

15. ACF (Activated Carbon Fiber) 装着フェンスによる沿道 NOx 濃度の軽減： 数値モデルと風洞実験との比較

長野 誠^{1*}・北田 敏廣¹・神崎 隆男²・市川 陽一²・
下原 孝章³・吉川 正晃⁴

¹豊橋技術科学大学エコロジー工学系（〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘1-1）

²電力中央研究所環境科学研究所（〒270-1166 千葉県我孫子市我孫子1646）

³福岡県保健環境研究所 大気科学部（〒818-0135 福岡県太宰府市大字向佐野39）

⁴大阪ガス株式会社（〒554-0051 大阪市此花区西島6丁目19番9号）

* E-mail: nagano@earth.eco.tut.ac.jp

沿道のNOx濃度削減のために高活性炭素繊維(ACF)を装着し通風性を持たせたフェンス型のNOx除去装置について、風洞模型実験と同じスケールの数値モデルを作成し、その数値解析結果を風洞試験による測定結果と比較、数値モデルによる再現性を検証した。その結果、風洞内に生成された流れ場は、実スケールよりも、より通風性を持たせたフェンスに対応する流れ場であることが分かった。数値モデルは、ACFによるNOx除去が主として道路空間内での接触により行われるという風洞実験の測定結果をほぼ再現した。

Key Words : NO₂ pollution, activated carbon fiber, porous fence, NOx removal, wind tunnel

1. はじめに

筆者らは、沿道のNOx濃度削減のために高活性炭素繊維(ACF)を装着し通風性を持たせたフェンス型のNOx除去装置を提案してきた。これまでに、ACFフェンスを形成するユニット（以下、“モジュール”と表現）について、パネル型とスリット型を考案^{1,2,3,4)}し、これらの数値モデルによる評価^{4,5,6,7,8,9)}を行った。数値モデルによる評価研究では、(1)ACFフェンスの沿道NOx濃度削減特性が二つのパラメータ（ACF層の“流れに対する抵抗特性 R_c ”とACF層による“NOx除去反応特性 k_c ”）に依存することを指摘し、(2)各モジュールについて、室内実験によって R_c 値、 k_c 値を決めた上で、(3)これらのパラメータ値を用いた数値実験により、ACFフェンスが沿道NOx濃度を数十%削減できる可能性を示した。また、上記の研究で、フェンスの設置が流れ場自身に働きかけることにより形成される高濃度の激み域を積極的に浄化に利用する可能性も指摘した。

しかしながら、このようなフェンスの設置によって、実際に沿道NOx濃度をどの程度低減できるかを確かめるためには、数値モデルによる予測計算と現実に近い条件での実験ないし現地観測との比較が必要と考えられる。このために、本研究は、ACFの模型フェンスを用いたNOx除去の風洞実験の結果⁴⁾¹⁰⁾と数値モデルの結果を比較検討したものである。

2. 基礎方程式

用いた支配方程式系等はこれまでの研究とまったく同じものであるが、以下にその概略を示す。

連続の式：

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(K_{ij}U_j) = 0 \quad (1)$$

運動量方程式：

$$K_{jk} \rho U_k \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \nu_i K_{jk} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_k} + \frac{\partial U_k}{\partial x_i} \right) \right) + B_i \quad (2)$$

(i, j, k = 1, 2, 3)

ここに B_i は抗力項であり、流速の一次式で表せることを前の研究で示した⁹⁾。 R_c を“抵抗係数”と定義すると、これを用いて次式で表せる。

$$B_i = -\gamma R_c U \quad (3)$$

NOxの輸送方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\rho K_{ij} U_j C - \rho \Gamma_i K_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) = -\gamma C_c \rho C \quad (4)$$

乱れの運動エネルギー方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\rho K_{ij} U_j k - \frac{\nu_i}{\sigma_k} K_{ij} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) = \gamma P - \gamma \epsilon \quad (5)$$

乱れの運動エネルギーの消散率方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\rho K_{ij} U_j \epsilon - \frac{\nu_i}{\sigma_k} K_{ij} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) = \gamma C_1 \frac{\epsilon}{k} P - \gamma C_2 \frac{\epsilon^2}{k} \quad (6)$$

ここに P はせん断応力による乱れの運動エネルギーの生成項であり、次式で表される：

$$P = \nu_i \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \quad (7)$$

渦動粘性係数（渦拡散係数）：

$$\Gamma_i \cong \nu_i = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (8)$$

k-εモデルパラメータ：

$$C_1 = 1.44, C_2 = 1.92, \sigma_k = 1.44, \sigma_\epsilon = 1.3, C_\mu = 0.09 \quad (9)$$

