

NO_x 除去舗装の沿道大気汚染改善効果の3次元流体解析による予測

独立行政法人土木研究所 正会員 ○加藤 祐哉
 独立行政法人土木研究所 正会員 新田 弘之
 独立行政法人土木研究所 正会員 西崎 到

1. はじめに

現在、都市部の幹線道路周辺では、自動車から排出されるNO_x（窒素酸化物）等による大気汚染が問題となっている。NO_x除去手段の1つとしては、光触媒（酸化チタン）の酸化除去を利用したNO_x除去舗装があり、開発が進められている。

本研究では、筆者らが開発した舗装用NO_x除去ブロック（写真1）¹⁾のNO_x除去性能から、その実環境におけるNO_x低減効果を3次元流体解析により予測した。



写真1 NO_x除去ブロック

2. シミュレーション概要

2.1 道路構造物

図1、図2に示す片側2車線で両側に歩道を有する幹線道路を模した道路構造物を設定し、渋滞時のNO_x低減効果の推定を行った。

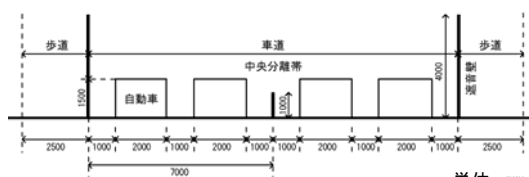


図1 道路構造条件（遮音壁有の場合）

2.2 計算ケース

シミュレーションの検討ケースは、表1の5ケースとした。道路構造は遮音壁有無の2種類とし、NO_x除去ブロックの性能は0（使用しない場合）、10 mg/(m²・h)（写真1のブロックの性能¹⁾）、30 mg/(m²・h)（3倍の性能を想定した場合）の3種類とした。

ブロックは車道、歩道両方に設置し、遮音壁が有る場合はこれに加えて遮音壁・中央分離帯を同性能の塗料により被覆するものとした。

2.3 計算条件

計算モデルは1辺50mの立方体とし、計算メッシュはx×y×z=70×50×54=189,000個とした（図3）。計算条件を表2に示す。

また、車1台当たりのNO_x排出強度、排気ガス排出速度は以下の通りに設定した。ここで、自動車は20km/hで走行している状態で排気ガスを排出するものとし、大型車混入率は30%、排気管の内径は6cmとし、NO_x排出係数、排気ガス排出量は文献を基に設定した²⁾³⁾。

また、NO_xの拡散係数は表3に示す通りに設定した。

NO_x排出強度(g/(s・台))

$$= \text{NO}_x \text{排出係数}(\text{g}/(\text{km} \cdot \text{台})) \times \text{走行速度}(\text{km}/\text{s})$$

$$= 1.61 \times 20/3600 = 8.944 \times 10^{-3} \quad \dots\dots(1)$$

排出ガス排出速度(m/s)

$$= \frac{\text{排気ガス排出量}(\text{m}^3/\text{km})}{\text{排気管の断面積}(\text{m}^2)} \times \text{走行速度}(\text{km}/\text{s})$$

$$= 1.33/0.00283 \times (20/3600) = 2.61 \quad \dots\dots(2)$$

表1 検討ケース

性能 構造	NO _x 除去性能 (mg/(m ² ・h))		
	0	10	30
遮音壁無	case1	case2	case3
遮音壁有	case4	case5	

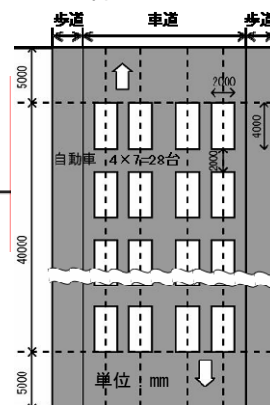


図2 自動車（28台）の配置条件

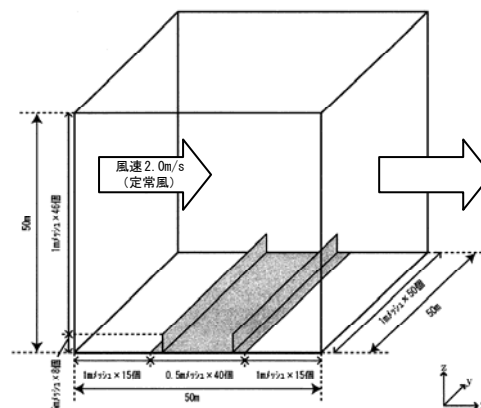


図3 計算モデル（遮音壁有の場合）

表2 計算条件

項 目		内 容
プログラム名		PHOENICS Version3.6.1
乱流モデル		k-ε モデル
時間依存性		定常計算
境界 条件	流入面	風速＝2.0m/s（定常風）（図 3 参照）
	地面	滑り壁（出入りや摩擦の無い壁）
	その他の面	圧力規定一定
計算回数		10,000 回
その他		紫外線強度・温度・相対湿度は JIS R 1701-1 と同様，空気密度は一定，バックグラウンド NOx 濃度はゼロ

