

ラグランジェ型モデルによる自動車起源 SPM 2 次粒子の数値計算

関西電力(株)総合技術研究所 正会員 ○有光 剛
 大阪大学大学院 正会員 玉井昌宏

1. はじめに

大気汚染の数値シミュレーションに関する研究は数多く行われてきており、対象とする汚染物質や評価量、現象の時空間スケール、結果の利用目的等により、これまで多種多様なモデルが提案されている。1)ラグランジェ型の移流拡散計算は、小さな時空間スケールの解析に適しているものの、これまで光化学反応を考慮した研究例は見あたらない。広域的な現象をオイラー型で、小スケールの現象についてはラグランジェ型で、ということで役割分担ができれば、計算資源を大幅に削減するとともに、多様なタイプの大気汚染分析が可能になるであろうと期待される。ここでは、光化学反応とSPM生成過程等をラグランジェ型の解析に組み込むことを試みる。

2. 2次粒子SPM挙動モデル

汚染物質の移流拡散計算には、RAPTAD(Random-Puff Transport and Diffusion) 2)を用いた。パフ中心を乱流によるランダム成分を含む流速ベクトルにより移流させるとともに、乱流成分によってパフ体積を拡大させる。SPMやNOx等の全ての汚染物質はパフに含まれているとして、一つのパフを一つのボックスモデル 3)のように取り扱う。その中で光化学反応、SPM 2次粒子の生成や乾性沈着など一連の過程が生じるものとする。反応過程におけるパフ間相互の影響は無視するものとする。各地点の汚染物質濃度は個別のパフによる濃度を単純に重ね合わせることによって求められるものとする。

光化学反応にはCBM- 4)を用い、SPM 2次粒子生成過程を除いて、25種類の化学物質と85本の反応式により計算を行う。SPM生成については、環境庁モデル、DeMore モデル、平衡モデル等があるが、環境庁モデル 5)にならい次式により計算を行う。各種係数は参考文献5の値をそのまま用いている。

$$\frac{d[Gas]}{dt} = -P_k k_t [GAS] + (1 - P_k) \frac{k_t}{A} [SPM] \quad (1)$$

$$\frac{d[SPM]}{dt} = -P_k A k_t [GAS] + (1 - P_k) k_t [SPM] \quad (2)$$

ここに、[GAS]: 気体濃度[ppb], [SPM]: 粒子濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], A: 気体から粒子への変換係数 [$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ppb}$], k_t : 気体から粒子への反応速度[1/h], P_k : 粒子状物質の存在率である。ここでは、NOx, SOx に対して、上式を適用する。

自動車の排気ガスに含まれるNOx, SOxの大阪府下の時間排出量を平成2年度道路交通センサスの車種別時間交通量を用いて推計した。2)図-1はその一例であり、NOxの排出量の時間変化図である。ここでは、大阪府内の自治体別に集計した排出量をのみ用いて計算を行っている。

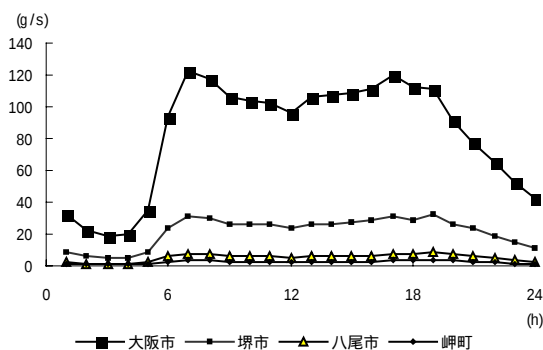


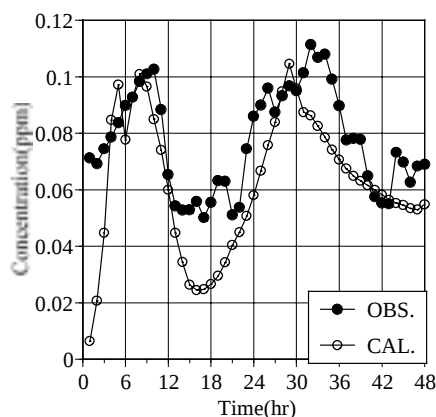
図-1 NOxの時間変化

表-1 各ケースの気象条件

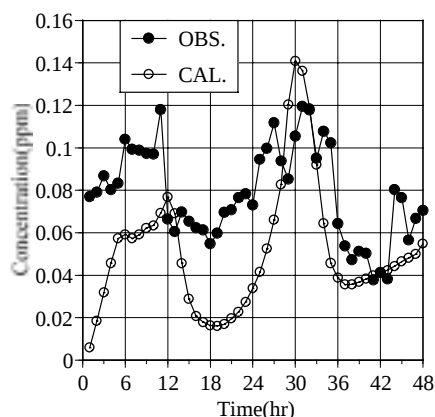
	計算対象日	気象場の特徴
Case1	1995年8月18-19日	両日ともに太平洋高気圧に覆われ、気圧傾度が小さい。
Case2	1995年11月1-2日	両日ともに冬型の気圧配置で、等圧線が南北に走り、強い西風が吹いている。