式(1)は連続の式、式(2)は、流れの通過を許す多孔質媒体を領域内に持つ運動方程式、式(3)は多孔質媒体内を流れが通過するときの抗力項である。 U_i は速度、 ρ は空気密度、 ν_i は渦動粘性係数である。 K_{ij} は面積空隙率テンソルを表す。式形から分かるように多孔質媒体内での流れの方向性を規定できるパラメータであるが、本研究ではどの方向にも等しい重みを持つ対角行列で与えた。フェンス外では、むしろ単位行列である。 γ は体積空隙率を表わし、微小なセル内で流れが通過できる空隙の容積率を表し、ACFの通気性を表現する。式(4)は、多孔質媒体内の反応による除去を考慮した汚染物質の移流・拡散・反応方程式で、 C はNOx(=NO+NO₂)濃度、 Γ_i は渦拡散係数、 k_c は除去反応速度係数である。

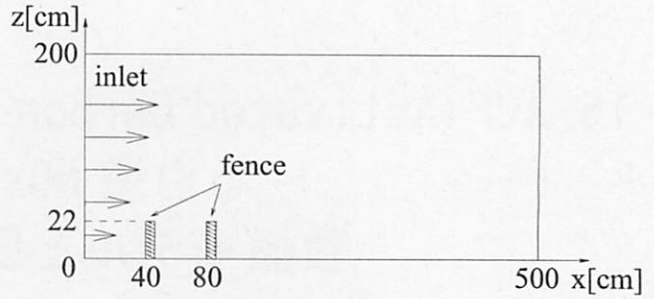


図1 計算領域

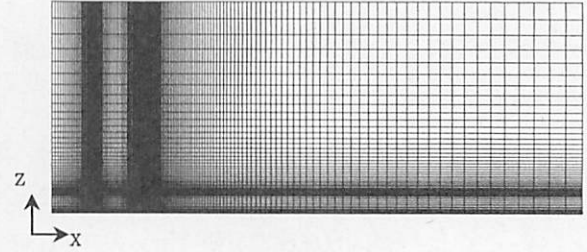


図2 計算格子

3. 計算領域

(1) 計算領域

シミュレーションの対象とする風洞実験の模型は、幅40cmの道路の両端に高さ22cmのACFフェンスを置き、道路中央の床面に汚染源を模した線源を置いたものである。実験では、この道路に直角方向に1ms⁻¹ないし3ms⁻¹の水平風を吹かせている。道路の長さ(奥行き)は100cmである。幾何形状的には、この模型の寸法を25倍すると、幅10mの道路の両端に高さ5.5mのフェンスを設置したことに相当する。

図1に、この風洞模型に合わせて設定した計算領域を示す。領域全体の大きさは、x方向に500cm、z方向に200cm、y方向には形状の変化はなく100cmである。フェンスの幅(ACF層の厚み)は2cmである。2枚のフェンスは、風上側x=38~40cm、風下側x=80~82cmに位置する。したがって、道路面はx=40~80cmにある。

(2) 計算格子

図2に計算格子を示す。格子幅は、フェンス内およびその近傍と地面近傍は0.5cmであり、そこから最大で15cmまで変化させた。

4. 計算条件、シミュレーションケース

(1) 計算条件

風洞実験では乱流発生装置により大気中の乱流境界層を再現している¹⁰⁾。境界層厚さは60cm、模型に入射する前の風洞内風速の鉛直分布は次の指数分布に従った¹⁰⁾の

で、これを $x=0$ での流入境界条件として設定した。

$$U_1 = \left(\frac{z}{60}\right)^{\frac{1}{7}} U_{\infty} \quad (10)$$

ここに、 z は鉛直方向座標[cm]で、 U_{∞} は上空風速であり、実験に合わせて1および3[ms⁻¹]の場合を計算した。

風洞実験では、道路の中央にラインソースを設定し汚染物質としてNO₂およびNOの場合に分けてそれぞれ5ppm、170cm³s⁻¹の強度で排出されている。数値計算の場合も同様の排出強度となるように排出源を設定した。フェンスにあたる部分には、空隙率 γ を指定し、また、汚染物質除去反応速度定数 k_c 、抵抗係数 R_c をパラメータとした。

(2) シミュレーションケース

本研究で比較の対象とした実験ケース¹⁰⁾は、フェンスモジュールとしてパネル型を用いているので抵抗係数値としては $\bar{R}_c = \gamma R_c = 3700[\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}]$ ⁶⁾を基本とし、計算結果に対するフェンスの通風性の影響を見るためにスリット型に対応する $\bar{R}_c = 400[\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}]$ ^{2,3,4,5)}の場合についても計算した。

除去反応速度係数 k_c を0, 1, 2.5[s⁻¹]と変化させて計算を行った。 $k_c=0$ は、フェンスがNO_x除去の化学活性を持たないと仮定した場合に相当する。ACFはNO₂に対するほうがNOに対してよりも除去能の高いこと¹⁾が知られている。ただ、大気中に排出されたNOは、通常、速やかにNO₂(環境基準値が決められている汚染物質)に酸化されることから、除去効率はNO_xとして評価されるべきと考えられる。そこで、沿道大気を吸引しACF充填のパイプを通した実験^{1,2)}結果をNO_xに対する除去係数として整理し^{4,5,6,7,8,9)}、平均値としての $k_c=1[\text{s}^{-1}]$ の値を主として用いてきた。しかし、風洞実験ではNO₂のみを排出した実験も行っており、これに対しては、 $k_c=2.5[\text{s}^{-1}]$ を用いた。

