

光触媒酸化チタン塗料によるNOx浄化性能の研究

A Study for Nitric Oxide Gas Elimination Characteristics by TiO₂ Photocatalyst Formulated Coatings

技術本部 技術開発第一部
Technology Development Dept. No.1



石田 則之
Noriyuki ISHIDA



藤井 隆
Takashi FUJII



江見 眞
Shin EMI

要 旨

光触媒酸化チタンは、様々な産業において、機能性コーティング材の重要な原料として注目されている。この酸化チタンを用いて塗料化を行い、NOxガスを流通させている雰囲気下に塗膜を置き、紫外線照射することでNOx除去性能評価を行った。

実環境での条件を考慮に入れ、試験片面積、流量、NOx濃度、紫外線強度、クリアランスなどの要因を検討した。その結果、塗膜表面とNOxガスの接触確率を上げれば、NOxガスを効率良く除去することができると判明した。

Abstract

TiO₂ Photocatalyst attracts attention as the key material for functional coatings in many industries. Model paint formulations were developed and their NOx elimination characteristics under UV radiation condition were evaluated by exposing NOx blended air flow on their dry film surface.

Various parameters such as 1)film surface area, 2)gas flow rate, 3)NOx gas concentration, 4)UV lump intensity, and 5)clearance were selected to simulate the actual field condition.

Consequently, it was found that NOx gas was eliminated more and more with increasing the contact probability of NOx on the coating films.

1. はじめに

近年、自動車の排気ガスによる環境汚染が問題となっている。特にNOxは呼吸器系の疾患など直接人体に影響を及ぼすばかりでなく、光化学スモッグや酸性雨などの環境汚染原因物質の一つでもあり、NOx削減への速やかな対応が世界的に求められている。

これまで、大気中では汚染物質がごく低濃度で、非常に拡散しやすいため、大気中での脱硝は不可能と考えられてきた。しかしながら、近年、光触媒酸化チタンと太陽エネルギーを利用すれば、NOxを除去できることが報告されている。^{1,2}この方法の最も優れた特徴は、図1に示す通り、太陽光や降雨等の自然のエネルギーだけでNOx除去が可能であり、新たなエネルギー源が不必要であるということである。

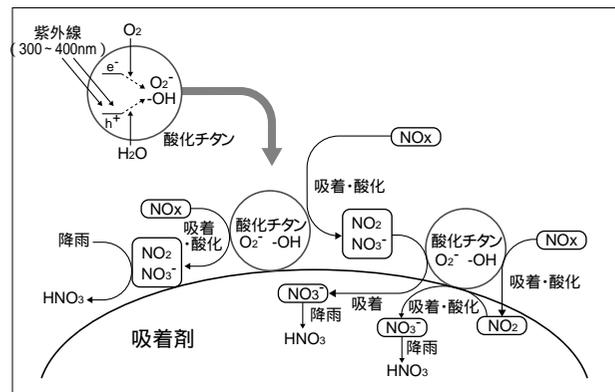


図1 光触媒酸化チタンと吸着剤によるNOx浄化機構

この原理を利用し、道路資材(ガードレールや遮音壁など)を対象とした、大気浄化光触媒塗料を開発した。この光触媒塗料の利点として次のことが挙げられる。

既存の施設に塗装するだけで大気浄化が可能である。

新たなエネルギーを必要としない。

メンテナンスフリーである。

本報では、実際の使用環境を考慮し、図2に示すような通気暴露試験装置を用い、測定条件を種々変化させて検討した結果を報告する。

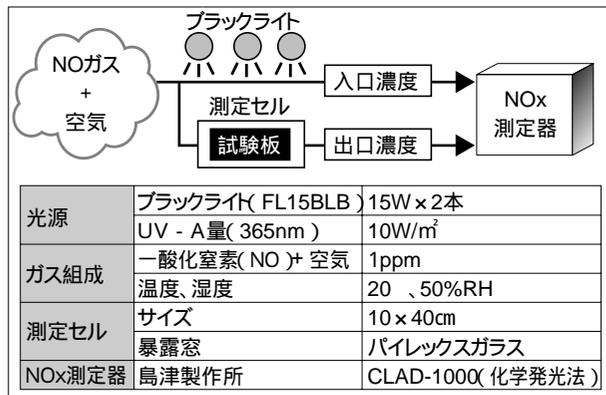


図2 通気暴露試験装置

2. 実験

2.1 供試試料の作製

2.1.1 塗料および試験片の作製

塗料は、光触媒作用に影響を受けにくい無機系樹脂を用い、大気浄化性能を効率良く行うために、酸化チタン含有量を増やし、無機系吸着剤を併用した。また、塗膜構造はNOxガスとの接触面積を大きくするため、多孔質状態になるように設計した。試験片作製条件を表1に示す。

