

# 光化学オキシダント調査検討会報告書（概要）

平成 29 年3月

平成 25 年度に取りまとめられた「光化学オキシダント調査検討会報告書(平成 26 年 3月)」において、光化学オキシダントの長期トレンドを評価するための指標として「日最高8時間平均値の年間 99%値の3年平均値」を活用することが提案された。この指標を用いて、注意報発令レベルの超過割合が多い地域である関東地域や阪神地域等の域内最高値の経年変化をみると、近年、域内最高値が低下しており、高濃度域の光化学オキシダントの改善が示唆されている。

さらに、上記報告書において、この指標を用いて過去の光化学オキシダント(Ox)濃度を解析した結果、地域別の長期トレンドは、①VOC 及び NOx 排出量の低下に伴う局地的オゾン生成量の減少による高濃度域の光化学オキシダントの低減、②越境大気汚染の増加による光化学オキシダントの増加、③NOx 排出量の減少に伴う NO タイトレーション効果<sup>※1</sup>の低下による都市部の光化学オキシダントの増加の3つの要因の組み合わせによって説明できることが示された。

上記報告書を踏まえ、平成 26～28 年度の本検討会では、以下の2つを目的として、調査検討を実施した。

- ① 我が国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3つの要因について、それぞれの寄与の程度を、シミュレーションモデルを用いて明らかにすること。
- ② ①で構築したシミュレーションモデルを用いて、これまでの光化学オキシダント対策の効果検証や、前駆物質排出量削減の感度解析等から、今後のさらなる Ox 濃度低減対策に資する知見を得ること。

## 1. 日本国内における Ox 濃度の長期変動要因

### 1.1 前駆物質排出量変化（固定蒸発発生源の VOC 排出量削減）の影響

固定蒸発 VOC 排出量の削減対策によって関東地域では Ox 新指標相当値(日最高8時間値の暖候期 98%値)が低下し、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(表1および図1、図2)。これらの結果は、2013 年度(平成 25 年度)までに実施した測定濃度の解析結果とも整合しており、固定蒸発 VOC 排出量の削減による Ox 低減効果が確認されたと考えられる。

### 1.2 越境大気汚染増加の影響

東アジア大陸における Ox 前駆物質 (VOC 及び NOx) 排出量の増大によって、日本国内の広い範囲で Ox 日最高8時間値の暖候期 98%値が増加した。この増加割合は関東地域よりも九州地域の方が大きい(表2および図3)。

---

※1 NO タイトレーション効果：一酸化窒素 NO がオゾン O<sub>3</sub> と反応して二酸化窒素 NO<sub>2</sub> となり、同量のオゾンを減少させる効果

### 1.3 NO タイトレーションの影響

関東地域においてO<sub>3</sub>とPOの濃度を2001年と2009年について比較すると、 $\Delta O_3 - \Delta PO$ は正の値(すなわち $\Delta O_3 > \Delta PO$ )となっており、関東地域ではNO<sub>x</sub>排出削減に伴い、NO濃度が減少したことによりNOタイトレーション効果が低下し、O<sub>3</sub>濃度の減少が抑制されたことが示唆された(表3および図4)。

## 2. 前駆物質排出量削減の感度解析

関東地域におけるVOC及びNO<sub>x</sub>の排出削減効果を評価するために、10 km 格子のシミュレーションモデルを用い、関東地域の2008～2010年を対象として、人為起源排出量の削減に伴う感度解析を実施した。O<sub>x</sub>濃度の解析結果を要約すると以下のとおりである。

