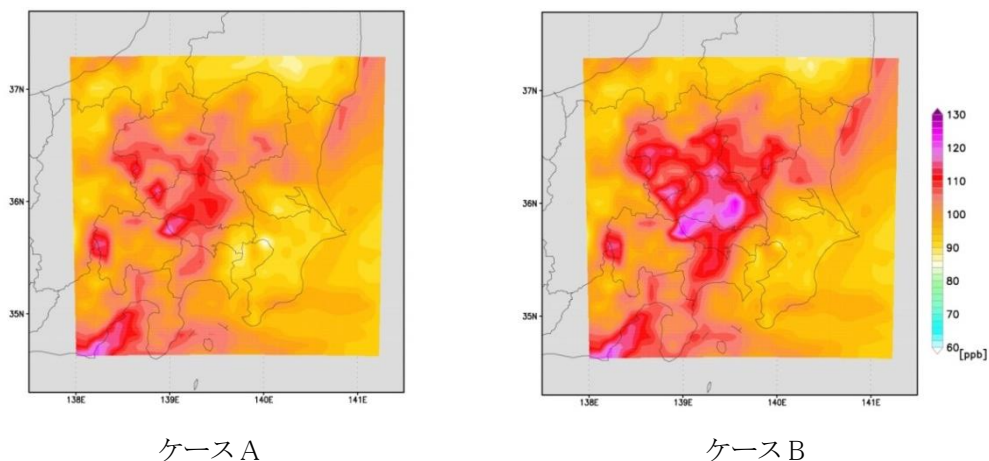
図 2-59 より、「すべての大気汚染物質排出量を 2009 年に設定」した場合、「関東の固定蒸発 VOC 排出量を 2001 年に設定」した場合よりも、関東全域で O₃ 新指標相当値が

¹⁹ モデル(関東領域)に入力する大気汚染物質排出物質は、NO_x、SO_x、CO、人為起源 VOC(固定蒸発 VOC およびその他 VOC)、植物起源 VOC、粒子状物質、NH₃

²⁰ 関東左記以外の物質は、NO_x、SO_x、CO、固定蒸発以外の人為起源 VOC、植物起源 VOC、粒子状物質、NH₃

小さくなった。東京都東部～埼玉県南東部にかけて、特に濃度比が小さくなっていることが分かる(濃度比 0.85～0.90 程度)。

これまでの固定蒸発 VOC 排出量の削減対策により、関東地域では O₃ 新指標相当値が低下したことが確認された。特に東京都東部から埼玉県東部における地域で削減効果が大きいことが確認された。



(すべての大気汚染物質排出量を 2009 年) (関東固定蒸発 VOC 排出量を 2001 年)

図 2-58 O₃ 新指標相当値の分布状況

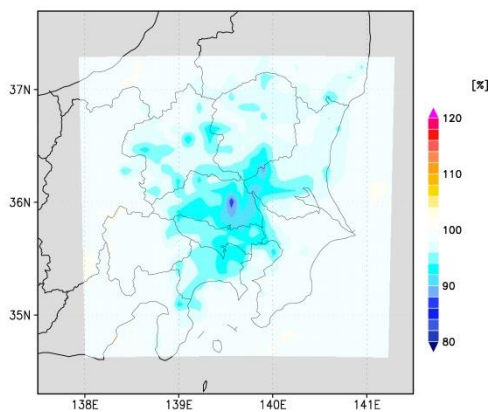


図 2-59 O₃ 新指標相当値の濃度比(ケース A/ケース B)

2.4.2. O₃の濃度レンジによる感度の違いについて

2.4.2.1. 解析の目的

2.3.3の解析項目について、O₃の高濃度レンジを代表する日最高8時間値の暖候期98パーセンタイル値の他に、O₃の中濃度レンジを代表する日最高8時間値の暖候期50パーセンタイル値を算出し、それぞれの感度に差があるか確認することを目的とする。

2.4.2.2. シミュレーションの設定条件

2.3および2.4の解析項目で設定したケースD～Gについて、関東地域を対象に、以下のパーセンタイル値を算出した。また、①および②の統計値について、それぞれのケースD～GのケースAに対する濃度比を算出した。

