

光化学大気汚染三次元モデルを用いた発生源削減手法の検討

国立環境研究所

若松伸司

1. はじめに

光化学大気汚染は発生源の分布や、化学反応、気象条件等が相互に作用することにより生じる複合大気汚染現象であるため、原因物質と環境濃度との関係は単純ではない。窒素酸化物と炭化水素はともに光化学オゾンを生成させる物質であるが、生成されるオゾンの量とこれらの原因物質との間には単純な比例関係はない。このため発生源削減手法の検討にあたっては光化学三次元モデルの利用が必要となる。本研究においては高密度のフィールド観測が行われた1981年7月16日をモデル日として計算を行い、計算領域内の窒素酸化物と炭化水素発生量の変化が光化学オゾンの時刻変化や地域分布に及ぼす影響を検討する。

2. 計算方法の概要

モデルの領域は首都圏一都六県にまたがる東西183 km、南北172 kmの地域であり水平方向には約6 km、垂直方向には100 mのメッシュを設定した。垂直方向の計算領域は地上2 kmである。1981年7月16日にはこの地域において高濃度の光化学大気汚染が出現した。気象条件は典型的な夏型であり海陸風循環が卓越し複雑な気流場となっていた。計算結果に最も影響を及ぼす風の立体分布については観測期間中にこの地域において実施した23地点における上層風観測データを客観解析し利用した。混合層の変化は4地点で実施した気温の垂直分布データを用いて全計算領域に一律に設定した。各種大気汚染物質濃度の初期濃度及び境界濃度は実測値をもとに設定した。

3. 計算結果

発生源の変化がO₃濃度の変化に及ぼす影響を評価するために5種類の発生源条件に関して計算を行った。まず基本ケースとしては窒素酸化物及び炭化水素の発生源情報を利用した。これは環境庁の年間発生量推定値をもとに計算メッシュ単位に時間値を予測した値であり移動発生源と固定発生源の両方を含んでいるが、自然起源の発生源は含まれていない。この基本ケースに対して窒素酸化物の発生量はそのままとして炭化水素の発生量を全メッシュ、全時刻に対してそれぞれ2倍、及び1/2とした場合と、炭化水素の発生量をそのままとして窒素酸化物の量を2倍、及び1/2とした場合の5ケースについて検討した。

計算領域の中から代表的な3地点を選びその結果を図1～3に示した。図1の熊谷は計算領域の北側の境界に近い地点で、図2の神奈川県庁は横浜市内の比較的发生源の大きい地点であり計算領域のほぼ中央部に位置する。また図3の平塚は相模湾に近い海岸付近に位置し南側にあたる。図中の白丸はそれぞれの地点における地上のオキシダントの実測値(1時間平均値)であり実線は基本ケースの発生源条件の時の20層中の最下層(100 m)におけるオゾンの1時間平均予測値である。熊谷においては実測値と予測値は良く一致している。神奈川県庁においては実測値の方が予測値より小さい。これは測定地点が交通量の多い道路近傍に位置しているため局地的な影響を強く受けているのに対し計算値の方は地上から100 mの間の平均値を示している事による。平塚に関しては予測値の方がピークの位置が2時間程度遅れている。これは海上に風の測定点がないために、海風の侵入時刻の推定が正確ではなかった事によるものと考えられる。この基本ケースに対して発生源に変化があった時のオゾンの変化を明らかにしたい。

窒素酸化物の発生量を基本ケースの値に固定して炭化水素を変化させた時(NMHC/NO_x = 2/1,

1/1, 0.5/1) の計算結果を図中に黒丸, 実線, 黒三角でそれぞれ示した。熊谷に関しては3種類の計算結果に殆ど差は認められず基本ケースとほぼ同じ値である。神奈川県庁においては炭化水素の量が2倍となると(黒丸), 基本ケース(実線)に対してオゾンの出現時刻は早まるがピーク濃度に大きな変化はない。これに対して炭化水素が半分になると(黒三角)オゾン量は大きく減少する。平塚に関しては神奈川県庁とほぼ同様の傾向を示すが, 変化の程度は神奈川県庁よりも小さい。

一方炭化水素の発生量を基本ケースの値に固定して窒素酸化物の発生量を変化させた時(NMHC/NO_x = 1/2, 1/1, 1/0.5)の計算結果を図中に点線, 実線, 一点鎖線でそれぞれ示した。熊谷に関しては窒素酸化物発生量が増大すればオゾンのピーク値は増加し, 減少すればオゾンも減少する傾向を示す。神奈川県庁に関しては窒素酸化物が増加しても減少しても, ともにオゾンは減少する。平塚においても神奈川県庁とほぼ同じであるが, 変化の程度は小さい。

4. まとめ

このように排出量の削減効果は非常に非線形であり, すべての形態の大気汚染の軽減に有効な排出量削減シナリオは, 種々の高濃度発生気象条件に対する計算から最適なものを選定しなければならない。高濃度オゾンの出現に及ぼす人為起源の窒素酸化物と炭化水素の寄与の程度はそれぞれの物質の境界濃度や初期濃度等の計算条件によって大きく異なる。また計算に用いた三次元メッシュのとり方やその時の気象条件, 特に風の立体分布や大気安定度, によっても変化する。今回の試算結果は特定の気象条件, 計算条件での一例であり今後更に多数の例について試算を行い, 一般的な結論を導くことが重要である。特に人為起源の発生源も含めた炭化水素濃度の境界条件に関してはフィールド観測も含めた研究が今後ぜひとも必要であろう。