- 関東領域内のVOC及びNO<sub>x</sub>排出量を一律に25%刻みで25～100%に削減した場合のシミュレーション結果によると、VOC削減はO<sub>x</sub>高濃度事例の減少につながるが、NO<sub>x</sub>削減だけを実施すると、東京湾周辺の南関東においてはO<sub>x</sub>高濃度事例が増加する可能性が示された。また、VOC及びNO<sub>x</sub>を同時に削減すると、それぞれの物質を同じ割合だけ削減したケースに比べて中間的な効果(即ち、NO<sub>x</sub>削減ケースよりも効果はあるがVOC削減ケースに比べると小さい)を示すが、北関東ではVOCとNO<sub>x</sub>排出量を同時に削減すると、VOCのみ削減時より、O<sub>x</sub>低減効果が同等かやや大きくなる可能性が示された(図5)。
- 物質別の排出削減効果に着目すると、内陸域ではVOC及びNO<sub>x</sub>の同時削減がO<sub>x</sub>低減に有効であるのに対して、東京湾周辺域では特にVOC削減による効果が顕著である。
- これらの結果は、既存の調査研究結果(観測データ解析やモデル解析に基づく結果)とも整合しており、東京湾周辺域(発生源地域)ではVOC律速であるが、発生源から離れるにしたがってレジームシフト<sup>※2</sup>を起こし、内陸域(風下地域)ではNO<sub>x</sub>律速になるというO<sub>3</sub>生成・消滅機構によって理論的に説明できる。
- 季節別に着目すると、一般的に夏季におけるO<sub>x</sub>の低減効果は大きいことから、夏季の注意報発令日の低減対策としては有効である一方、春季における効果は限定的である(図6および図7)。この原因として、夏季には関東地域内で排出された前駆物質によって生成されるO<sub>x</sub>の影響が大きいのに対して、春季には大陸からの越境汚染を含む関東地域外からの流入影響が大きく、域内の生成が少ないために、域内で排出された前駆物質の影響が小さくなるものと考えられる。
- 域内の排出削減によって夏季のO<sub>x</sub>高濃度が低減しても春季の低減効果が小さいために、春季に高濃度が発生しやすい年には排出削減効果が小さくなりやすい。このことから、新指標値や各年の暖候期98%値を大幅に低減するためには、域内の排出削減と同時に、大陸からの越境汚染を含む域外での対策が必要である。

---

※2 レジームシフト：ここでは、反応時間の増加によりVOC律速からNO<sub>x</sub>律速へ変化すること

### 3. 今後の光化学オキシダント対策に関する提言

#### 3.1 新たな指標の更なる活用

我が国においては、大気汚染防止のための様々な取組の強化によって、VOC や NO<sub>x</sub> の大気中濃度が多くの地域で減少しているにも関わらず、光化学オキシダントについては、昼間の日最高1時間濃度の年平均値の漸増傾向や注意報発令地域の広域化が見られ、環境基準達成率も極めて低い水準にとどまってきた。このような中で、これまで光化学オキシダント濃度の指標として「環境基準の達成状況」、「光化学オキシダント注意報等の発令状況」、「昼間の日最高1時間濃度の年平均値」等を用いてきたが、気象要因による年々変動が大きく、長期的な環境改善効果を適切に示す指標となり得ないことが問題点として指摘されてきたため、本検討会では、光化学オキシダントに関する環境改善効果を適切に示すための統計的に堅牢な指標として、日最高8時間平均値の年間 99%値の3年平均値を指標として活用することを平成 26 年3月に提案した。今後、この指標に基づく対策効果の把握を推進することが適当である。

なお、我が国では光化学オキシダントの環境基準値は設定後 40 年以上が経過しており、その間、蓄積されてきた健康影響や汚染実態に関する最新の科学的知見や諸外国の対策の状況等を踏まえ、上記の新指標に基づく光化学オキシダントの目標のあり方等を検討していくことが必要である。

#### 3.2 国内における前駆物質の削減対策への取り組み

中央環境審議会大気・騒音振動部会微小粒子状物質等専門委員会において取りまとめられた「微小粒子状物質の国内における排出抑制策の在り方について－中間取りまとめ－」(2015 年3月)において提言されているように、短期的課題とされている VOC や NO<sub>x</sub> について、排出規制等の取組状況、排出実態や排出抑制技術の状況等を踏まえ、追加的な対策の可能性を検討するとともに、総合的な対策に取り組む上での基礎となる現象解明や情報整備等の中長期的課題に取り組む必要がある。