キーワード 光触媒、酸化チタン、窒素酸化物、3次元流体解析、シミュレーション

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所新材料チーム TEL: 029-879-6763

表 3 拡散係数⁴⁾

	車道外		車道内	
	水平 方向	鉛直 方向	水平 方向	鉛直 方向
遮音壁無	20.7	4.1	36.5	6.1
遮音壁有	16.5	3.3	36.5	2.3

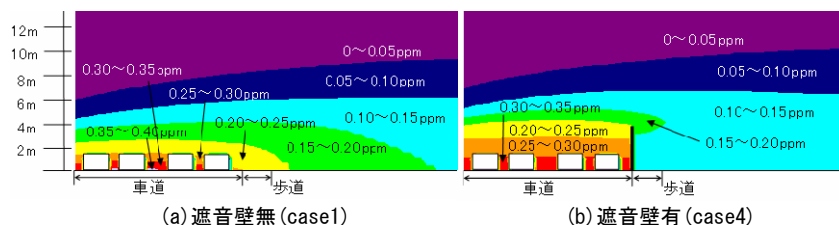


図 4 NOx 濃度分布

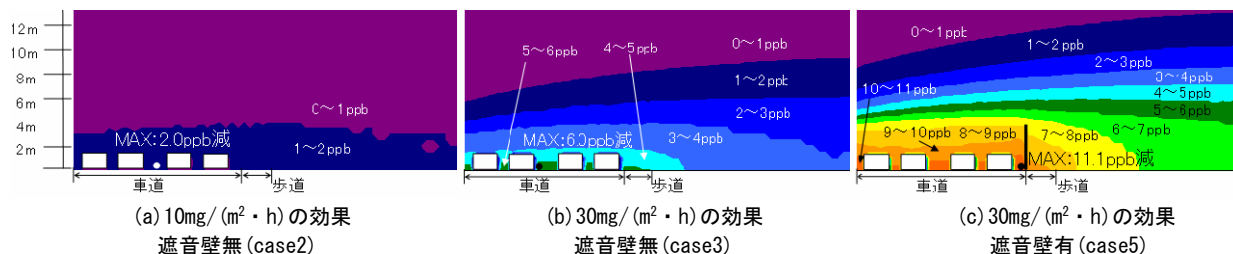


図 5 NOx 除去材料を施した場合と施さなかった場合の差

3. シミュレーション結果

NOx 除去材料を施さなかった場合（case1, case4）の x - z 面（ $y=24.5\text{m}$ ）における NOx 濃度分布図を図 4 に示す。また、NOx 除去材料を施した場合の結果を、NOx 低減効果を見るために case1, case4 との差として示したものを図 5 に示す。

図 4 より、車道路面付近が最も NOx 濃度が高く、遮音壁の無い場合で最大 $0.35\sim 0.40\text{ppm}$ 、遮音壁の有る場合で最大 $0.30\sim 0.35\text{ppm}$ 程度になることが分かる。

図 5 より、NOx 除去材料と施した場合と施さなかった場合の差は、路面付近で大きくなっており、遮音壁が無い場合は NOx 除去性能が $10\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で最大約 2ppb 、 $30\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で最大約 6ppb 、遮音壁が有る場合は $30\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で最大約 11ppb NOx 濃度が低減する結果となった。これより遮音壁が有る場合のように、風の滞留が起こる場合の方が、NOx 低減効果が得られやすいことが分かる。

次に、各 case の計算モデル（図 3）外への NOx 流出量を図 6 に、その低減率を図 7 に示す。

図 6 より、NOx 除去材料を施さなかった場合は約 0.9kg/h の NOx がモデル外に流出することが分かる。NOx 除去材料を施すと、図 7 より、遮音壁が無い場合では NOx 除去性能が $10\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で約 1%、 $30\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で約 3% NOx の流出量を低減できることが分かり、これはモデル内の自動車 28 台中 0.3, 0.9 台分に相当する。一方、遮音壁が有る場合では NOx 除去性能が $30\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ で約 6% NOx の流出量を低減できることが分かり、モデル内の自動車 28 台中 1.7 台分に相当する結果となった。

4. まとめ

今回の結果より、筆者らが開発した NOx 除去ブロック（除去性能 $10\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ）では、遮音壁が無い場合で自動車 28 台中 0.3 台分、性能が 3 倍に向上したとしても遮音壁が有る場合で 1.7 台分の低減効果となった。これらの結果は 2.3 で示したように一定の条件で計算されたものであり、実際は場所によって紫外線強度が異なることや、濃度や風速によって除去性能が影響を受けることなどを考えると、実際の NOx 低減効果はこれを下回るものと考えられる。

以上より、NOx による環境汚染を軽減するためには、本技術だけで十分な効果を得ることは難しく、他の技術とも組み合わせた総合的な対策が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 加藤祐哉 他: 廃木材を利用した舗装用 NOx 除去ブロックの開発, 第 26 回日本道路会議論文集, 12P46, 2005.10
- 2) 国土技術政策総合研究所資料第 141 号 自動車排出係数の算定根拠, 2003.12
- 3) 道路トンネル技術基準 (換気編)・同解説, 社団法人日本道路協会, 2001
- 4) 道路環境影響評価の技術手法, 財団法人道路環境研究所, 2000

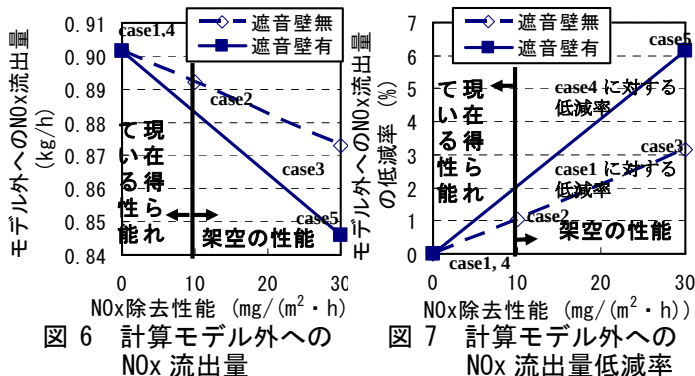


図 6 計算モデル外への NOx 流出量

図 7 計算モデル外への NOx 流出量低減率