

京大工 (正会員) 池田有光
 京大防災研 中島暢太郎
 福岡県庁 梅木雅幸

§1 まえがき

大気環境中に含まれる有害成分のうち、硫酸酸化物については、汚染度と気象条件との関係がこれまでに度々論じられている。これらは統計的予測法や物理拡散モデルによる定量的な処理によって行なわれている。しかしながらオキシダントで代表される二次汚染物質については定性的に論じられている場合がほとんどで定量的に伝播過程まで研究されていることは少ない(1,2)。筆者らは、京都市域と大阪市域およびそれらを結ぶ淀川沿の夏の汚染した大気の挙動の定性的かつ定量的な考察を行ったのでここに報告する。

§2 光化学スモッグと気象条件

一次汚染物質の運搬希釈、二次汚染物質の生成等に関する気象要因は、風向、風速、日射量などがあげられるが、光化学スモッグの最も重要なことは、太陽の紫外線エネルギーを NO_2 が吸収することからその反応が始まり、そして一次汚染物質が大気中へ排出されてから二次汚染物質が生成されるまでにある時間を要することである。したがってオキシダントは一次汚染物質の発生源付近よりもむしろある離れた地点で高濃度になることがしばしばである。そこで気象条件と京都大阪間の地域の汚染との関係を明らかにするため次の2点を中心に検討した。

① 気圧配置と流線パターンとオキシダント濃度分布の対応

② 日射量のオキシダント濃度への影響

日中の京都大阪間の流線の経時変化パターンを大きく3種類に分けた。オ1はSWの風が支配的なときで京都南部にとくに高オキシダント濃度がでるときで気圧配置は、南高型に属す。オ2はSWの風の領域が京都南部にまで到達しない型で気圧配置は東からのびる気圧の峰の場合にあたる。オ3は大阪南部が汚染域となる傾向がみられる場合であり、気圧配置は北高型に属する。昭和48年8月11日や8月28日がオ1の型の例であった。

図-1は同11日の京都大阪間に位置する各観測点でのオキシダント濃度の経時変化を示しているが、同図によると大阪から京都へ近づくにつれて、そのピークになる時刻がずれている。吹田あたりから伏見まで約30 Kmの距離であり、気塊の到達時間は平均風速が 2 m/sec で4時間、 3 m/sec で3時間弱程度となり、ピーク時刻が遅れるのは同一の汚染気塊の移流によるものとすれば矛盾なく説明することができる。もちろん現実の光化学スモッグ出現時における汚染気団の動きがいつもこのように単純なものとして説明されるとは限らず、汚染気団の合流や中途での反応汚染物質の補給などがまぎり合っているものと思われる。図-2は同10日の同じく各観測点でのオキシダント濃度の経時変化を示しているが、図-1とはまったく異なったパターンを示している。

②の関係については、高槻と枚方の両観測点についての濃度を考察したが、両地点とも1日の全日射量が $350 \sim 400 \text{ Cal/cm}^2$ のとき日最高濃度が最大となり、それを越えると逆に低くなってい

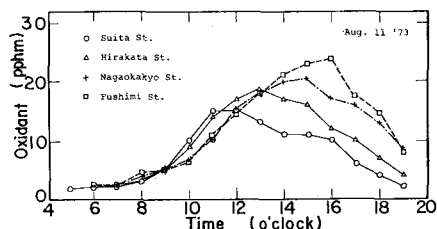


Fig. 1. 日中南西の風の場合

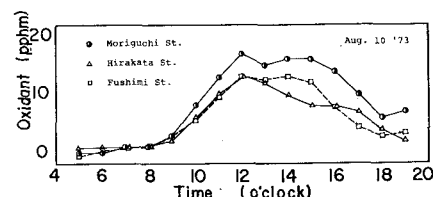


Fig. 2. 日中南西の風でない場合

る。この日射量が大きくなると逆に濃度の下がる原因の説明は風向、風速との関連がなかったところから大気安定度が不安定になったことによるものと推定された。

§3 移流気塊への光化学反応モデルの導入

流跡に沿って移動する一つの気塊に着目し、それを一つの完全混合気団と考え、それに光化学反応式を適用した。発生源が面的に分布していることと、汚染の広域性から拡散と希釈は鉛直方向が主になると考えられる。そこでその混合気塊の希釈はブルームモデルにおける煙の鉛直方向の分散係数の変化に対応してその気塊が膨脹するとして表わすことができる。計算に利用した最終的な定式は