また、高濃度の光化学オキシダントの発生を抑制するためには、VOC と NO<sub>x</sub> の排出量比を十分に考慮して両者を削減する必要性が示唆されたことなどの本調査結果を踏まえ、光化学オキシダント対策のさらなる推進について、具体的に検討する必要がある。

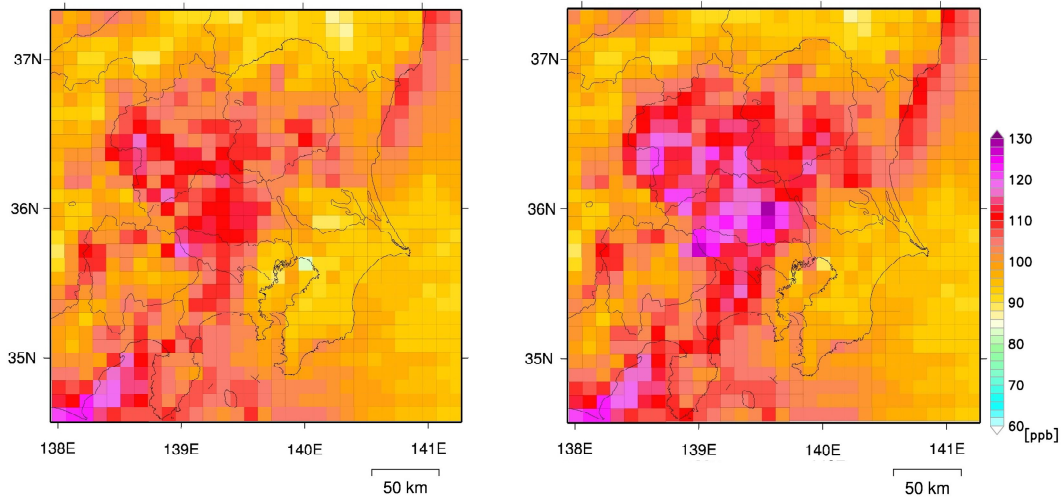
#### 3.3 光化学オキシダントと PM<sub>2.5</sub> の総合的対策の展開

現在、微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) は光化学オキシダントとともに環境基準を超過している大気汚染物質の一つであり、環境基準の達成が喫緊の政策課題となっている。

PM<sub>2.5</sub> の主要成分である硝酸塩 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) と有機二次粒子 (SOA) の前駆物質はそれぞれ NO<sub>x</sub>、VOC であり、光化学オキシダントの前駆物質と共通するものが多い。また、PM<sub>2.5</sub> を構成する二次粒子の多くは、大気中の光化学反応でオキシダントと同時に生成する。このため、実際の解析には共通のシミュレーションモデルを用いて解析することが望ましく、両者を共に制御する視点からの複眼的な対策が求められる。

表1 固定蒸発 VOC 排出量削減の影響解析シミュレーションの設定

ケース	人為起源排出量の設定年			気象場の設定年	備考
	東アジア大陸	関東領域固定蒸発 VOC	関東領域固定蒸発 VOC 以外		
A		2009 年			基準ケース(2009 年)
B	2009 年	2001 年	2009 年	2009 年	2009 年を基準に、国内固定蒸発 VOC の排出量のみ 2001 年相当に変更した場合



ケース A

(2009 年基準ケース)

ケース B

(固定蒸発 VOC 排出量を 2001 年に変更)

図1 Ox 日最高8時間値の暖候期 98%値の分布(左図: ケース A 右図: ケース B)

