

3.3.2 光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果

光化学オキシダントの発生源寄与割合推計の結果を図 3-32 に示す。2008 年度の推計結果と同様に期間平均や地点平均では局所的に生成する光化学オキシダントの発生源寄与割合は見えにくくなり、関東外からの寄与が大きく見えてしまう結果となった。

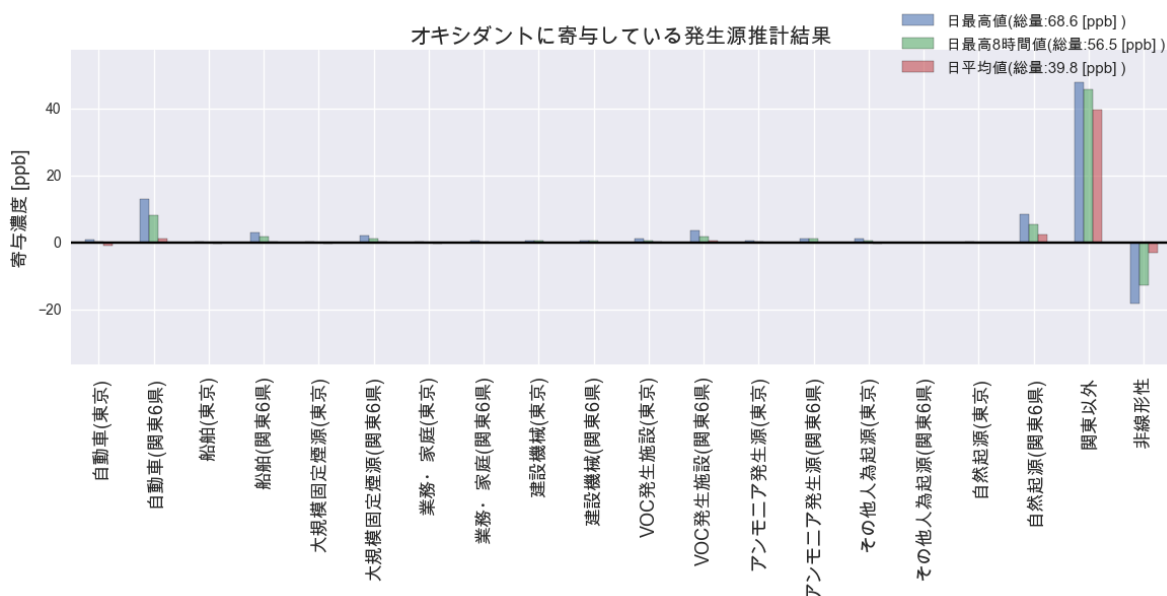


図 3-32 2015 年度における光化学オキシダントの発生源寄与割合推計結果

- ※ 推計結果は、都内 3 地点（国設新宿局、町田市金森、足立区綾瀬）における 2015 年 7 月 11 日から 2015 年 8 月 10 日の期間平均値。
- ※ ゼロアウト法を実施した対象領域別（東京、関東 6 県、関東以外）における各発生源の寄与濃度を示す。
- ※ 「非線形性」は、光化学オキシダント濃度からそれぞれの発生源寄与濃度の総和を差し引いた差を算定した。

光化学オキシダントについては、高濃度事象の要因解析も重要であることから、地点別、日別の光化学オキシダント日最高値（1 時間値）に対する発生源寄与割合を集計した。ここでは、国設新宿局及び町田市金森における発生源寄与割合を図 3-33、図 3-34 に示した。東京都内の発生源は、東京都内だけでなく関東一円に影響しているため（逆に関東他県の寄与が東京都内に影響していることもある）、図に示した発生源は、東京都と関東 6 県を区別せずに合計した関東全域（1 都 6 県）の発生源寄与割合を算出した。

関東 1 都 6 県の代表地点において、光化学オキシダント計算値の日最高 1 時間値が 100 ppb を超過した日を高濃度日とした。各地点で 100 ppb を超過した日数を表 3-5 に示し、高濃度日における光化学オキシダントの発生源寄与割合を図 3-35、図 3-36 に示す。関東地域における東京都の発生源寄与割合を考察するため、「東京」、「関東 6 県」、「関東以外」²⁰の対象領域別に分類した発生源寄与割合を図 3-37 に示す。また、高濃度日であった 7 月 27 日（月曜日）における光化学オキシダント濃度の基準計算値と主要発生源の感度に対する空間分布図を図 3-40～図 3-44 に示す。

²⁰ 「関東以外」には、「国外からの越境汚染」、「関東以外の国内発生源からの排出の影響」、「全球規模のバックグラウンド濃度」を含む。

光化学オキシダントの発生源寄与割合について、以下の事項が推察される。

- ① 光化学オキシダントに寄与している関東域内の主な発生源は、自動車、VOC 発生施設、自然起源が挙げられる。
- ② 高濃度日では（7月26日や8月7日を例にする）、自動車、VOC 発生施設、自然起源の寄与割合が増加することが確認された。
- ③ 図 3-35 より、春季では、夏季に比べて関東以外の寄与割合が大きくなった。
- ④ 図 3-35 より、高濃度日では東京都内の発生源寄与割合は、東京以北の埼玉や群馬などで高くなった。
- ⑤ 夏季の高濃度日において、関東域内の排出源の寄与割合は全体の光化学オキシダント濃度のうち40～70 ppb 程度と推定された。

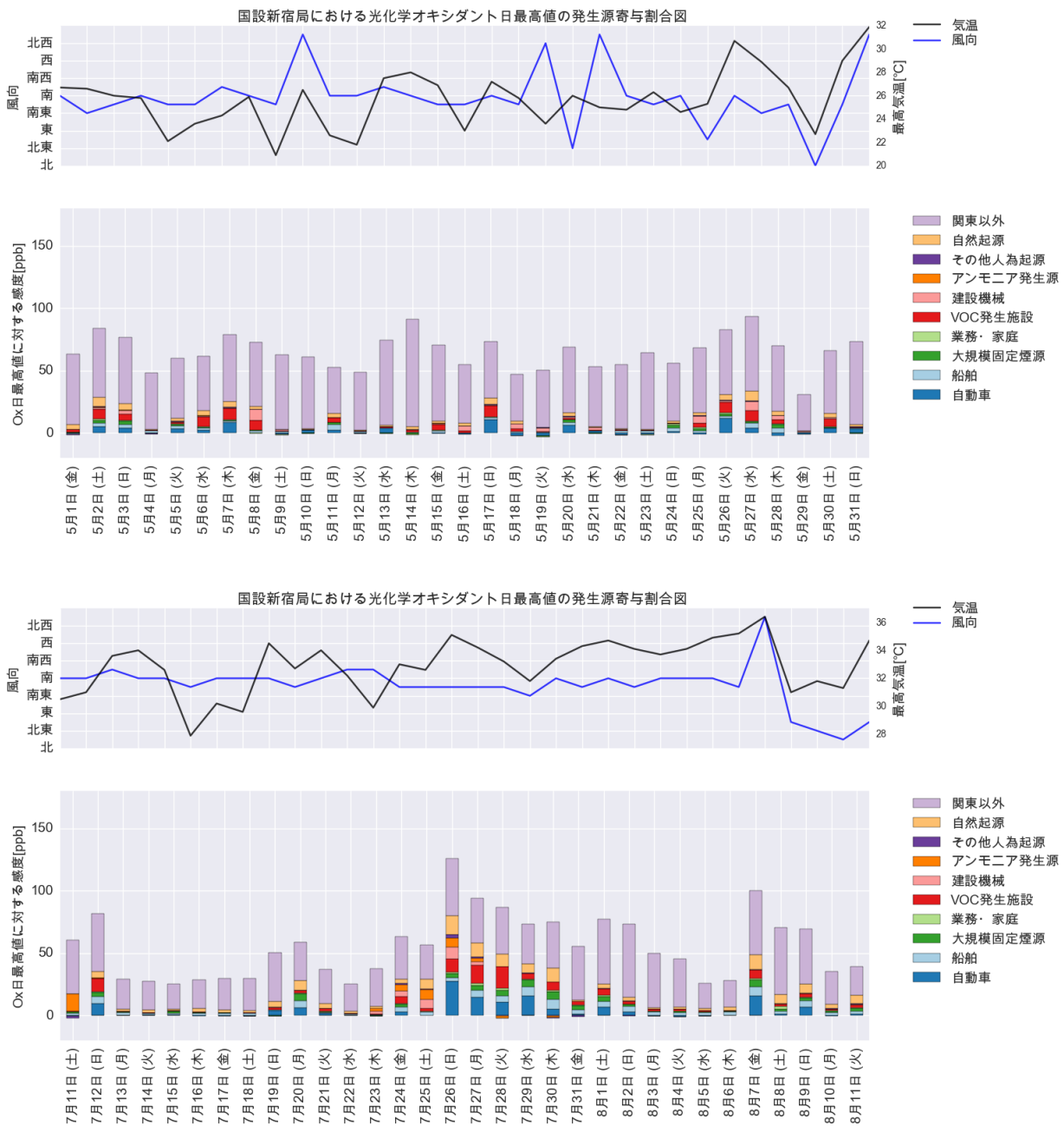


図 3-33 2015 年度の国設新宿局における光化学オキシダントの発生源寄与割合推計結果 (日別) (上図：春季、下図：夏季)

- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域 (1 都 6 県) における発生源を示す。
- ※ シミュレーションモデルによる非線形性の効果は、各発生源に配分して算出した。
- ※ 各季節について、上図に気象条件 (日最高気温、主風向)、下図に日ごとの発生源寄与割合を示した。
- ※ 気象条件に用いたデータは東京管区気象台の測定結果である。
- ※ 寄与割合が負となっている発生源は、NO のタイトレーション効果等の化学物質の濃度のバランスにより光化学オキシダントの生成反応が促進されなかったためと考えられる。

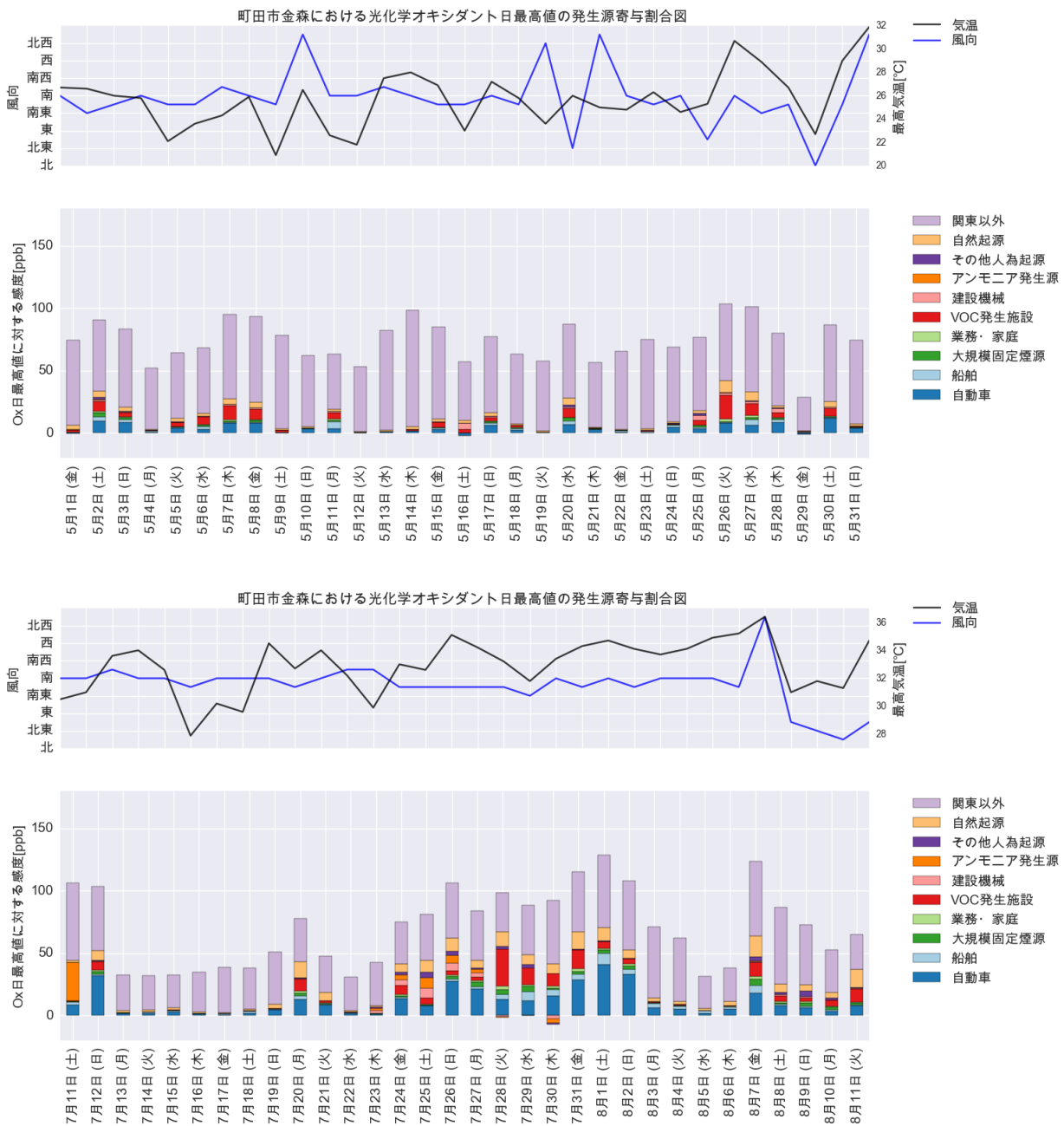


図 3-34 2015 年度の町田市金森における光化学オキシダントの発生源寄与割合推計結果（日別）春季（上図）、夏季（下図）

- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）における発生源を示す。
- ※ シミュレーションモデルによる非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。
- ※ 各季節について、上図に気象条件（日最高気温、主風向）、下図に日ごとの発生源寄与割合を示した。
- ※ 気象条件に用いたデータは東京管区気象台の測定結果である。
- ※ 寄与割合が負となっている発生源は、NO のタイトレーション効果等の化学物質の濃度のバランスにより光化学オキシダントの生成反応が促進されなかったためと考えられる。

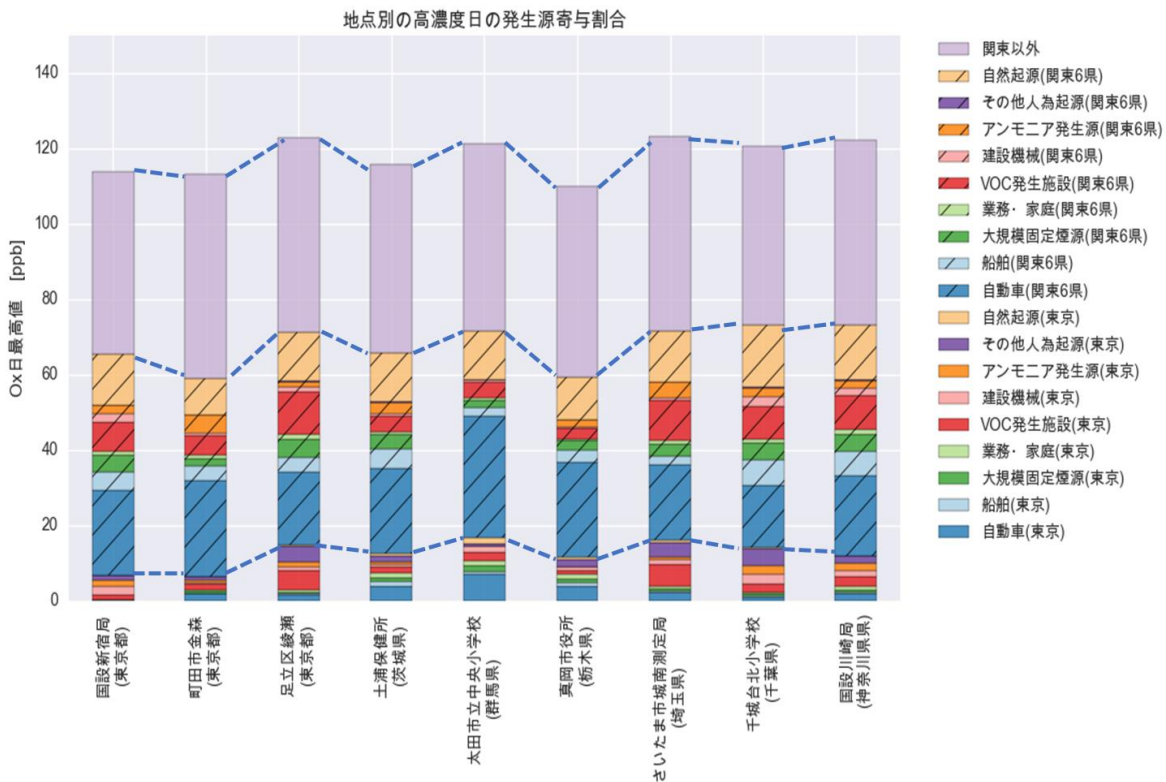
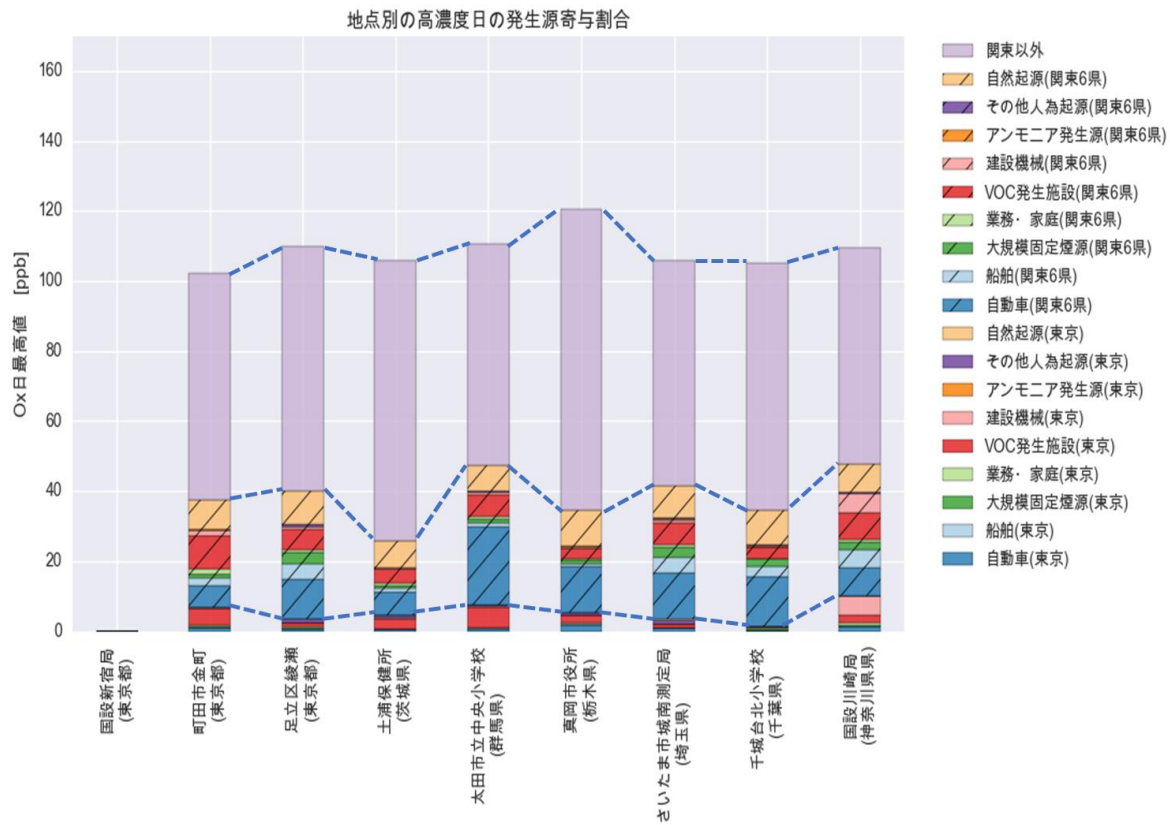


