

## レセプターモデルを用いた発生源寄与割合の推計等に関する詳細計画

本調査では、シミュレーションを用いた PM2.5 及び光化学オキシダントに関する発生源寄与割合の推定に加えて、次の 2 項目の解析を実施する。

- レセプターモデルを用いた PM2.5 の発生源寄与割合の推計
- PM2.5 及び光化学オキシダントの高濃度イベントの類型化

## 1. レセプターモデルを用いた PM2.5 に関する発生源寄与割合の推計

CMB 法及び PMF 法の 2 通りの手法を用いて、PM2.5 の成分測定データから発生源寄与割合を推計する。データとしては、「環境省 微小粒子状物質 (PM2.5) 測定データ」のうち、2015 年度の関東地域のものを用いることを基本とするが、必要に応じて他の年度及び地域のものも含める。

## 1.1. 成分測定データのスクリーニング

成分測定データのスクリーニングは、次の通りに実施する。

- 解析に用いる PM2.5 の成分を、次の観点から選定する。
  - 発生源指標としての重要性。
  - 欠測値が少ないこと。
- 解析に用いるレコード (地点・日付) を、次の観点から選定する。
  - 解析に用いる成分が全て測定されているもの。
  - イオンバランスが正常なもの (図 1)。

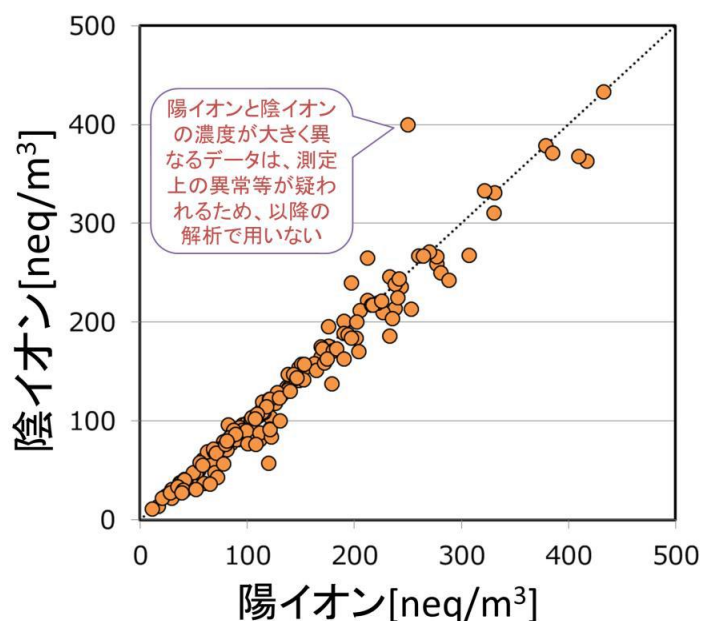


図 1 PM2.5 成分測定データのイオンバランスによるスクリーニングのイメージ図

## 1.2. CMB 法を用いた発生源寄与割合の推計

CMB を用いた発生源寄与割合の推計は、次の通りに実施する。

- スクリーニング済みのデータに対して、CMB 法を適用する。
  - 発生源プロファイルは、「東京都微小粒子状物質検討会報告書（東京都微小粒子状物質検討会、平成 23 年）」で報告されたものを用いる。
    - ◇ 「土壌・道路粉じん (ROAD)」、「海塩粒子 (SEA)」、「鉄鋼 (IRON)」、「重油燃焼 (FUEL)」、「廃棄物焼却 (REFUSE)」、「自動車排出ガス (CAR)」、「ブレーキ粉じん (BRAKE)」、「植物質燃焼類 (BIOMASS)」の 8 プロファイルの使用を想定している。
  - 二次生成の寄与割合も推計するために、次の手順でフィッティングを行う。
    - ◇ 前述の発生源プロファイルを用いて、一次粒子にのみ含まれる成分を対象としたフィッティングを行う。
    - ◇ 二次粒子にも含まれる成分（硫酸イオン、硝酸イオン、OC）については、まず前述のフィッティング結果に基づき各発生源に分配し、残りを想定される各二次生成物質（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、OC）に配分する。
    - ◇ 二次生成 OC については、係数 1.7<sup>1</sup> を乗じた上で、寄与割合を算出する。
  - ソフトウェアは、原則として米国 EPA が配布しているものの最新版を用いる。
  - 不確かさの与え方については、飯島（2011）<sup>2</sup>に準拠する。

<sup>1</sup> Aiken, A. C., Decarlo, P. F., Kroll, J. H., Worsnop, D. R., Huffman, J. A., Docherty, K. S., ... & Sun, Y. (2008). O/C and OM/OC ratios of primary, secondary, and ambient organic aerosols with high-resolution time-of-flight aerosol mass spectrometry. *Environmental Science & Technology*, 42(12), 4478-4485.