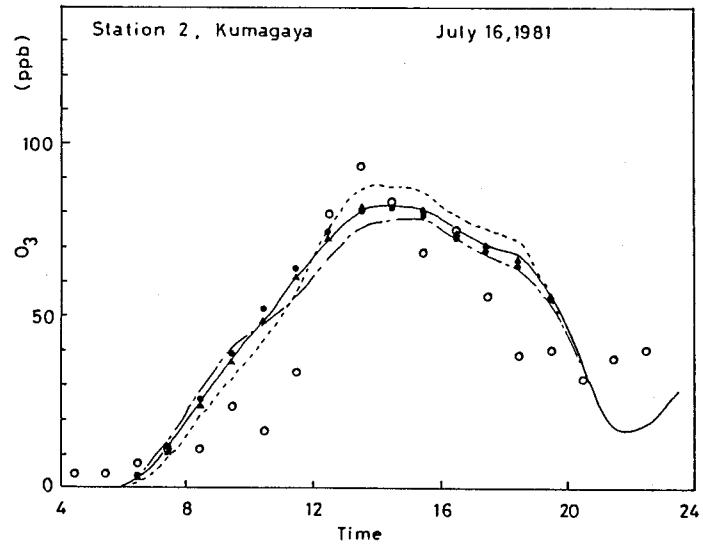


図1 熊谷における炭化水素(NMHC)と窒素酸化物(NO_x)の発生量変化の影響。
図中の記号は以下に対応する。

- | | | |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| 白丸(○) | 実測のオキシダント濃度 | |
| 実線(—) | NMHC, NO _x とも基本値の場合 | NMHC/NO _x = 1 : 1 |
| 黒丸(●) | NMHCを基本値の2倍としNO _x は基本値の場合 | NMHC/NO _x = 2 : 1 |
| 黒三角(▲) | NMHCを基本値の1/2としNO _x は基本値の場合 | NMHC/NO _x = 0.5 : 1 |
| 点線(···) | NO _x を基本値の2倍としNMHCは基本値の場合 | NMHC/NO _x = 1 : 2 |
| 一点鎖線(- · -) | NO _x を基本値の1/2としNMHCは基本値の場合 | NMHC/NO _x = 1 : 0.5 |

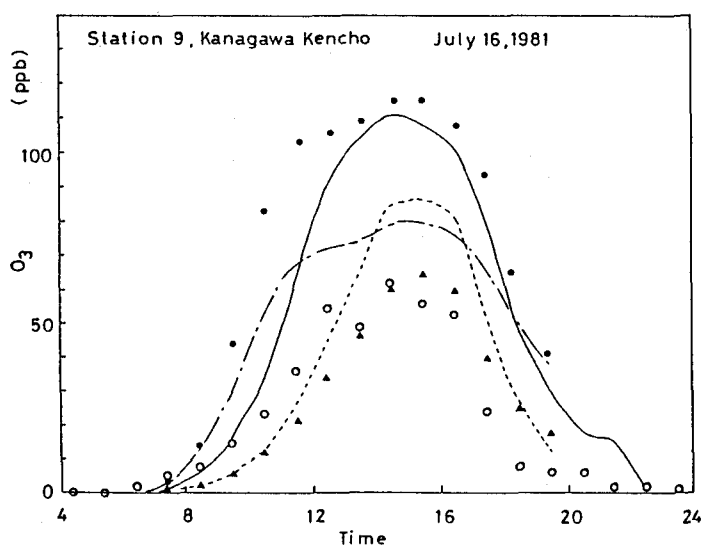


図2 神奈川県庁におけるNMHCとNO_xの発生量変化の影響。
図中の記号は図1と同じ。

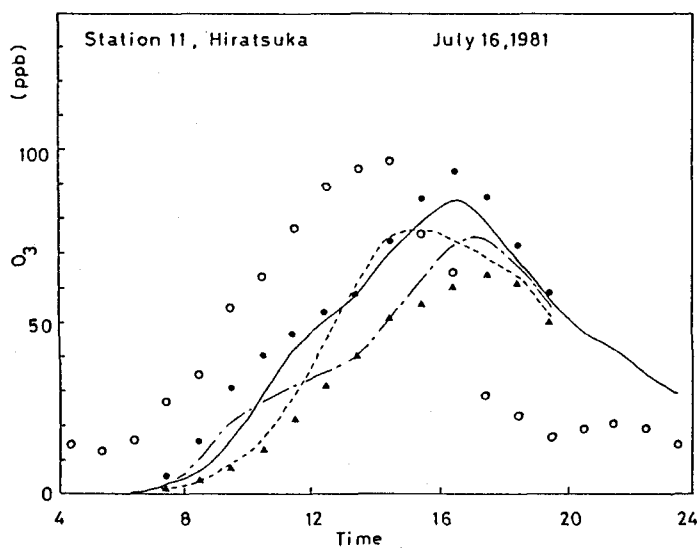


図3 平塚におけるNMHCとNO_xの発生量変化の影響。
図中の記号は図1と同じ。