図 3-35 2015 年度における高濃度日の関東代表地点での光化学オキシダントの発生源寄与割合（上図：春季、下図：夏季）

※ 光化学オキシダントの日最高1時間値の計算値が100 ppbを超過した日を高濃度日とした(表 3-5)。
 ※ ゼロアウト法を実施した対象領域別（東京、関東6県、関東以外）における発生源の寄与割合について、「東京」、「関東6県」、「関東以外」として示す。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。

表 3-5(1/2) 光化学オキシダント日最高値が 100 ppb を超えた日数

季節	期間	国設新宿局	足立区綾瀬	町田市金森	国設川崎局
春季	5/1-5/31	0	1	2	1
夏季	7/11-8/10	2	5	7	3
春季	内訳		2015/5/27	2015/5/26	2015/5/27
				2015/5/27	
夏季	内訳	2015/7/26	2015/7/12	2015/7/11	2015/7/26
		2015/8/7	2015/7/26	2015/7/12	2015/7/27
			2015/7/27	2015/7/26	2015/8/7
			2015/7/30	2015/7/31	
			2015/8/2	2015/8/1	
				2015/8/2	
				2015/8/7	

表 3-5(2/2) 光化学オキシダント日最高値が 100 ppb を超えた日数

季節	期間	さいたま市 城南測定局	千城台北 小学校	太田市立 中央小学校	真岡市役所	土浦保健所
春季	5/1-5/31	1	1	3	1	1
夏季	7/11-8/10	8	2	8	9	10
春季	内訳	2015/5/27	2015/5/15	2015/5/15	2015/5/14	2015/5/14
				2015/5/27		
				2015/5/28		
夏季	内訳	2015/7/11	2015/7/12	2015/7/21	2015/7/11	2015/7/11
		2015/7/12	2015/7/26	2015/7/27	2015/7/12	2015/7/12
		2015/7/26		2015/7/30	2015/7/25	2015/7/24
		2015/7/27		2015/7/31	2015/7/31	2015/7/25
		2015/7/30		2015/8/1	2015/8/1	2015/7/27
		2015/8/1		2015/8/2	2015/8/2	2015/7/31
		2015/8/2		2015/8/3	2015/8/3	2015/8/1
		2015/8/3		2015/8/5	2015/8/4	2015/8/2
					2015/8/5	2015/8/3
				2015/8/4		

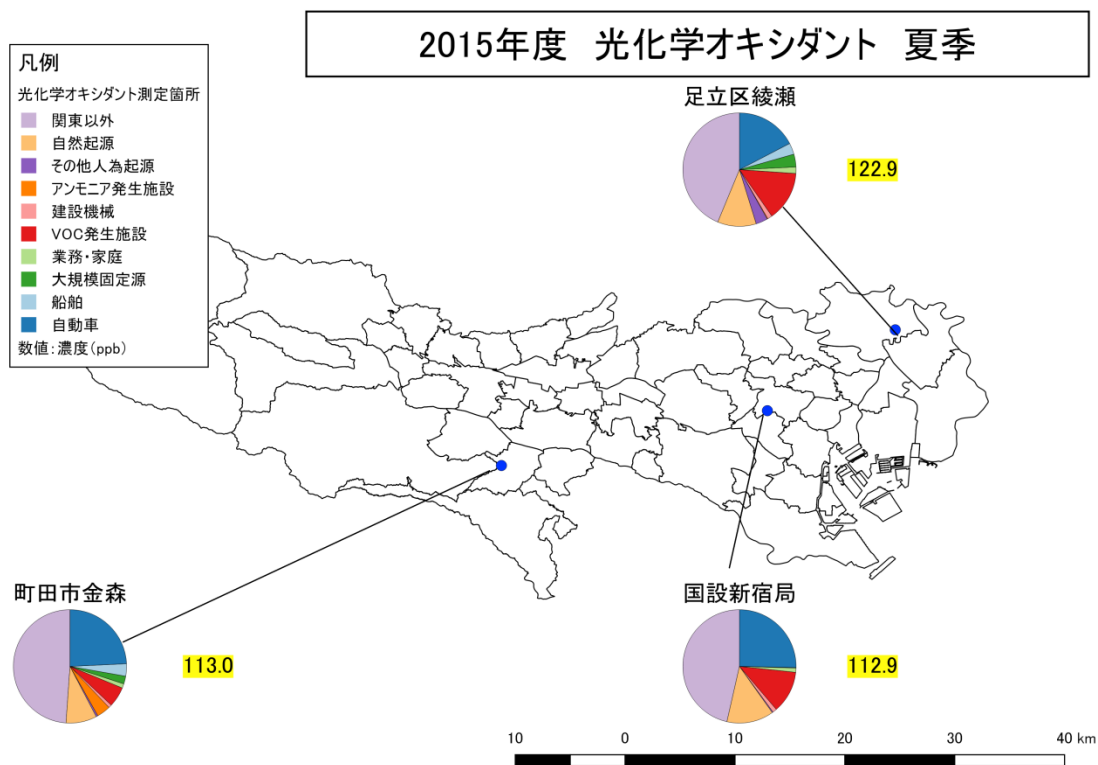
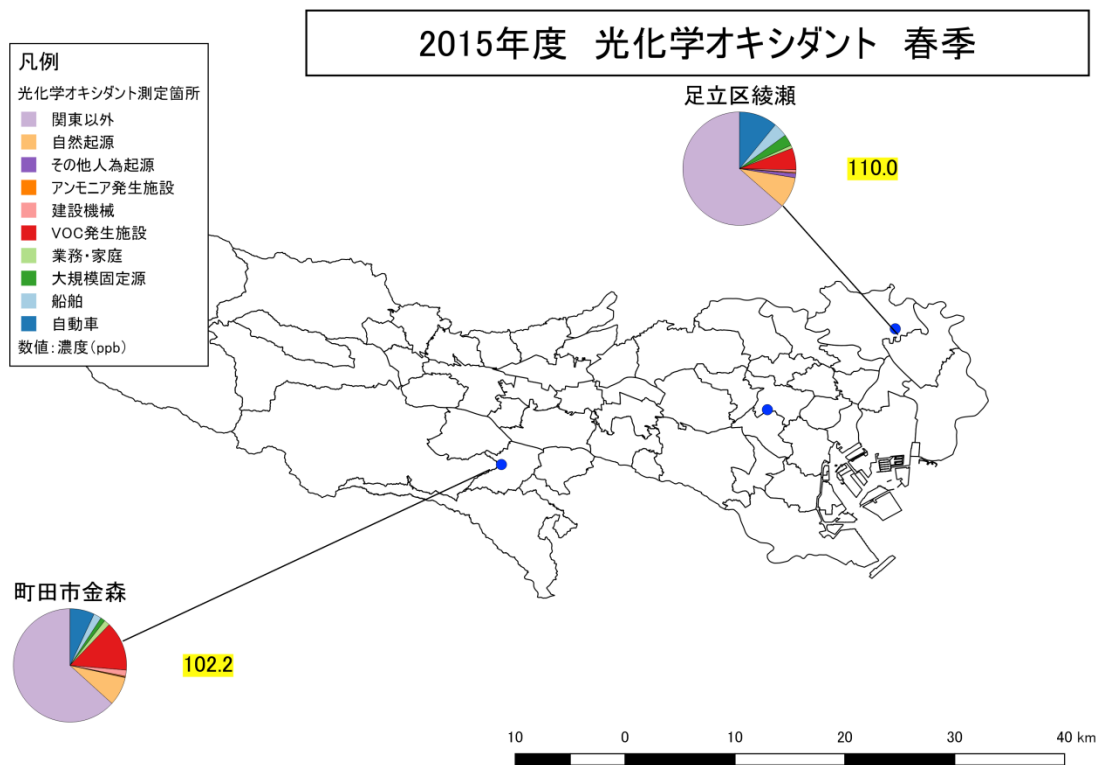
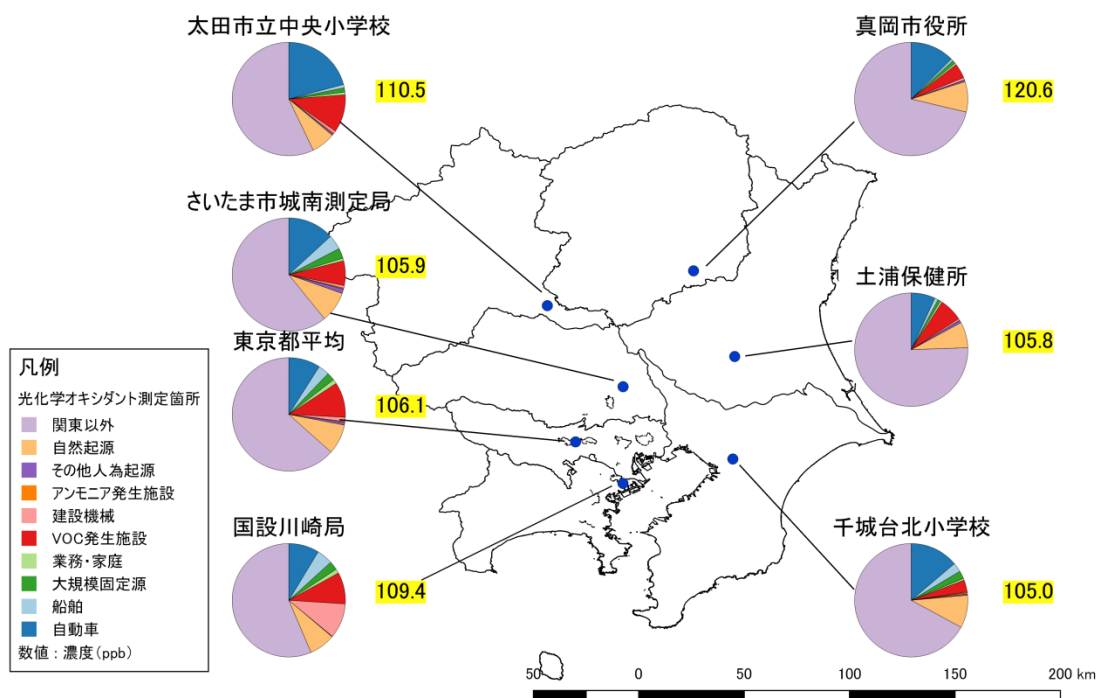


図 3-36 2015年度の高濃度日における東京都内の光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果（上図：春季、下図：夏季）

- ※ 各発生源は、東京都と関東6県の発生源寄与割合を合計した関東全域（1都6県）を示す。シミュレーションモデルによる非線形性による効果は各発生源に配分して算出した。
- ※ 日最高1時間値のシミュレーションモデルの計算値が100 ppbを超過した日を高濃度日とした。春季において国設新宿局の発生源寄与割合が確認されないのは、100 ppbを超過した日なかったためである。
- ※ 黄枠の数値は、各地点の光化学オキシダント日最高1時間値のシミュレーションモデルによる計算値を示す（単位：ppb）。

2015年度 光化学オキシダント 春季



2015年度 光化学オキシダント 夏季

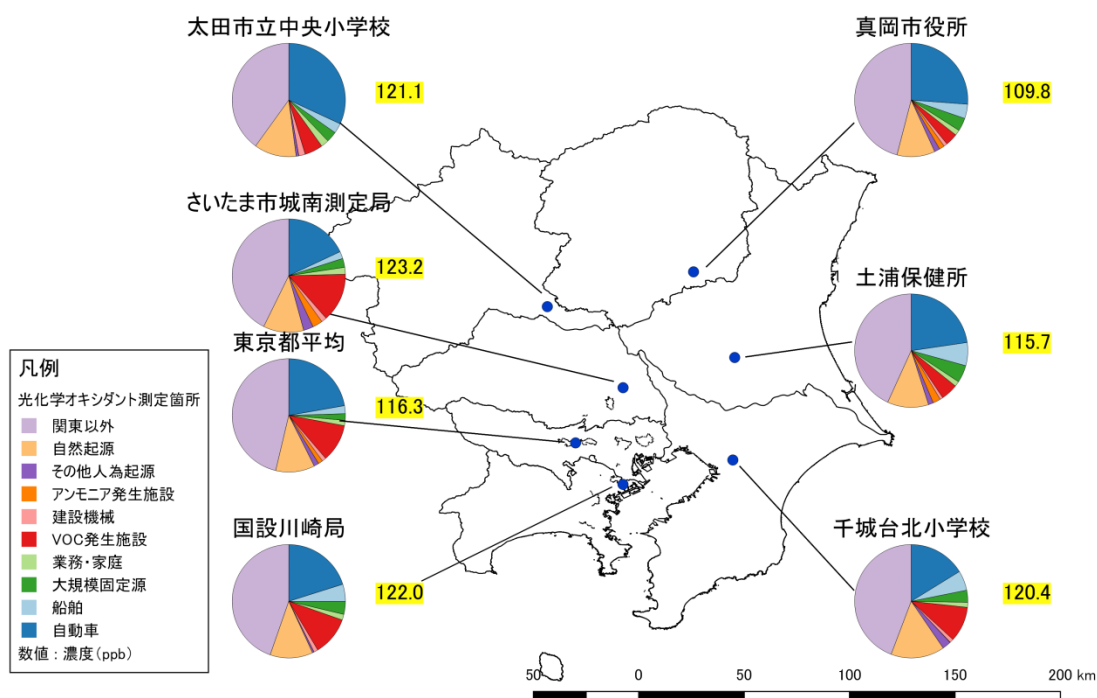


図 3-37 2015年度の高濃度日における関東地域の光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果（上図：春季、下図：夏季）

- ※ 各発生源は、東京都と関東6県の発生源寄与割合を合計した関東全域（1都6県）を示す。シミュレーションモデルによる非線形性による効果は各発生源に配分して算出した。
- ※ 東京都平均は、足立区綾瀬、町田市金森、国設新宿局の高濃度日の平均値を算出した。
- ※ 日最高1時間値のシミュレーションモデルの計算値が100ppbを超過した日を高濃度日とした。
- ※ 黄枠の数値は、各地点の光化学オキシダント日最高1時間値のシミュレーションモデルによる計算値を示す（単位：ppb）。