- 得られた発生源寄与割合を、地点・季節毎にまとめる（図 2）。
  - 取りまとめにあたっては、地図上に各地点の寄与割合を円グラフで示すなど見せ方を工夫する。

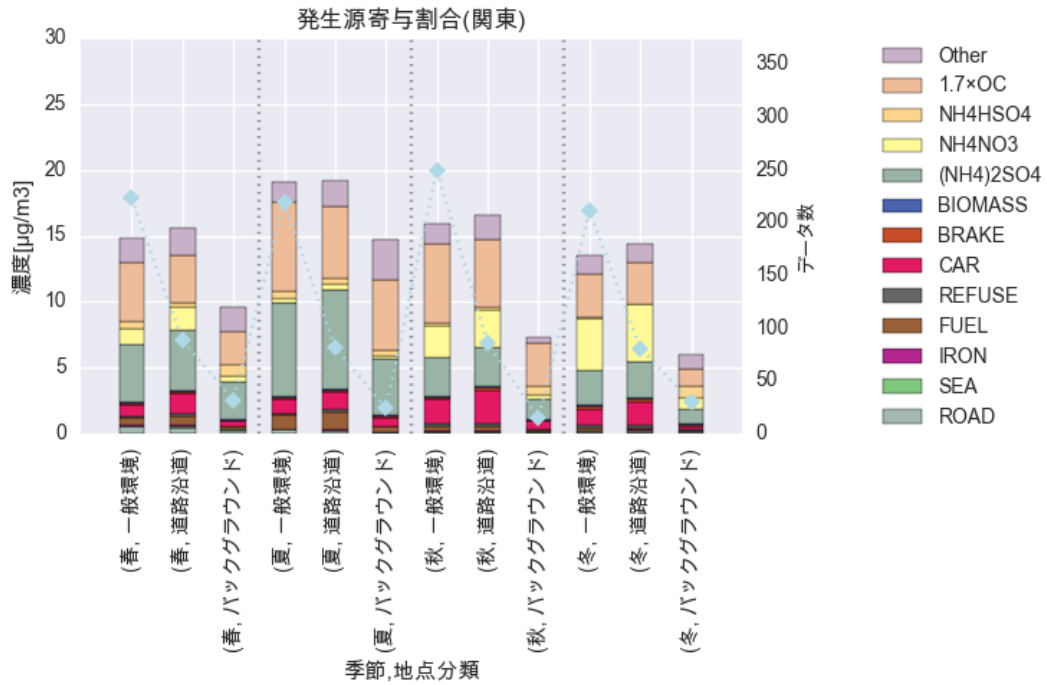


図 2 CMB 法による発生源寄与割合の推計結果のイメージ図

<sup>2</sup> 飯島明宏. (2011). -大気モデル-第 5 講 レセプターモデル. 大気環境学会誌, 46(4), A53-A60.

### 1.3. PMF 法を用いた発生源寄与割合の推計

PMF 法を用いた発生源寄与割合の推計は、次の通りに実施する。

- スクリーニング済みの成分測定データに対して、PMF 法を適用する。
  - ソフトウェアは、原則として米国 EPA が配布しているものの最新版を用いる。
  - 不確かさの与え方については、飯島 (2011)<sup>3</sup>に準拠する。
  - 因子数を様々に変えながら PMF 法を適用し、統計学的及び大気環境学的に最適な因子数を決定する。
- 各因子と各発生源との対応関係を、指標成分などに基づき推測する (図 3)。
  - 1つの因子に複数の発生源が含まれていると考えられる場合は、その因子を各発生源の指標元素量に基づき細分するトレーサー法の適用を試みる。
- 得られた発生源寄与割合の推計結果を、地点・季節毎にまとめる (図 4)。
  - 取りまとめにあたっては、地図上で各地点の寄与割合を円グラフで示すなど見せ方を工夫する。

