

3 シミュレーションモデルによる発生源寄与割合の推計

3.1 発生源寄与解析の実施手法

3.1.1 発生源寄与解析の対象発生源及び計算期間

大気汚染物質の各発生源が、大気中の汚染物質濃度に与えている影響を評価するため、各発生源からの排出量が PM_{2.5} 及び光化学オキシダント濃度に与える発生源寄与解析を行うことで、発生源寄与割合を推計した。発生源寄与解析を実施する対象排出源を表 3-1 に示し、各排出源について東京都インベントリ及び環境省インベントリを分類した。本調査では、発生源寄与解析は、解析対象とする発生源の排出量をゼロとした場合の推計濃度の変化（感度）を、発生源からの寄与割合とするゼロアウト法（感度解析）を採用した。ゼロアウト法の対象領域は、東京都のほか、関東地域 6 県においても同様の感度解析を実施した。なお、関東からの排出以外の影響を考察するため、関東全域の排出量を全てゼロとした場合の解析も実施した。

表 3-1 発生源寄与解析（感度解析）の対象領域、対象排出源及び解析手法

解析対象領域	東京都と関東地域 6 県の 2 パターン
解析対象排出源	9 種類へ分類 ①自動車（自動車排出ガス、タイヤ摩耗、ブレーキ粉じん）、②船舶、③大規模固定煙源（工場等のばい煙発生施設）、④業務・家庭（業務・家庭用燃焼機器、調理、小型焼却炉、民生部門生活用品）、⑤建設機械、⑥VOC 発生施設（蒸発系固定発生源等）、⑦その他の人為起源（航空機、野焼き、鉄道、たばこ、粉じん発生施設）、⑧アンモニア発生源（畜産、化学肥料施肥、人の発汗・呼吸、ペット犬等）、⑨自然起源（植物起源、火山）
解析手法	ゼロアウト法（対象発生源の発生量をゼロとして寄与を調べる）

感度解析を実施した解析期間は、PM_{2.5}については常時監視として実施した PM_{2.5}成分分析期間に合わせた各季節 2 週間とし、光化学オキシダントについては、PM_{2.5}成分分析期間を含む春季、夏季の 1 か月を解析対象期間とし、光化学オキシダントが高濃度となる期間を多く含む期間を選定した。PM_{2.5}、光化学オキシダントそれぞれの各季節の解析期間を表 3-2 に示す。

東京都インベントリと環境省インベントリは、発生源分類が完全に一致しているわけではないため、類似の発生源を識別する必要があるため、表 3-3 に示した発生源分類表のように、感度解析の対象排出源を分類した。

表 3-2 発生源寄与解析の解析対象期間¹²

季節	年度	PM _{2.5}	光化学オキシダント
春季	2008	5/19-6/1	5/1-5/31
	2015	5/7-5/20	5/1-5/31
夏季	2008	7/22-8/4	7/11-8/10
	2015	7/28-8/11	7/11-8/10
秋季	2008	11/4-11/17	-
	2015	10/21-11/3	
冬季	2008	2/2-2/16	
	2015	1/20-2/2	

表 3-3 発生源分類表

対象排出源	東京都インベントリ	環境省インベントリ, OPRF
自動車 ¹³	自動車	自動車
船舶	船舶	OPRF
大規模固定煙源	ばい煙	01-電気業、02-地域熱供給、03-都市ガス、04-農林業、05-水産業、06-鉱業、07-建設業、08-製造業、15-廃棄物焼却
業務・家庭	調理、小型焼却炉、群小燃焼施設、民生 VOC	09-家庭、10-業務、16-小型焼却炉、29-調理、81-エアロゾール、19-E-防虫剤
建設機械（建機）	作業機械	11-機械
VOC 発生施設	固定蒸発発生源	17-工業プロセス、17-B 工業プロセス、18-燃料蒸発、19-(A-D)-VOC 関係
その他の人為起源	航空機、野焼き、鉄道、たばこ、粉じん発生施設	13-航空、22-野焼き、25A-たばこ
アンモニア発生源	アンモニア発生源	20-家畜、21-化学肥料施肥、23-土壌、26-ペット犬、25B-発汗・呼吸、27-化学肥料製造、28-排水処理（し尿）
自然起源	植物起源、火山	植物起源（MEGAN）、火山

¹² 春季における PM_{2.5} 解析対象期間では、千城台北小学校については、PM_{2.5} 成分分析期間が他地点と異なることから成分分析期間に合わせて 5/9-5/22 で集計を行った。3.2 節以降の集計においても同様。

¹³ ここでの自動車は、自動車排出ガス、タイヤ摩耗、ブレーキ粉じんの寄与を和算したものを表す。自動車からの NO_x 排出の NO₂/NO_x の排出比は台数平均で 0.21 である。

(1) PM_{2.5}の発生源寄与割合推計の基本方針

本調査で構築した大気質シミュレーションモデルでは、大気中のPM_{2.5}の成分構成比の再現性に課題を残す等の理由から、観測値と計算値の比率を地点ごと、日ごと、成分ごとに適用した補正係数について、その比率を計算値に乗じることで発生源寄与割合推計の補正を実施した。

2008年度では、PM_{2.5}成分分析が実施された東京都内9地点で発生源寄与割合を推計した。2015年度では、PM_{2.5}成分分析が実施された地点が2008年度と異なっており、2015年度内3か所と関東地方の約10地点で発生源寄与割合を推計した。本調査では、2008年度と2015年度の発生源寄与割合を比較するに当たり、2008年度と2015年度の両年度で調査を実施した同様の地点（足立区と多摩市（2008年度は町田市））において、発生源寄与割合を推計し、2008年度と2015年度の発生源寄与割合の変化を取りまとめた。

2015年度の計算では、東京都以外の関東地域においてもPM_{2.5}成分分析が実施されているため、上記の補正係数に乗じる手法により関東内の各地域における発生源寄与の推計が可能である（ただし、発生源は東京都からの排出とその他の関東6県からの排出という分類となる）。本調査では、広域的な影響を考察するため、東京都外の関東地域においても発生源寄与割合の推計を実施した。

(2) 光化学オキシダントの発生源寄与割合推計の基本方針

光化学オキシダントについては、高濃度日において濃度傾向をおおむね再現できていると考えられ、補正係数等を用いた補正を実施せずに発生源寄与割合を推計した。よって、関東地域のどの地点でも発生源寄与割合を推計することができる。

また、PM_{2.5}環境基準の短期基準や光化学スモッグ注意報等、PM_{2.5}や光化学オキシダントには高濃度事象の要因解析も重要であることから、高濃度日における発生源寄与割合の推計を実施することとした。

3.2 2008 年度発生源寄与割合の推計

3.2.1 PM_{2.5} 発生源寄与割合推計結果

3.1 に示した手法により、2008 年度における各発生源からの PM_{2.5} 濃度の寄与割合を算出した。各季節における PM_{2.5} 総質量濃度の発生源寄与割合（区部、多摩部のそれぞれの代表地点を足立区綾瀬と町田市中町とし、平均した）を図 3-1 に示す。

本調査では、高濃度日において PM_{2.5} 発生源寄与割合の大きい発生源について考察するため、解析期間各日の PM_{2.5} 日平均値に対する寄与割合を算出した。推計結果（足立区綾瀬と町田市中町）を図 3-2～図 3-3 に示す。本図では、各発生源について、東京都、関東 6 県を分けずに合計した関東全域（関東 1 都 6 県）における発生源を示した。また、夏季の高濃度日であった 2008 年 8 月 4 日の基準計算及び主要な発生源の空間分布図を図 3-4～図 3-9 に示した。

PM_{2.5} 発生源寄与割合について以下の事項が推察される。

- ① 図 3-1 より、PM_{2.5} 発生源寄与割合の大きい発生源として、季節により寄与割合の順位に差はあるものの、自動車、大規模固定煙源、アンモニア発生源等が挙げられる。
- ② 図 3-2～図 3-3 より、2008 年度では、春季や夏季の高濃度日では、大規模固定煙源、アンモニア発生源、自動車からの寄与割合が大きいと考えられる。秋季や冬季の高濃度日では、自動車やアンモニア発生源等の影響が大きい、VOC 発生施設や業務・家庭からの寄与も数%程度確認された。

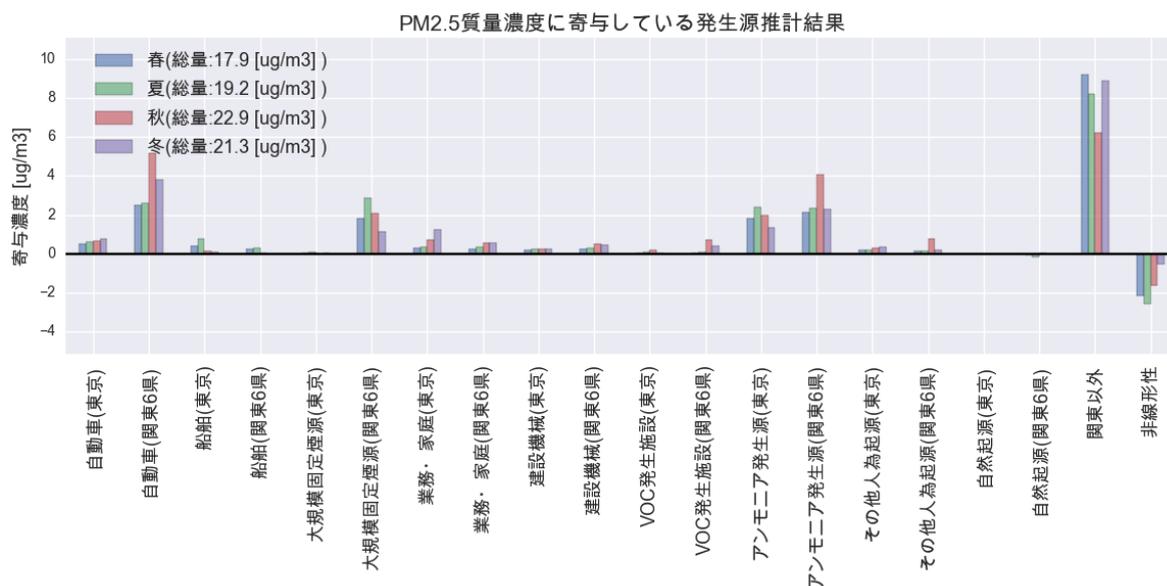


図 3-1 2008 年度の PM_{2.5} 発生源寄与割合推計結果（補正後）¹⁴

※ 推計結果は、都内 2 地点（足立区綾瀬、町田市中町）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）における発生源の寄与濃度を示す。