5. 結果と考察

(1) 数値計算結果

図3a, b, c, dに、 U_{∞} が3および1[ms⁻¹]の場合の流線図を示す。図3a, bは $\bar{R}_c=400$ の場合を、図3c, dは $\bar{R}_c=3700$ の場合に対応する。また、図4a, b, c, dに $\bar{R}_c=3700$ (したがって、今回の風洞実験に対応するパネル型フェンス)の場合について、汚染物質の濃度分布を矢印流れ場とともに示す。ただし、この矢印は単に風向を示すものであって、その長さは風速を表すものではない。例えば、風上側フェンス内部の通過流速は2.5cms⁻¹程度である。また、図5は、風下側フェンス(フェンス厚2cm)のそれぞれの側面から道路側へ1cm離れた地点($x=79\text{cm}$)と風下側へ4cm離れた地点($x=86\text{cm}$)での濃度の鉛直分布を示す。

実線が道路空間側、破線がその逆の下流側の濃度を示す。これらの図は、図6に示す“風洞実験で得られた濃度の鉛直分布”との比較を目的とするものである。

a) 流れ場

今回の風洞模型と同様の幾何学形状を持つ道路空間(道路幅と両側のフェンス高さの関係)で、道路の両側におかれたフェンスが通常の遮音壁のように通風性を持たない場合あるいは通風性があってもそれほど大きくないフェンスでは、道路上空に風速1ms⁻¹~数ms⁻¹の風があるとき(風向は図4のように向かって左から右)、よく知られているように道路空間横断面内に時計回りの循環流がしばしば見られる(例えば、5-9, 11)。

ところで、今回の風洞実験で得られた流れ場は、上記に反して“時計回りの循環流”が見られず、逆に“反時計回りの循環流”が形成されている(図3, 4; 特に、 $\bar{R}_c=3700$ の場合)。汚染物質輸送の立場からこれを見れば、(風洞実験の場合)道路面近くから排出される汚染物質が、道路空間内の下層を“風上側フェンスの方向に吹き寄せられる”のではなく、逆に“風下側フェンスの方向に輸送される”ことを意味する。実際、図4の濃度分布はこのことを示している。

道路断面内流れのこの違いには二つの理由が考えられる。一番目の理由は、今回の模型フェンスとこれまで行った実スケール数値実験⁵⁻⁹⁾でのフェンスの厚みの違いである。二番目は、模型の幾何学的形状は(フェンス厚みを除いて)実スケールの25分の1程度の縮尺になっているが、風速は模型実験と実スケール実験でほぼ同じ1ms⁻¹~3ms⁻¹程度であることである。以下に、これらの条件の違いが、上に述べた道路面内循環流の違いにどう関わるかについて述べる。

先に筆者らが行った数値実験⁵⁻⁹⁾と今回の風洞模型実験との差は、道路幅、フェンス高さの寸法の違いと同時に、ACFフェンスの厚みの差である。すなわち、これまでの数値実験では、この厚みが現実のフェンスサイズとしての10cmであったのに対して、今回の風洞実験では2cmであった。一方、風速は実空間スケールの場合と同じく1ms⁻¹, 3ms⁻¹である。したがって、フェンスモジュールとしての抵抗特性(すなわち、フェンス内の単位体積空気あたりの抗力; たとえば、パネル型の場合、 $\bar{R}_c=3700[\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}]$)は同じであるが、厚みの薄い模型フェンスを通過する流速は大きくなる。例えば、風上側フェンスの地面から2分の1高さでのフェンス内通過風速は、実空間スケール(フェンス厚み10cm)で約0.7cms⁻¹^{7,8)}、今回の模型実験で約2.5cms⁻¹(図3dのケース)である。(むろん、いずれの場合も道路風上側外側でのフェンスの2分の1高さ位置の風速は0.7ms⁻¹程度でほぼ同じ条件である。) 模型実験の場合のこの相対的に大きなフェンス通過風により、道路空間下層で風下側から風上側に向かう流れが抑えら