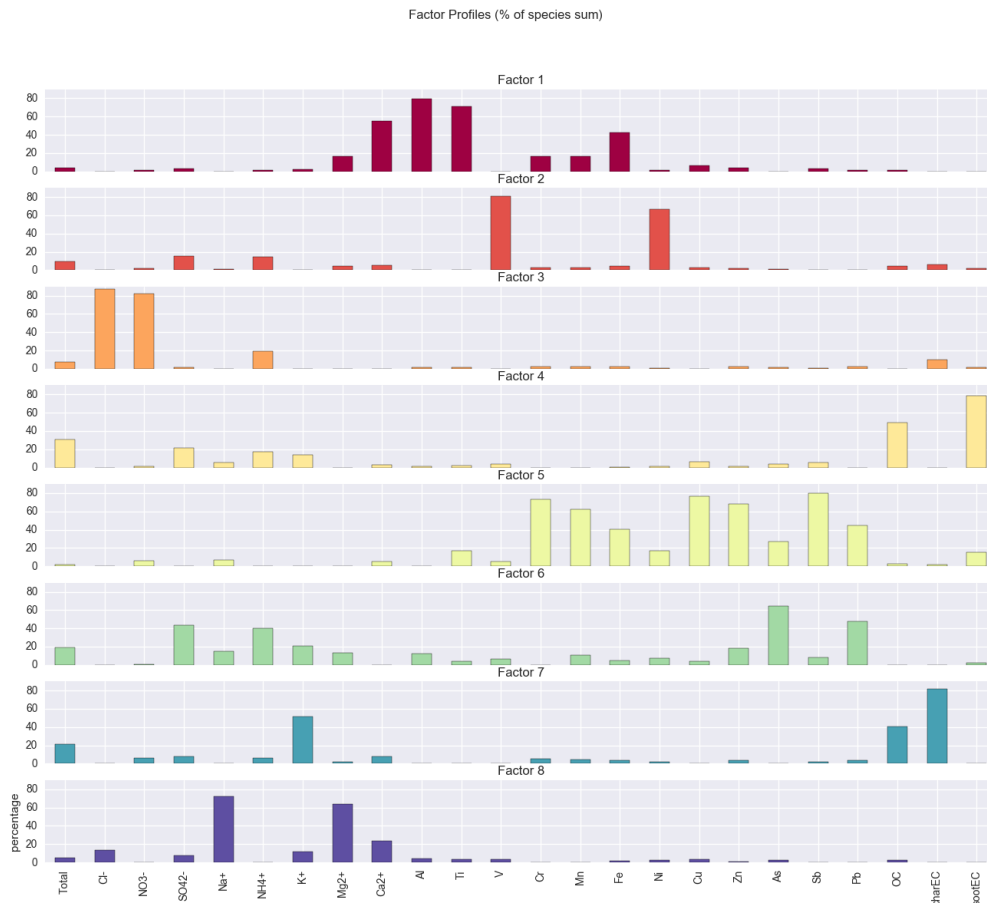


図 3 PMF 法により得られる因子プロファイルのイメージ図

<sup>3</sup> 飯島明宏. (2011). -大気モデル-第 5 講 レセプターモデル. 大気環境学会誌, 46(4), A53-A60.