※ 「非線形性」は、PM_{2.5} 質量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値。

¹⁴ 補正の算出にあたっては、観測値と計算値の比率を地点ごと、日ごと、成分ごとに補正係数を作成し、計算値に乘じることで濃度を求めている。

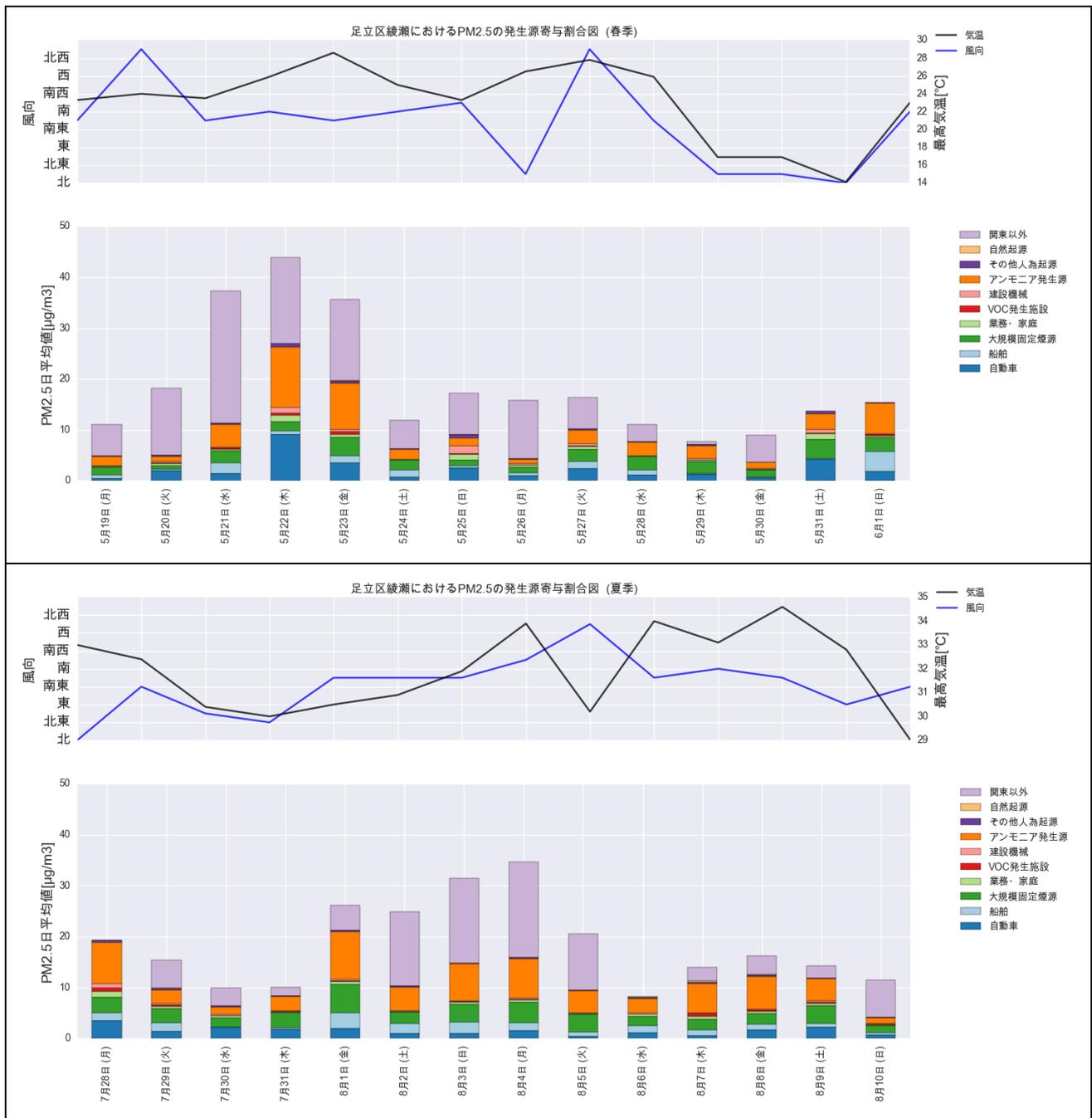


図 3-2 (1/2) 2008年度の足立区綾瀬(区部)におけるPM_{2.5}発生源寄与割合推計結果(上図:春季、下図:夏季)

- ※ 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の非線形性による効果は関東以外に含めた。
- ※ 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。

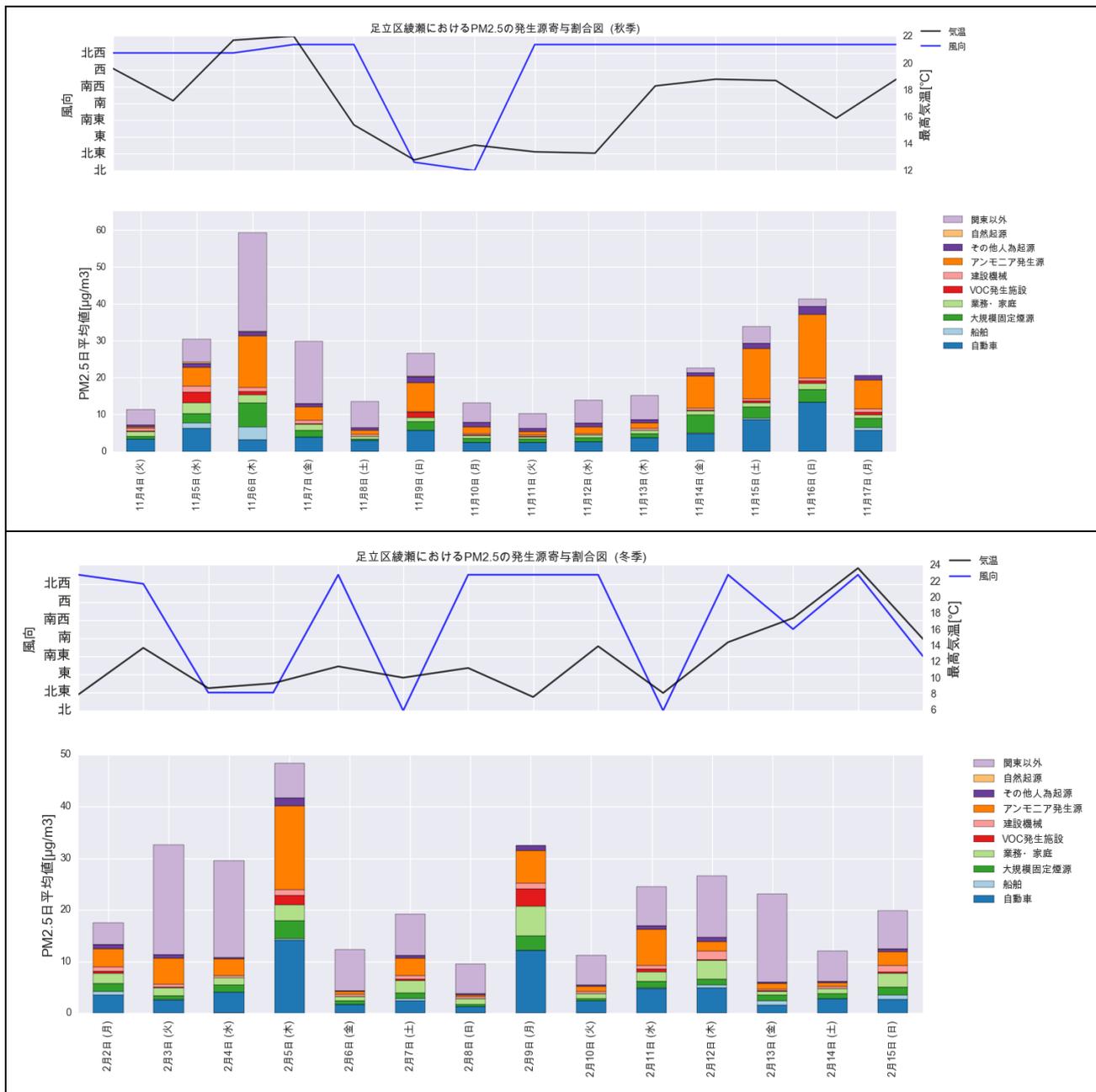


図 3-2 (2/2) 2008 年度の足立区綾瀬 (区部) における PM_{2.5} 発生源寄与割合推計結果 (上図: 秋季、下図: 冬季)

- ※ 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 (関東 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の非線形性による効果は関東以外に含めた。
- ※ 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。

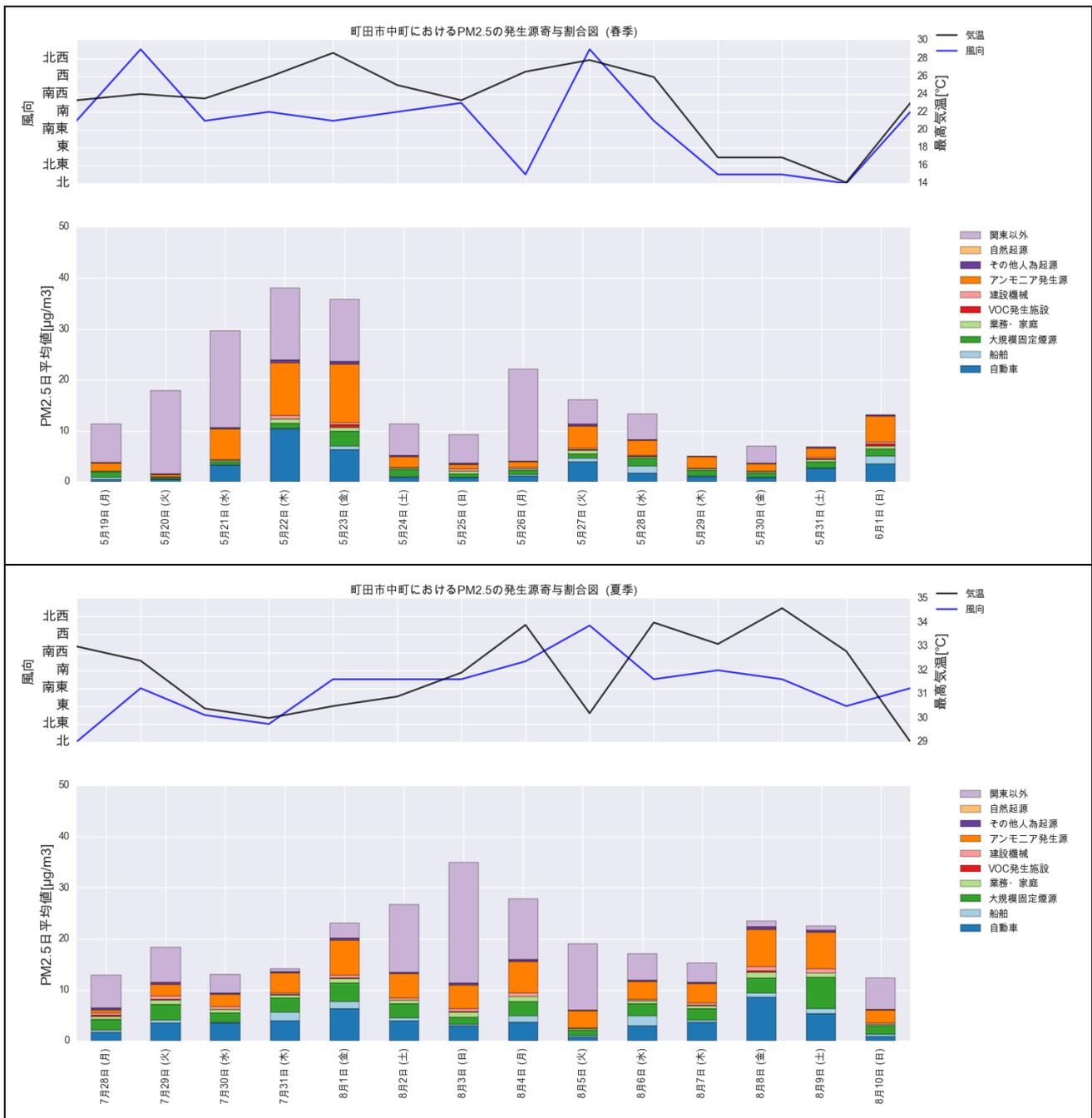


図 3-3 (1/2) 2008 年度の町田市中町 (多摩部) における PM_{2.5} 発生源寄与割合推計結果 (上図：春季、下図：夏季)

- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県の寄与割合を合計した関東全域 (関東 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の非線形性による効果は関東以外に含めた。
- ※ 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。

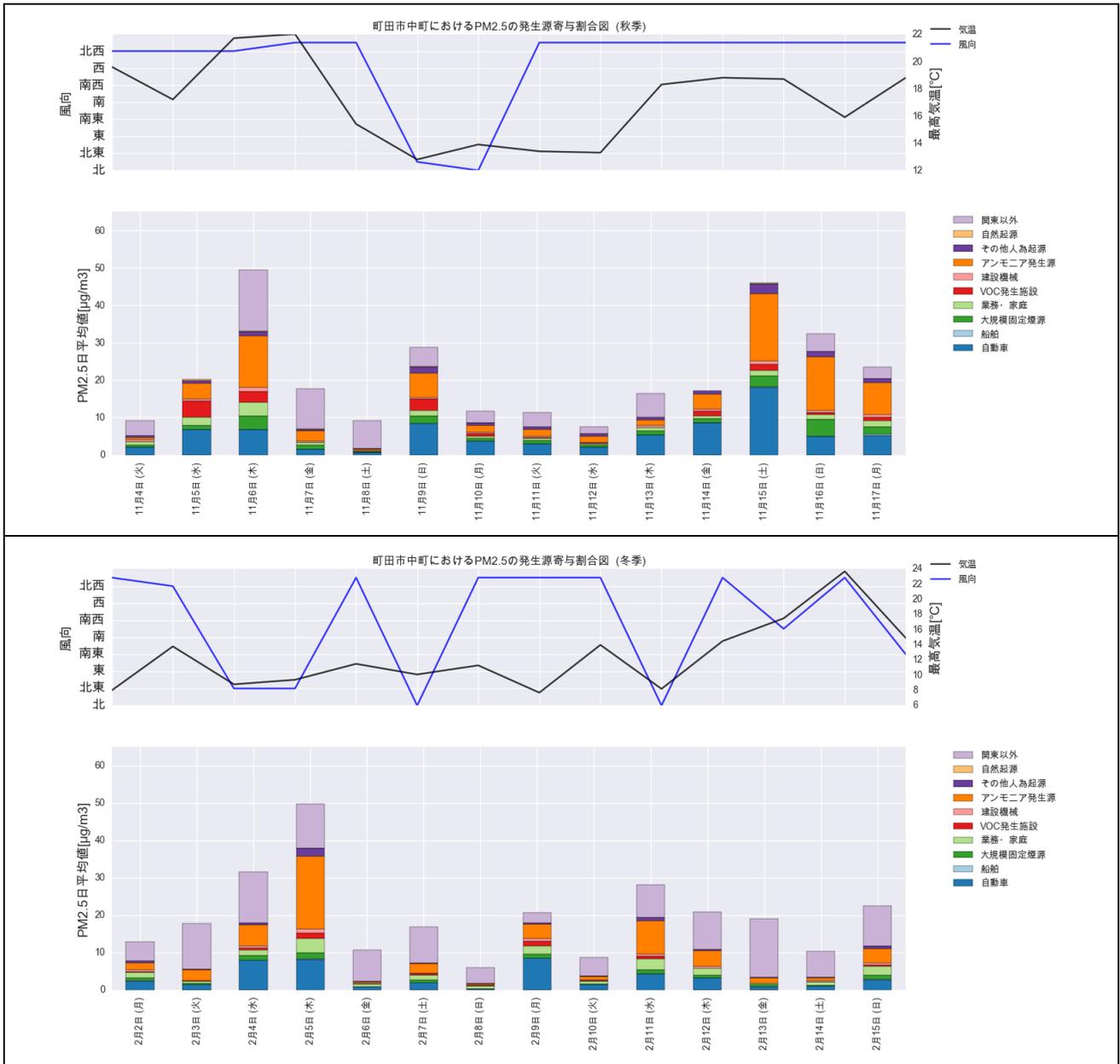


図 3-3 (2/2) 2008 年度の町田市中町（多摩部）における PM_{2.5} 発生源寄与割合推計結果（上図：秋季、下図：冬季）

- ※ 各発生源は、東京都と関東 6 県を合計した関東全域（関東 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の非線形性による効果は関東以外に含めた。
- ※ 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。