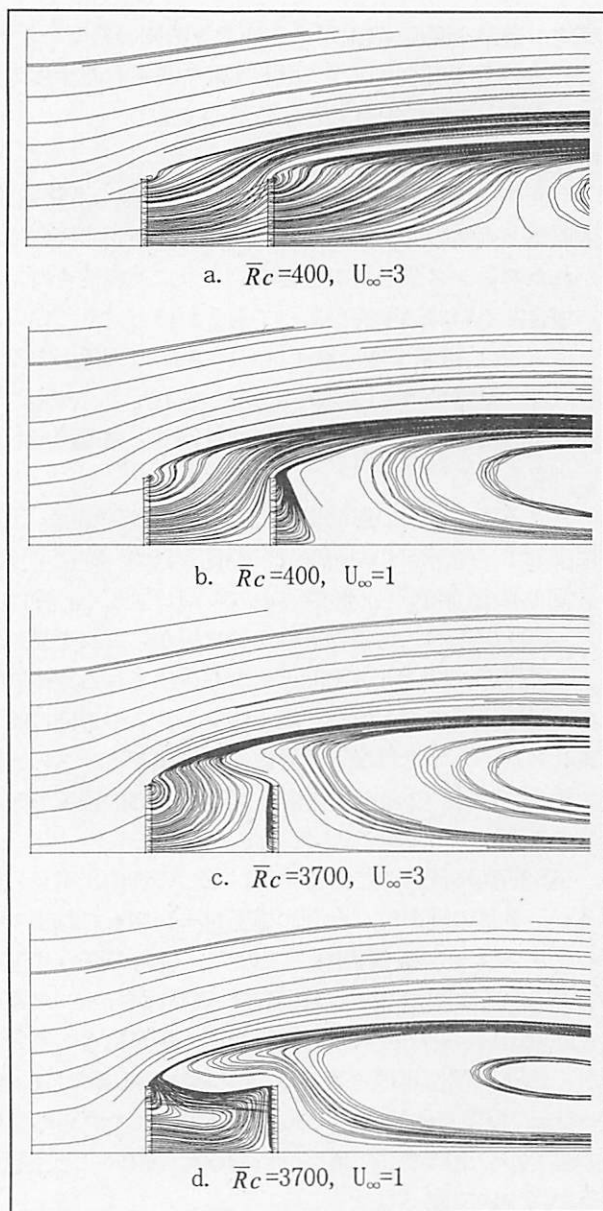


図3 流線図

れることが、時計回りの循環流を押さえ、反時計回りの循環流(図3, 4)の形成を推進していると考えられる。

二番目の理由は道路幅の距離をフェンス上の風が吹走するときの時間スケールが大変に違うことである。風速については模型でも実スケールでも変わらない条件で実験が行われているので、これを 1ms^{-1} とすると、模型の場合、道路上空を道路幅に該当する距離だけ風が吹走するのに0.4秒(道路幅40cm)と短く、一方、実スケールの場合、(模型サイズを25倍した)10m幅の道路に対して10秒となる。この条件下で、模型の場合、フェンスで挟まれた道路空間が、道路上空からの運動量輸送の少ないやや孤立した空間となっており、むしろ薄いフェンスを通して道路空間に流れ込む空気が流動の主導権を握る条件が作られていると考えられるのが第二の理由である。以上、風洞実験で作られた模型空間の流れは、実スケール道路空間内の典型的な流れとは少し異なるが、フェン

