

3. 光触媒を用いた舗装のNOx除去性能の評価

Evaluation of NOx Removal Performance of Pavement That Uses Photocatalyst

技術部 峰岸順一、小林一雄

1. まえがき

東京都の幹線街路においては、NOx(窒素酸化物)に係わる環境基準の達成が重要な課題となっている。大気汚染対策の一つとしてNOx濃度低減のために土壌による大気浄化システムの検討など各種施策が試みられている。舗装からの対策として、光触媒を舗装表面に固着しNOxを除去する舗装(以下NOx除去舗装)の試験施工を平成13年度に環状7号線、明治通りの2箇所で行い、路面排水の採水等でNOx除去性能を評価してきた¹⁾。しかし、NOxの除去性能を的確に評価する試験法は確立されていないのが現状である。このため、室内と屋外でのNOx除去性能評価試験について検討を行った。その結果、今回検討したJIS R 1701-1:2004「ファインセラミック-光触媒材料の空気浄化性能試験方法」(以下JIS試験と記述する)に準拠した室内評価試験法がNOx除去性能の評価に十分適用できることが把握できたので報告する。

2. NOx除去舗装について

今回検討したNOx除去舗装は、低騒音舗装の表層に、セメント系：光触媒(二酸化チタン)と特殊セメントプレミックス材、付着増強剤を混合し固着したタイプ、樹脂系：光触媒(二酸化チタン)と添加剤を樹脂にて固着したタイプの2種類である。

光触媒は紫外線が当たるとNOxを酸化する作用があり、NOxは硝酸に酸化される。硝酸は、セメント成分のカルシウムと化合し、水溶性の硝酸カルシウムとなり舗装表面に固着する。雨水により固着した

硝酸カルシウムが、硝酸イオンとして排水される原理である。太陽光と雨水の供給があれば、舗装のNOx除去効果の持続性が期待されるものである。

3. NOx 除去性能評価試験の内容

NOx除去性能評価試験として屋外および室内評価試験の2種類を行い、JISに準拠した室内評価試験法がNOx除去舗装の性能評価に適用できるかどうかを検討した。

(1) 対象とした供試体

対象とした供試体は、表-1に示す10種類とした。試験は、各供試体3個実施した。

表-1 対象供試体

供試体番号	種類	屋外評価試験用供試体寸法	室内評価試験用供試体寸法
	低騒音舗装用混合物に施工時用いたセメント系光触媒を固着したもの	-	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	低騒音舗装用混合物に施工時用いた樹脂系光触媒を固着したもの	-	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	試験施工時に低騒音舗装用混合物にセメント系光触媒を固着したもの(3年間構内で暴露放置)	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	試験施工時に低騒音舗装用混合物に樹脂系光触媒を固着したもの(3年間構内で暴露放置)	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	試験施工時(平成14年1月)に用いた低騒音舗装用混合物(3年間構内で暴露放置)	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	供用後3年目に試験施工箇所から採取したセメント系Nox除去舗装	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	供用後3年目に試験施工箇所から採取した樹脂系Nox除去舗装	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	供用後3年目に試験施工箇所近隣から採取した低騒音舗装	縦横30cm 厚さ5cm	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	新規開発のNox除去舗装セメント系A	-	縦10cm 横5cm 厚さ2cm
	新規開発のNox除去舗装セメント系B	-	縦10cm 横5cm 厚さ2cm

施工時の初期値に相当するNOx舗装は、すでに残っていないので、新規作成の低騒音舗装用混合物に、施工時用いたセメント系と樹脂系のNOx除去舗装材料を固着して供試体を作成し、施工時の初期値とした。供試体は、研究所構内で3年間暴露し気象条件等で劣化した状態である。供試体は、交通及び気象条件等による供用劣化した状態である。供試体は、平成16年度時点での技術の現状を把握するための新規開発品である。

供試体については、環状7号線のNOx除去舗装施工区間で、供試体を採取し、屋外、室内評価試験用に成型を行った。3車線の歩道側車線のほぼ中央から採取した。

(2) 屋外評価試験

供試体 ~ については、下記1)に示す方法で洗浄後、供試体を屋外に暴露して表面に生成した亜硝酸イオンNO₂⁻、硝酸イオンNO₃⁻を蒸留水で充分洗い流し、その洗浄液を回収して、イオン類の定量を行った。これによって、現地暴露により現地の環境条件下でのNOx除去効果を把握した。

1) 供試体の洗浄及び洗浄水の分析

供試体をイオン交換水で洗浄し、供試体からの硝酸イオンの溶出が概ね1ppm以下になるまで洗浄を繰り返した。1ppm以下になるまでの確認方法は、コンパクト硝酸イオンメータを用いた。1ppm以下になったときその溶出洗浄水を試験溶液とした。試験溶液のpH測定及び亜硝酸イオン、硝酸イオンの定量分析をイオンクロマト分析法にて行った。

2) 暴露試験

暴露場所は、環状7号線(世田谷区代田3丁目北沢川緑道内(宮前橋))とした。暴露状況は、写真 - 1に示すとおりである。暴露期間は5日間(ただし、雨天日は除いた)とした。1日約8時間計40時間程度の日照時間を基準に1回の暴露試験とし、これを2回行った。降雨時にはシート掛けを行い降雨にさらさないようにした。