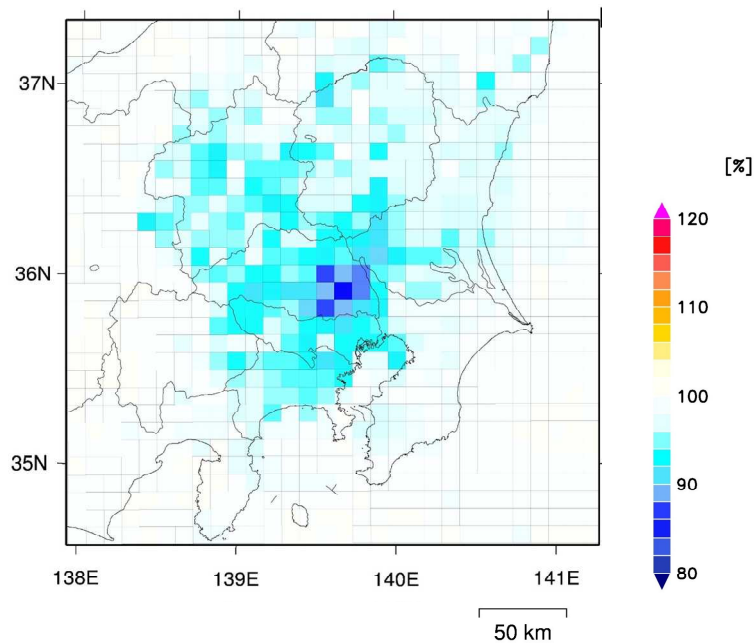


図2 Ox 日最高8時間値の暖候期 98%値の濃度比(ケース A / ケース B)

表2 越境大気汚染の影響解析シミュレーションの設定

ケース	人為起源排出量の 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)】 2009年を基準に、東アジア大陸の排出量のみ 2001年相当に変更した場合
C	2001年			