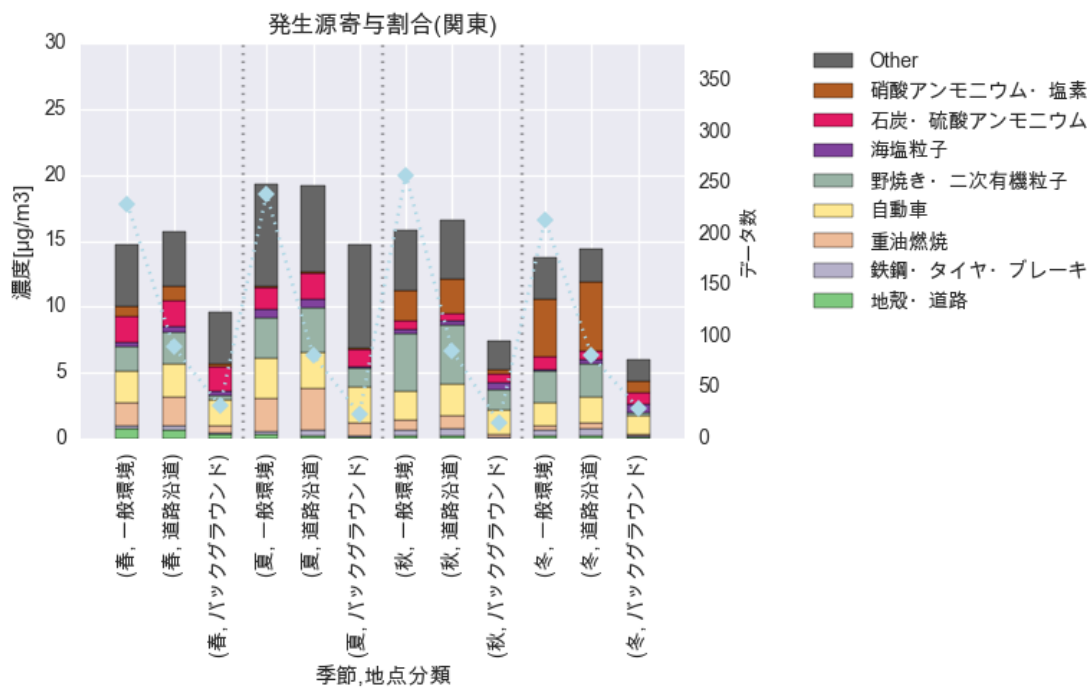


図 4 PMF 法による発生源寄与割合の推計結果のイメージ図

#### 1. 4. CMB 法と PMF 法との結果の比較

CMB 法と PMF 法とで、推計された各発生源の寄与割合及びその順位が整合的であるかどうかなどについて検討する。

## 2. PM2.5 及び光化学オキシダントの高濃度イベントの類型化

H29 調査において抽出された、東京都内における PM2.5 及び光化学オキシダントの高濃度イベントを、次の解析結果等に基づき類型化することを試みる。なお、対象年度は 2015 年度を基本とし、必要に応じて他の年度の解析を行う。

- レセプターモデルを用いた PM2.5 に関する発生源寄与割合の推計結果（本資料第 1 章）
- 主成分分析・クラスター分析を用いた大気汚染物質濃度の空間分布等に基づく類型化結果
- 決定木を用いた大気汚染物質濃度に影響を与える要因に基づく類型化結果

### 2.1. 主成分分析・クラスター分析を用いた大気汚染物質濃度の空間分布等に基づく類型化

東京都内で 2015 年度に発生した PM2.5 及び光化学オキシダントの高濃度イベントについて、そのときの東京都内及びその周辺の測定局における観測データ（PM2.5：日平均値、光化学オキシダント：日最高 8 時間値）に対して、主成分分析やクラスター分析などの多変量解析手法を適用する。これにより、大気汚染物質濃度の空間分布等に基づく高濃度イベントの類型化を試みる。

主成分分析は、高次元のデータに対して、なるべく元の情報を保持したまま次元削減を行い、データの解釈を容易にする手法である。クラスター分析は、高次元空間中におけるデータレコード間の距離に基づき、類似したデータレコード同士をグループ化する手法である。

H29 調査及び本調査のより具体的な実施内容は、次の通りである。

- H29 調査では、東京都内の測定局における観測データのみに対して、主成分分析を行った。その結果、PM2.5 及び光化学オキシダントのどちらについても、年度によらずに、「東京都の全体的な濃度の高低」及び「東京都の東西間の濃度差」の 2 軸により高濃度イベントが類型化された（図 5）。
- 本調査では、東京都周辺の測定局における観測データや共存汚染物質濃度も解析に用いることで、より小規模な空間分布パターンや地域毎の大気汚染構造を考慮した類型化を試みる。