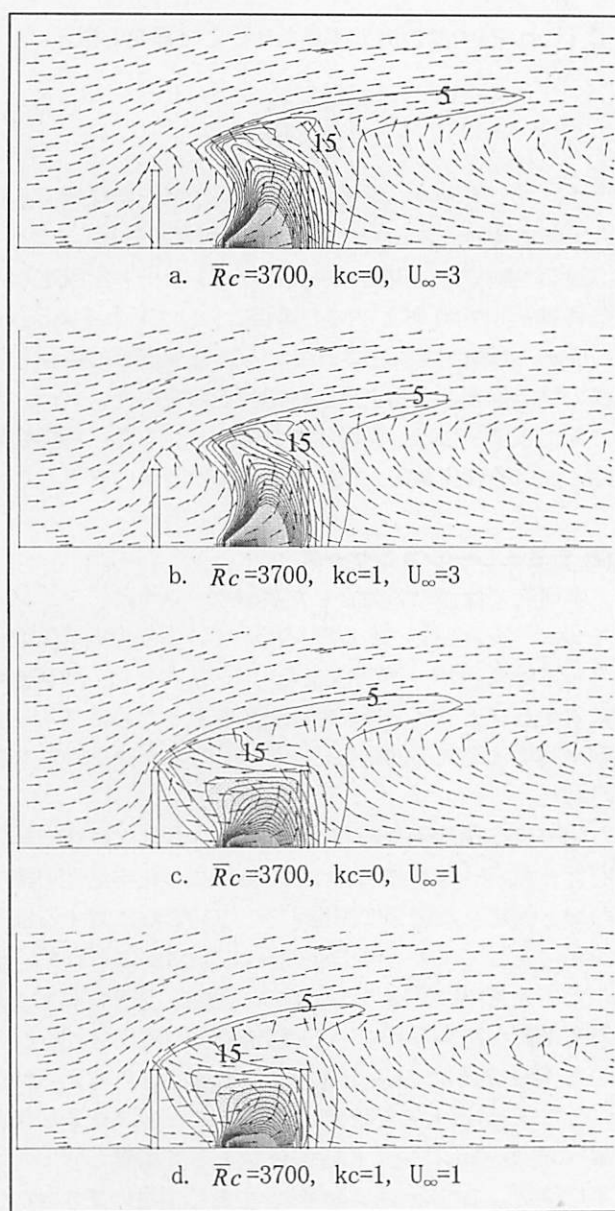


図4 濃度分布: 正規化濃度 $(C-C_b)U/Q$

スの通風性が良い場合の流れに該当すると考えられる。

b) 計算濃度: $\bar{R}_c=400$ の場合

図5に示す計算濃度の鉛直分布は、いずれも、風洞実験との比較を考えて、計算結果を Q/U で除し正規化した濃度を表す。ここに、 $Q(\text{m}^3\text{-pure-gas/s})$ は排出強度であって、排出源から単位時間に放出される純粋の汚染ガスの体積を表し、 $U[\text{ms}^{-1}]$ は実験で設定した風洞内の代表流速を示す。

抵抗係数 $\bar{R}_c=400$ は、通風性の良いスリット型フェンスモジュール^{3,4,5)}に対するものであって、本論文で比較の対象とする風洞実験で用いたパネル型モジュールとは異なるものであるが、極めて通風性を良くした場合の結果に及ぼす影響を見るために、この条件でもシミュレーションを行った。ただし、フェンス厚は2cmであり、通常、スリット型モジュールを使用する場合の10~20cm厚とは異なるものである。

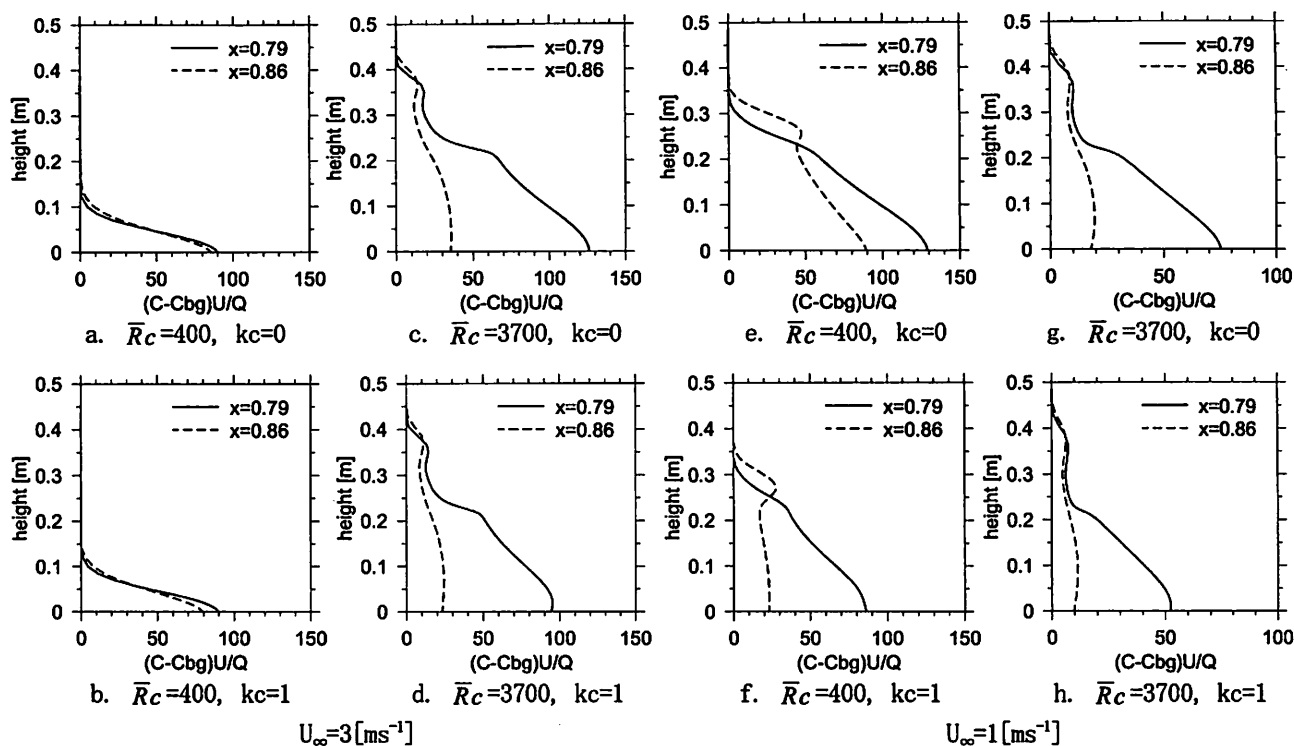


図5 鉛直方向濃度分布, 実線:道路側 $x=0.79$, 破線:外側 $x=0.86$

a, b, c, d: 流入風速 $U_{\infty}=3[\text{ms}^{-1}]$, e, f, g, h: 流入風速 $U_{\infty}=1[\text{ms}^{-1}]$