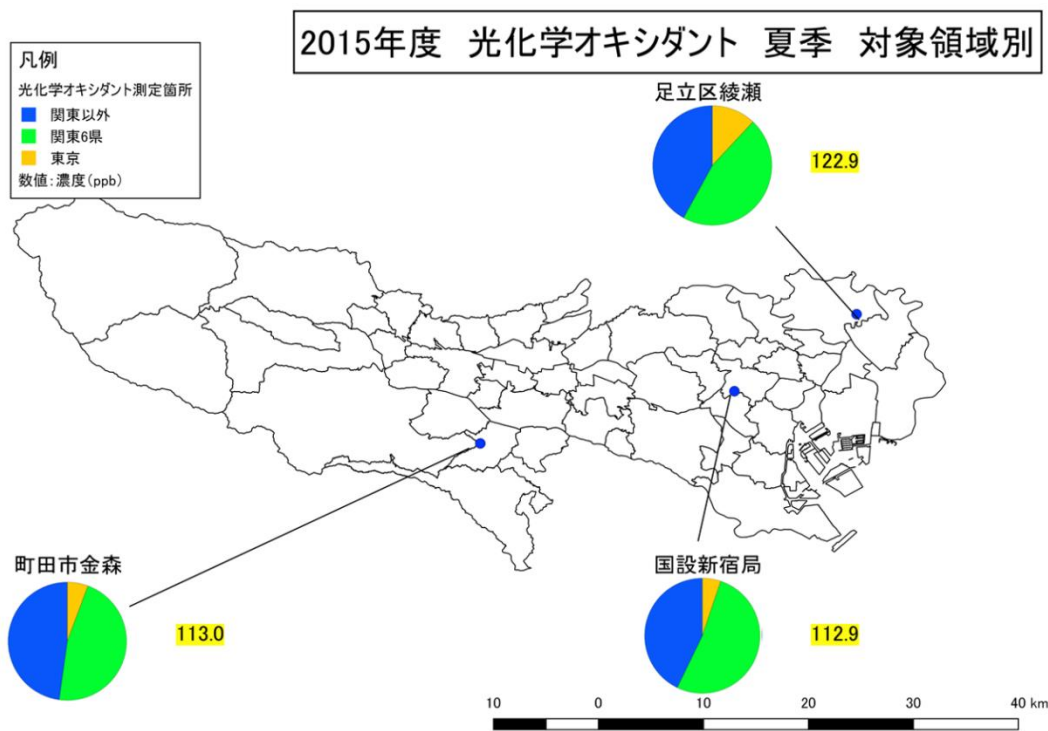
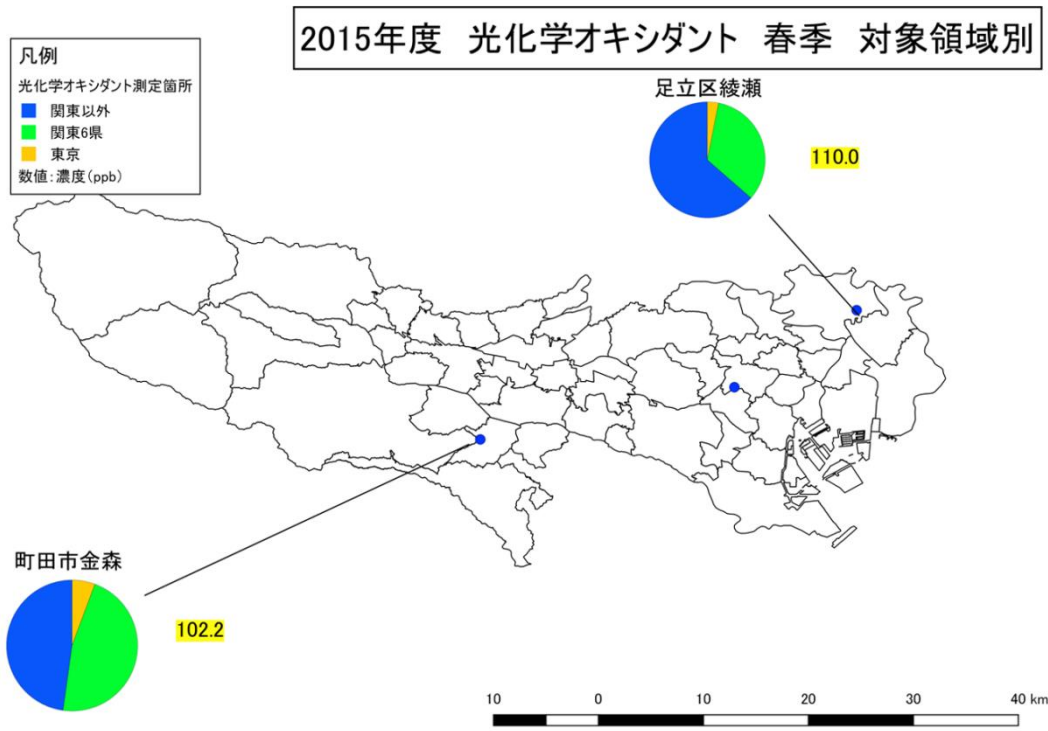
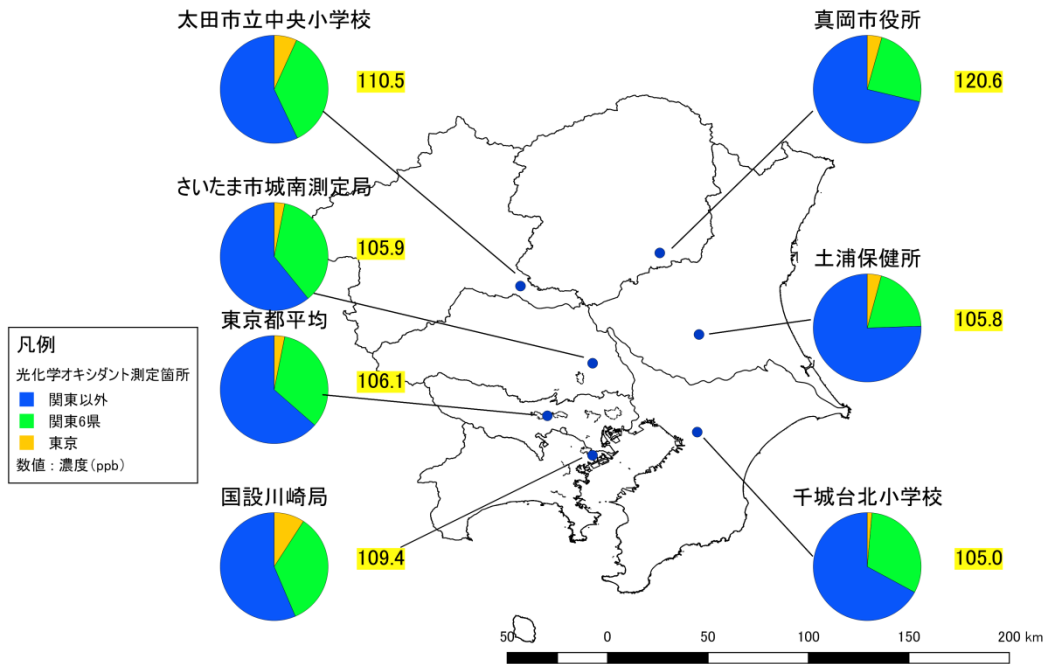


図 3-38 2015年度の高濃度日における東京都内の光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果 (上図: 春季、下図: 夏季)

- ※ ゼロアウト法を実施した対象領域別 (東京、関東6県、関東以外) における各発生源寄与割合の合計をそれぞれ「東京」、「関東6県」、「関東以外」として示した。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。
- ※ 日最高1時間値のシミュレーションモデルの計算値が100 ppbを超過した日を高濃度日とした。春季において国設新宿局の発生源寄与割合が確認されないのは、100 ppbを超過した日なかったためである。
- ※ 黄枠の数値は、各地点の光化学オキシダント日最高1時間値のシミュレーションモデルによる計算値を示す (単位: ppb)。

2015年度 光化学オキシダント 春季 対象領域別



2015年度 光化学オキシダント 夏季 対象領域別

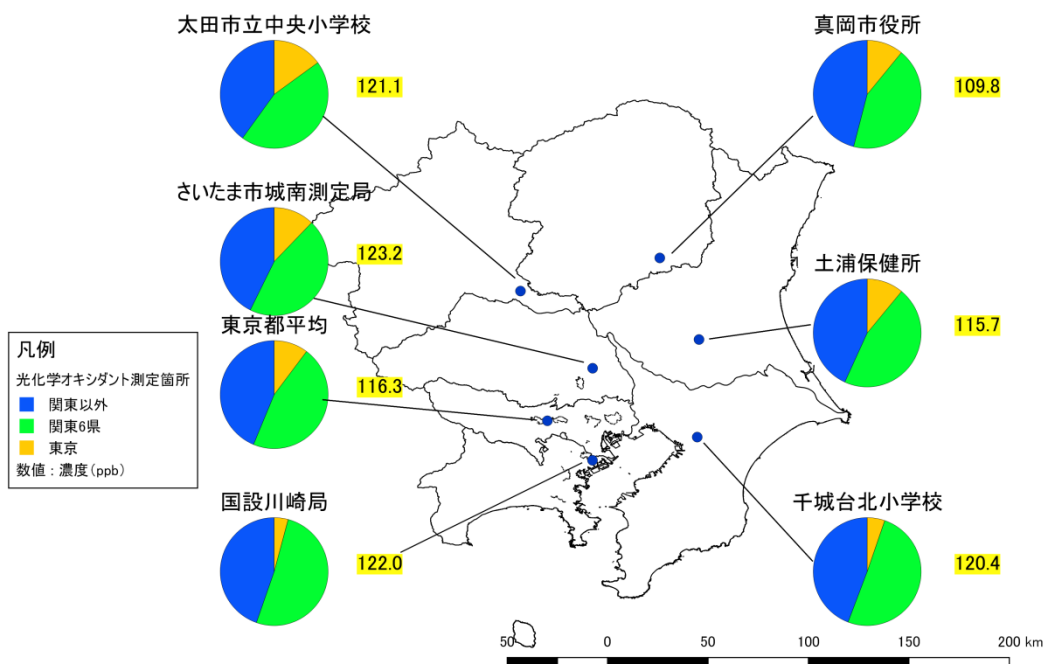


図 3-39 2015年度の高濃度日における関東地域の光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果（上図：春季、下図：夏季）

- ※ ゼロアウト法を実施した対象領域別（東京、関東6県、関東以外）における各発生源寄与割合の合計をそれぞれ「東京」、「関東6県」、「関東以外」として示した。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。東京都平均は、足立区綾瀬、町田市金森、国設新宿局の高濃度日の平均を算出した。
- ※ 日最高1時間値のシミュレーションモデルの計算値が100 ppbを超過した日を高濃度日とした。
- ※ 黄枠の数値は、各地点の光化学オキシダント日最高1時間値のシミュレーションモデルによる計算値を示す（単位：ppb）。

2015年7月27日（月）における
 基準計算（削減効果なし）の光化学オキシダント濃度の空間分布図

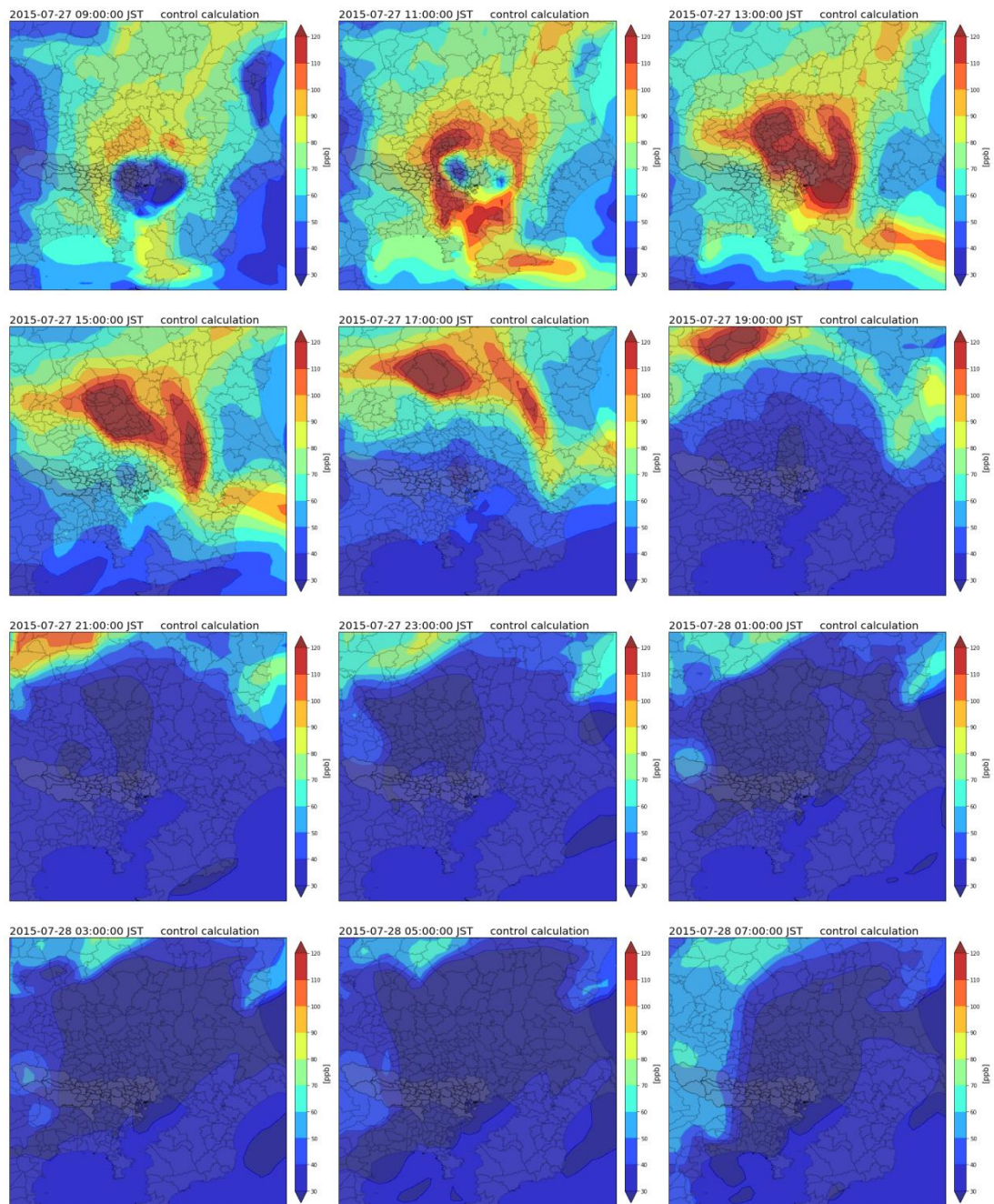


図 3-40 2015年7月27日（月）における光化学オキシダント濃度の空間分布図
 ※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。

2015年7月27日（月）における
排出ゼロとした場合の光化学オキシダント濃度の空間分布図

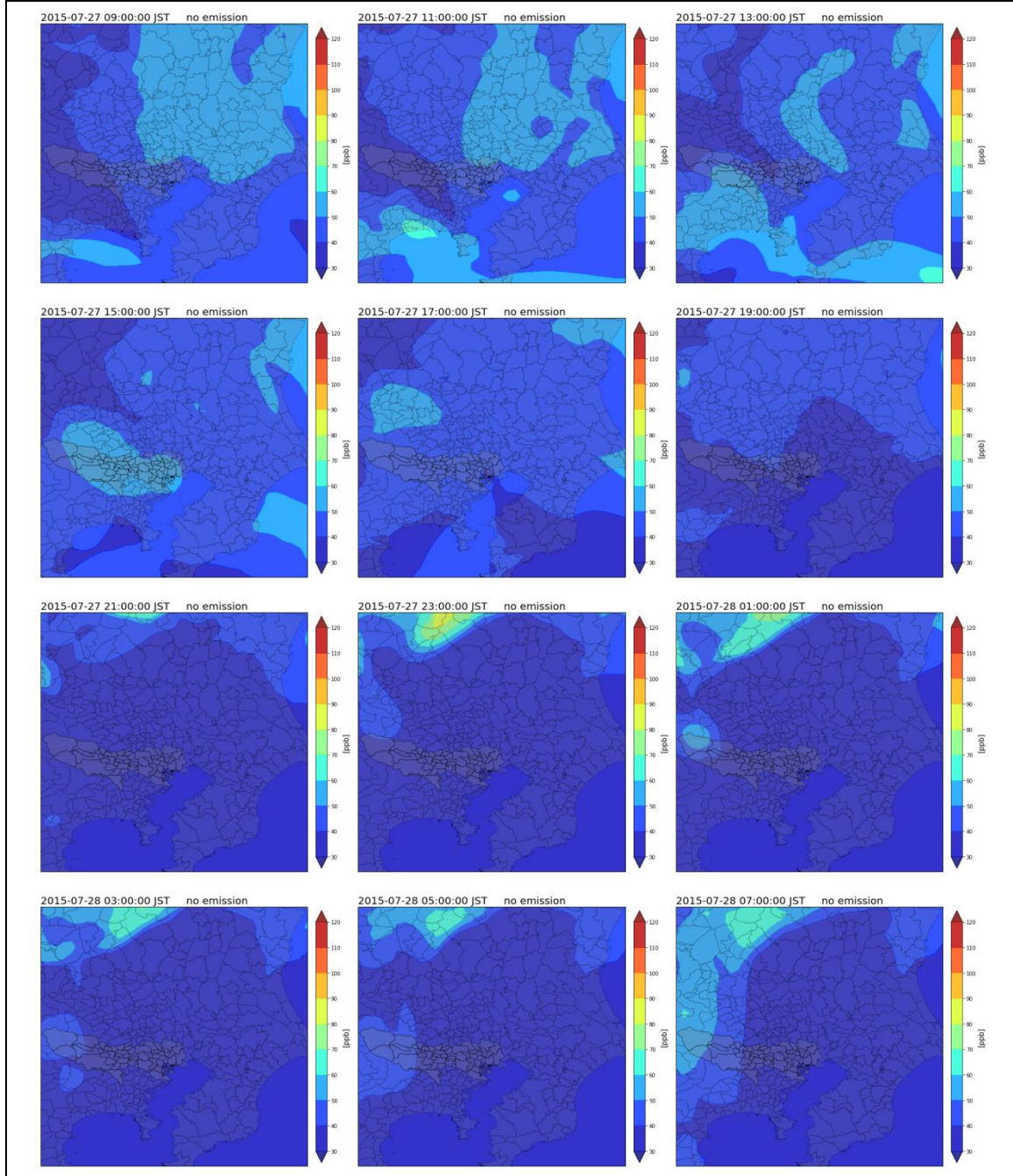


図 3-41 2015年7月27日（月）における関東域の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度の空間分布図