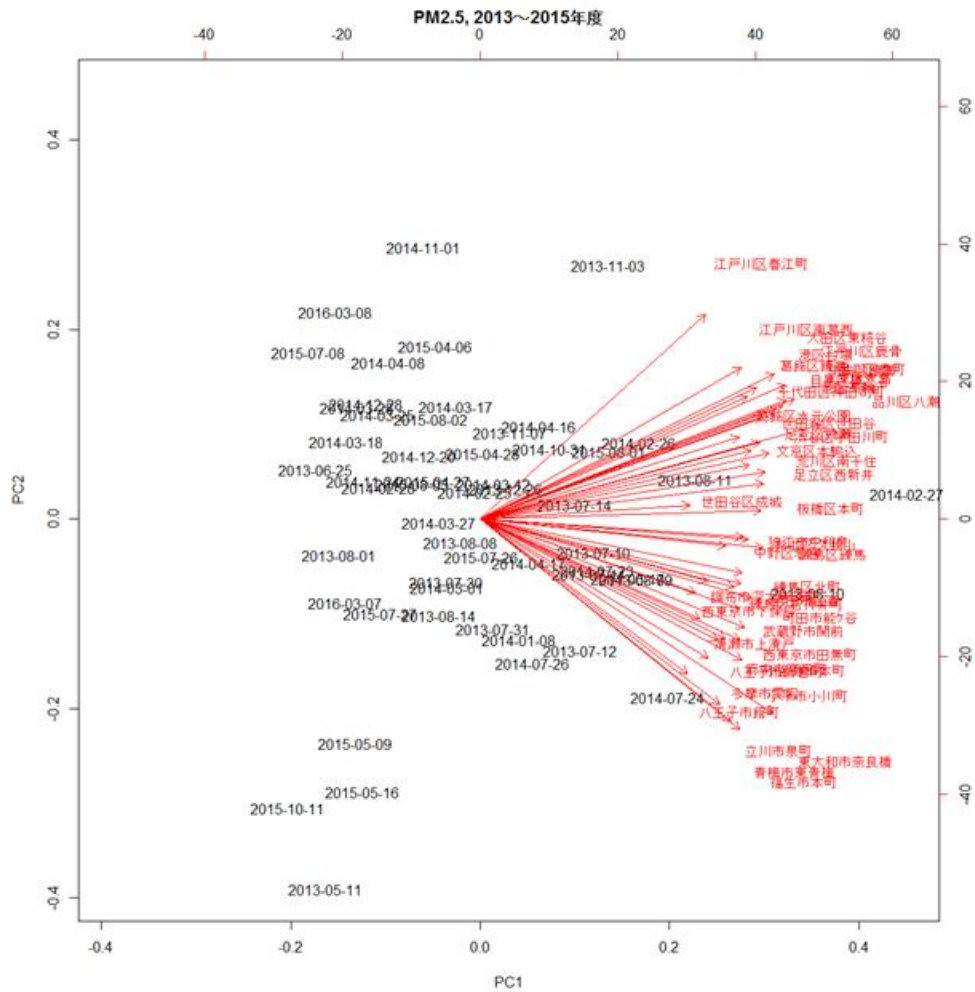


図 5 主成分分析のバイプロットのイメージ図

バイプロットの縦軸及び横軸は、主成分分析で得られた第 1 主成分及び第 2 主成分である。図中の日付は、第 1 主成分及び第 2 主成分で張られる平面に投影された各高濃度イベントを表す。また、図中の測定局名が付された赤い矢印は、各測定局における濃度が、その方向に増加することを表す。よって、矢印の方向が似ている測定局は、濃度変動の傾向も似ていることになる。

図 5 では、全ての矢印が横軸の正方向を向いていることから、第 1 主成分は東京都の全体的な PM2.5 濃度の、全高濃度イベント中での相対的な高低を表すものと解釈できる。また、東京都内の東側（江戸川区春江町、葛飾区鎌倉など）の測定局の矢印が縦軸の正方向に、西側（福生市本町、東大和市奈良橋など）の測定局の矢印が縦軸の負方向に、それぞれ向いていることから、第 2 主成分は東京都の東西間の濃度差を表すと解釈できる。

## 2.2. 決定木を用いた大気汚染物質濃度に影響を与える要因に基づく類型化結果

PM2.5 及び光化学オキシダント濃度を目的変数、共存汚染物質濃度及び気象条件を説明変数とした予測モデルを機械学習手法により作成し、重要な高濃度要因の特定及びそれらに基づく高濃度イベントの類型化を試みる。