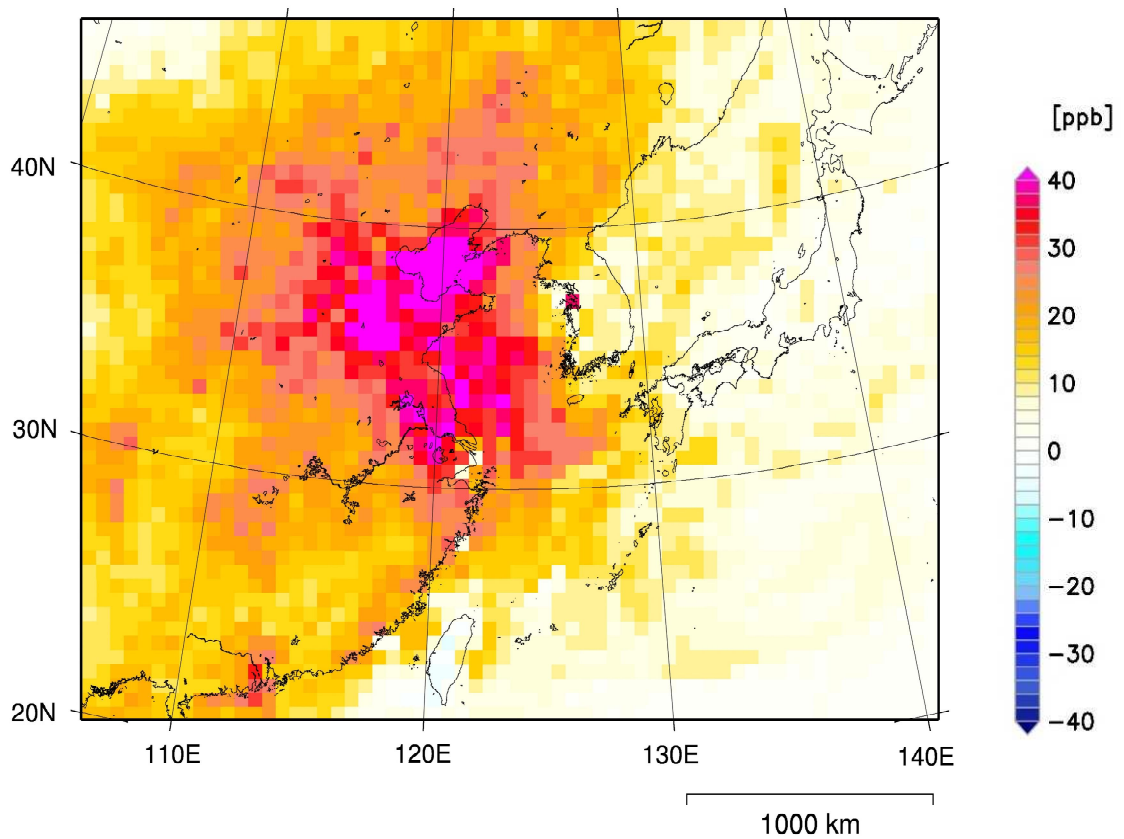


図3 Ox 日最高8時間値の暖候期 98%値の濃度差(ケース A - ケース C)

表3 NO タイトレーション効果低下の影響解析の設定ケース

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	2009年	2009年	【基準ケース(2009年)】
D	2001年	2001年	2001年	【比較ケース(2001年)】