表1 試験片作製条件

試験片基材	アルミ板(A5052P)
塗装仕様	光触媒用中塗塗料 + 光触媒上塗塗料
乾燥膜厚	中塗(40μm) + 上塗(70μm)
塗装方法	エアースプレー塗装(1day-1coat)
乾燥条件	20、7日間

2.1.2 試験片の前処理

測定を行う前に、試験片表面に吸着している有機物を分解し、NOxの測定に影響を及ぼさないようにするため、以下の前処理を行った。

試験面に、ブラックライトで10W/m²以上の紫外線を5時間以上照射した後、分解生成物等を取り除くため蒸留水に2時間浸漬した。その後、60℃で1時間以上乾燥し、試験片に付着した水分を除去した。

2.2 NOx低減率の測定

表2に示した測定条件で、図3に示す密封した測定セル内に試験片を静置し、測定を30分間行った。その結果を図4に示す。

図4より、NOx低減率の測定は、NOx濃度がほぼ安定していた測定開始後30分目のデータを使用し、下記の計算式によって算出した。

$$\text{NOx低減率(\%)} = (\text{NOx}_i - \text{NOx}_{30}) / \text{NOx}_i \times 100$$

ここで、NOx_i : 初期NOx濃度(ppm)

NOx₃₀ : 30分後のNOx濃度(ppm)

表2 通気暴露試験条件

試験項目	標準条件	試験片面積差	試験ガス流量差	初期ガス濃度差	紫外線強度差	クリアランス差
試験片面積 (cm ²)	210	50 105 150 210	210	210	210	210
試験ガス流量 (L/min)	3	3	3 5 10 15	3	3	3
試験ガス濃度 (ppm)	1	1	1	1.5 1.0 0.5 0.25 0.1	1	1
紫外線強度 (W/m ²)	10	10	10	10	2, 1 0.7, 0.5 0.3, 0.1 0.05 0.002	10
クリアランス (mm)	5	5	5	5	5	2 3 5 10 15

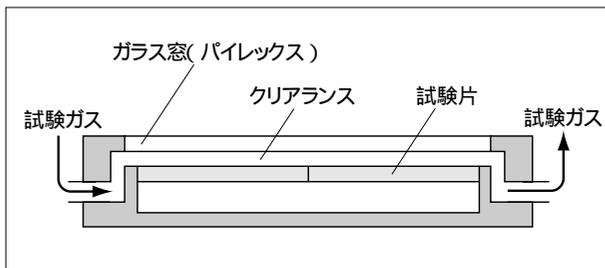


図3 測定セル側面図

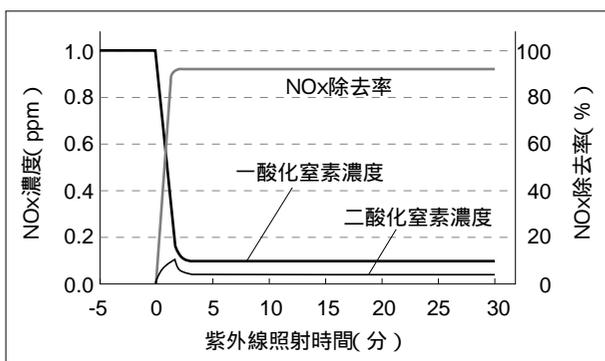


図4 NOx除去性能試験結果

3. 結果と考察

3.1 試験片面積とNOx除去性能の関係

図5に試験片の面積がNOx除去率に及ぼす影響を示した。図5より試験片の面積が増すに従って、NOx除去率が増加していくことがわかる。このことは、面積が増加するに従い、NOxガスとの接触確率・時間が増えるために、NOxガスが浄化され易くなっているためと考えられる。

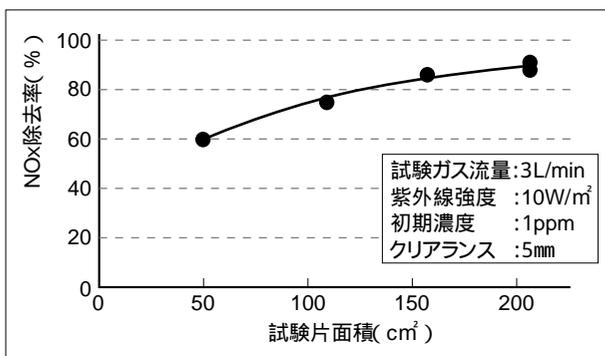


図5 試験片面積がNOx除去率に及ぼす影響

3.2 試験ガス流量とNOx浄化性能の関係

実環境では様々な風速で光触媒塗膜にNOxガスが吹き付けてくるため、流量(風速)を種々変化させて試験を行った。結果は図6に示すとおりであり、流量が増すに従って試験片上のNOxガス流速が上がり、試験片との接触時間が短くなるためにNOx除去率は低下すると考えられる。