※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。

2015年7月27日（月）の
 排出削減効果（基準計算と対象排出源の感度解析計算の差分）の空間分布図
 自動車（関東1都6県）

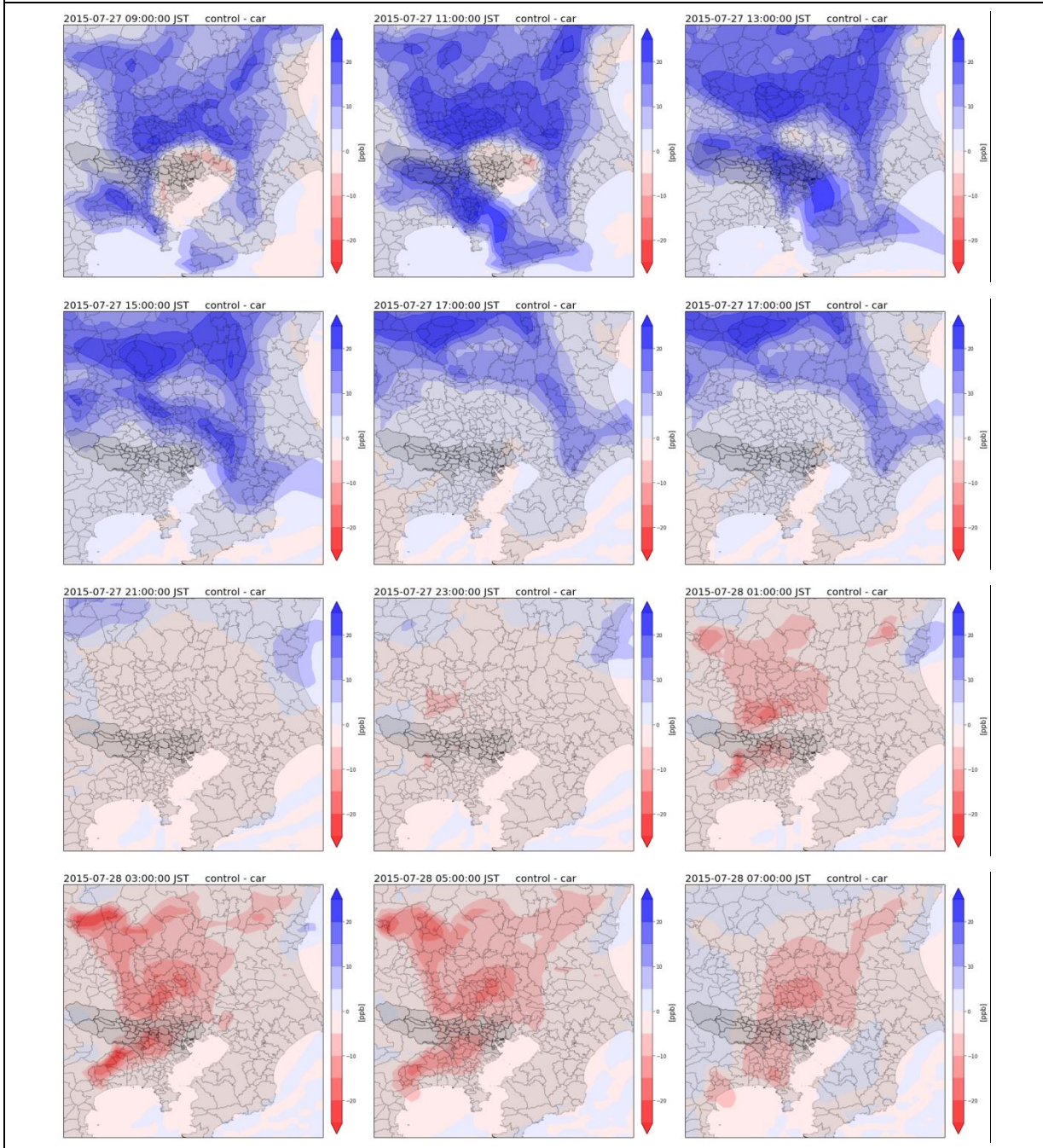


図 3-42 2015年7月27日（月）における自動車の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。
- ※ 東京都と関東6県の感度解析結果を合計した関東全域（1都6県）の結果を示す。

2015年7月27日（月）における
 排出削減効果（基準計算と対象排出源の感度解析計算の差分）の空間分布図

VOC 発生施設（関東1都6県）

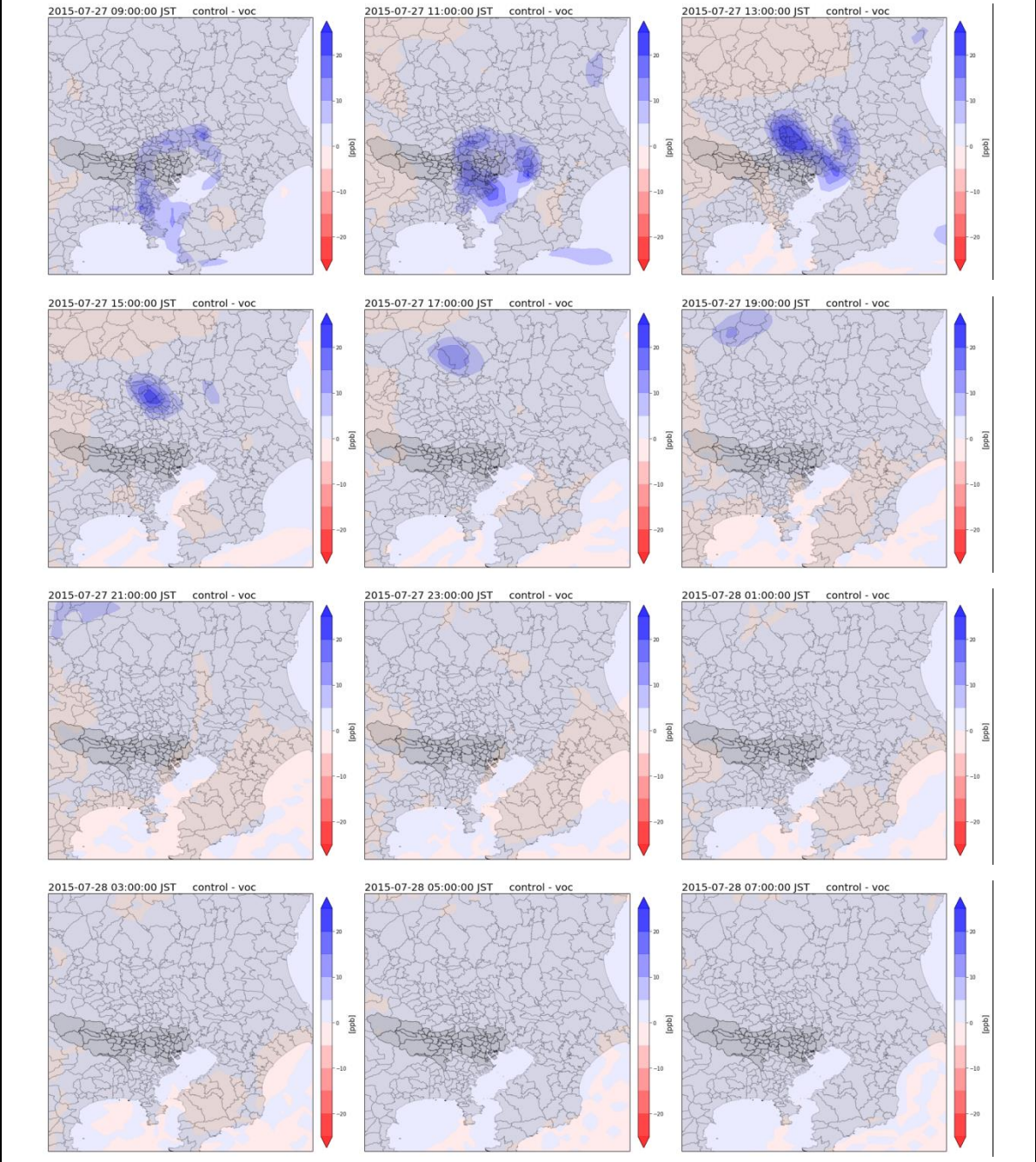


図 3-43 2015年7月27日（月）における VOC 発生施設の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。
- ※ 東京都と関東6県の感度解析結果を合計した関東全域（1都6県）の結果を示す。

2015年7月27日（月）における
排出削減効果（基準計算と感度解析計算の差分）の空間分布図

自然起源（関東1都6県）

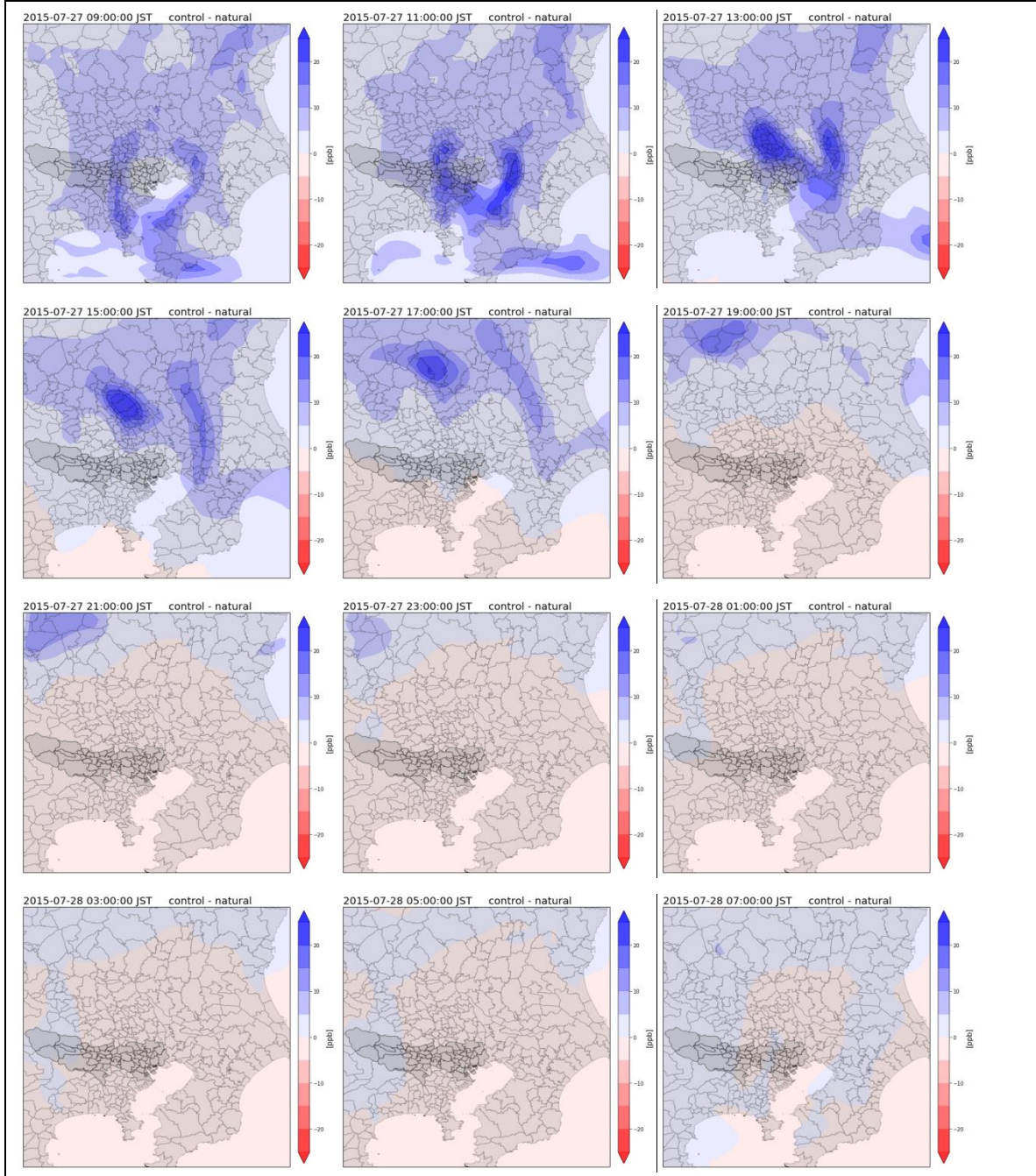


図 3-44 2015年7月27日（月）における自然起源による排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度の感度解析効果の空間分布図

※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。

※ 東京都と関東6県の感度解析結果を合計した関東全域（1都6県）の結果を示す。

3.4 2008年度と2015年度の比較について

3.4.1 2008年度と2015年度のPM_{2.5}発生源寄与割合の比較

PM_{2.5}の2008年度と2015年度の発生源寄与割合の比較を図3-45に示す。関東以外の寄与割合は、年度や季節により違いはあるものの、関東以外の排出の寄与を除くと、関東域内の発生源寄与割合では、2015年度は2008年度と比較して各季節ともに小さい結果であった。夏季では、2015年度のPM_{2.5}濃度は2008年度よりも高い結果となったが、関東以外のような越境を含む関東以外の寄与がほかの季節よりも大きかった。

関東域内の発生源による寄与のみを考慮して算出した寄与割合を図3-46に示す。2015年度における自動車の寄与割合が2008年度と比べて小さかったことに伴い、全体の割合からみると大規模固定煙源の寄与割合が拡大したことが確認された。2015年度におけるアンモニア発生源の寄与割合は、2008年度と比較して小さくなっていたが、これは自動車の寄与割合が小さくなったことでNO₃⁻が低減され、NH₃が粒子化するのに必要なHNO₃が生成されず、NO₃⁻のカウンターイオンであるNH₄⁺濃度も低くなり、NH₄⁺の排出源であるアンモニア発生源の寄与も小さくなったものと考えられる。ほかの発生源については、寄与割合はほぼ横ばいの傾向であった。

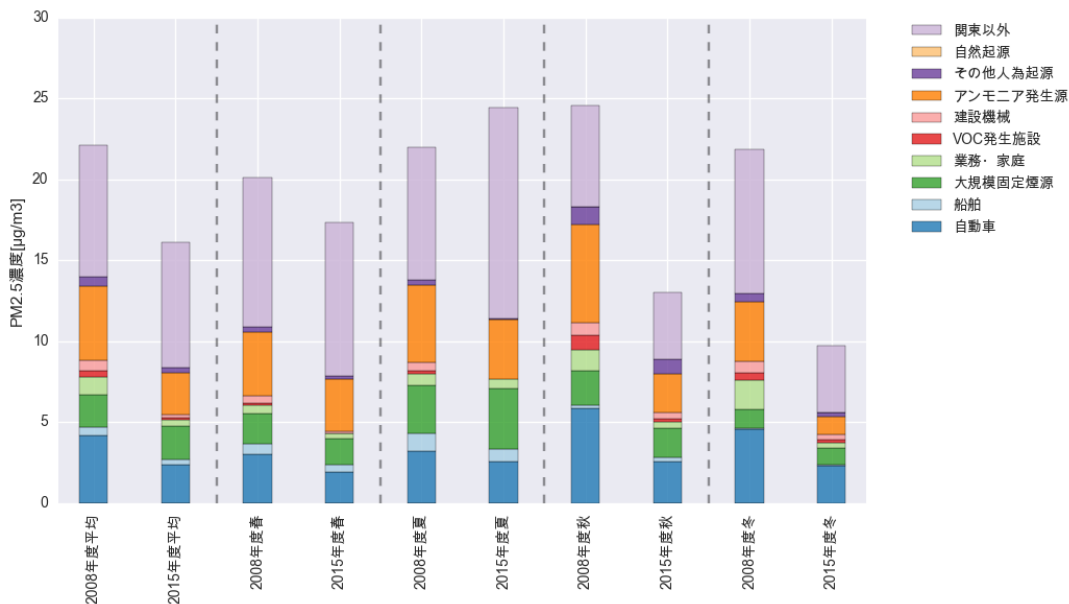


図 3-45 2008 年度と 2015 年度の PM_{2.5} 発生源寄与割合の比較²¹

- ※ 本図の 2008 年度と 2015 年度の発生源寄与割合は、排出インベントリと気象条件について各年度のデータを用いて比較している（図 3-46 も同様）。
- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）で示した。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、関東以外に含めた（図 3-46 も同様）。
- ※ 2008 年度と 2015 年度の両年度で調査を実施した 2 地点（足立区綾瀬、多摩市愛宕（2008 年度は町田市中町）の平均であり、PM_{2.5} 成分分析を実施した各年度の 14 日間から推計した発生源寄与割合の結果である（図 3-46 も同様）。

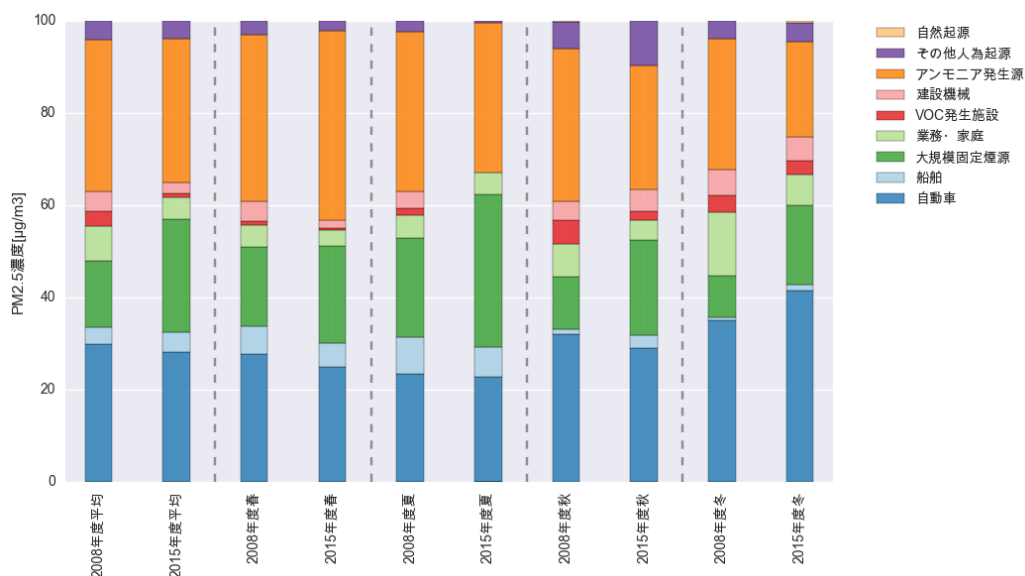


図 3-46 2008 年度と 2015 年度の PM_{2.5} 発生源寄与割合の比較（関東内の発生源別寄与割合）

- ※ ここでの 100% 積み上げは、関東以外の排出を除いて、関東全域（1 都 6 県）のみの各発生源の寄与割合で算出した。

²¹ 館町測定室の結果は多摩市愛宕とおおむね同位置であるため、東西のバランスを考えここでの集計からは除外した（図 3-46 も同様）。

3.4.2 2008年度と2015年度の光化学オキシダント発生源寄与割合の比較

光化学オキシダントの2008年度と2015年度の発生源寄与割合の比較を図3-47に示す。発生源寄与割合を推計した場合と同様に、光化学オキシダント計算値の日最高1時間値が100 ppbを超過した日を高濃度日とした。ここでの評価対象日は発生源寄与解析と同様に、2008年度と2015年度ともに春季では5月1日から5月31日、夏季では7月11日から8月10日とした。春季及び夏季の高濃度日における関東域内の発生源による寄与のみを考慮して算出した光化学オキシダントの発生源寄与割合を図3-48に示す。

