

# BF4 反応・沈着過程を考慮した CFD モデルによる ストリートキャニオン内の大気汚染シミュレーション

Simulation of air pollution in street canyon using CFD model considering chemical reaction and deposition process.

共生環境評価領域

08E14041 田中秀和 (Hidekazu TANAKA)

**Abstract:** In urban area, roadside air pollution is a serious environmental issue. In order to evaluate the roadside air pollution, it is requires to consider the both of chemical reaction and shape of buildings. In this study, a CFD model, coupled with a chemical reaction model to simulate roadside air quality in idealized street canyon, was used. In addition, a deposition model of  $\text{NO}_x$  onto photo catalysts such as  $\text{TiO}_2$  was also incorporated into CFD model. The results showed that in the street canyon, pollutant deposition was promoted at the areas of high concentration of  $\text{NO}_x$ , and NO titration was dominant over photolysis even in the daytime, however, NO titration decreases and  $\text{O}_3$  concentration was increased.

**Keywords:** CFD model, Street canyon, Chemical reaction, Pollutant deposition, Photo catalyst

## 1. はじめに

都市部において、 $\text{NO}_x$  や  $\text{O}_3$  による大気汚染が問題となっている。特に、沿道における自動車による局所的な大気汚染は観測が難しく、その実態が明らかではない。局所的な沿道大気汚染を評価するには、建物形状と化学反応の両方を考慮する必要があるが、従来の大気質モデルは水平メッシュ解像度が 1～数十  $\text{km}^2$  と建物形状を再現できないため適さない。そこで本研究では、1～数十  $\text{m}^2$  程度の水平メッシュ解像度を扱うことのできる数値流体力学 (CFD) モデルに化学反応を組み込むことで、理想街区のストリートキャニオンにおける汚染物質分布のシミュレーションを行った。また、 $\text{TiO}_2$  などの大気浄化光触媒による  $\text{NO}_x$  の沈着除去りも考慮するため、沈着モデルを導入した。

## 2. 数値実験方法

CFD に組み込む化学反応モデルには Carbon Bond Mechanism, version IV (CBM-IV)<sup>2)</sup>を用いた。沈着モデルでは沈着速度 ( $v_g$ ) を一定とした。また CFD モデルでは、日射と長波放射を考慮して温熱環境が計算される。解析領域のサイズは x、y、z 方向にそれぞれ 100、100、150m で、幅 40m、高さ 40m、奥行 100m の直方体状の建物 2 つ、幅 20m、長さ 100m の道路を含み、形状モデル概要図を図 1 に示す。解析日時は 2010 年 8 月 2 日 0 時から 24 時とし、解析対象の緯度、経度はそれぞれ、北緯 34.70°、東経 135.50°、であり、気温、大

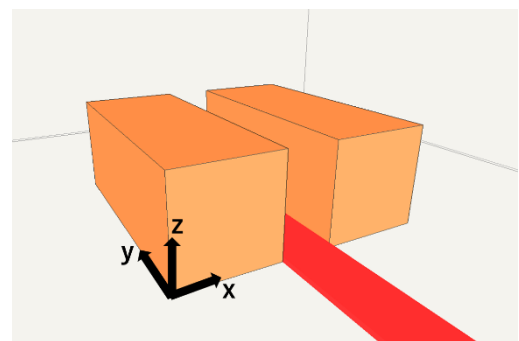


図 1 形状モデル概要図

気汚染物質濃度の境界条件には、WRF-CMAQ モデルの計算結果を用いた。ただし、風速に関しては、時間変化はなく、風向は東向き一定と仮定した。道路からの  $\text{NO}_x$  排出量には Japan Auto-Oil Program (JATOP)<sup>3)</sup>による排出インベントリを基に、排出はキャニオン内を南北に走る道路に一様に与えた。沈着モデルの設定に関して、 $\text{TiO}_2$  膜の設置個所は建物側面と路面とし、3 つの沈着速度 ( $v_g=0.35$ 、 $0.7$ 、 $1.4\text{cm/s}$ ) を考慮した。