2008年8月4日（月）における
 基準計算（削減効果なし）のPM_{2.5}濃度の空間分布図

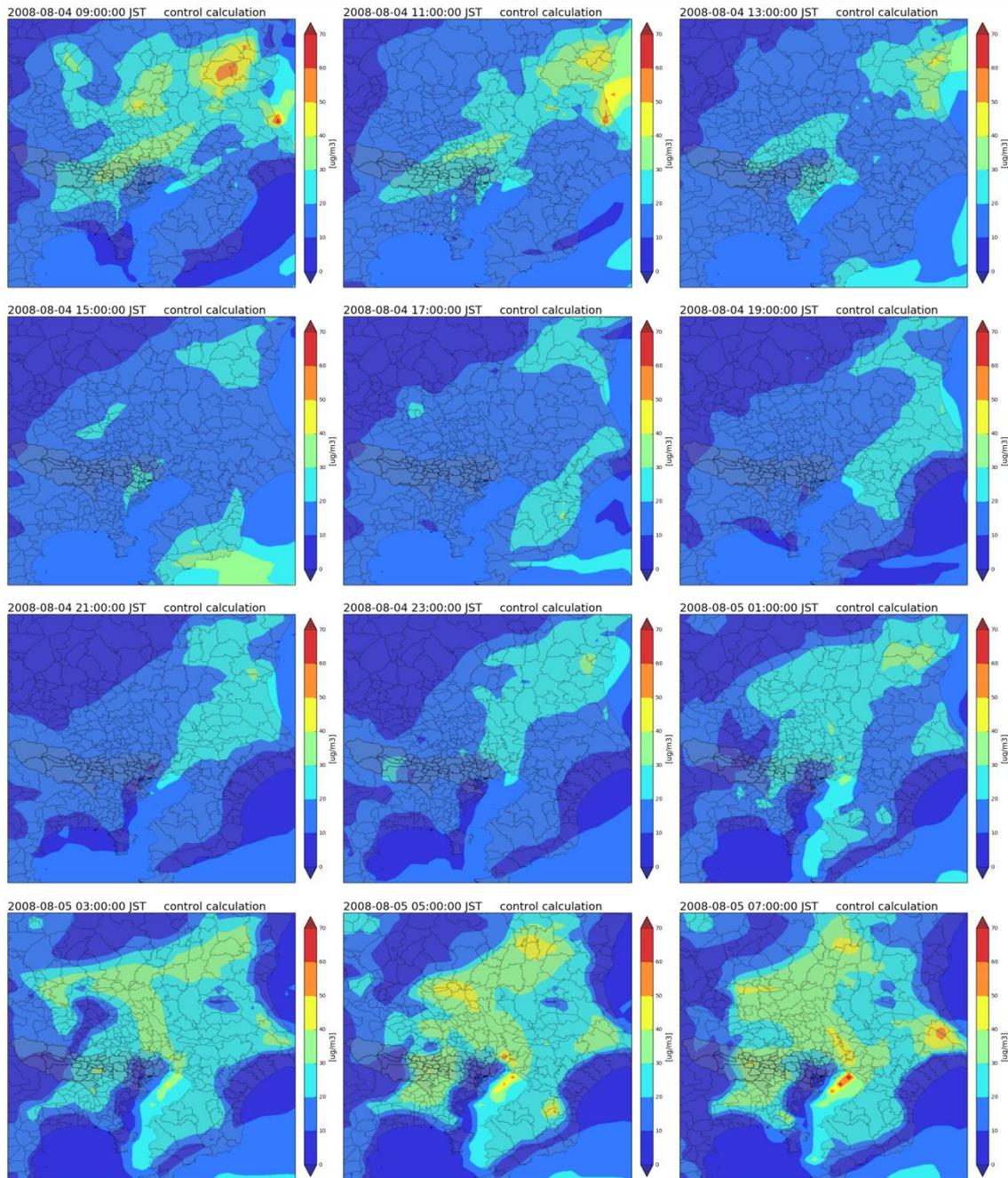


図 3-4 2008年8月4日（月）における関東域のPM_{2.5}濃度の空間分布図

※ 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。

2008年8月4日（月）における
 関東全域（1都6県）の排出をゼロとした場合のPM_{2.5}濃度の空間分布図

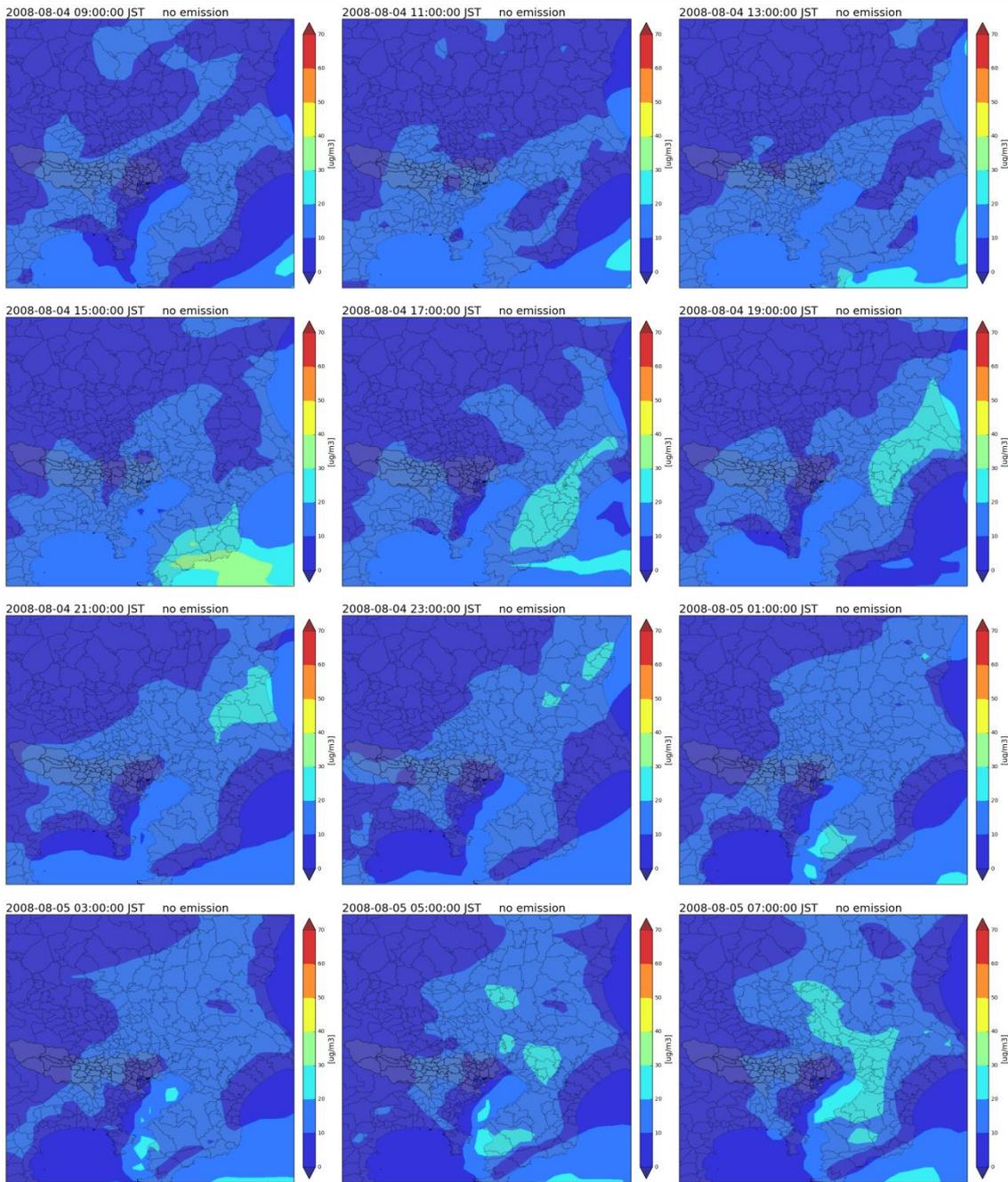


図 3-5 2008年8月4日（月）における関東全域（1都6県）の排出をゼロにした場合のPM_{2.5}濃度の空間分布図

※ 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。

2008年8月4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

自動車（関東1都6県）

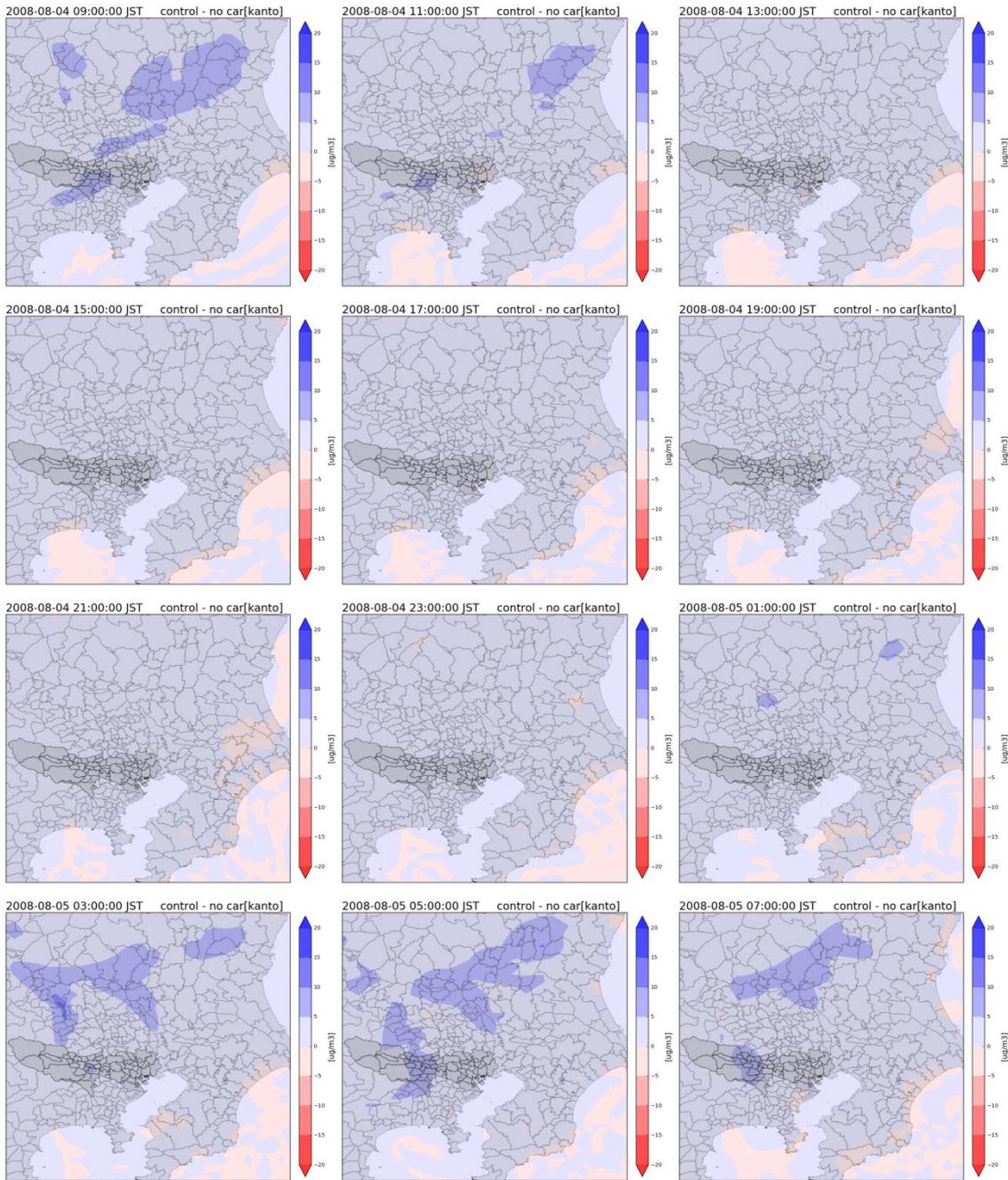


図 3-6 2008年8月4日（月）における自動車の排出をゼロにした場合のPM_{2.5}濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 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。

2008年8月4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
 大規模固定煙源（関東1都6県）

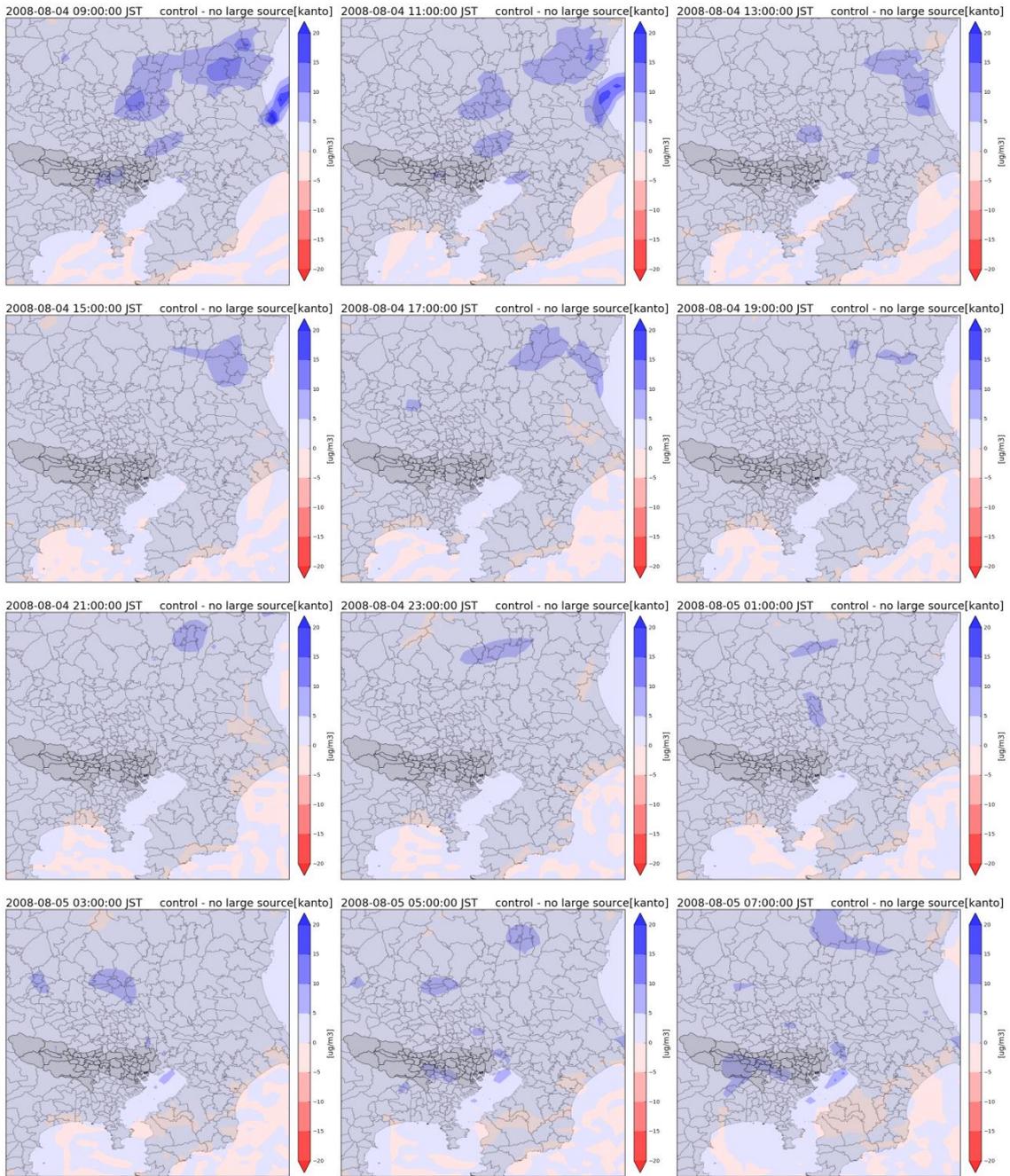


図 3-7 2008年8月4日（月）における大規模固定煙源の排出をゼロにした場合の PM_{2.5} 濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 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。