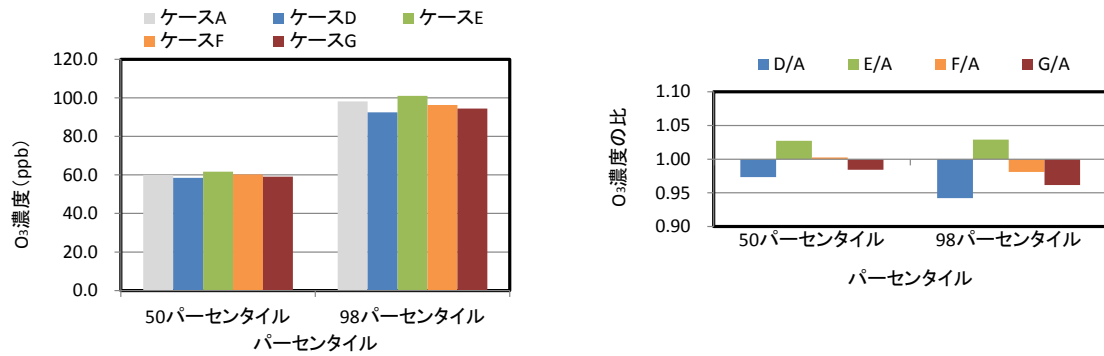
- ・ O₃高濃度レンジの代表値
①日最高8時間値の暖候期98パーセンタイル値
- ・ O₃中濃度レンジの代表値
②日最高8時間値の暖候期50パーセンタイル値

2.4.2.3. 解析結果

ケースD～Gについて、関東地域の測定局を含むメッシュを対象に①および②の値を算出し、さらに、それらを平均値化し関東地域の①および②の値とした。図2-60の左図に、関東地域の①および②の値を示した。また、図2-60の右図に、各値についてケースD～GのケースAに対する比を示した。図2-60の右図から明らかとなった事項を表2-19に整理した。

表 2-19 設定ケースと濃度レンジの感度について

ケース	大気汚染物質排出量の設定年		濃度レンジの感度
	関東人為起源 VOC	関東 NO _x	
D	2009年×1/2	2009年	中濃度レンジと比較すると高濃度レンジの方がO ₃ 濃度の感度が高い。
E	2009年	2009年×1/2	中濃度レンジと高濃度レンジでO ₃ 濃度の感度に大きな違いはみられない。
F	2009年×1/2	2009年×1/2	中濃度レンジと比較すると高濃度レンジの
G	固定蒸発 VOC のみ 2009年×1/2	2009年	方がO ₃ 濃度の感度が高い。



ケース A : 基準ケース
 ケース D : VOC 排出量を 2009 年排出量の 50% に設定
 ケース E : NO_x 排出量を 2009 年排出量の 50% に設定
 ケース F : VOC および NO_x 排出量ともに 2009 年排出量の 50% に設定
 ケース G : 固定蒸発 VOC 排出量を 2009 年排出量の 50% に設定

図 2-60 O₃ 濃度レンジ別の感度 (ケース A およびケース D~G)
 (左図: O₃ 濃度 右図: O₃ 濃度の比)

2.5. シミュレーションモデルを用いた解析のまとめ

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要因のうち、「越境大気汚染の影響」および「光化学オキシダント前駆物質(NO_x、VOC(NMHC))濃度の影響」について解析を実施した。また、「これまでの光化学オキシダント排出抑制対策の効果等の把握」についても解析を実施した。それぞれの解析結果を整理した。なお、下記の結果は、定性的にはこれまでの研究報告等と矛盾するものではないが、解析に用いたシミュレーションモデルでは、O₃やO₃の前駆物質であるNO_xおよびVOC主要成分の精度について課題がみられる。このため、排出量を基準ケースから変化させた本解析の結果について、O₃濃度が上昇・低下する範囲やその変動幅については誤差が生じる可能性があることに留意する必要がある。

【「越境大気汚染」の影響】

これまでの東アジア大陸からの排出量の増大によって、日本国内の広い範囲でO₃新指標相当値が増加したことが確認された。この増加割合は、関東地域よりも九州地域の方が大きいことが確認された。

【「光化学オキシダント前駆物質(NO_x、VOC(NMHC))濃度」の影響】

関東地域では「VOC排出量を2009年排出量の50%に設定」した場合、O₃新指標相当値が全域で低減することが示唆された。さらに一部地域では「VOCおよびNO_x排出量ともに2009年排出量の50%に設定」した場合、最も低減割合が大きくなることが示唆された。一方、「NO_x排出量を2009年排出量の50%に設定」した場合、東京湾周辺を中心にO₃新指標相当値は増大するが、その他の地域では現状通りもしくは低減する可能性が示唆された。