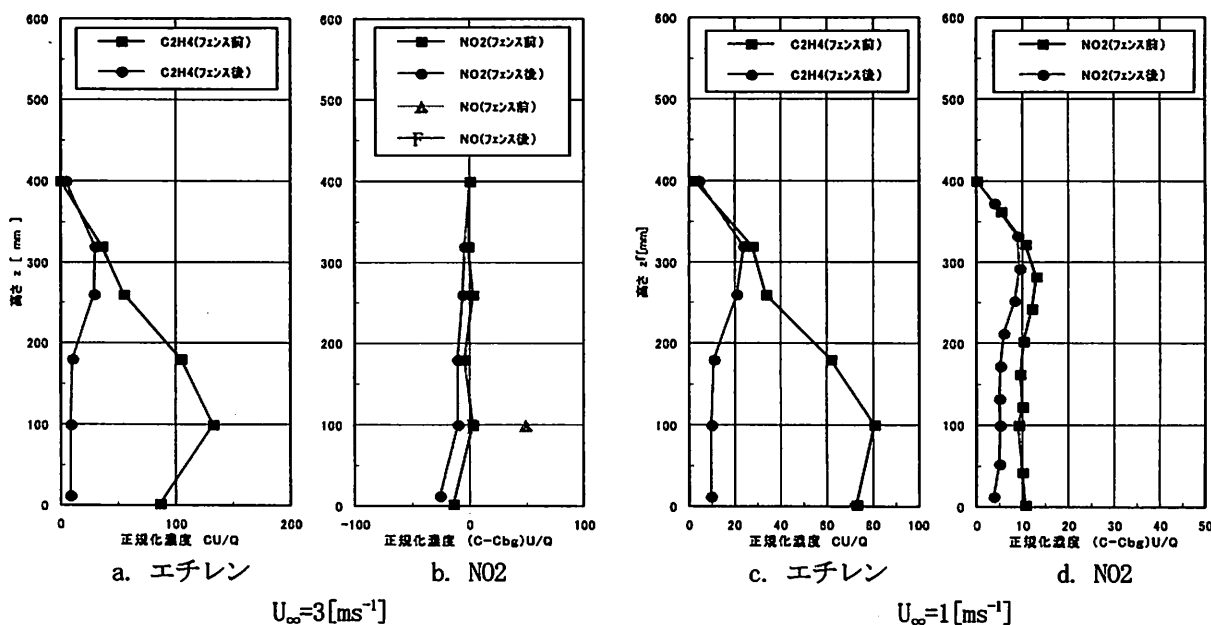


図6 風洞試験における鉛直濃度分布

$U_{\infty}=3[\text{ms}^{-1}]$ の場合、図5aから、除去反応がない場合は、フェンスの前後で濃度差があまりなく、また図3aの風下側フェンス付近を見ても、道路側から流線がほぼ通り抜けていることが分かる。

しかし、 $U_{\infty}=1[\text{ms}^{-1}]$ の場合、特に風下側のフェンスを通過することが困難になって、汚染物質がフェンス上空を回り込むようになる。図5e, fの高さ0.3~0.4m付近のピークはこの回り込んだ汚染物質濃度を表している。またこのピークは、下流に形成される循環流(図3b)が風下側

フェンスのフェンス下部に運んでくる相対的にクリーンな空気によって強調されている。

$U_{\infty}=3[\text{ms}^{-1}]$ の場合、図5a, bの比較から除去反応の有無による作用をみると、下流側の濃度($x=0.86$; 破線)を比較して、除去活性なしの場合に地表面レベルで正規化濃度85(図5a)、除去活性ありの場合、同80(図5b)であって、ほとんど違いが見られない。フェンス通過時のACF層との接触時間が短すぎて、除去能を発揮できないものと考えられる。

$U_{\infty}=1[\text{ms}^{-1}]$ の場合、図5e, fを比較すると、道路内での循環流による滞留が強まり、フェンスと道路内汚染大気との接触時間が増えるため、除去反応がない場合と比較すると道路内(実線)においても130から85へ、道路から下流(破線)でも90から22へと、濃度が大幅に減少している。

c) 計算濃度: $\bar{R}_c=3700$ の場合

$\bar{R}_c=3700$ は、パネル型のフェンスモジュールに対応する^{2, 4, 5-9, 10)}。したがって、本論文で対象とする風洞実験にも適用できるものである。

図3c, dより、 U_{∞} が1, 3 $[\text{ms}^{-1}]$ のどちらにおいても、通気に対する抗力がスリット型(図3a, b)よりも高いために風下側フェンス内を通しての道路側からの汚染物質の輸送が妨げられ、道路空間内での循環流により滞留し、下流側の濃度は道路側よりも低くなる。また、下流側フェンスの通風性が制限されているため、汚染物質の上方への拡散が顕著になっている(図4)。