これらの図より以下の事項が推察される。

- ① 両年度とも春季において、夏季よりも関東外の排出の寄与割合が大きく、春季では越境を含む関東以外の影響が夏季よりも大きいことが示唆された。
- ② 夏季の高濃度日における寄与割合では、2015年度のVOC発生施設の寄与割合は、2008年度と比較して小さかったが、自動車の寄与割合は、2008年度と比べて大きい結果となった。
- ③ 両年度とも高濃度日においては関東域からの排出の寄与割合は、全体の光化学オキシダント濃度のうちで40～70 ppb程度と推定された。

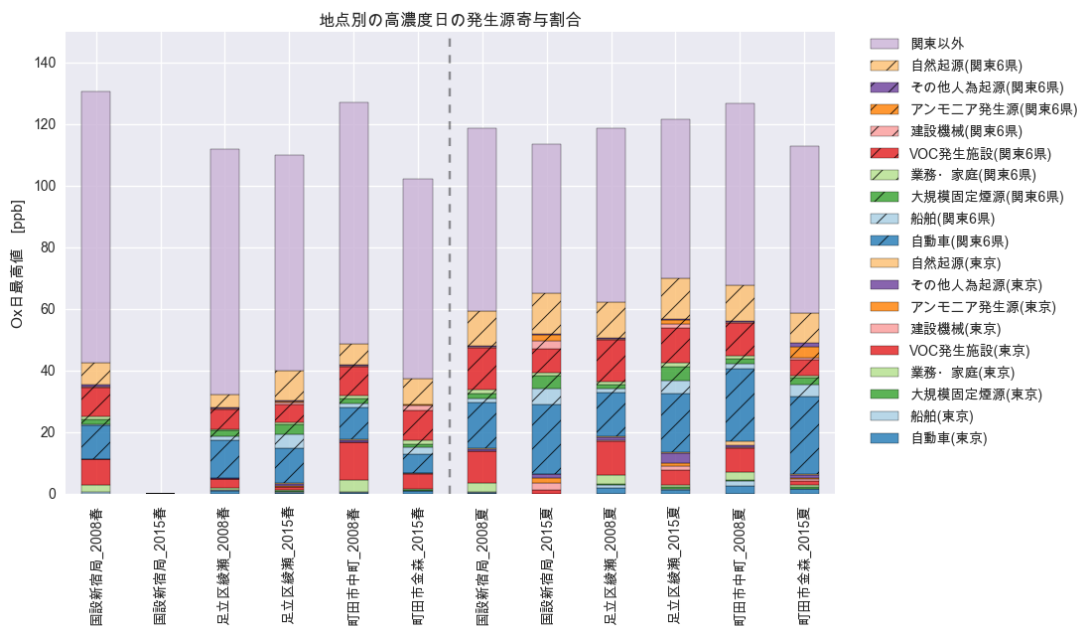


図 3-47 2008 年度と 2015 年度の高濃度日における光化学オキシダント発生源寄与割合の比較

- ※ 本図の 2008 年度と 2015 年度の発生源寄与割合は、排出インベントリと気象条件について各年度のデータを用いて比較している（図 3-48 も同様）。
- ※ 日最高 1 時間値のシミュレーションモデルの計算値が 100 ppb を超過した日を高濃度日とした。国設新宿局において、光化学オキシダントの発生源寄与割合が確認されないのは、100 ppb を超過した日が確認されなかったためである（図 3-48 も同様）。
- ※ ゼロアウト法を実施した対象領域別（東京、関東 6 県、関東以外）における各発生源の寄与割合を示す。シミュレーションモデルの非線形による効果は、各発生源に配分して算出した。

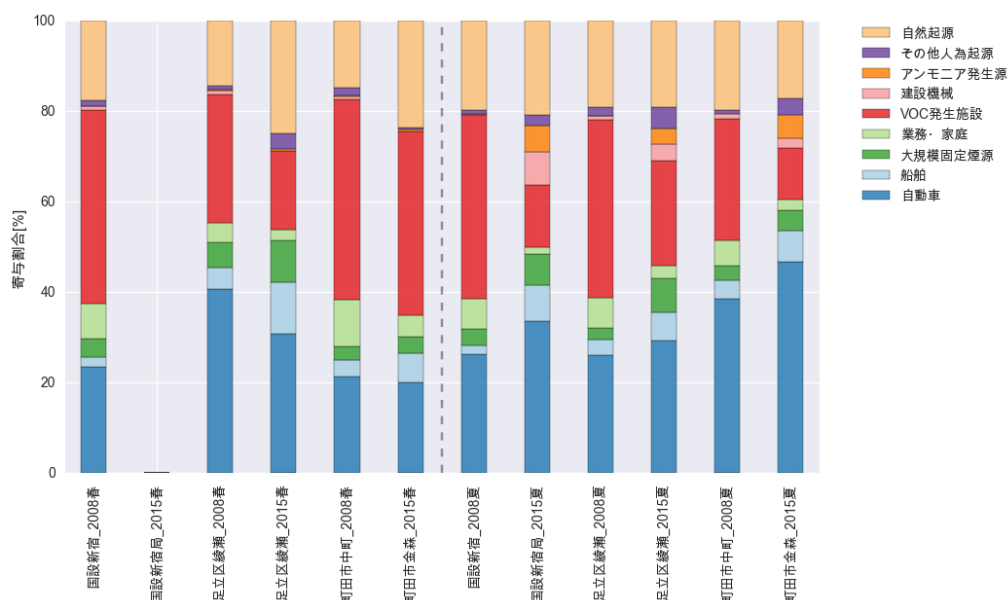


図 3-48 2008 年度と 2015 年度の高濃度日における光化学オキシダントに対する発生源寄与割合の比較（関東内の発生源別寄与割合）

- ※ ここでの 100% 積み上げは、関東以外の排出を除いて、関東全域（1 都 6 県）のみの各発生源の寄与割合で算出した。各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）の寄与割合を示す。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。

3.5 シミュレーションモデルにおける排出インベントリと気象の影響解析

3.5.1 PM_{2.5}における排出インベントリと気象の影響解析について

発生源寄与割合の2008年度と2015年度との比較を考察したところ、夏季では、2015年度におけるPM_{2.5}質量濃度は、2008年度と比較して高い結果となり、関東以外の排出の寄与割合が大きい結果となった。2008年度と2015年度の解析対象期間の夏季におけるPM_{2.5}平均濃度の観測値と気象の要約統計量を表3-6に示す。気象は大きく変化していないように見えるが、2015年度のPM_{2.5}濃度は2008年度よりも5 µg/m³程度高かった。

表 3-6 夏季におけるPM_{2.5}平均濃度と気象の要約統計量

対象期間	2008年度	2015年度
期間	2008/7/28-8/10	2015/7/28-8/10
PM _{2.5} 平均濃度（観測値） [µg/m ³]	18.5	23.8
平均温度[°C]*	28.6	29.4
平均湿度[%]*	68.4	72.7
主風向*	南南東	南南東
平均風速[m/s]*	2.8	3.0
平均日射量[MJ/m ²]*	1.0	1.28

*気象庁東京管区気象台のデータ

濃度変化の要因は、気象場と排出インベントリによる2つの要因が考えられる。そこで、夏季における2015年度と2008年度の変動要因を考察するため、気象場を2015年度に固定し、排出インベントリを2008年度に置き換えた計算を実施した。排出インベントリや気象条件の影響を考察するため、ここで示す発生源寄与割合では、測定結果による補正等は実施せずに比較を行った。

計算を実施したケースを表 3-7 に示し、それぞれの計算結果（足立区綾瀬と多摩市愛宕の平均値）を図 3-49 に示す。

これらの図より、以下の事項が推察される。

- ① ケース A とケース B の差分より、2008 年度と 2015 年度の PM_{2.5} 質量濃度の差 (9 μg/m³ 程度) が気象場による違いが要因であると考えられる。
- ② ケース B とケース C の差分より、2008 年度と 2015 年度の PM_{2.5} 質量濃度の差 (4 μg/m³ 程度) が排出インベントリによる違いが要因であると考えられる。
- ③ ケース A とケース C の PM_{2.5} 質量濃度の差は 4 μg/m³ 程度であった。①、②より気象場による影響で 9 μg/m³ 程度の濃度上昇を引き起こし、排出インベントリの影響で 5 μg/m³ 程度の濃度の濃度低下を引き起こした結果、差し引き 4 μg/m³ 程度の濃度上昇となったと考えられる。
- ④ 観測値でも 2008 年度と 2015 年度の PM_{2.5} 質量濃度差が 5 μg/m³ 程度であったことから、シミュレーションと観測値の絶対値や成分ごとの割合に違いはあるものの、PM_{2.5} 総質量濃度では気象場や排出インベントリの変化を捉えた結果が反映されていると考えられる。
- ⑤ 以上より、2008 年度よりも 2015 年度の PM_{2.5} 成分分析期間の PM_{2.5} 質量濃度が高かった要因は、気象場に起因していたと考えられる。

表 3-7 シミュレーションモデルの計算ケースと設定条件

計算ケース	排出インベントリ年度	気象年度	備考
A (気象 2008 排出 2008)	2008	2008	
B (気象 2015 排出 2008)	2008	2015	A と B : 気象場の差を考察 B と C : 排出インベントリの差を考察
C (気象 2015 排出 2015)	2015	2015	

※ 自然起源の排出インベントリ（植物起源 VOC 等）については、気象条件の影響が大きいことから、気象年度に合わせた排出インベントリを使用した。

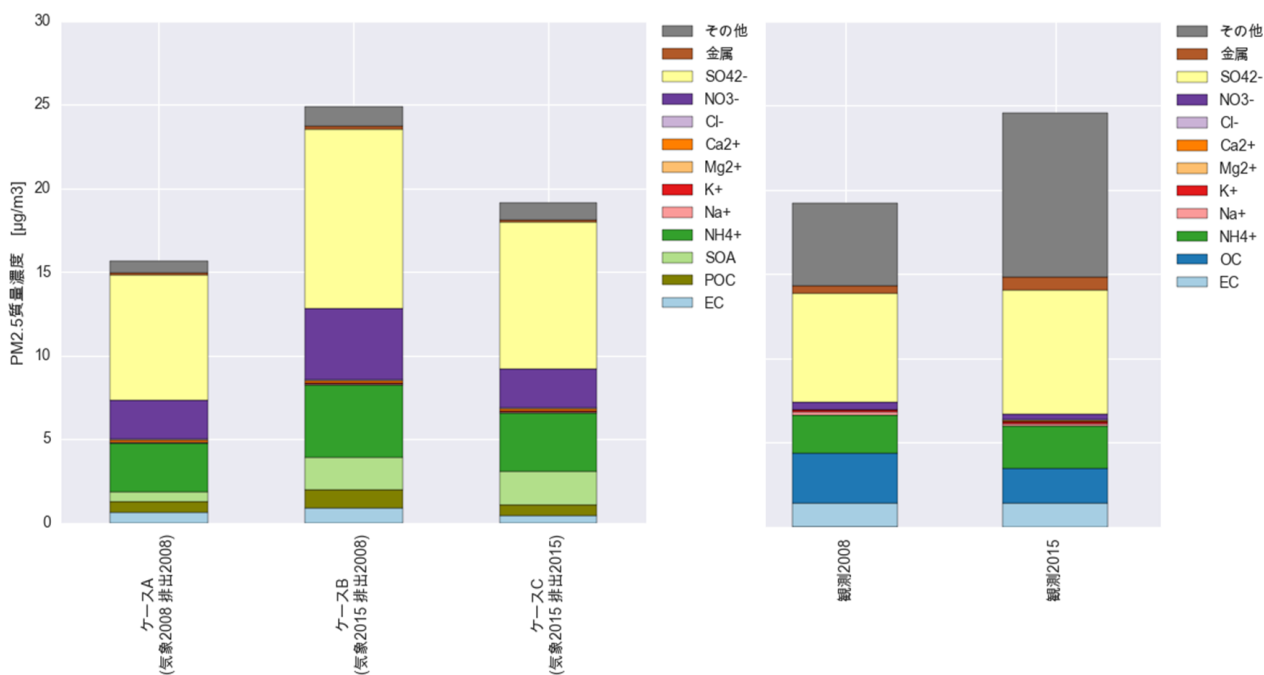


図 3-49 気象場、排出インベントリを変えた場合のそれぞれの PM_{2.5} 夏季計算結果と観測値との比較²²

- ※ 本図では、排出インベントリと気象条件について各年度のデータを用いたケース（A 及び C）に加え、気象条件を 2015 年度、排出インベントリを 2008 年度として設定したケース（B）について比較している。排出インベントリや気象条件の影響を考察するため、本図の発生源寄与割合では、測定結果による補正等は実施していない。
- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）で示した。ケース C では、ゼロアウト法を実施する対象領域を関東全域（関東 1 都 6 県）として寄与割合を推計した。
- ※ 2008 年度と 2015 年度の両年度で調査を実施した 2 地点（足立区綾瀬と多摩市愛宕（2008 年度は町田市中町）の期間平均値であり、PM_{2.5} 成分分析を実施した各年度の 14 日間から推計した発生源寄与割合の結果である。またケース B については、足立区綾瀬と多摩市愛宕の 2 地点の平均とした。

ケース A～ケース C の期間平均（夏季の PM_{2.5} 成分分析期間）における発生源寄与割合推計結果を図 3-50 に示す。また、図 3-51 に日ごとの PM_{2.5} 日平均濃度を示す。関東域内の排出インベントリの影響は、同一の気象条件下であれば、期間平均値、日ごとの日平均値ともに 2015 年度の PM_{2.5} 濃度は、2008 年度と比較して低くなっており、2015 年度における関東域内の排出源の寄与割合は、2008 年度と比べて小さかったことが確認された（図 3-50）。一方、関東以外の排出に関しては、大きな変化はみられなかった。なお、アンモニア発生源の寄与割合は、NH₃ が粒子化するために必要な HNO₃ の寄与についても考慮する必要があり、ゼロアウト法による感度解析では、アンモニア発生源の寄与割合の変化を過大に評価している可能性があることに留意する必要がある。

²² シミュレーションモデルによる計算値では一次有機炭素（Primary Organic Carbon : POC）と二次有機粒子（Secondary Organic Aerosol : SOA）が分離されるが、観測値では一次と二次を含めた有機炭素（Organic Carbon : OC）として分析されるため、観測値（観測 2008、観測 2015）は OC のみで示した。

「その他」は PM_{2.5} 総質量濃度と図示している各成分の合計値の差分を算出した。

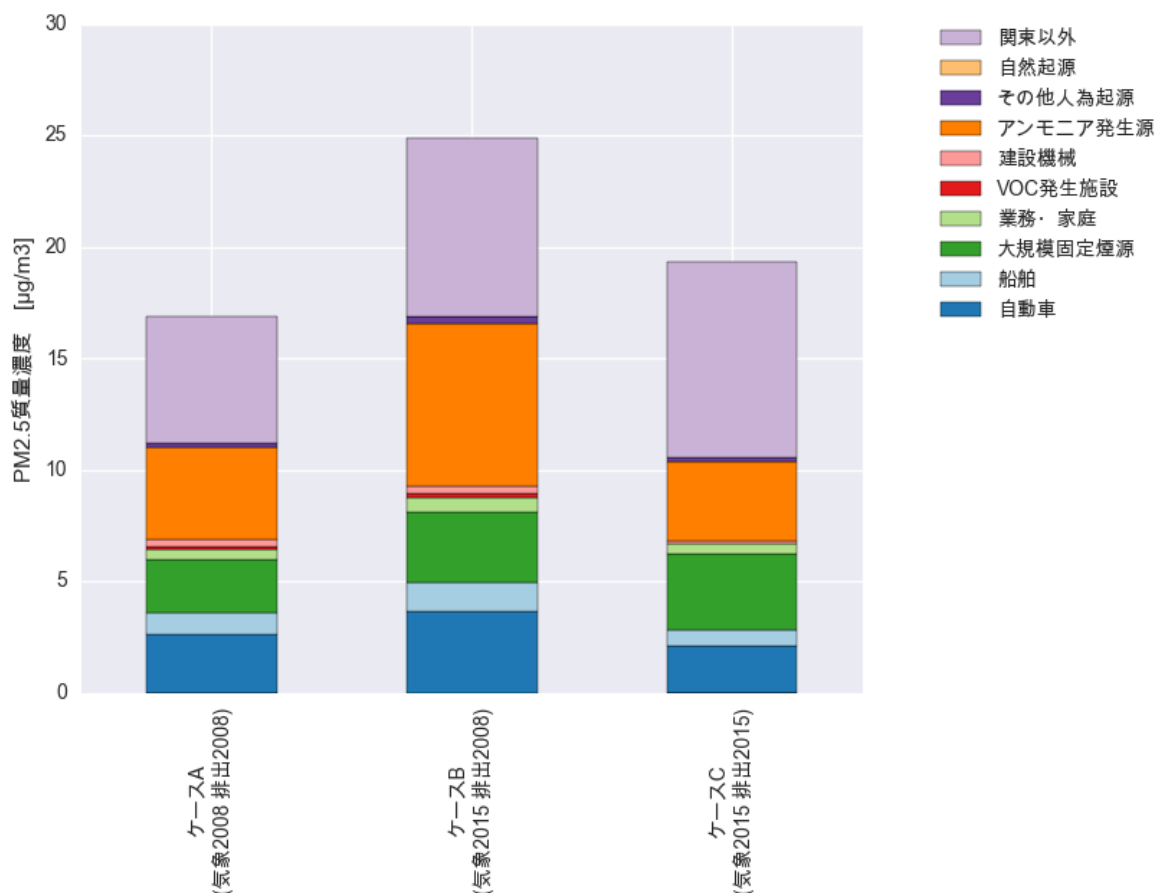


図 3-50 気象を変えた計算における発生源寄与割合推計結果

- ※ 本図では、排出インベントリと気象条件について各年度のデータを用いたケース（A 及び C）に加え、気象条件を 2015 年度、排出インベントリを 2008 年度として設定したケース（B）について比較している。排出インベントリや気象条件の影響を考察するため、本図の発生源寄与割合では、測定結果による補正等は実施していない。
- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）で示した。ケース C では、ゼロアウト法を実施する対象領域を関東全域（関東 1 都 6 県）として寄与割合を推計した。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、関東以外に含めた。
- ※ 足立区綾瀬、多摩市愛宕の平均であり、PM_{2.5} 成分分析を実施した各年度の 14 日間から推計した発生源寄与割合の結果である。