$$\frac{dC_i}{dt} = R_i - \frac{a}{t_0 + t} C_i + g_i$$

ここで C_i は i 成分の濃度、 R_i は i 成分の反応による生成速度項で Hecht ら (2) の反応モデルを利用した。なお反応速度定数は彼らが提示したものよりも改良を加えた値を使った。(3) 表-1 に反応機構を示すモデルと反応速度定数ならびに係数をあげている。 a は $Q_2 = Q_0 x^a$ としたときの係数であり大気安定度によって変化する。 g_i は汚染物質の発生項で計算ではそのデータがないので NO, NO_2, HC の3成分について C_i に環境濃度の刻々に変化する値を代入することによって代用した。 t_0 は着目した汚染気塊が、計算の出発点ですでにある客積をもつことを示す時間で、 t は出発点を始点とする気塊の経過時間を示す。表-1の反応式(1)と(7)の反応速度定数は、紫外線量の関数である。図-3は京阪地方の7月末の紫外線量の時間変化を示している。そこで反応速度定数には次のような近似曲線を得た。

$$R_i = I_{s_i} \{ 1 - 0.02964 (T - 12)^2 \} \quad \text{min}^{-1}$$

ここで I_{s_i} は式(1)では 0.37、式(7)では 0.005 である。

図-4は昭和48年8月28日の着目した一気塊の流跡を示しており

図-5は その気塊の汚染濃度実測値(観測局のデータより補間した値)

と、オキシダント(オゾン)の計算値(実線)を示している。

§4 おわりに

本研究は文部省科学研究費、特定研究「環境汚染制御大気拡散」の補助を得て行ったものであり、研究代表者近藤次郎東大教授、研究分担者平岡正勝京大教授から熱意ある御支援、御協力を賜ったこと、また多数の資料を提供された関係諸氏に対して心から感謝の意を表します。

(1) Eschenroeder, A. R. & J. R. Martinez (1972) *Advances in Chem Series* 113

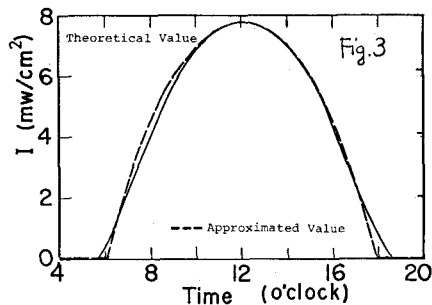
(2) Hecht T. & Seinfeld (1972) *Environmental Sci & Tech* 16/116

(3) 今川 徹三 (1973) 京大工学修士論文。

Coefficient
by Hecht et al. Improved

a	(NO/HC) 0.25	2.45	2.46
b	(NO/HC) 0.25	1.7	1.607
c		0.8	1.316
d		0.02	0.5311

Photochemical Reaction Mechanism	Rate Coefficient by Hecht et al.	Improved	Dimension
(1) $NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$	0.37		min^{-1}
(2) $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$	2.76×10^6		min^{-1}
(3) $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$	21.8		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(4) $O_3 + NO_2 \rightarrow NO_3 + O_2$	0.006	0.00891	$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(5) $NO_3 + NO_2 \rightarrow 2HNO_3$	0.1		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(6) $NO + NO_2 \rightarrow 2HNO_3$	0.0025	0.00434	$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(7) $HNO_2 + h\nu \rightarrow OH + NO$	0.005		min^{-1}
(8) $CO + OH \rightarrow CO_2 + H_2O$	200.0		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(9) $HO_2 + NO \rightarrow NO_2 + OH$	1800.0		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(10) $HC + O \rightarrow \alpha RO_2$	50000.0	3000.0	$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(11) $HC + O_3 \rightarrow \beta RO_2 + \gamma RCHO$	0.0075	0.01	$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(12) $HC + OH \rightarrow \delta RO_2 + \epsilon RCHO$	1000.0		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(13) $RO_2 + NO \rightarrow NO_2 + ROH$	1800.0		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(14) $RO_2 + NO_2 \rightarrow PAN$	10.0	9.998	$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$
(15) $HO_2 + NO_2 \rightarrow HNO_2 + O_2$	10.0		$\text{ppm}^{-1} \text{min}^{-1}$



Diurnal Variation of Total UV radiation at July in the lower Atmosphere at the Keihan District

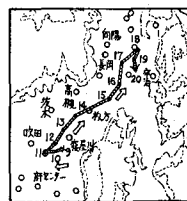


Fig. 4 Trajectory of a Polluted Air Mass on 28 Aug. 1973

