

BE1 TiO₂光触媒によるNO_x除去がストリートキャニオン内の大気質に与える影響のCFD解析および経済性評価

CFD Analysis and economic evaluation of the impact of NO_x removal due to TiO₂ photocatalyst on air quality in street canyon

共生環境評価領域

08E17046 中川雅也 (Masaya NAKAGAWA)

Abstract: In urban area, roadside air pollution in street canyon still exists. In addition, TiO₂ photocatalyst can remove NO_x in the air. By CFD Analysis and economic evaluation of the impact of NO_x removal due to TiO₂ photocatalyst on air quality in street canyon, we can understand the effectiveness. In this study, a CFD model was used to simulate roadside air quality in idealized street canyon. I conducted a set of air quality simulations using the CFD model with different installation position and range, and economically evaluated the influence of them on air quality in the street canyon. The results showed that the highest concentration of NO_x occur on the wall surface facing the emission source and located on the windward side. In addition, cost benefits of air purification by TiO₂ photocatalyst are smaller than the installation cost in all cases.

Keywords: TiO₂ photocatalyst, Installation position and range, Economic evaluation, Roadside air pollution, NO_x

1. はじめに

都市沿道ではストリートキャニオンと呼ばれる高い建物に囲われた換気の悪い形状と自動車排出により、周辺よりも大気が汚染されている。都市部沿道の大気浄化のため、光触媒によってNO_xを沈着除去する技術がある。一方で、光触媒の設置は比較的高コストな手法であるため、設置に先立って費用対効果を見積もることが望ましい。そこで本研究では、数値シミュレーションによってストリートキャニオン内の大気汚染物質の動態解析を行い、TiO₂光触媒による沈着除去量を推定し、沈着除去量の貨幣価値および設置費用を比較することで光触媒設置の費用対効果を推計した。また、キャニオン内の濃度分布を考慮することで、光触媒の効果的な設置位置を検討した。

2. 数値実験方法

CFDシミュレーションにはOpenFOAMを用いた。計算領域は、x、y、z方向に460m、460m、240m、解析領域は160m、160m、80mとした。形状モデルの概要を図1に示す。建物は幅40m、奥行き40m、高さを40mとした。また建物は領域内に16棟配置し、建物の間に南北方向に幅24mの道路を配置した。境界風速はべき乗則で決定し、基準高さを10m、その高さでの風速を3m/sとした。風向は西から東の向きで一定とした。NO_x排出量は、Japan Auto-Oil Program (JATOP) ¹⁾を基に $7.27 \times 10^{-5} \text{g/m}^3/\text{s}$ とし、道路表面 ($z=0 \sim 0.5 \text{ m}$) に与えた。TiO₂光触媒によるNO_xの沈着速度は0.4cm/sで与えた。また、TiO₂光触媒を設置しないもの (PP None) とTiO₂光触媒を解析領域内の建物側面に設置したものについてシミュレーションを行った。光触媒の設置場所および設置範囲はそれぞれ、壁面全体 (PP All)、壁面下半分 (PP All Half)、壁面地上10m以下 (PP All Quarter)、

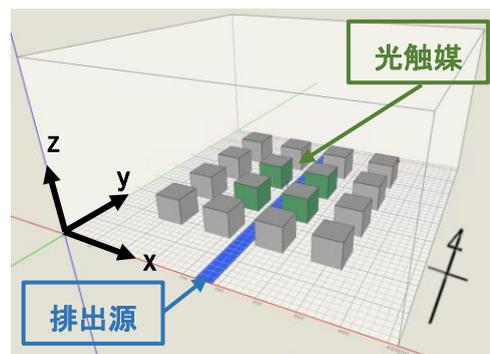


図1 形状モデルの概要図

東側建物の壁面全体 (PP East)、西側建物の壁面全体 (PP West)、西側建物の排出源に面した壁面地表 10m 部分 (PP West Quarter) である。光触媒における濃度から NO_x 除去量を求め、それと貨幣評価原単位の積を NO_x 除去便益とし、光触媒の施工単価によって求めた設置費用と比較し、その効果の経済性評価を行った。

3. 数値実験結果

まず、PP None におけるストリートキャニオン内の濃度分布と風速ベクトルを図 2、壁面の番号を図 3、z 図 3 の各壁面における濃度を図 4 にそれぞれ示す。キャニオン内では風速が小さくなり、地表付近で高濃度汚染が発生しやすい。また、排出源に面した風上側建物壁面で高濃度汚染が発生しやすい。