このように、異なる年度の比較から気象条件や排出量の変化による PM_{2.5} 濃度影響を考察する場合、各年度における気象場や排出インベントリの違いを考慮し、それぞれの条件を統一させた上で比較することが望ましいと考えられる。

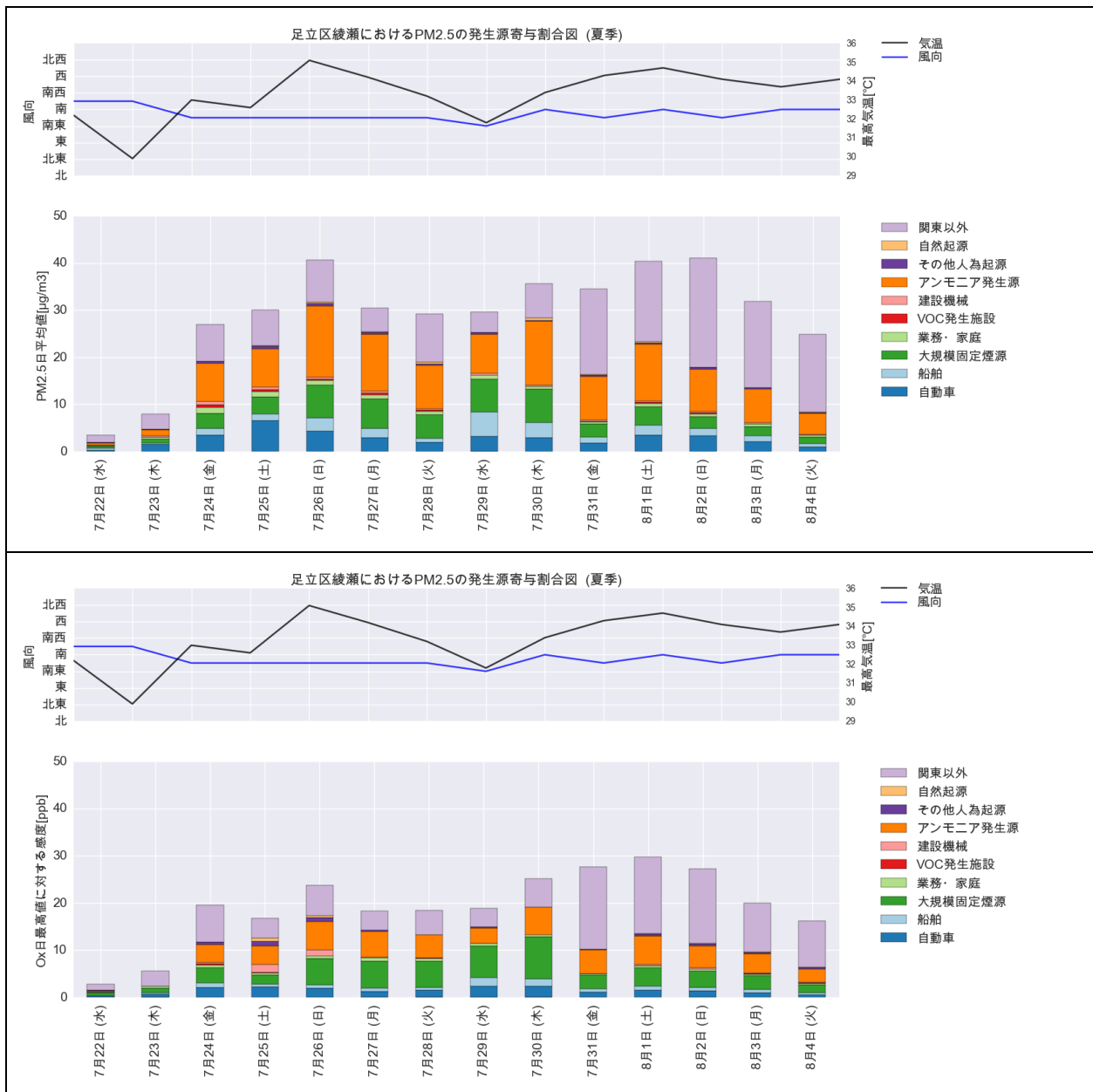


図 3-51 排出インベントリを変化させた場合のPM_{2.5}日平均濃度の日変動の比較

(上図：排出インベントリ 2008 年度かつ気象条件 2015 年度（ケース B）、下図：排出インベントリ 2015 年度かつ気象条件 2015 年度（ケース C）)

- ※ 排出インベントリや気象条件の影響を考察するため、本図の発生源寄与割合では、測定結果による補正等は実施していない。
- ※ ケース B では、ゼロアウト法を実施する対象領域を関東全域（関東 1 都 6 県）として寄与割合を推計した。ケース C の各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）で示した。シミュレーションモデルの非線形性による効果は、関東以外に含めた。
- ※ PM_{2.5}成分分析を実施した各年度の 14 日間から推計した発生源寄与割合の結果である。

3.5.2 光化学オキシダントにおける排出インベントリと気象の影響解析について

前節で示した様に、各年度の気象条件をそのまま適用して比較すると、高濃度日における 2015 年度の光化学オキシダントの発生源寄与割合は、2008 年度と比較して自動車の寄与割合が大きい結果となった（図 3-47、図 3-48）。発生源寄与割合の違いの要因を考察するため、3.5.1 の PM_{2.5} の影響解析と同様に、気象場を 2015 年度に固定し、排出インベントリを 2008 年度に設定した計算を実施した（ケース B）。ここでは、光化学オキシダント濃度についてシミュレーション計算値の日最高 8 時間値（東京都内平均値）が年間 4 番目に高かった 2015 年 7 月 27 日（月曜日）を対象に、2008 年度と 2015 年度の比較を行った。その結果を図 3-52 に示し、以下の事項が考察される。

- ① 気象条件を統一した場合、2015 年度の光化学オキシダント濃度は、2008 年度と比べて光化学オキシダント濃度は低くなったことが確認され、排出インベントリの違いによる影響が考えられる
- ② 2015 年度における VOC 発生施設の光化学オキシダントの寄与割合は、2008 年度と比較して小さく、気象場を統一した場合に 2015 年度の光化学オキシダント濃度が 2008 年度よりも低くなった要因は、VOC 発生施設からの排出量によると考えられる。
- ③ 2015 年度の自動車の光化学オキシダントの寄与割合についても、2008 年度と比較すると若干小さくなったが、VOC 発生施設の寄与割合が小さくなったことで全体濃度が低くなったことから、全体として自動車の寄与割合が拡大したと考えられる。
- ④ 自然起源については、気象場を統一して計算したため（自然起源の排出量は気象場に影響している）、寄与割合には大きな変化は現れなかった。

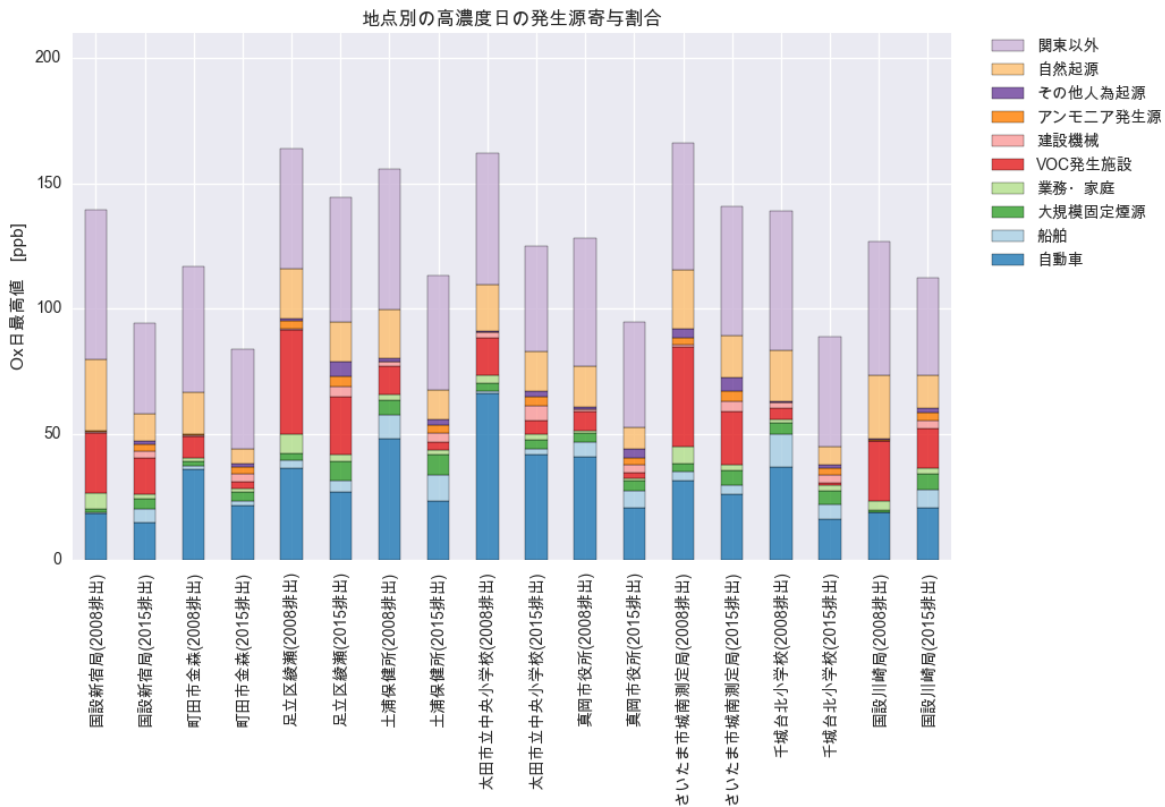


図 3-52 2015 年 7 月 27 日（月）の気象条件を用いた計算を実施した光化学オキシダントに対する排出インベントリの影響の比較（ケース B とケース C）

- ※ 本図では、気象条件を 2015 年度、排出インベントリを 2008 年度として設定したケース（B）、排出インベントリと気象年度について 2015 年度のデータを用いたケース（C）について比較している。
- ※ ケース C の各発生源は、東京都と関東 6 県の発生源寄与割合を合計した関東全域（1 都 6 県）を示す。シミュレーションモデルの非線形性による誤差は、各発生源に配分して算出した。ケース B では、ゼロアウト法を実施する対象領域を関東全域（関東 1 都 6 県）として寄与割合を推計した。

3.6 自動車の光化学オキシダントへの影響に関する詳細解析

3.6.1 自動車詳細解析の背景及び手法

光化学オキシダント濃度に寄与している発生源として、「自動車」が挙げられた。気象条件を2015年度に統一した解析等では、2015年度の自動車による寄与割合は、2008年度と比べて排出量の低下に伴い小さくなったものの、図3-53に示すようにいまだに主要な発生源の1つであった。また、NOのタイトレーション効果の抑制により光化学オキシダントの寄与が負の感度(排出を削減することで濃度が高くなる)となる時間帯が確認されたが、高濃度となる日中の時間帯では、光化学オキシダントの寄与が正の感度(排出を削減することで濃度が低くなる)となることがシミュレーション結果から推測された(図3-54)。

光化学オキシダント濃度は、図3-55の光化学オキシダントの生成メカニズムで示されるようにNOxとVOCが大きく関係していることが知られており、自動車から排出されるNOxとVOCのどちらが光化学オキシダント生成の感度を持っているかを把握する必要がある。

そこで、本章では表3-8に示すように自動車の排出を「NOx」、「VOC」、「NOxとVOC以外」の3パターンに分けて感度解析を実施した。計算期間は光化学オキシダント濃度の高かった夏季とし、計算手法はゼロアウト法とした。ゼロアウト法では、排出削減時の非線形効果が大きく表れる可能性があるが、自動車の光化学オキシダントへの濃度影響の全体の傾向を掴むことを目的としてゼロアウト法を採用した。

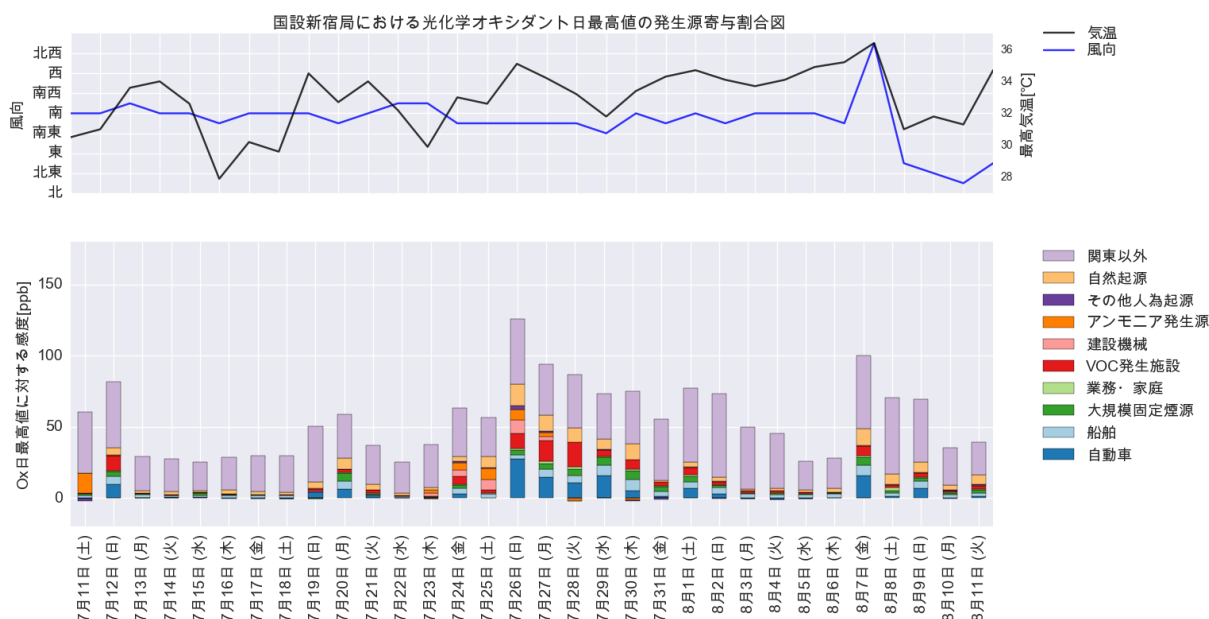


図3-53 国設新宿局における光化学オキシダントの発生源寄与割合(2015年度夏季)²³

※ 各発生源は、東京都と関東6県の発生源寄与割合を合計した関東全域(1都6県)を示す。シミュレーションの非線形性による効果は、各発生源に配分して算出した。

²³ 風向は1日で最も多く出現した風向を代表風向としている。例えば、8月7日などは北寄りの風となっているが、夜から午前にかけては北寄りの風、午後からは南風となっているなど参考程度の情報であることに留意が必要である。