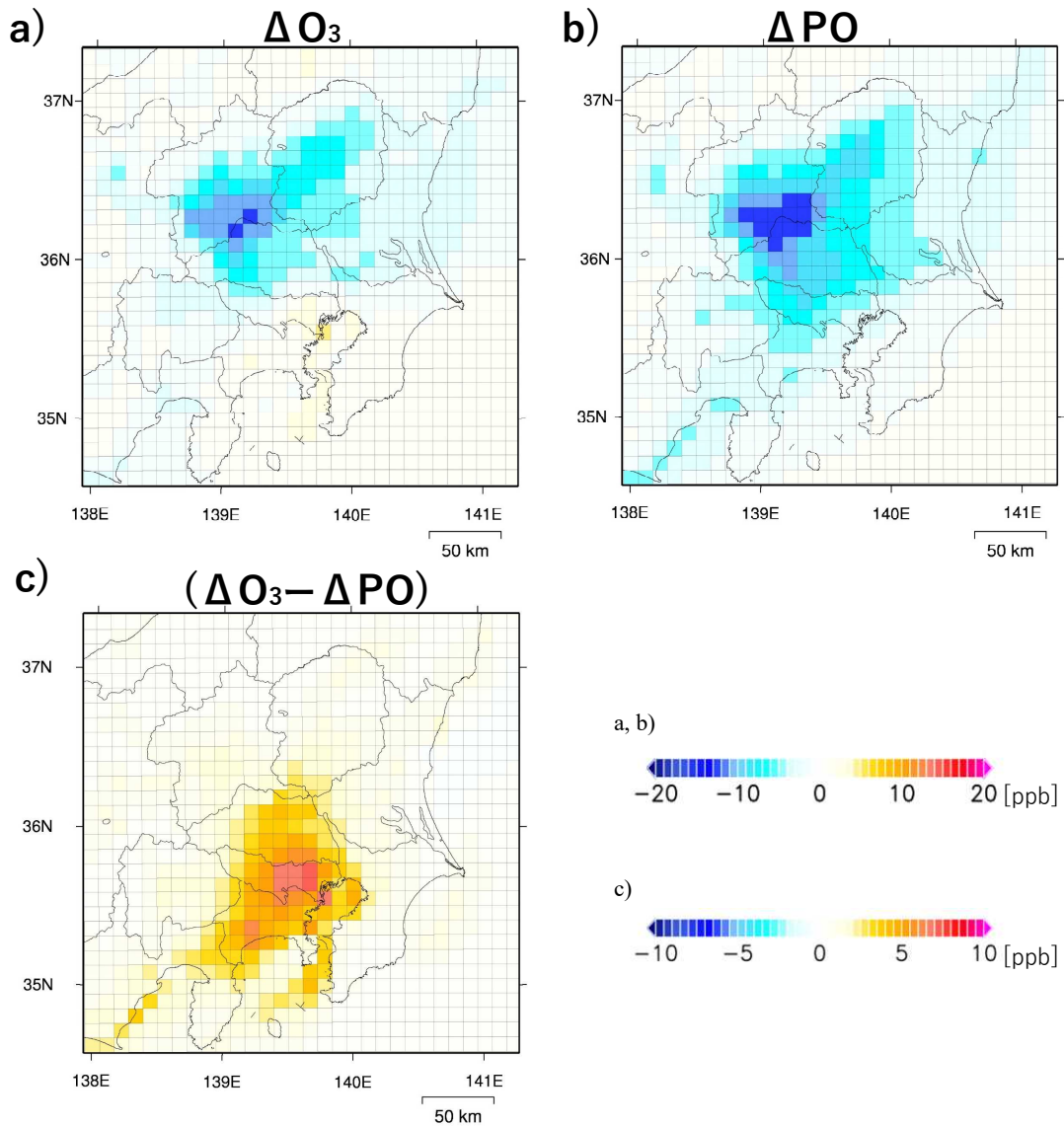


図4 (ケース A - ケース D)の空間分布 (10 km 格子計算値 暖候期平均)

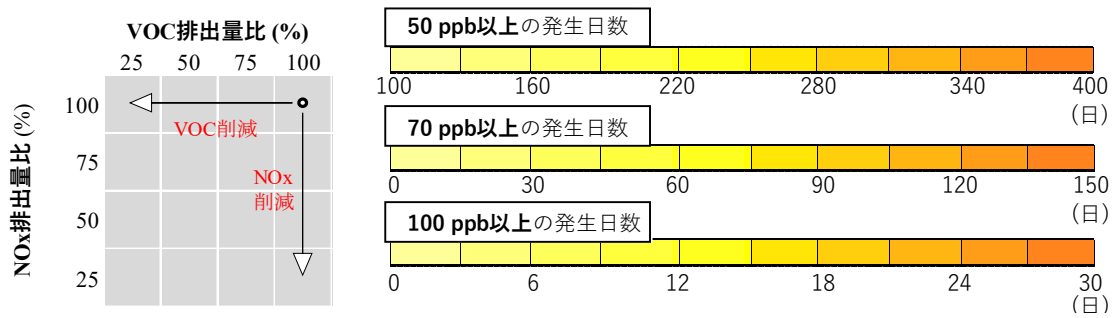
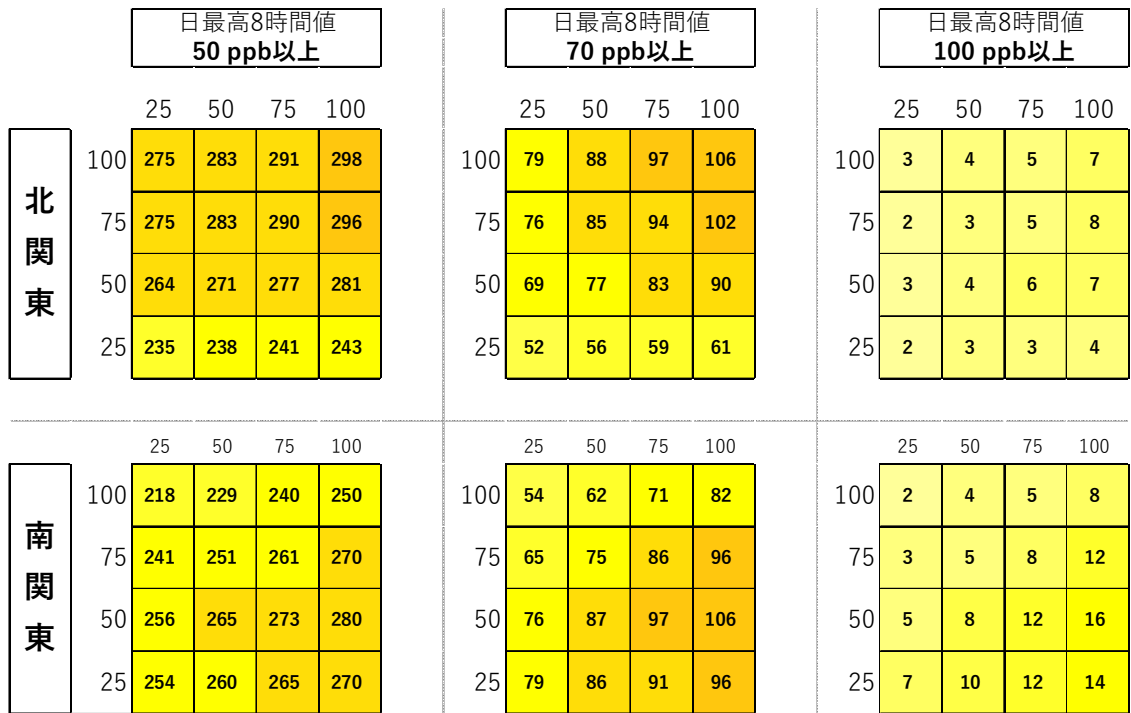