機械学習手法としては、予測上重要な因子の特定が容易な、決定木を採用する予定である。決定木の概要については、図 6 を参照されたい。

本調査のより具体的な実施内容は、次の通りである。

- PM2.5 及び光化学オキシダント濃度を目的変数、共存汚染物質濃度 (NO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC 等) 及び気象条件 (日射量、気温、湿度、風向、風速等) を説明変数とした、決定木を作成する。
  - 本調査では、東京都内の測定局等における PM2.5 及び光化学オキシダント濃度の観測データを使用し、説明変数として同時刻及び数時間前の共存汚染物質濃度及び気象条件等を考慮することで、高濃度イベントにおける共存汚染物質濃度及び気象条件の状況を分類し、高濃度要因の類型化を試みる。イメージを図 6 に示す。



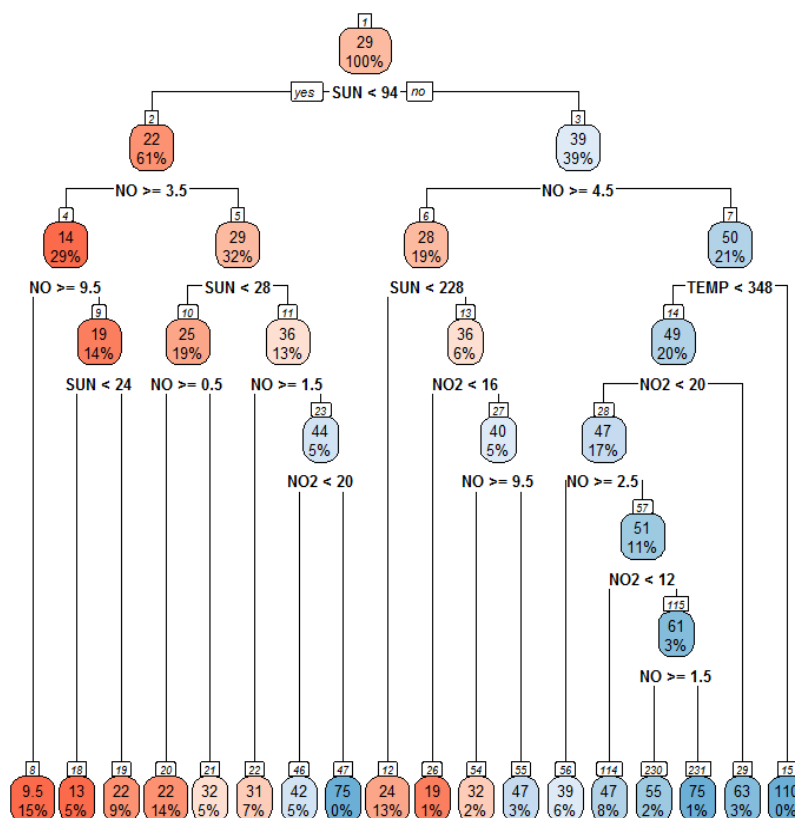


図 6 決定木を用いた高濃度イベントの類型化のイメージ図

図 6 は、国設川崎局における光化学オキシダント濃度（1 時間値）を、同地点の同時刻における共存汚染物質濃度及び気象条件により説明する、決定木の試作結果である。図の見方は、次の通りである。

1. 図 6 の最上部の四角形は、データ全体（100%）の光化学オキシダント濃度の平均値が 29 ppb であることを表している。
2. これを、その直下に記載された条件式「日射量が 0.94 MJ 未満かどうか」（ $SUN < 94$ ）により、2 つのサブグループに分割する。この条件式は、2 つのサブグループで、オキシダント濃度の平均値の差がなるべく大きく、かつ、データ数になるべく均等になるように、自動選択されたものである。
3. この第一段階の分割により、 $SUN < 94$  のサブグループ（全体の 61%）では光化学オキシダント濃度の平均値が 22 ppb となり、 $SUN \geq 94$  のサブグループ（全体の 39%）では光化学オキシダント濃度の平均値が 39 ppb となった。
4. 同様の分割を繰り返すことで、最終的に、各時刻のデータは同図最下部の 18 のサブグループのいずれかに分類されることになる。
5. 光化学オキシダント濃度の平均値が高いグループ（同図最下部の四角形のうち、濃い青色のもの）に到達する経路上の条件式を列挙すると、「日射量が一定値以上であること」、「NO 濃度が一定値未満であること」、「気温が一定値以上であること」、「NO2 濃度が一定値以上であること」などとなり、これらの要因が光化学オキシダント濃度の上昇に重要であることが示唆される。