2008年8月4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
 船舶（関東1都6県）

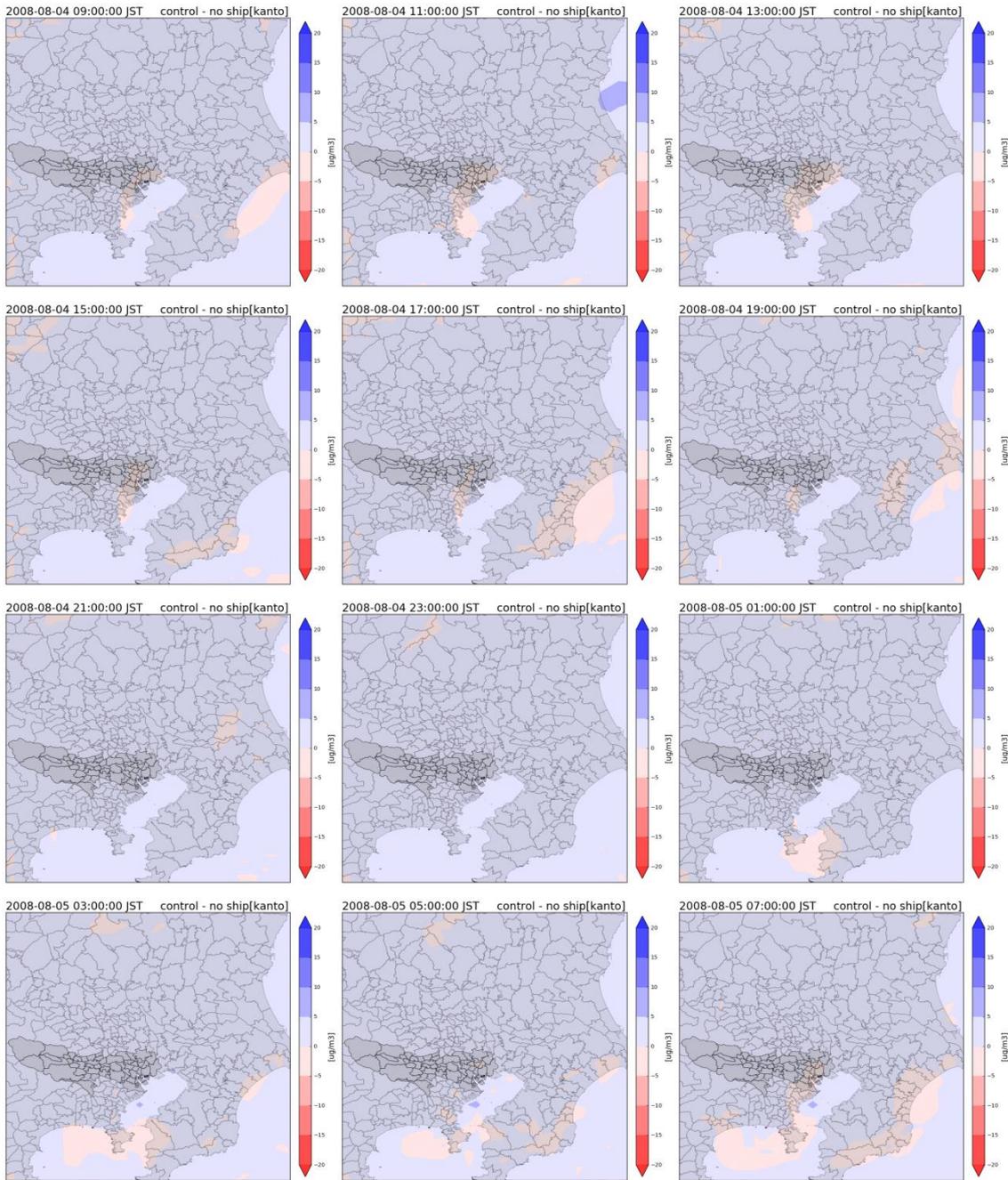


図 3-8 2008年8月4日（月）における船舶の排出をゼロにした場合のPM_{2.5}濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 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。

2008年8月4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
 アンモニア発生源(関東1都6県)

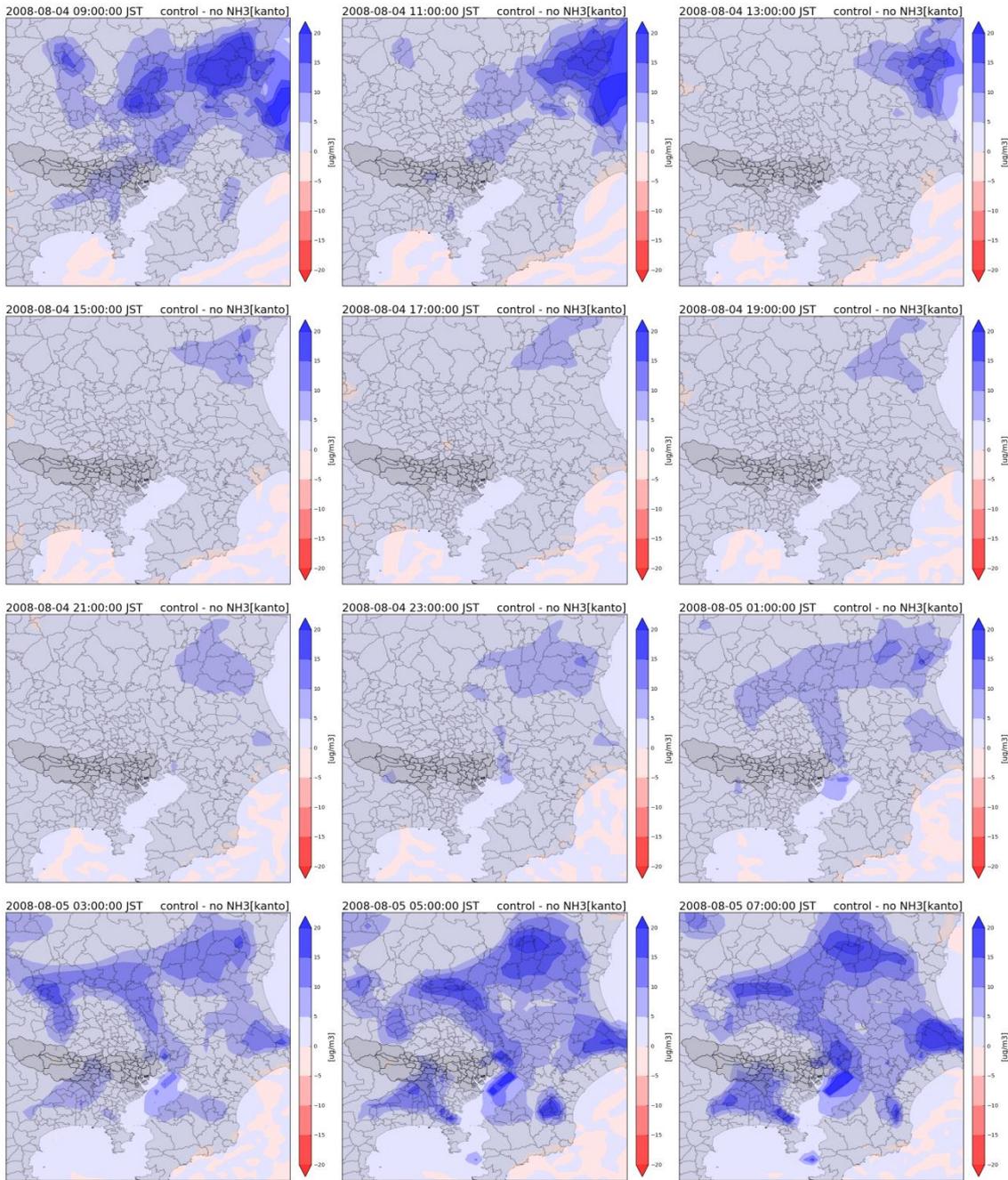


図 3-9 2008年8月4日(月)におけるアンモニア発生源の排出をゼロにした場合のPM_{2.5}濃度の感度解析効果の空間分布図

- ※ 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。

3.2.2 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 3-10 に示す。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。

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中町における光化学オキシダントの発生源寄与割合を図 3-11、図 3-12 に示す。

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 3-4 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 3-13 に示す。また、高濃度日であった 2008 年 8 月 8 日（金曜日）を例として、基準計算値及び主要発生源の寄与の空間分布図を図 3-14～図 3-18 に示す。

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 計算対象期間を平均してしまうと、関東以外の影響が非常に大きい。
- ② 日ごとの発生源寄与割合では、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（図 3-11、図 3-12）。
- ③ 高濃度日では（7 月 26 日や 8 月 9 日を例）、自動車、VOC 発生施設、自然起源の寄与割合が大きいことが確認された。

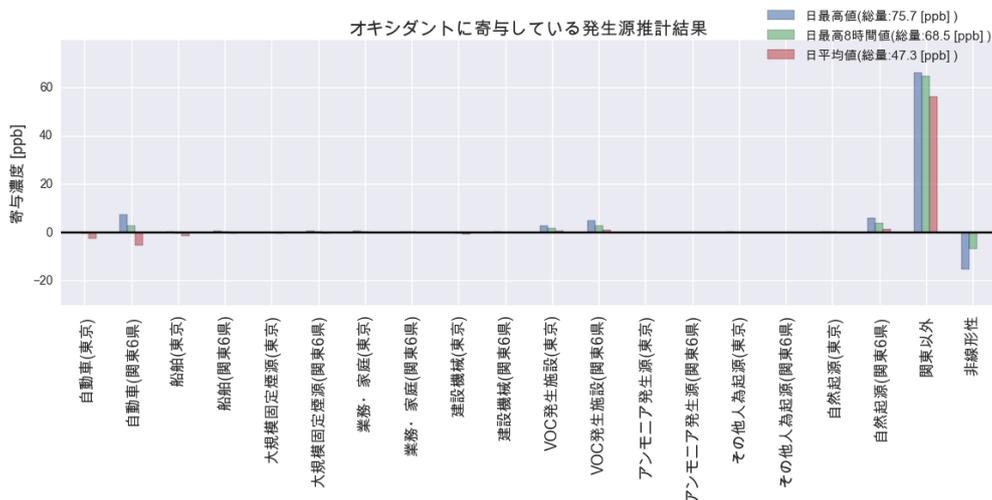


図 3-10 2008 年度における光化学オキシダントの発生源寄与割合推計結果

- ※ 推計結果は、都内 3 地点（国設新宿局、町田市中町、足立区綾瀬）における 2008 年 5 月 30 日から 2008 年 8 月 30 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。