### 3. 数値実験結果

キャニオン内道路からの排出により  $\text{NO}_x$  濃度が高くなる 8 時、キャニオン外からの流入により  $\text{O}_3$  濃度が高くなる 12 時における沈着を考慮しない場合の  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$  の濃度分布の立面図 ( $y = 150\text{m}$ ) を図 2、同じ断面での  $v_g = 0.7\text{cm/s}$  の沈着寄与による  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$  の濃度変化量分布の立面図を図 3 に示す。東向きの外気風向のため、キャニオン内には時計回りの渦状の流れが形成される。その結果道路から排出される  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  の濃度はキャニオン西側で高濃度になる。また、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  濃度はキャニオン内で外気より高く、 $\text{O}_3$  濃度はキャニオン内で外気より低い。排出量の多い 8 時では、 $\text{TiO}_2$  による  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  の濃度減少量も大きい。その結果、 $\text{NO}$  のタイトレーション効果が抑制され、 $\text{O}_3$  濃度が増加している。道路からの排出量が減少する 12 時では排出量が減り、8 時よりも  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  濃度が下がるため、それによって沈着による濃度減少も小さくなる。また、 $\text{O}_3$  は、タイトレーション効果が支配的であるためキャニオン外に比べ、濃度が低い。沈着による濃度減少の大きさは、沈着速度に概ね比例した。

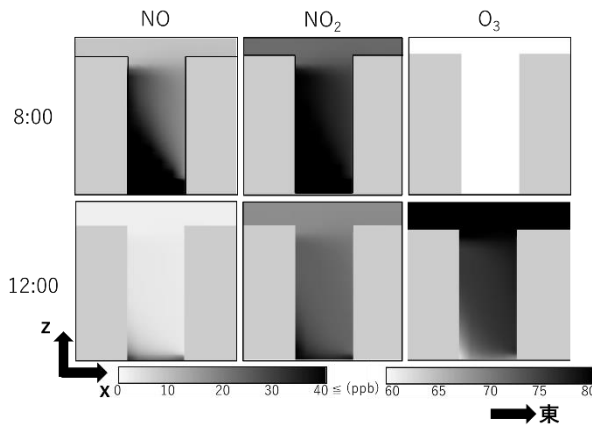


図 2 8 時、12 時の汚染物質濃度分布立面図 ( $y = 150\text{m}$ )

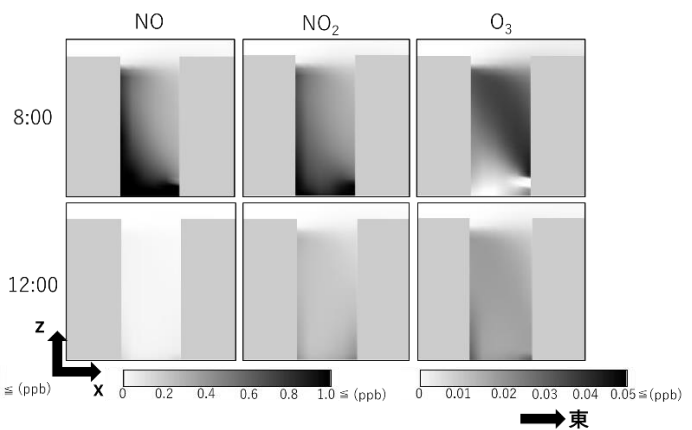


図 3 8 時、12 時の沈着寄与による濃度変化量分布立面図 ( $y = 150\text{m}$ )

### 4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- ストリートキャニオン内では時計回りの渦が形成され、西側で  $\text{NO}_x$  の高濃度が観測された。
- キャニオン内では、日中でも  $\text{NO}_2$  の光分解よりも、 $\text{NO}$  によるタイトレーションが支配的であった。
- $\text{TiO}_2$  膜を用いることで大気中の  $\text{NO}_x$  は除去される。特に高濃度で  $\text{NO}_x$  が存在する地上レベルで濃度低下が大きかった。
- 一方で、 $\text{NO}$  の濃度減少によりタイトレーション効果が減少するため、 $\text{O}_3$  濃度は増加した。

### 参考文献

- 1) 竹内浩士：光触媒による大気環境浄化と安全, 大気環境学会誌, Vol.33, No.6, pp.393-399, 1998.
- 2) Michael W. Gery, Gary Z. Whitten, James P. Killus, Marcia C. Dodge: A photochemical kinetics mechanism for urban and regional scale computer modeling, Journal of Geophysical Research, Vol.94, No.D10, pp.12925-12956, 1989.
- 3) (一財) 石油エネルギー技術センター, JATOP 技術報告書「自動車排出量推計」JPEC-2011AQ-02-06