さらに図7に試験片面積を変更し、さまざまな流量におけるNOx除去率を調べた。図7から、接触時間が最も長くなるような条件である、面積大、流量小が最も除去効率が高くなることが判明した。

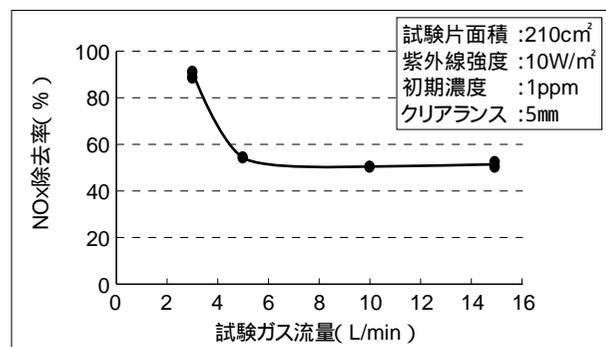


図6 試験ガス流量によるNOx除去率変化

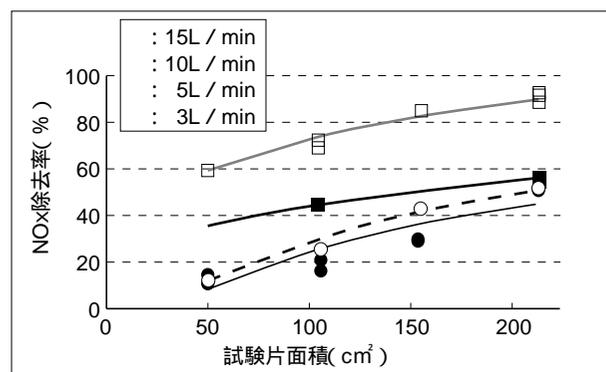


図7 試験ガス流量、試験片面積によるNOx除去率変化

3.3 初期NOガス濃度とNOx浄化性能の関係

試験ガスとしては、ボンベ中のNOガスを精製空気で薄め、初期濃度を1ppmに調整したものをを用いているが、実環境ではガス濃度は一定ではなくさらに希薄な場合が多いことから、初期ガス濃度による影響を検討した。その結果を図8に示す。なお、NOx濃度測定器の精度上の関係で用いたガス濃度は、最大1.5ppm、最小0.1

ppmとした。図8から明らかなように、光触媒酸化チタンを配合した本塗料の塗膜では、初期濃度にかかわらず、いずれも80%以上の高い除去率が得られることがわかる。このことより、本試験で用いた塗料塗膜は、実環境中のいかなるNOx濃度にも対応できると考えられる。

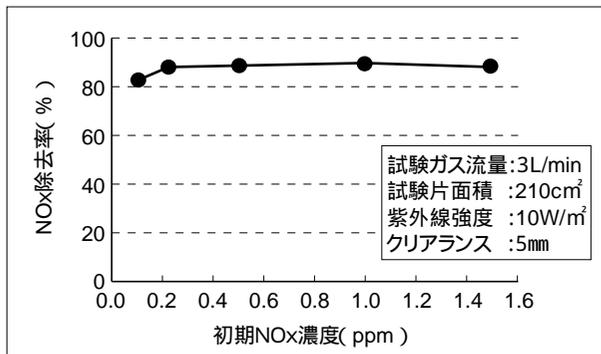


図8 初期NOx濃度によるNOx除去率変化

3.4 NOx浄化性能に及ぼす紫外線強度の影響

実環境においては、季節や、晴れ、曇り、さらには雨等の天候、また、一日の中でも、朝夕の太陽光線が弱い時間帯及び日中の日差しが強い時間帯が存在することで、刻一刻と紫外線量が変化している。

本試験の標準は、紫外線強度を、日本における日中の地表が受ける平均紫外線量である $10\text{W}/\text{m}^2$ に固定しているが、紫外線強度を種々変えることによって、NOx除去性能がどのような影響を受けるかを検討した。その結果を図9に示す。

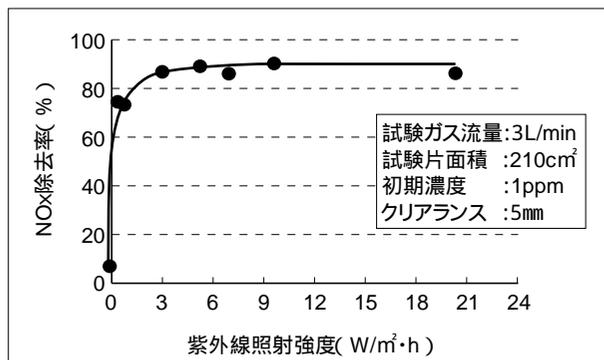


図9 紫外線照射強度によるNOx除去率変化

図9から、 $10\text{W}/\text{m}^2$ に対して、紫外線量を強くしても弱くしてもNOx除去性能には大きな差は観測されなかった。このことより、本試験塗料塗膜は、1年を通じて、高い