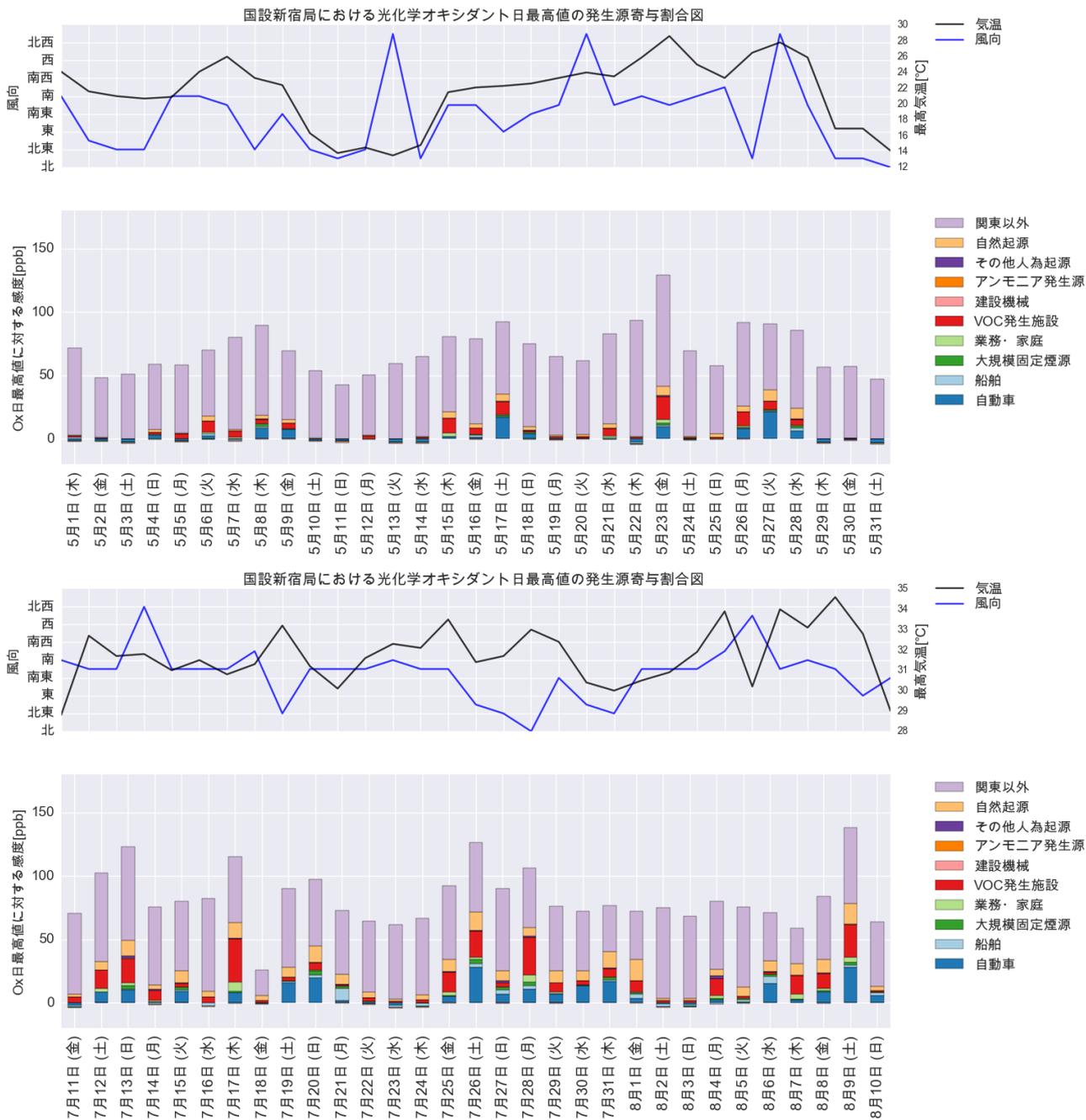


図 3-11 2008 年度の国設新宿局における光化学オキシダントの発生源寄与割合推計結果 (日別) (上図：春季、下図：夏季)

※ 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（関東 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。

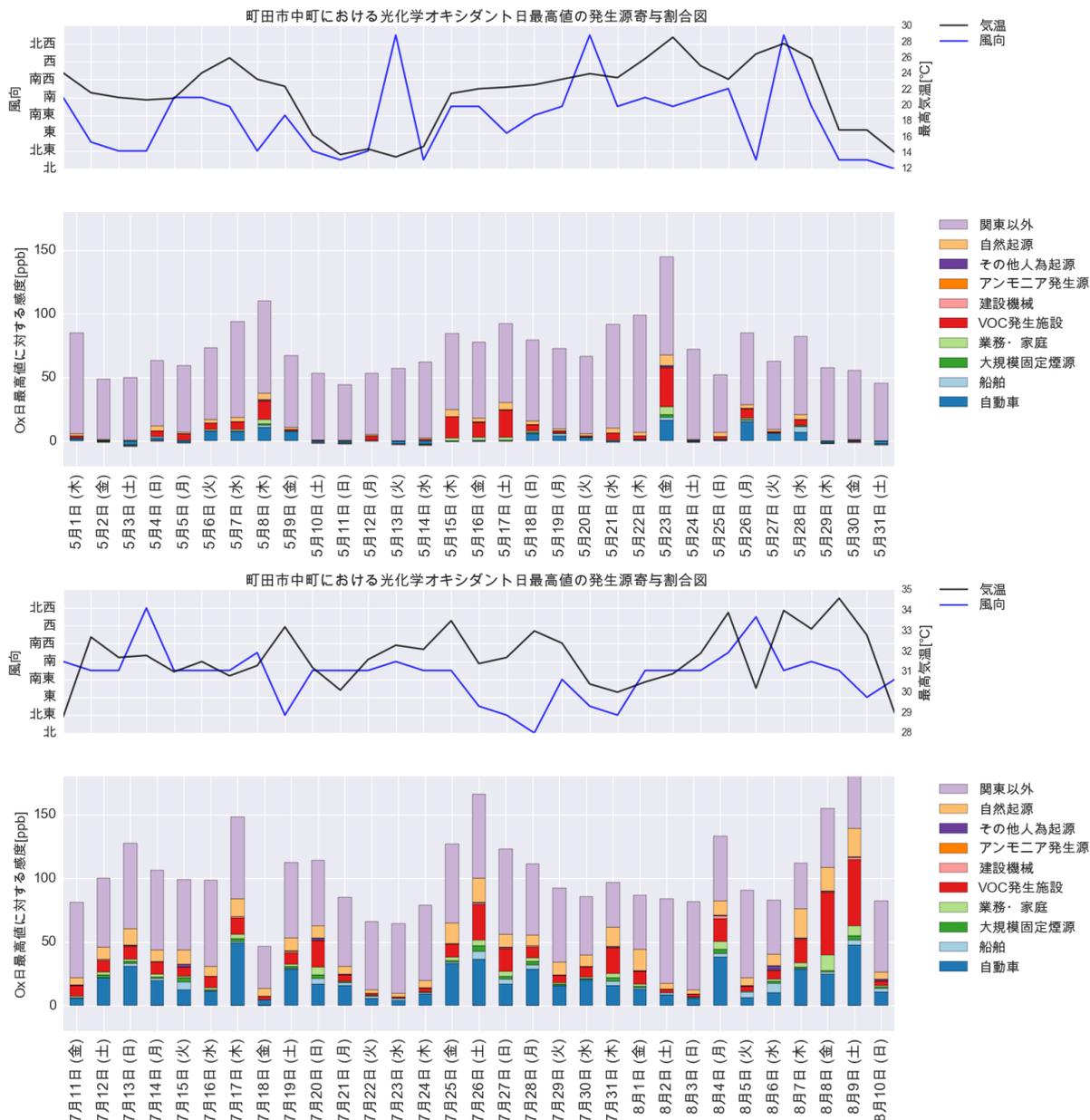


図 3-12 2008 年度の町田市中町の光化学オキシダント発生源寄与割合推計結果（日別）
 春季（上図）、夏季（下図）

- ※ 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（関東 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。

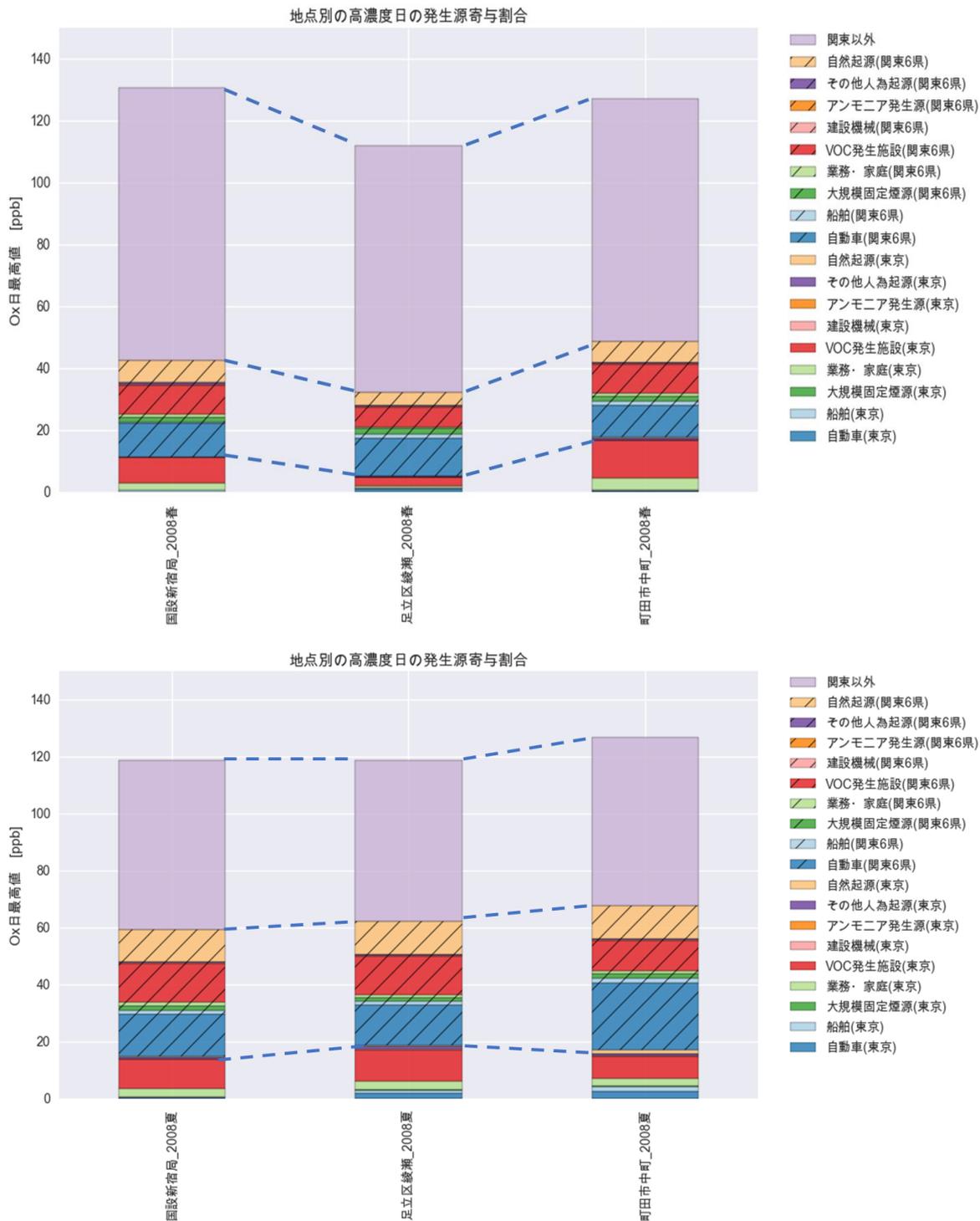


図 3-13 2008 年度の高濃度日の関東代表地点での光化学オキシダントの発生源寄与割合
(上図：春季、下図：夏季)