次に、光触媒を設置した計算ケースにおける解析領域内の NO_x 除去率とその便益、および TiO₂ 光触媒施工費用を、表 1 に示す。全ケースで、NO_x 除去率、TiO₂ 光触媒施工費用に対する NO_x 削減便益ともに最も大きくなったのは、PP All Quarter であった。また、PP East と PP West で比較した場合、NO_x 除去率は PP West の方が大きくなった。これは図 2 のように、ストリートキャニオン内で時計回りの渦が発生し、西側で高濃度汚染が発生したためであると考えられる。また以上の結果を踏まえて、PP West Quarter についてもシミュレーションを行った。NO_x 除去率は、比較的高い値を示したが、TiO₂ 光触媒施工費用に対する NO_x 削減便益は小さかった。さらに、全ての計算ケースで、NO_x 削減便益は TiO₂ 光触媒施工費用より小さくなった。

4. 結論

本研究の結論を以下にまとめる。

- キャニオン内で高濃度汚染が排出源に面した風下側壁面且つ地表近くで発生することが分かった。
- 高濃度汚染が発生する場所に TiO₂ 光触媒を設置することで、NO_x を効果的に除去できることが分かった。
- 今回の実験条件では、TiO₂ 光触媒による NO_x 除去の便益は、TiO₂ 光触媒の施工費用よりも小さかった。

参考文献

- 1) (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

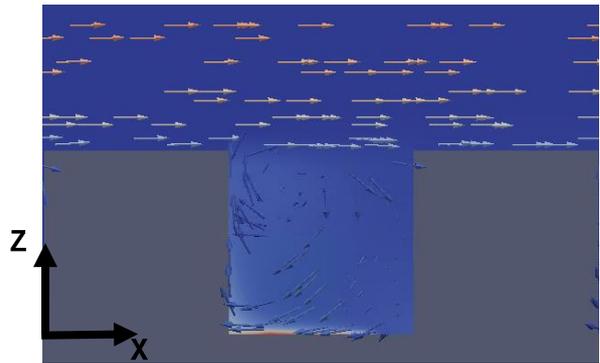


図 2 y=190m での濃度分布
および風速ベクトル

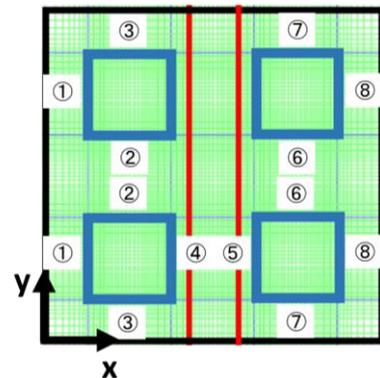


図 3 壁面の番号

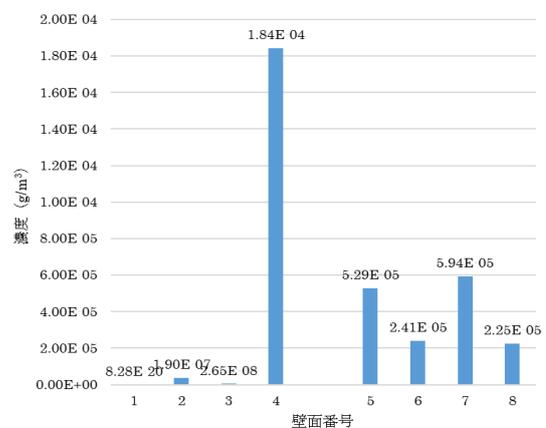


図 4 各壁面における濃度

表 1 TiO₂ 光触媒による NO_x 除去率及び NO_x 除去便益

ケース名	NO _x 除去率 (%)	NO _x 削減便益 (万円)	TiO ₂ 施工費用 (万円)	NO _x 削減便益/TiO ₂ 施工費用 (万円/万円)
PP All	2.10	4894	12800	0.382
PP All Half	1.45	3563	6400	0.557
PP All Quarter	2.94	2329	3200	0.728
PP East	0.739	1227	6400	0.192
PP West	1.37	1240	6400	0.194
PP West Quarter	2.62	137	400	0.342