図5 地域別の暖候期積算 O<sub>x</sub> 高濃度日発生日数(測定局あたり、3年積算日数)

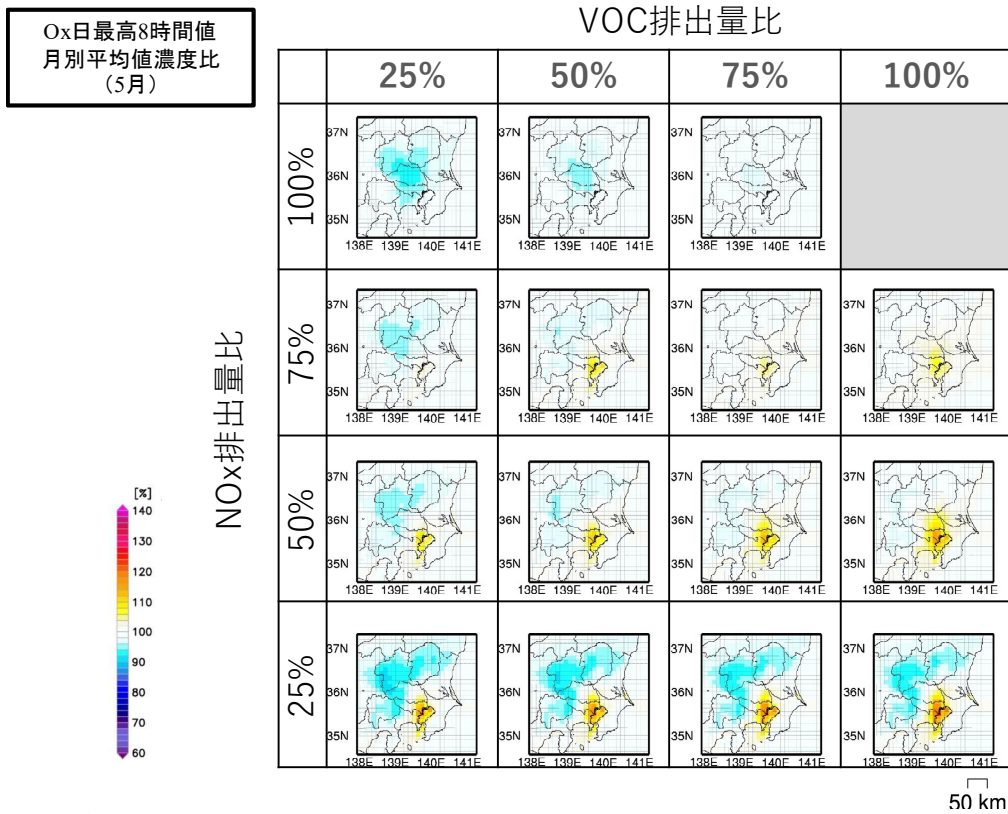


図6 前駆物質排出量削減ケースにおける Ox 日最高8時間値の月平均値の濃度比  
 3年平均値(2008~2010年)(基準ケースとの比 5月)