※ 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 3-4)。
 ※ 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 3-4 2008 年度に光化学オキシダント日最高 1 時間値の計算値が 100 ppb を超えた日数

季節	期間	国設新宿局	足立区綾瀬	町田市中町
春季	5/1-5/31	1	2	2
夏季	7/11-8/10	6	9	12
春季	内訳	2008/5/3	2008/5/3	2008/5/8
			2008/5/26	2008/5/23
夏季	内訳	2008/7/12	2008/7/12	2008/7/12
		2008/7/13	2008/7/13	2008/7/13
		2008/7/17	2008/7/17	2008/7/17
		2008/7/26	2008/7/25	2008/7/19
		2008/7/28	2008/7/26	2008/7/20
		2008/8/9	2008/7/28	2008/7/25
			2008/8/4	2008/7/26
			2008/8/8	2008/7/27
			2008/8/9	2008/7/28
				2008/8/4
				2008/8/8
				2008/8/9

2008年8月8日（金）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

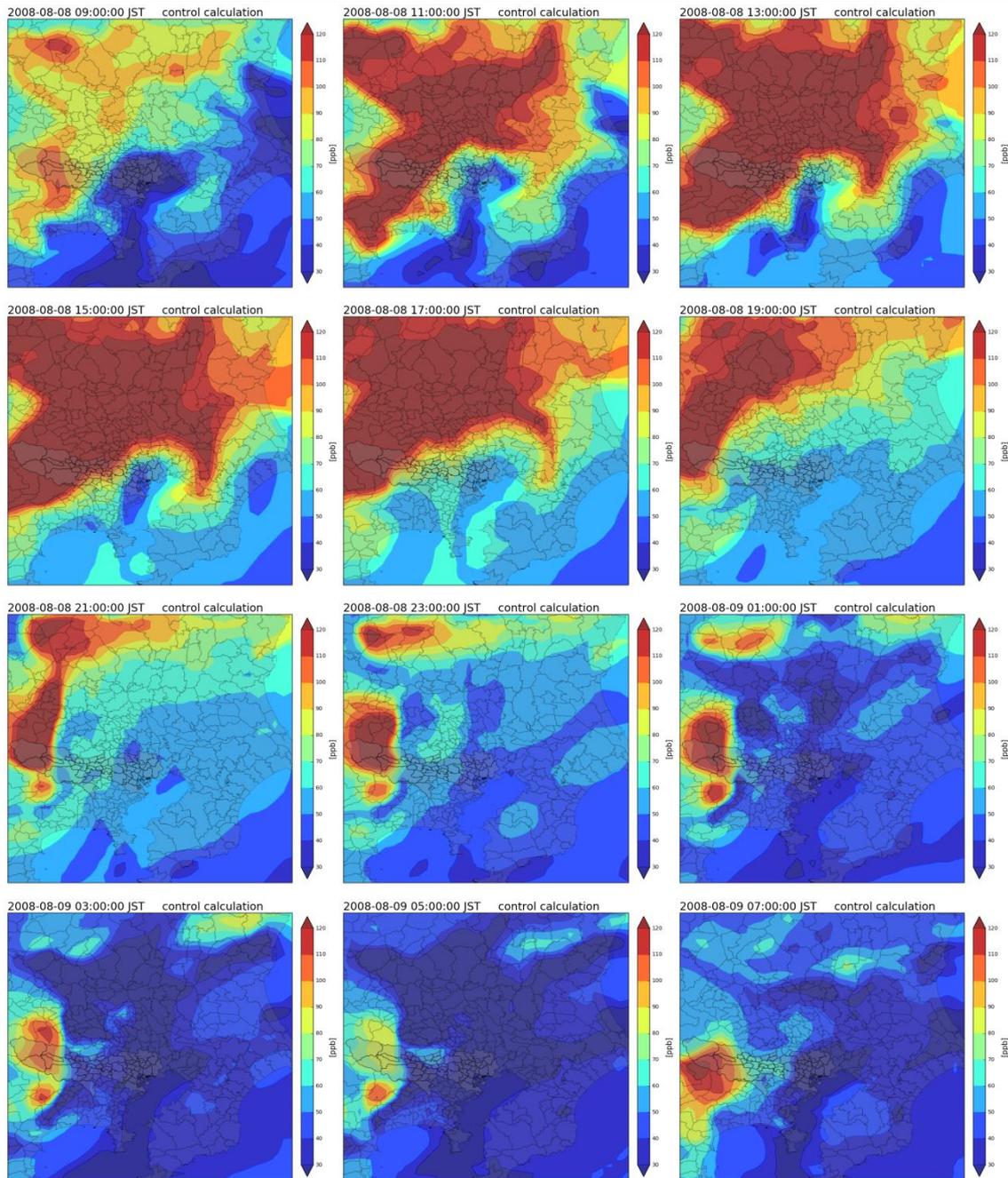


図 3-14 2008年8月8日（金）における光化学オキシダント濃度の空間分布図
 ※ 2時間ごとに対象日の9時から翌日の7時までの結果を示す。

2008年8月8日（金）における
 関東全域（1都6県）の排出を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

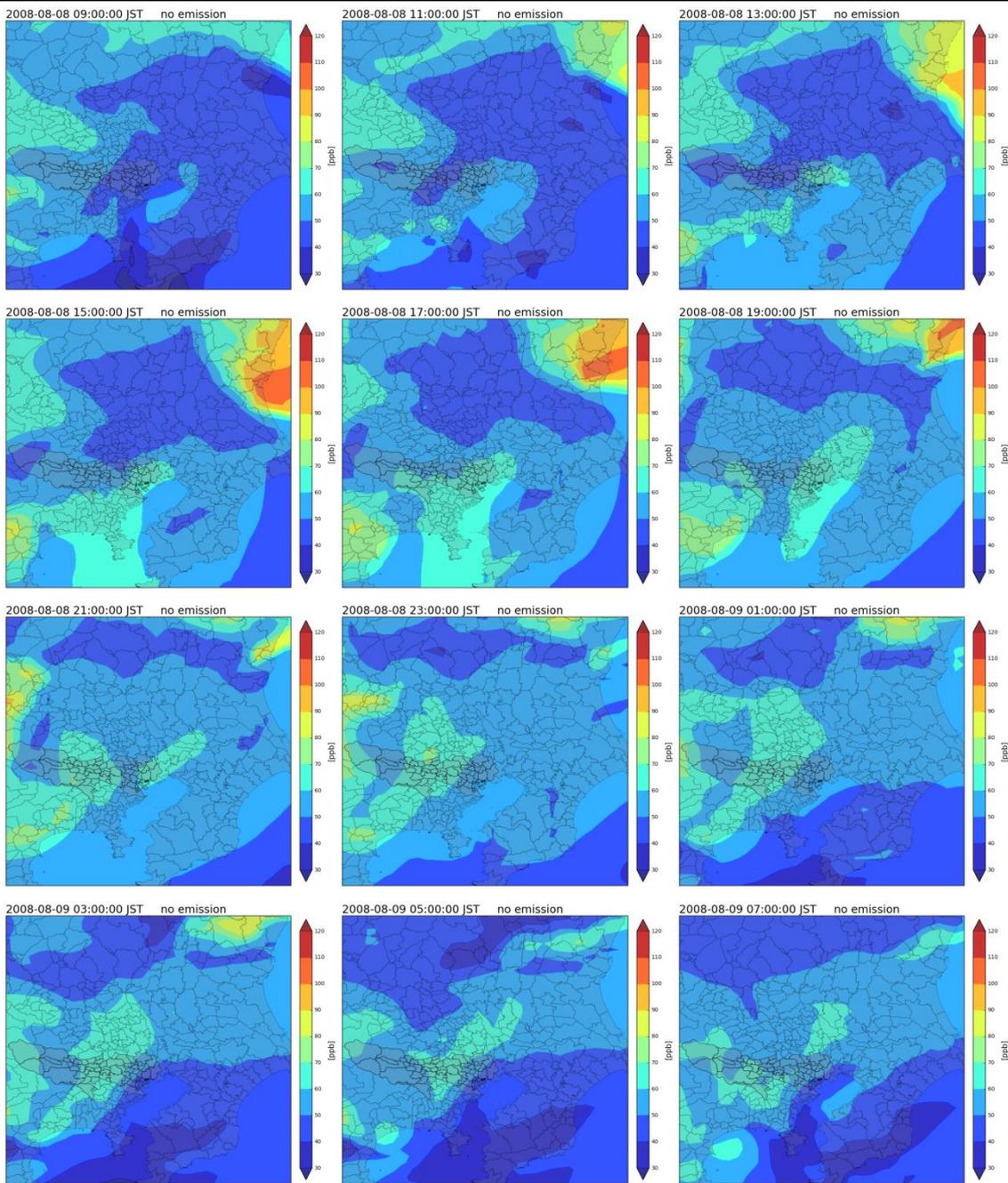


図 3-15 2008年8月8日（金）における関東全域（1都6県）の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度の空間分布図