NOx除去性能を示すことがわかった。

しかしながら、室内の蛍光灯下のような、太陽光が差し込まない場所では性能が急激に低下し、効果がないこともあわせて判明した。

3.5 NOx浄化性能差に及ぼすクリアランスの影響

この光触媒塗料を用いたNOx浄化方法は、塗面とNOxガスが接触しなければ効果は得られない。

本試験の標準条件として、測定セルのガラス窓と試験片のクリアランス(隙間)は5mmとしている。このクリアランスを広げれば当然試験片とNOxガスの接触確率は低下するし、狭めると逆に向上すると考えられる。そこで、クリアランスとNOx浄化性能との関係を検討した。

その結果を図10に示した。クリアランスが2～5mmで

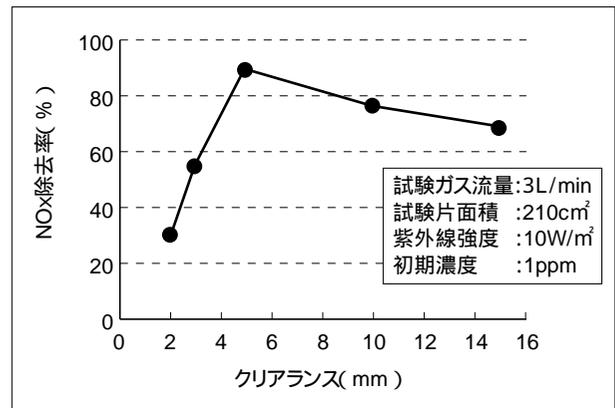


図10 クリアランス差によるNOx除去率変化

は大きくなるほど、NOx除去率が急激に増加したが、逆に5～15mmでは、クリアランスが大きくなるほど徐々にNOx除去率は減少した。これは、ガス流量を3L/minと一定で流しているため、クリアランスが変わることで、流速が変化したためであると考えられる。

つまり、クリアランスが狭い場合は流速は早くなり、浄化性能は流速に支配され、クリアランスが広くなれば流速は遅くなって、浄化性能はクリアランス(ガラス窓と試験片の距離)に支配されると考えられる。

そこで、クリアランスを変化させる際、流速が一定となるように流量を調整し、再度クリアランスによる影響について検討を行い、図11に示した。その結果、クリアランスが狭くなるほどNOx除去率は高くなる傾向を示した。

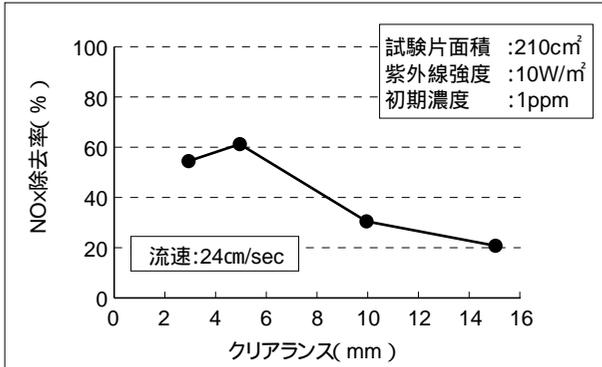


図11 クリアランス差によるNOx除去率変化
 (流速一定: 24cm/sec)

4. まとめ

実使用環境を想定した一連の実験の結果、開発した光触媒塗料はどのような条件においても、高いNOx除去性能を発揮することが明らかになった。その除去性能は塗膜表面とNOxガスとの接触確率を高めるようにパラメーターを選択することにより向上することが確認できた。したがって実使用に際しては、ガス発生・滞留地域に対し効率の良い紫外線照射を考慮しつつ、なるべく広い表面積の塗膜を使用し、気流接触拡散が制御可能な喚気施設を設けた構造物を設計する必要があると考えられる。

本塗料の道路側壁などによる性能評価実験が官公庁や民間企業との共同で行われており、有意義なデータが集積されつつある。³⁾今後とも本試験結果をもとに、より優れた光分解特性のある材料開発及びシステム開発に取り組み、幅広い商業展開を通じて社会環境改善に貢献して行きたい。

文 献

- 1) 竹内浩士, 化学と工業 : 46(12), 1839(1993)
- 2) 竹内浩士, 西方 聡, 環境管理 : 32(8), 915(1996)
- 3) 大阪府, 「光触媒による窒素酸化物分解建材の実用化に関する調査報告書」(1997)