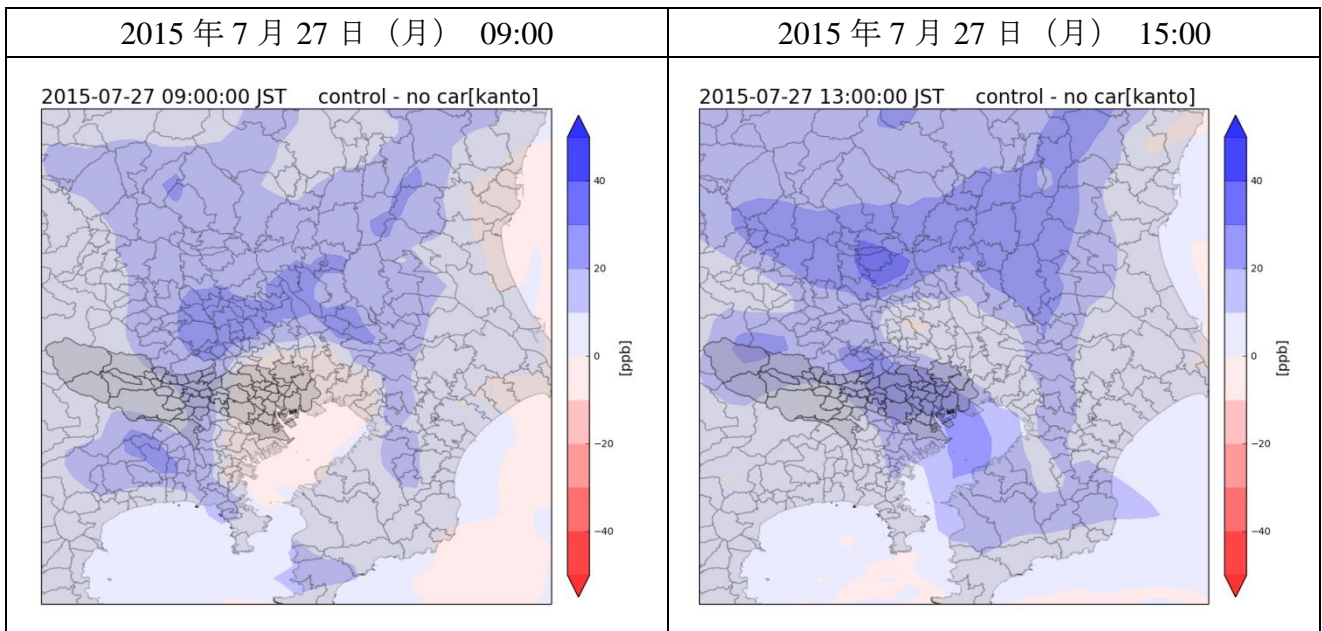


図 3-54 光化学オキシダント発生源寄与割合の空間分布図（自動車関東1都6県）

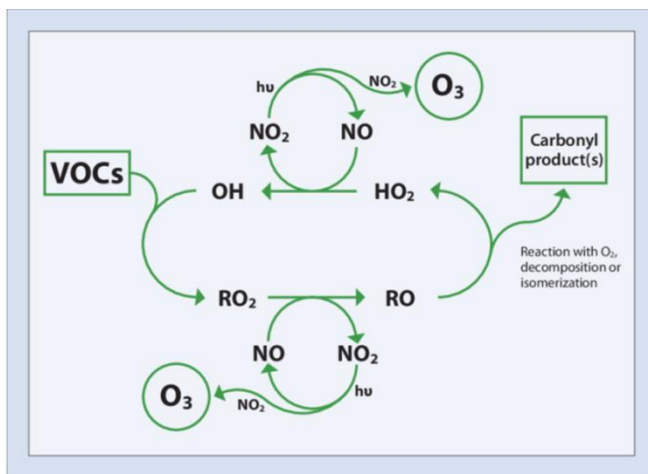


図 3-55 光化学オキシダントの生成メカニズム概要図（WHO EUOPE (2008) より引用^{24,25}）

表 3-8 自動車の光化学オキシダント発生源寄与詳細解析の手法

項目	実施内容
計算期間	夏季（2015/7/11-8/10）
計算手法	ゼロアウト法
計算パターン	関東領域の自動車排出を、「NO _x 」、「VOC」、「NO _x とVOC以外」の3パターンに分類

²⁴ World Health Organization Regional Office for Europe : Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution, (2008)

²⁵ Jenkin ME, Hayman GD.: Photochemical ozone creation potentials for oxygenated volatile organic compounds: sensitivity to variations in kinetic and mechanistic parameters, Atmospheric Environment, 33, 1275-1293 (1999)

3.6.2 自動車詳細解析の結果

国設新宿局における光化学オキシダント濃度に対する自動車の各排出の寄与度を日ごとにまとめた結果について、図 3-56 に示す。本図では、自動車の「NO_x 排出」による日最高 1 時間値（上図）の寄与度は、「VOC 排出」よりも大きいことが示された。「NO_x と VOC 以外の排出」の影響は非常に小さかった。

図 3-56 から、「NO_x 排出」は、日平均値（下図）では負の感度を持つものに対して、日最高値ではおおむね正の感度を示した。日平均値では、NO のタイトレーション効果の影響により光化学オキシダントへの NO_x の感度が負となったと考えられる。また、光化学オキシダントが高濃度となる時間帯に着目すると、光化学オキシダントが生成されるための NO_x 中の NO₂ の影響により、「NO_x 排出」の光化学オキシダントの寄与割合が大きくなったと考えられる。

自動車からの「NO_x 排出」による影響と「VOC 排出」による影響の空間分布図を表 3-9 に示す。本図では、計算期間中で高濃度となった 2015 年 7 月 26 日（日曜日）～7 月 27 日（月曜日）における分布を示した。これらの空間分布図から、「VOC 排出」の光化学オキシダントへの影響はどの時間においても常に正の感度であるものに対して、「NO_x 排出」の影響は光化学オキシダント濃度が高くなる日中では、関東全域に対して正の感度であったが、朝方や夜間など光化学オキシダント濃度が低い時間帯においては、都心部などで NO のタイトレーション効果の影響により負の感度を示したと推察される。また、北風の影響が卓越した 8 月 7 日（金曜日）の空間分布図を表 3-10 に示すが、明け方の都市部では NO のタイトレーション効果の影響があり、日中の高濃度となる時間帯に「NO_x 排出」感度が正となるなど基本的な傾向は変わらなかった。

以上のことから、自動車の光化学オキシダントへの影響の詳細解析を実施した結果、以下の事項が確認された。

- ① 光化学オキシダント濃度に影響している自動車からの主要な排出物質は、NO_x と VOC であり、ほかの物質の寄与は小さいと考えられる。
- ② 都心部においては、夜間や明け方では NO_x 中の NO のタイトレーション効果の影響により NO_x の排出を削減すると光化学オキシダント濃度が高くなるが、日中の高濃度となる時間では、NO_x の排出を削減すると光化学オキシダント濃度が低くなることを確認された。
- ③ 「VOC 排出」はどの時間帯でも正の感度となっており、自動車の VOC 排出の削減により光化学オキシダント濃度が低くなることが考えられる。

本章のシミュレーション解析は、光化学オキシダントへの濃度影響について全体の傾向を掴むことを目的としたため、ゼロアウト法を採用した。ただし、自動車の NO_x と VOC は走行中の自動車から同時に排出される物質であり、今後、ゼロアウト法以外の手法も考慮し、多角的に濃度影響を検討していくことが望ましい。自動車からの排出量変化のシナリオをより詳細に考慮して光化学オキシダントの濃度影響を検討することが課題であると考えられる。

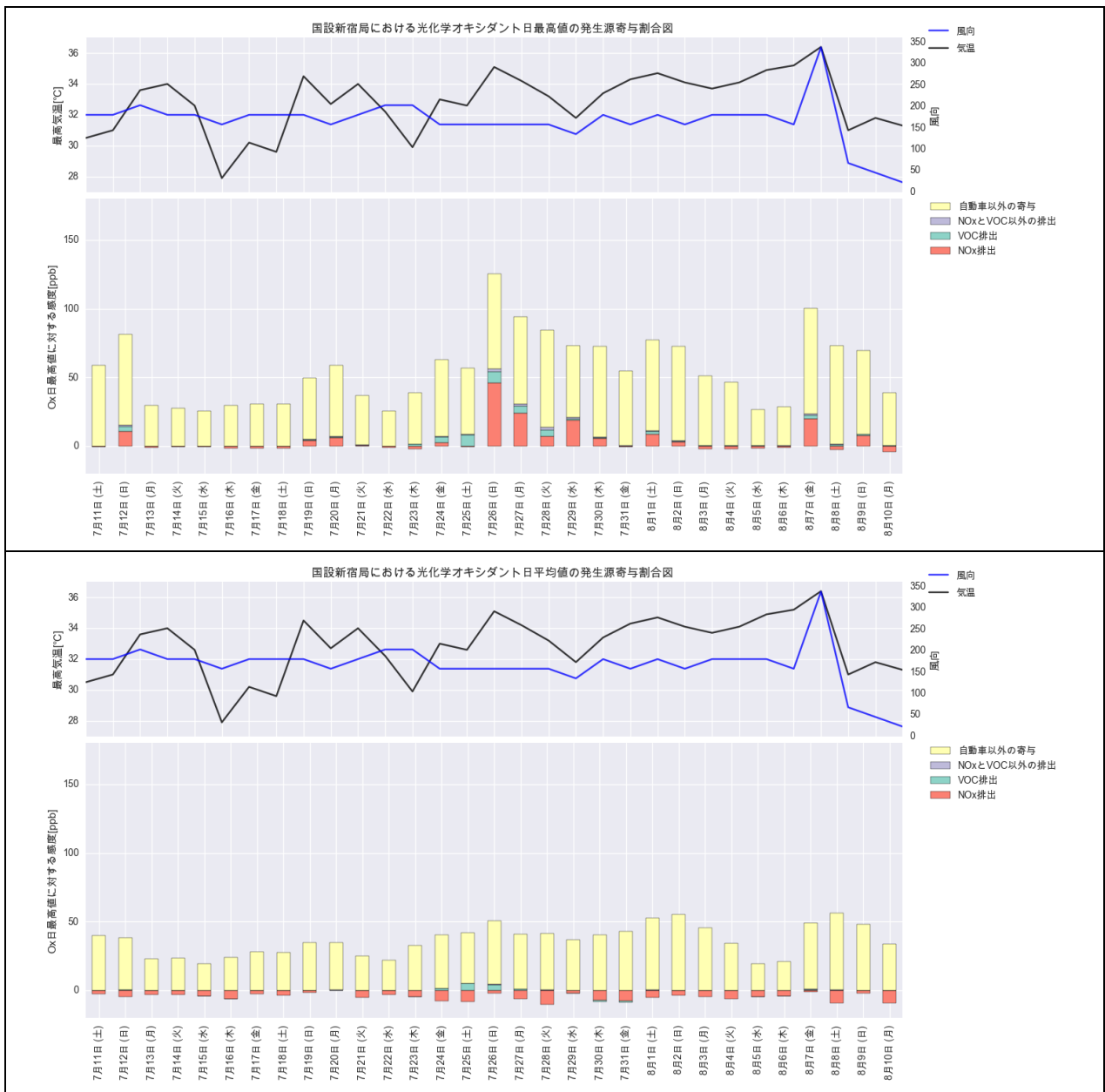


図 3-56 国設新宿局における光化学オキシダントに対する自動車からの寄与度の時系列図 (2015 年度夏季)

(上图：日最高値、下图：日平均値)

- ※ 自動車からの NOx 排出を「NOx 排出」、自動車からの VOC 排出を「VOC 排出」、自動車からの NOx と VOC 以外の排出を「NOx と VOC 以外の排出」、これらの寄与度の合計と光化学オキシダント濃度基準計算値の差を「自動車以外の寄与」とした。
- ※ 夏季を対象とし、国設新宿局の結果を示す。
- ※ ここで示す自動車の寄与は移動発生源を対象としており、VOC 排出は走行時及び駐停車時に排出される VOC であり、給油時に排出される VOC は含まれていない。

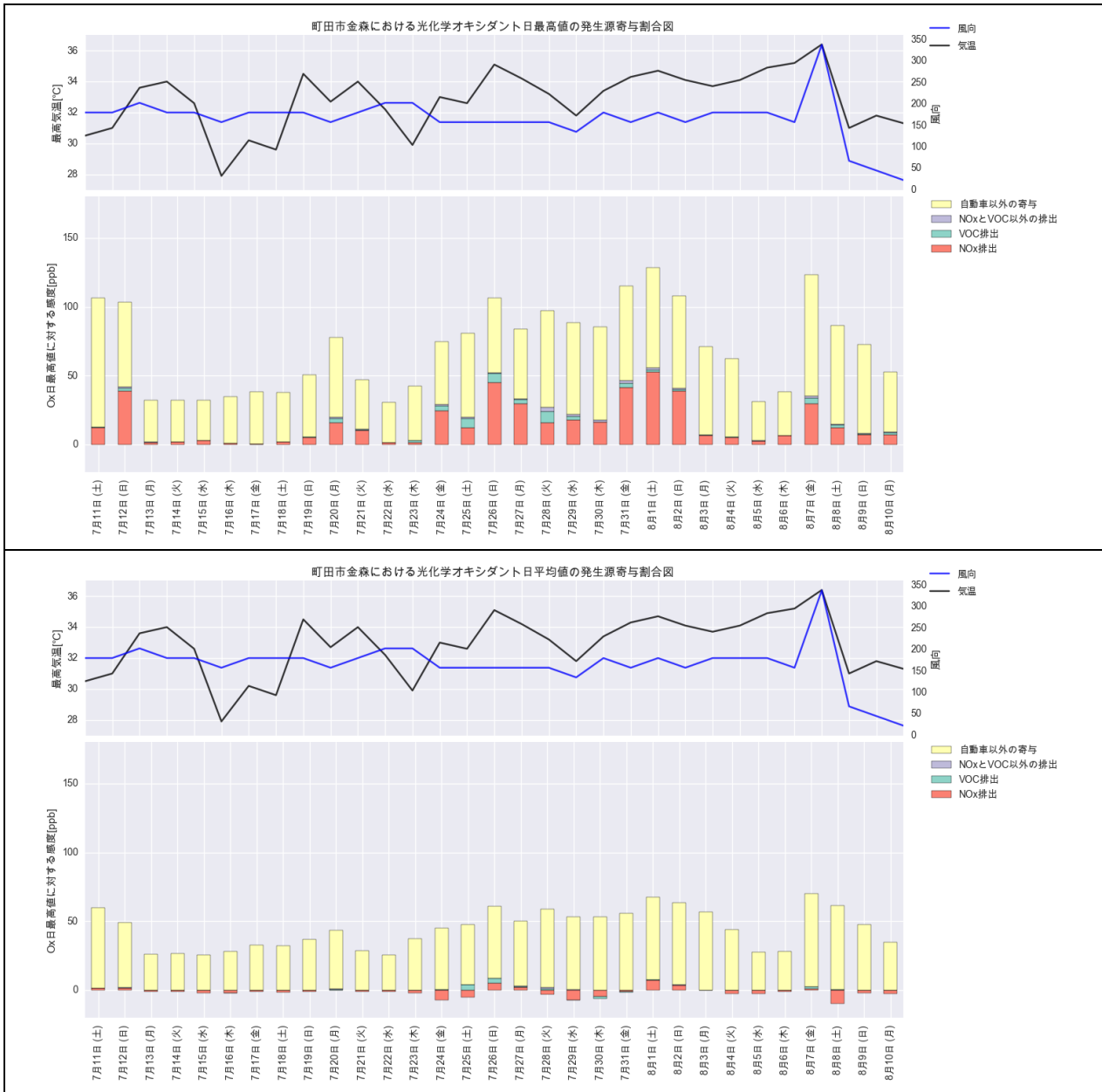
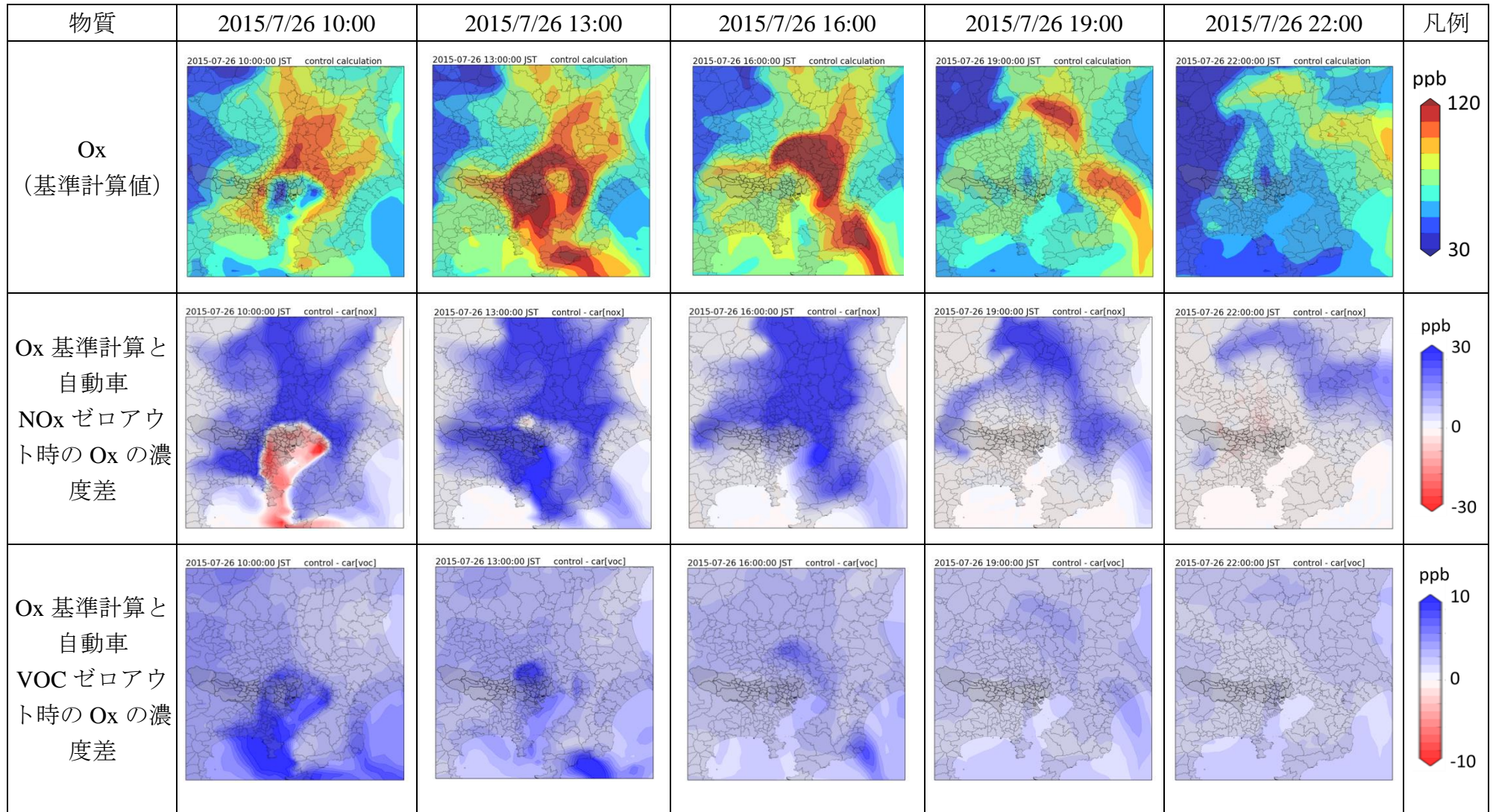