※ 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。

2008年8月8日（金）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

自動車（関東1都6県）

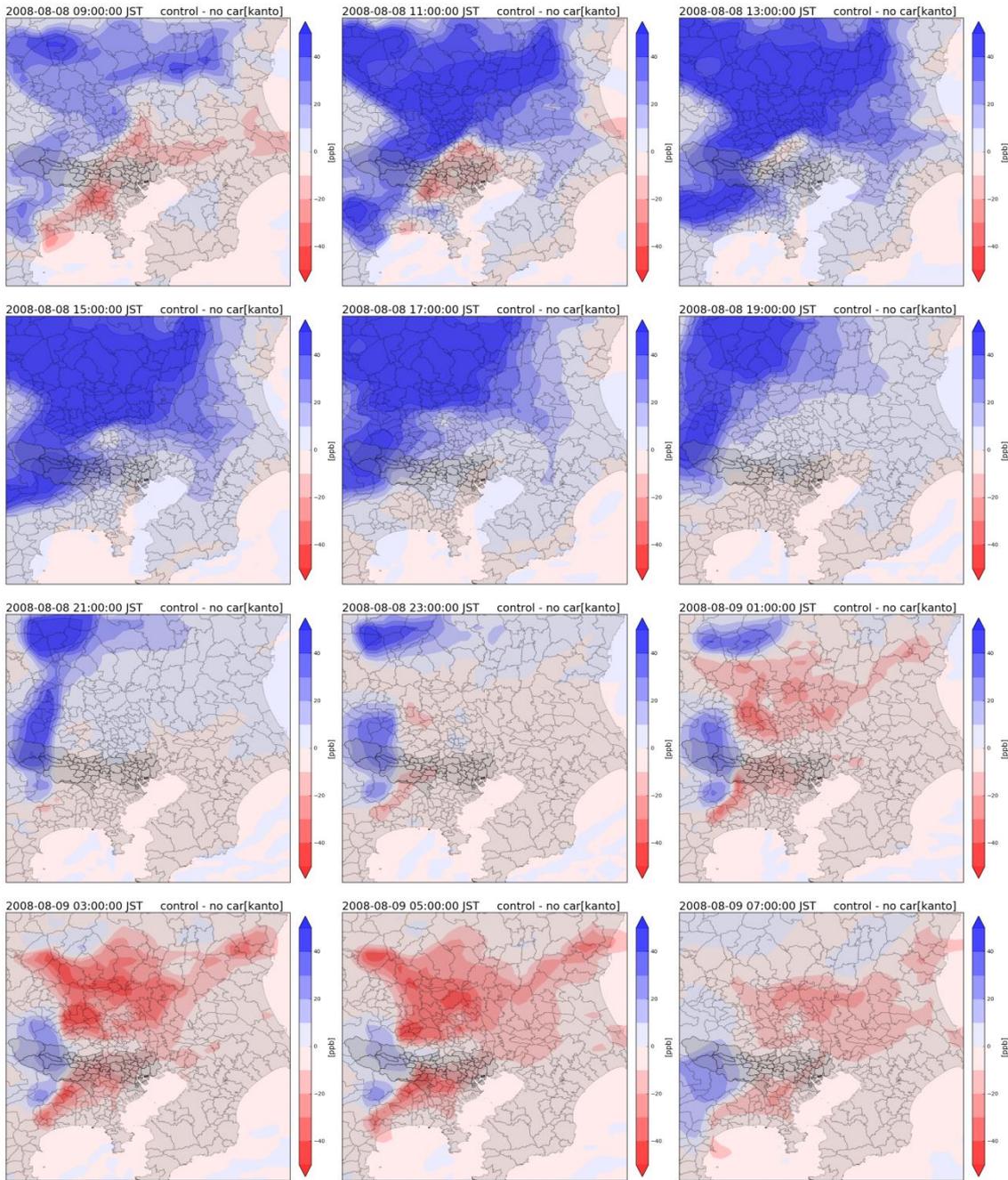


図 3-16 2008年8月8日（金）における自動車の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度への感度解析効果の空間分布図

※ 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。

2008年8月8日（金）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

VOC発生施設（関東1都6県）

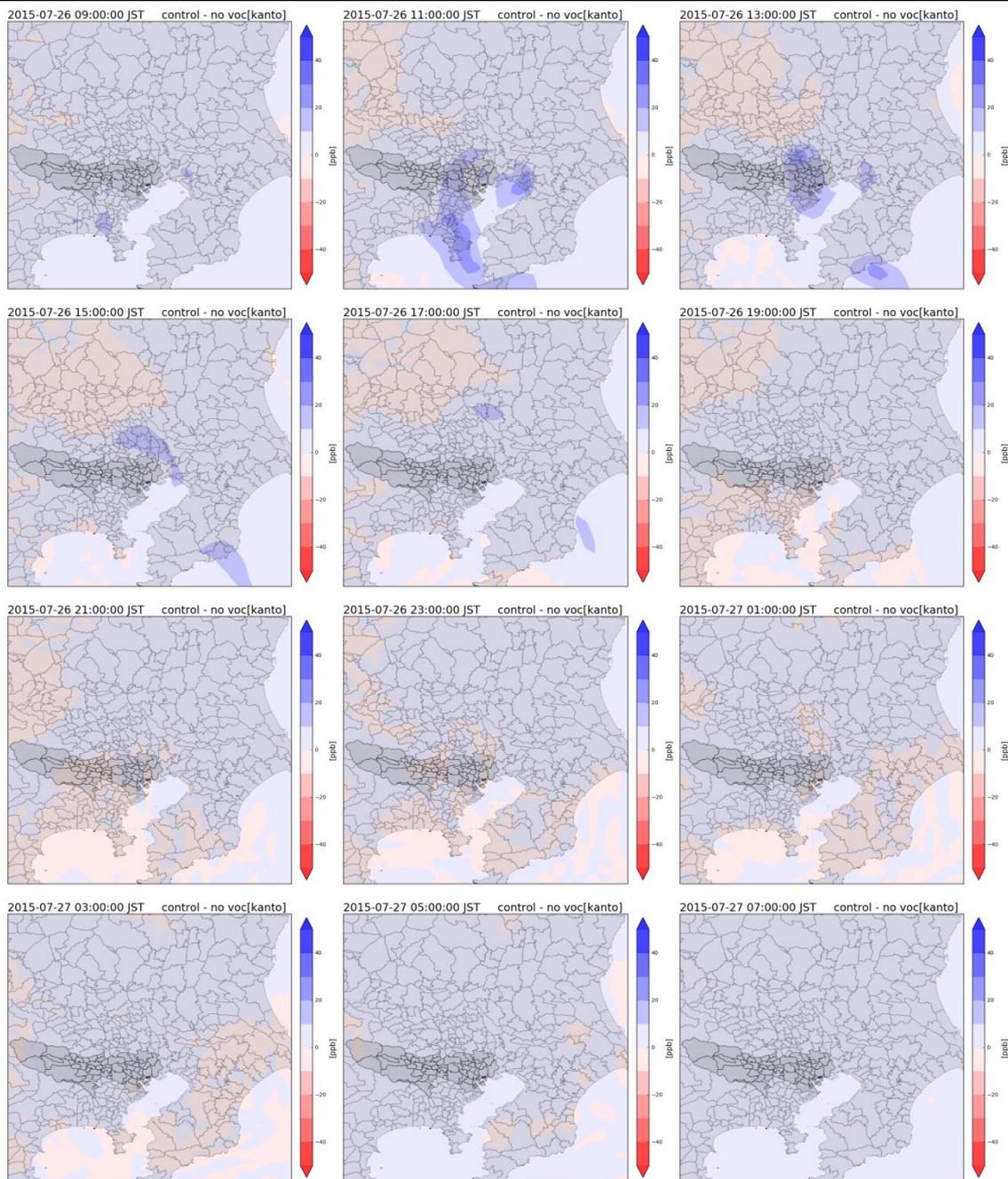


図 3-17 2008年8月8日（金）における VOC 発生施設の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度への感度解析効果の空間分布図

※ 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。

2008年8月8日（金）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）

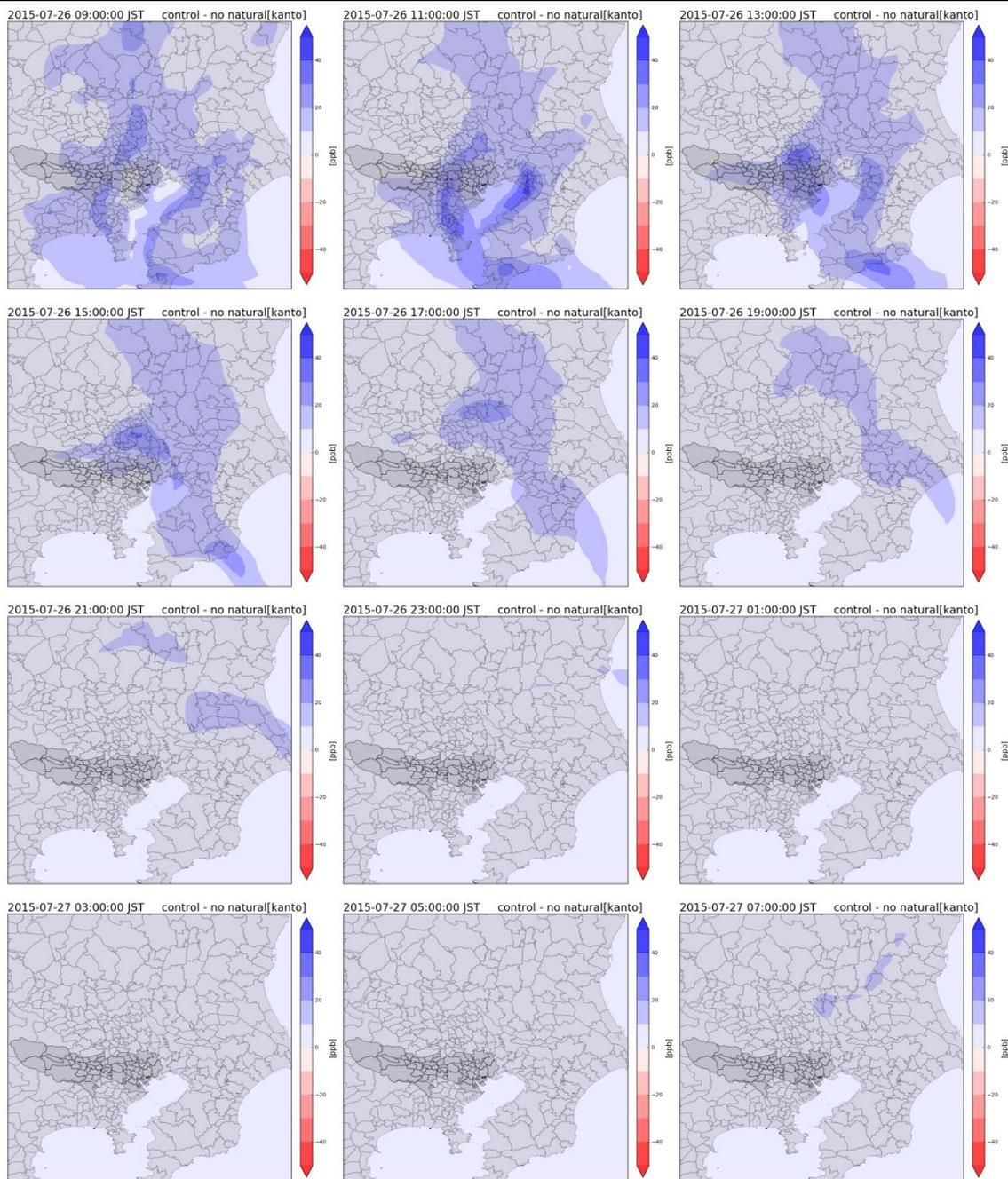


図 3-18 2008年8月8日（金）における VOC 発生施設の排出をゼロにした場合の光化学オキシダント濃度への感度解析効果の空間分布図

※ 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。