$U_{\infty}=3[\text{ms}^{-1}]$ の場合、図5c, dの比較から除去反応の効果を比較すると、道路側が30%、下流側が35%程の濃度減少がある。 $U_{\infty}=1[\text{ms}^{-1}]$ の場合、同様に図5g, hを比較して除去反応の効果を見ると、ACFフェンスによって道路側が45%、下流側が60%程の濃度減少がある。

d) 風洞実験による濃度¹⁰⁾

図6に、計算結果との比較のために風洞実験¹⁰⁾により得られた風下側フェンス前後の濃度の鉛直分布を示す。先述のように、厚さ2cmのパネル型フェンスを道路の両側に置き、道路中央から線源として汚染ガスを放出したものである。化学活性を持たない通風性フェンスの濃度場に対する効果を見るために、ACFによって捕集されないエチレンガスを用い、ACFフェンスの NO_x 除去特性を見るために、 NO あるいは NO_2 を排出ガスとして用いている。(NOは $U_{\infty}=3\text{ms}^{-1}$ の高さ100mmでのみ計測されている。)先に述べたように、横軸の濃度は、測定値から実験室内のバックグラウンド濃度を差し引いたものを排出強度 Q と風速 U を用いて正規化した濃度を表す。ただし、凡例の■は数値モデルの $x=0.79$ 、●は $x=0.86$ に相当する。

化学的に除去されないはずのエチレンガスについて図6の結果は道路内と風下道路外で大きな濃度差を示している。図3c, dに見られる道路外下流に形成される循環流によって相対的にクリーンな下流の空気がフェンス下部に輸送されることによって図6の“フェンス後”の低濃度鉛直分布が作られているものと考えられる。

NO_2 については、風速 1ms^{-1} 、 3ms^{-1} のいずれの場合も、フェンス道路側、フェンス道路外側の両方で濃度は低い。

(2) 風洞実験との比較

図6の風洞実験では NO_2 が主として使われている。ACFの除去活性は、 NO_2 のほうが NO よりもかなり高い。そこで、先述のように、 kc 値として、0, 1以外に2.5 $[\text{s}^{-1}]$ につい

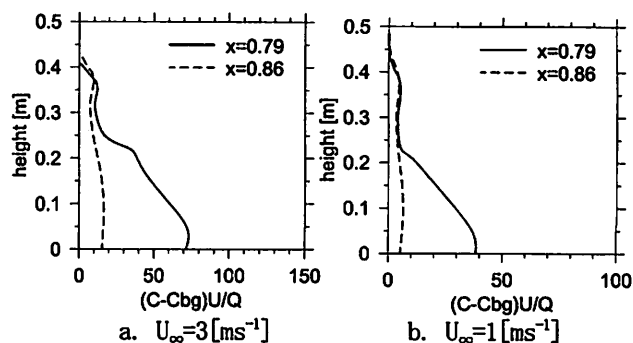


図7 $\bar{R}_c=3700$, $k=2.5$ の鉛直分布

ても計算を行った(ただし、 $\bar{R}_c=3700[\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}]$ のみ)。図7に図5g, hと同様の結果を示す。

まず、図6cのエチレンガスの結果は、 $kc=0$ の図5gと比較すべきものである。風洞実験、計算のいずれもフェンスの下流側(図5gの破線、図6cの●)でかなり濃度が低下することを示しており、その理由は上に述べたようにフェンス下流に作られる循環流(図3d)による相対的にクリーンな空気の上流方向への輸送で説明できると考える。一方、 NO_2 については、風洞実験(図6d)はフェンスの道路側(■)でもすでにかんがりの低濃度であり、フェンスの外側(●)でも少し低濃度であることが示されている。エチレン(図6c)との比較からは、 NO_2 は道路側での滞留時に主としてACFにより除去されることを示唆している。計算も同様に、図5g, h、図7bの比較より、 NO_2 のACFフェンスによる除去が主に道路空間での汚染物質との接触により生じていることを示している。風洞実験と計算結果との対応は、ほぼ良好であると考えられるが、 NO_2 の除去に対しては、実験の方がより除去能が高い結果を示唆している。ただ、実験にも、時間とともに変化する室内 NO_2 濃度の補正の問題があり、計算にも、模型の微細な構造を完全に再現することは不可能という問題があり、これ以上の比較は今後の課題と考えている。

6. 結論

高活性炭素繊維(ACF, Activated Carbon Fiber)を用いた通風フェンスによる沿道 NO_x の浄化研究の一環として、風洞模型実験の結果を数理モデルにより評価した。以下の結論が得られた。

(1) 風洞実験は“10m幅の道路の両側に高さ5.5mのACFフェンス(パネル型モジュール)を設置した実空間想定ケース”の25分の1縮尺模型となっているが、風速については $1\text{ms}^{-1}\sim 3\text{ms}^{-1}$ と実空間ケースと変わらない条件下で、模型のACFフェンス厚が2cm(実空間での想定厚10~20 cm)であることから、実際に想定されるケースよりは、特に風上側フェンスについて通風性の高い状況を扱っているこ

とに相当した。

(2) この結果、道路空間内に形成される流れは、遮音壁等を道路両側に設置したとき、道路にクロスする流れで通常見られる循環流とは逆回転の循環流が形成されることを数値シミュレーションにより推定した。