キーワード 大気汚染, SPM, 数値計算

連絡先 〒661-0974 尼崎市若王寺3-11-20 関西電力(株)総合技術研究所 TEL06-6494-9707

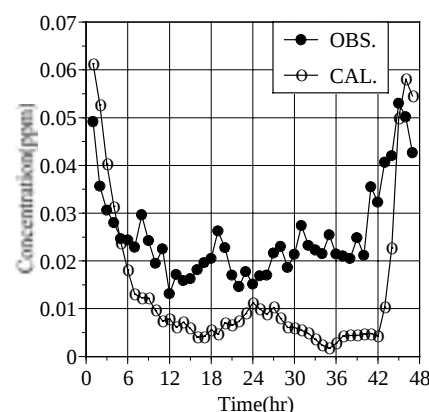


(a)中央部・北部

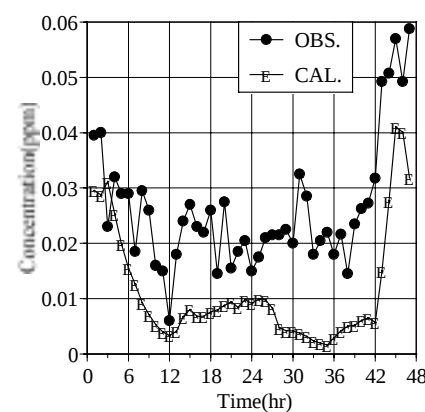


(b)東部

図 - 2 計算結果と観測値の比較, Case 1

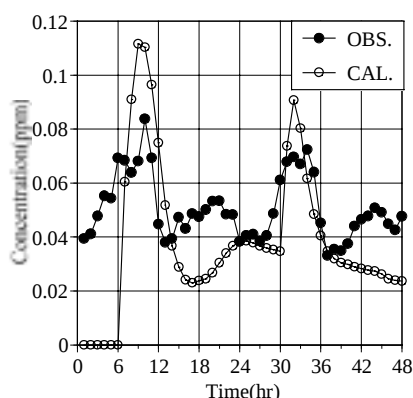


(a)中央部・北部



(b)東部

図 - 3 計算結果と観測値の比較, Case2

図 - 4 計算結果と観測値の比較
(CASE 1, NOx)

3. 計算結果の例

表 - 1 に計算対象の気象条件を示す。図 - 2 は, 夏季晴天日 Case 1 の SPM 濃度の時間変化を表している。(a)は大阪府大気汚染監視汚染データ 28 点の中で, 大阪府の中央部・北部地域(大阪市, 北摂地域等)における地点平均濃度と, 同地域における計算結果との比較を示している。(b)は東部地域(河内地域)の地点平均観測, 計算結果との比較である。海陸風の卓越する条件においては, 午前 6 ~ 12 時頃にピークを持つような変動傾向が数値計算によって再現されていることが確認される。図 - 3 は, Case 2 の SPM 濃度変化を示している。秋季の晴天日であるが, 西高東低の冬型の気圧配置で, 西向きの風が比較的強い。このために, Case 1 に比較して全般的に濃度は低い。両計算ケースを比較すると, 本モデルが気象条

件による SPM の濃度変動特性の差異を良好に再現していることがわかる。図 - 4 は Case 1 における中央部・北部地域 NOx 濃度の時系列変化である。実測値に比較して計算の変動がより大きくなっているが, 変動特性の傾向を概ね再現している。

4. まとめ

ここでは, 光化学反応モデルと SPM 2 次粒子生成モデルを組み込んだパフモデルを開発した。大阪府域の自動車起源の汚染物質によって生成される SPM 2 次粒子の発生と挙動を計算した。計算結果は, 気象条件による濃度変動特性の差異を良好に再現した。

参考文献 1)大原利真・鶴野伊津志:メソスケールの大気汚染シミュレーション, 大気環境学会誌, 第 32 巻, 第 3 号, A39-A57, 1997. 2)玉井昌宏, 松村暢彦, 石井義裕, 足達晋平:ランダム-パフモデルを用いた自動車起源の SPM の輸送過程に関する数値シミュレーション, 水工学論文集, pp.55-60, 2000. 3)金道龍, 山口克人, 近藤明, 惣田訓:大阪兵庫地域における光化学オキシダント濃度と一次原因物質排出量に関する研究, 大気環境学会誌, 36(3), pp.156-165, 2001. 4)Gery et al.: A photochemical kinetics mechanism for urban and regional scale computer modeling, J. Geophysical Research, 94, pp.12925-12956, 1989. 5)環境庁大気保全局大気規制課:浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル, 1997.