図 3-57 町田市金森における光化学オキシダントに対する自動車からの寄与度の時系列図 (2015 年度夏季)

(上图：日最高値、下图：日平均値)

- ※ 自動車からの NOx 排出を「NOx 排出」、自動車からの VOC 排出を「VOC 排出」、自動車からの NOx と VOC 以外の排出を「NOx と VOC 以外の排出」、これらの寄与度の合計と光化学オキシダント濃度基準計算値の差を「自動車以外の寄与」とした。
- ※ 夏季を対象とし、国設新宿局の結果を示す。
- ※ ここで示す自動車の寄与は移動発生源を対象としており、VOC 排出は走行時及び駐停車時に排出される VOC であり、給油時に排出される VOC は含まれていない。

表 3-9 (1/3) 自動車から排出される汚染物質が光化学オキシダント (Ox) 濃度の感度解析効果の空間分布図 (2015 年 7 月 26 日 (日)) ~27 日 (月))

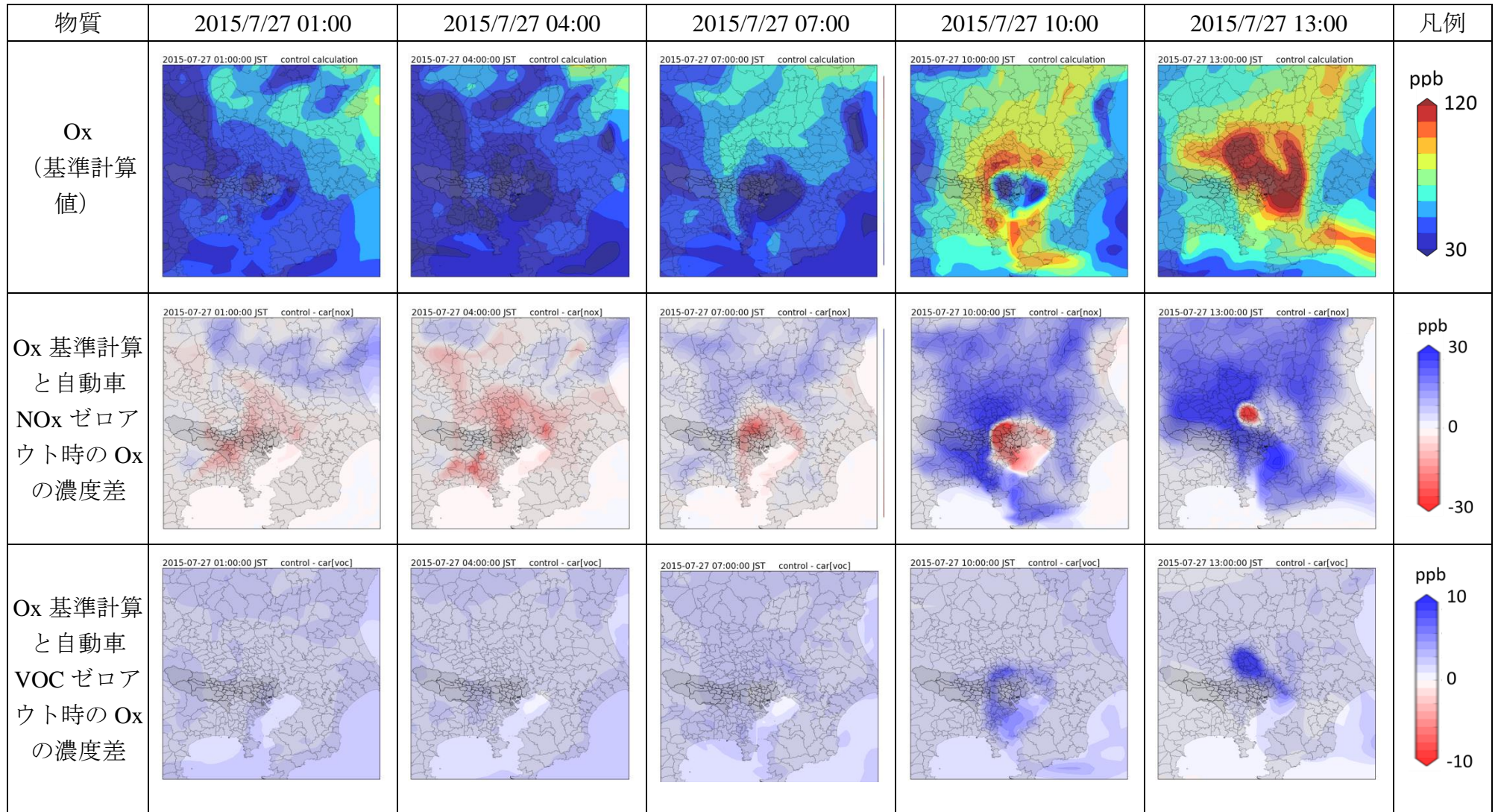


※ 3 時間ごとに対象日の 10 時から翌日の 22 時までの結果を示す。

※ NOx と VOC では、影響度が異なるため図のスケールを変えて示している (NOx : -30~30[ppb]、VOC : -10~10[ppb])。

※ ゼロアウト法の対象領域は、関東全域 (1 都 6 県) として感度解析を実施した。

表 3-9 (2/3) 自動車から排出される汚染物質が光化学オキシダント (Ox) 濃度の感度解析効果の空間分布図 (2015年7月26日(日) ~ 27日(月))

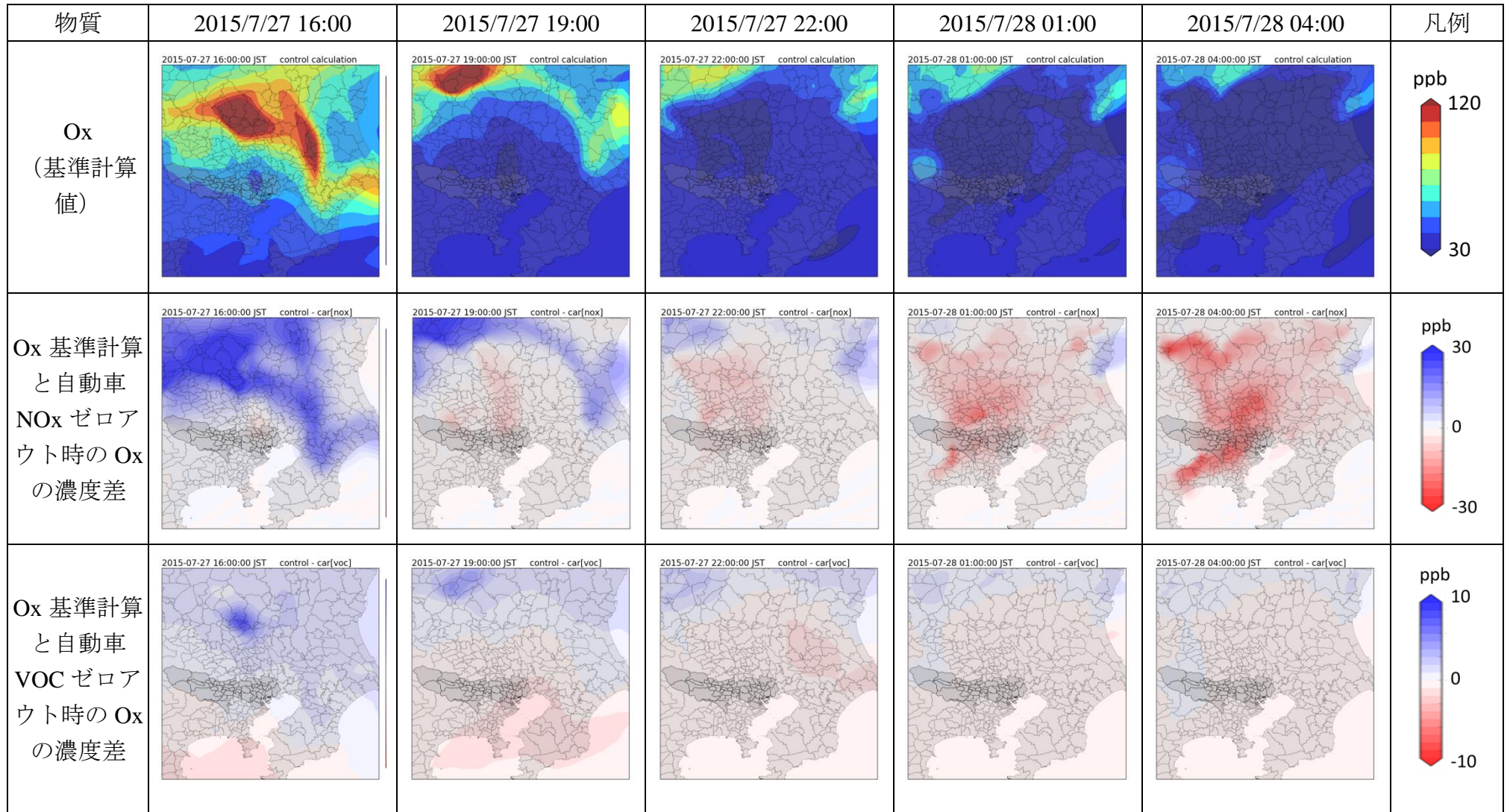


※ 3時間ごとに対象日の10時から翌日の22時までの結果を示す。

※ NOx と VOC では、影響度が異なるため図のスケールを変えて示している (NOx : -30~30[ppb]、VOC : -10~10[ppb])

※ ゼロアウト法の対象領域は、関東全域 (1都6県) として感度解析を実施した。

表 3-9 (3/3) 自動車から排出される汚染物質が光化学オキシダント (Ox) 濃度の感度解析効果の空間分布図 (2015 年 7 月 26 日 (日) ~27 日 (月))

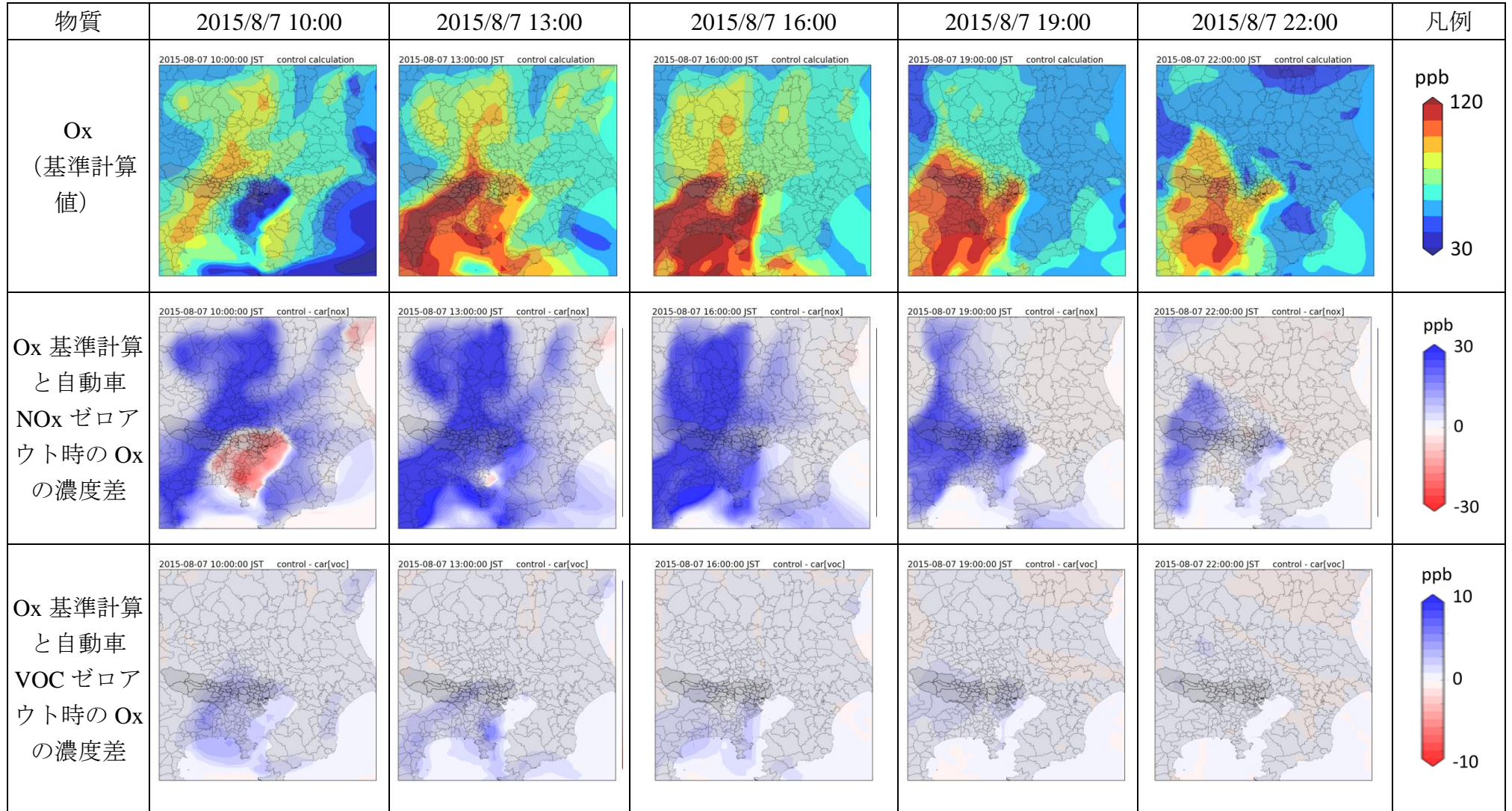


※ 3 時間ごとに対象日の 10 時から翌日の 22 時までの結果を示す。

※ NOx と VOC では、影響度が異なるため図のスケールを変えて示している (NOx : -30~30[ppb]、VOC : -10~10[ppb])。

※ ゼロアウト法の対象領域は、関東全域 (1 都 6 県) として感度解析を実施した。

表 3-10 自動車から排出される汚染物質が光化学オキシダント (Ox) 濃度の感度解析効果の空間分布図 (2015 年 8 月 7 日 (金))



※ 3 時間ごとに対象日の 10 時から 22 時までの結果を示す。

※ NOx と VOC では、影響度が異なるため図のスケールを変えて示している (NOx : -30~30[ppb]、VOC : -10~10[ppb])

※ ゼロアウト法の対象領域は、関東全域 (1 都 6 県) として感度解析を実施した。

3.7 発生源寄与割合推計のまとめ

シミュレーション解析による発生源寄与解析について、以下の事項が推察された。

(1) PM_{2.5}について

- ① PM_{2.5}日平均値において、寄与割合の大きな発生源は自動車（自動車排出ガス、タイヤ摩耗、ブレーキ粉じんを含む）、大規模固定煙源（工場、発電所など）、アンモニア発生源（化学肥料施肥、排水処理、人間の発汗など）であった。
- ② 関東域内の発生源寄与割合は、夏季で 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬季で 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度が PM_{2.5} 質量濃度へ寄与していた。
- ③ 2015 年度の PM_{2.5} 発生源寄与割合は、2008 年度と比べて自動車やアンモニア発生源の寄与割合は小さくなったが、大規模固定煙源からの寄与割合では違いは確認されなかった。2015 年度の PM_{2.5} 質量濃度が 2008 年度と比べて低くなったことを含めて、大規模固定煙源からの寄与割合が拡大した結果となった。
- ④ シミュレーション解析期間において、2015 年度における夏季の PM_{2.5} 質量濃度は、2008 年度と比較して高かったが、これは主に気象場の違いにより発生源の影響が変化したためと考えられる。
- ⑤ 気象場及び排出インベントリの変化の影響解析において、気象場を統一して 2008 年度と 2015 年度の排出量の違いが PM_{2.5} 濃度に与える影響を比較したところ、PM_{2.5} 濃度や関東域内における PM_{2.5} 発生源寄与割合は、2008 年度と比べて小さくなり、排出量の減少により PM_{2.5} 発生源寄与割合が小さくなったと推察される。

(2) 光化学オキシダントについて

- ① 光化学オキシダントに寄与している発生源は、季節における日ごとの濃度差が大きいことから、解析期間の平均や地点平均では明確な傾向は確認されなかった。
- ② 関東以外の寄与割合が大きかったが、この中には「国外からの越境輸送」、「関東以外の国内排出源からの排出」、「成層圏オゾンを含めた全球的なバックグラウンド濃度の影響」が加味されていることに留意しておく必要がある。
- ③ 高濃度日における光化学オキシダントの関東域内の主要な発生源は、自動車、VOC 発生施設、自然起源が挙げられた。
- ④ 関東域内の人為起源によって、春季で 30 ppb 程度、夏季で 50 ppb 程度が光化学オキシダント濃度へ寄与していた。
- ⑤ 2015 年度と 2008 年度の発生源寄与割合について、排出インベントリ及び気象条件をそのまま適用して比較したところ、2015 年度の高濃度日における光化学オキシダント発生源寄与割合は、2008 年度と比べて自動車の寄与割合は大きく、VOC 発生施設では小さくなった。
- ⑥ 気象場及び排出インベントリの変化の影響解析において、気象場を統一して 2008 年度と 2015 年度の発生源寄与割合を比較したところ、2015 年度の光化学オキシダント濃度は 2008 年度と比較して低くなり、排出量の減少に伴い、光化学オキシダント濃度が低くなったと考えられる。
- ⑦ 高濃度日における光化学オキシダント濃度に影響している自動車からの主要な排出物質は、NO_x と VOC であり、特に光化学オキシダントの日最高 1 時間値に関しては、自動車による NO_x 排出が影響の大きい結果となった。また、VOC 排出はどの時間帯でも

正の感度となっており、自動車の VOC 排出の削減により光化学オキシダント濃度が低くなることが示唆された。