(3) この条件下で、通風性フェンスが化学活性を持たないケース(実験ではACFによって捕集されないエチレンを排出ガスとして用いて表現)の実験結果を数値シミュレーションにより再現できた。

(4) ACFフェンスのNO_x除去特性を見る風洞実験結果は、NO_xが主として道路空間内での接触によって除去されることを示唆している。数値実験でも、このことを再現できた。ただし、模型実験での除去率は数値実験を上回っていた。風洞実験では、バックグラウンドとしての室内のNO₂濃度が時間とともに変動・増加し、この補正が問題であるなどの不確定要因があり、不一致は今後の課題と考えている。

参考文献

- 1) Shimohara, T., Niiya, S., Itagaki, N., and Kitada, T.: The establishment of a wide-area air purification technology using the ACF fence which makes use of the natural wind. *Proc. 9th-10th Joint Seminar of JSPS-MO Core Univ. Program on Urban Env.*, 349-359 (2005).
- 2) 下原孝章: 高活性炭素繊維を用いた沿道ガス削減技術に関する調査報告書, 独立行政法人環境再生保全機構委託業務2006年度報告書, 福岡県保健環境研究所, 72p. (2007).
- 3) Yoshikawa, M., Shimohara, T., and Kitada, T.: Development of prevention technology of air pollution by activated carbon fiber. *Proc. 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment*, 117-122 (2007).
- 4) 北田敏廣: 高活性炭素繊維を用いた自然風駆動の効率的NO_x浄化装置の開発, 平成17年度~19年度国土交通省建設技術研究開発費補助金総合研究報告書(課題番号5102), 137p. (2008).
- 5) 長野誠, 北田敏廣, 下原孝章, 神崎隆男, 市川陽一: ACF(Activated Carbon Fiber)装着フェンスによる沿道NO_x濃度の軽減: 通風性と除去反応の影響評価. *地球環境研究論文集 Vol.16*, 63-72 (2008).
- 6) 北田敏廣, 長野誠, 下原孝章, 市川陽一, 神崎隆男: 高活性炭素繊維(Activated Carbon Fiber)を装着したフロッスルーフェンスによる沿道大気浄化: 現実的な3次元空間での数値性能評価. 第14回地球環境シンポジウム講演論文集, 53-58 (2006).
- 7) Nagano, M., Kitada, T., Shimohara, T., Kanzaki, T., Ichikawa, Y., and Yoshikawa, M.: Numerical evaluation of the performance of a porous flow-through fence filled with ACF (Activated Carbon Fiber) inside as energy-free equipment at the road side for removal of ambient NO₂. *Advances in Wind and Structures (AWAS'08)*, 1203-1212 (2008).
- 8) Kitada, T., Nagano, M., Shimohara, T., and Tokairin, T.: Wind-driven NO_x removal by flow-through fences with ACF (Activated Carbon Fiber): evaluation of the fence's efficiency in reduction of ambient NO_x. *Developments in Environmental Science*, Elsevier, 6., 747-749 (2007).
- 9) Kitada, T., Nagano, M., Shimohara, T., and Tokairin, T.: Design of NO_x removal equipment driven by natural wind: a flow-through fence with ACF (Activated Carbon Fiber) installed inside. *Proc. 9th-10th Joint Seminar of JSPS-MO Core Univ. Program on Urban Env.*, 337-347 (2005).
- 10) 神崎隆男, 市川陽一, 北田敏廣, 下原孝章, 吉川正晃: 高活性炭素繊維を充填した通風式フェンスのNO_x除去性能に関する風洞実験による解明, 第16回地球環境シンポジウム講演集, 73-78 (2008).
- 11) 例えば, Meroney, R.N.: Turbulent diffusion near buildings, in *Engineering Meteorology*, E. Plate (Ed), Elsevier, 481-525 (1982).

(2009. 3. 8 受付)

(2009. 5. 19 受理)

Reduction of Ambient NO_x Concentration at Roadside by the Porous Fences filled with ACF (Activated Carbon Fiber): Comparison of Numerical Model with Wind Tunnel Experiment

Makoto NAGANO^{1*}, Toshihiro KITADA¹, Takao KANZAKI², Yoichi ICHIKAWA²,
Takaaki SHIMOHARA³, and Masaaki YOSHIKAWA⁴

¹Dept. of Ecological Engineering, Toyohashi University of Technology

²Central Research Institute for Electric Power Industry

³Fukuoka Institute of Health and Environmental Studies

⁴Osaka Gas Co. Ltd.

Results of wind tunnel experiment designed to study role of ACF miniature fences in the reduction of ambient NO_x concentration were numerically reproduced. Numerical calculation showed that the flow field generated by the wind tunnel experiment has its characteristics for relatively small drag of the porous fence being assumed; in this situation, a circulating flow different from that usually observed in real road space was formed. Under these conditions, the model calculation acceptably well reproduced the feature of the wind tunnel experiment such that large reduction of NO₂ mainly occurs inside the road space during stagnation of the polluted air mass and, thus, its longer contact with the ACF fences.