【「これまでの光化学オキシダント排出抑制対策」の効果】

これまでの固定蒸発VOC排出量の削減対策により、関東地域ではO₃新指標相当値が低下したことが確認された。特に東京都東部から埼玉県東部における地域で削減効果が大きいことが確認された。

2.6. 光化学オキシダント調査検討会検討結果について

2.6.1. 光化学オキシダント調査検討会検討結果のとりまとめ

本年度、光化学オキシダント調査検討会を計 3 回、シミュレーションモデルによる解析作業部会を計 5 回実施した。調査検討会および解析作業部会における検討の結果、決定した事項について以下に整理した。

第 1 回検討会における決定事項

- ◆ シミュレーションモデルの精度レベル(4 項目)の設定
- ◆ 気象モデルの改善項目
 - スピンアップ時間の変更(60,10km 計算)
 - 連続計算時間の変更(60km 計算)
- ◆ 化学輸送モデルの改善項目
 - スピンアップ時間の変更(60,10km 計算)
 - 東アジア領域境界値データを MOZART から CHASER に変更することを検討する
- ◆ 排出インベントリの改善項目
 - 植物起源 VOC 排出量の設定方法を MEGAN に変更することを検討する

第 1 回および第 2 回作業部会における決定事項

- ◆ 化学輸送モデルの改善項目
 - 東アジア領域境界値データ(MOZART および CHASER)の精度比較の結果、CHASER を使用することとした
- ◆ 排出インベントリの改善項目
 - 東アジア領域日本付近の排出量インベントリとして、REAS2.1 から JEI-DB に変更

第 3 回作業部会における決定事項

- ◆ 排出インベントリの改善項目
 - MEGAN の計算方法および計算結果について確認し、植物起源 VOC 排出量算出方法として MEGAN の計算結果を使用することとした

第 4 回作業部会・第 2 回検討会における確認結果

- ◆ 精度レベルの確認
 - 今年度改善したモデルについて、精度レベルを確認した結果、O₃、NO₂、NMHC について、10 年間(2001～2010 年)のトレンドを概ね再現していることを確認した。また、O₃、NO₂ の月平均値の再現性について、現在、研究で用いられているモデルと今年度改善したモデルの精度比較を行った結果、同等の精度であることが確認された。以上のことから、当モデルを解析に使用することとした。

- ◆ シミュレーションを用いた解析
 - 改善したシミュレーションモデルの精度レベル確認結果等を踏まえ、今年度は、前駆物質濃度(VOC)の影響の解析、越境大気汚染の増加の影響の解析および NO_x および VOC 排出量の削減効果の検討(感度解析)を実施することとした。

第5回作業部会における確認結果

- ◆ シミュレーションを用いた解析
 - 前駆物質濃度(VOC)の影響、越境大気汚染の増加の影響の解析および NO_x および VOC 排出量の削減効果の検討(感度解析)結果について精査した結果、妥当であると判断した。ただし、越境大気汚染の増加の影響の解析結果については、気象場の年変動の影響を受けている可能性が考えられたため、気象場の影響について解析を実施することとした。

第3回調査検討会における確認結果

- ◆ シミュレーションを用いた解析
 - 前駆物質濃度(VOC)の影響、越境大気汚染の増加の影響の解析および NO_x および VOC 排出量の削減効果の検討(感度解析)結果について、妥当であることが確認された。

2.6.2. 今後の課題

本シミュレーションモデルは、精度について一部課題を有している(主な課題として、九州地域の O₃ のトレンド(2001～2010 年で O₃ 濃度が上昇傾向)が再現できていない、関東地域における O₃ の絶対値の再現の精度が低いなど)が、現時点で実行可能な改善作業を行い、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を確認した。

今後、シミュレーションモデルを用いて、光化学オキシダント対策の検討を行うにあたっては、測定値と計算値の比較方法や指標の算出方法について検討するとともに、シミュレーションモデルが有する課題や以下に示した精度に影響を及ぼすと推測される要因を考慮した解析方法を設定し、解析を進めていくこととする。

【排出インベントリに関連するもの】

- ・ 大気汚染物質排出量の絶対量や空間・時間配分
- ・ 発生源別 VOC の成分組成
- ・ MissingVOC などの未把握物質

【シミュレーションモデルに関連するもの】

- ・ 気象場の再現性

- ・ 東アジア領域の境界濃度
- ・ 未考慮の反応スキーム

【検証用モニタリングデータ関連するもの】

- ・ VOC 成分別濃度データの不足
- ・ VOC 成分別毎時データの不足
- ・ 測定値の空間代表性