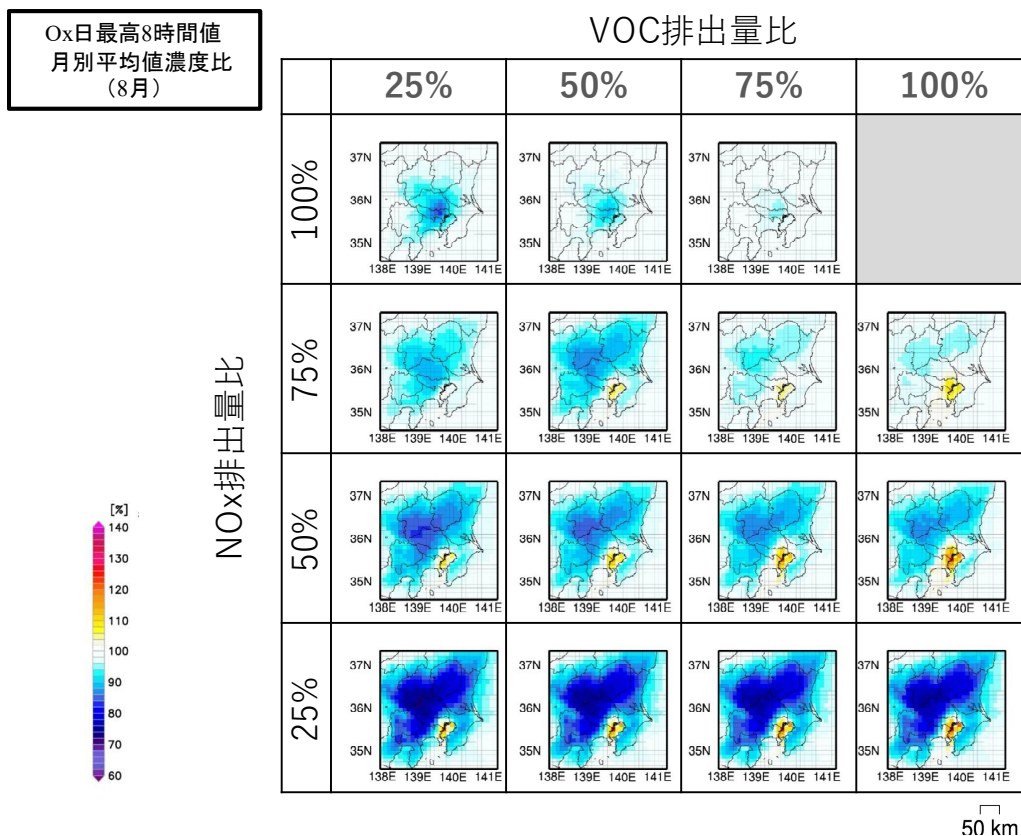


図7 前駆物質排出量削減ケースにおける Ox 日最高8時間値の月平均値の濃度比  
 3年平均値(2008~2010年)(基準ケースとの比 8月)



平成 28 年度光化学オキシダント調査検討会委員

氏名	所属	職名
秋元 肇	国立研究開発法人 国立環境研究所	客員研究員
板野 泰之	大阪市立環境科学研究所 調査研究課	研究主任
井上 和也	国立研究開発法人 産業技術総合研究所安全科学研究部門 環境暴露モデリンググループ	主任研究員
指宿 堯嗣	社団法人 産業環境管理協会	技術顧問
浦野 紘平	環境資源システム総合研究所	研究所所長 (横浜国立大学名誉教授)
大原 利真	国立研究開発法人 国立環境研究所 企画部	フェロー
金谷 有剛	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野	分野長代理
古関 恵一	東燃ゼネラル石油株式会社 中央研究所 戦略企画・調査部	部長
坂本 和彦	一般財団法人 日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター	所長
紫竹 益吉	一般社団法人 日本化学工業協会 環境安全部	部長
星 純也	公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 環境資源研究科	副参事研究員
向井 人史	独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター	センター長
米原 洋一	一般社団法人 日本塗料工業会	専務理事
若松 伸司	国立大学法人 愛媛大学	名誉教授

(五十音順 敬称略)