暴露期間中は、暴露供試体の表面に近い大気中のNOx濃度及び紫外線強度の測定を行った。NOx濃度測定は、化学発光法で行った。紫外線強度は、熱電対式紫外線強度計(1時間値)で測定した。



写真 - 1 現地暴露状況

暴露後の溶出水についてはpH、亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度の測定を行った。溶出水の溶出試験方法は、日本工業規格(JIS)によるJIS R 1701-1:2004の6.3溶出試験及びJIS K 0101:工場用水試験方法 37.亜硝酸イオン、硝酸イオン(各イオンクロマトグラフ法)に準拠して行った。

なお、JIS試験では5×10cmの試験片に対し50ml程度の精製水に1時間の浸せきを2回繰り返すこととなっているが、供試体の大きさが30×30×5cmと体積が大きいため、ここでの溶出試験法では、4000mlの精製水に1時間の浸せきを2回行い、亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度及び両イオンの絶対量の測定を行った。

(3) 室内評価試験

1) 試験対象

表 - 1に示す供試体 ~ から作製した10×5×2cmの試験片を対象とした。

室内評価試験は、次の4種類について行った。

試験A: ~ の現地採取供試体および研究所構内暴露供試体のJIS試験の条件(NO濃度、紫外線強度:以下JIS条件と記す)でのNOx除去性能把握。

試験B: 、 の供試体のJIS条件による初期のNOx除去性能把握。

試験C: 、 の供試体についてJIS条件を変え、現地暴露試験の条件下(以下現地条件と記す)でのNOx除去性能把握。

試験D: 新規開発のNOx除去舗装 ~ についてJIS



写真 - 2 空気浄化性能試験装置反応装置部

条件でのNOx除去性能把握。

2) 室内評価試験方法

供試体の窒素酸化物除去試験

試験方法は、JIS試験に準拠して行った。装置は、反応装置部(光源の光化学用蛍光灯、試験片容器)、試験用一酸化窒素標準ガス供給装置、窒素酸化物測定装置で構成される。写真 - 2に試験装置の反応装置部を示す。

「供試体の前処理」(紫外線ランプで5時間以上照射 水洗 室温で風乾)については、JIS通りとした。試験結果については、JIS試験に基づき、以下の5項目について整理した。

- ・NOx吸着量：光照射無しの暗条件で、吸着作用に基づくNOxの除去量。

- ・NO除去量：光触媒作用に基づくNOの除去量。

- ・NO₂生成量：光触媒作用によって副次的に生成するNO₂の量。

- ・NOx脱着量：5時間の光照射後、光照射無しの暗条件でゼロガス(汚染物質を含まないガス)をNOガスと同一条件で流したときに、脱着するNOx量。

- ・NOx除去量：光触媒作用による正味のNOx除去量
本試験の窒素酸化物の供給量は、36.81 μmol/5hであった。

試験手順は以下のとおりであった。

- ・試験用ガス供給装置の調整：約30分

- ・NO希釈ガス(1ppm)の通気：約30分

- ・NO希釈ガス(1ppm)の反応装置へ通気(光照射OFF)：30分間

- ・NO希釈ガス(1ppm)の反応装置へ通気(光照射ON)：5時間

- ・NO希釈ガス(1ppm)の反応装置へ通気(光照射OFF)：30分間

室内評価試験は、1試験当たり約7時間であった。

水洗による再生効率

室内評価試験後の供試体は、暴露試験の溶出試験と同一の試験を行った。なお、JIS試験では5×10cmで厚さ5mm以下の試験片を50ml程度の精製水に1時間の浸せきを2回繰り返すこととなっているが、供試体の大きさが5×10×2cmと体積が大きいため、室内評価試験での溶出試験法では、150mlの精製水に1時間の浸せきを2回行い、亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフ法により測定し、イオン絶対量の算出を行った。

再生効率は以下の式で表される。

$$\text{再生効率(\%)} = \text{NOx溶出量}(\mu\text{mol}) / \text{NOx除去量}(\mu\text{mol}) \times 100$$

ここで、NOx溶出量(μmol)とは、供試体のNOx除去試験後、供試体を150mlの精製水に1時間の浸せき後、さらにこの操作を繰り返し、溶出した亜硝酸イオン、硝酸イオン量をモル換算し、その合計量を求めた。

NOx溶出量は次のように求めた。

$$\text{NOx溶出量}(\mu\text{mol}) = 1\text{回目のイオン溶出量}(\mu\text{mol}) + 2\text{回目のイオン溶出量}(\mu\text{mol})$$

$$1\text{回目のイオン溶出量}(\mu\text{mol}) = (150(\text{ml}) \times \text{試験片からの硝酸イオン濃度}(\text{mg/l})) / 62 + (150(\text{ml}) \times \text{試験片からの亜硝酸イオン濃度}(\text{mg/l})) / 46$$

2回目のイオン溶出量の算出も同様に行った。

4. NOx除去性能評価試験結果

(1) 屋外評価試験

1) 供試体の寸法と体積

屋外評価試験用の供試体は、縦、横、厚さ、30×30×5cmで4500cm³の体積を持つ供試体を標準とした。採取した供試体の中には3割程度、標準体積に比較して大きいものもあった。屋外暴露における硝酸量の算出時に、体積の違いによる補正を行った。

2) 屋外評価試験前の供試体の洗浄液濃度

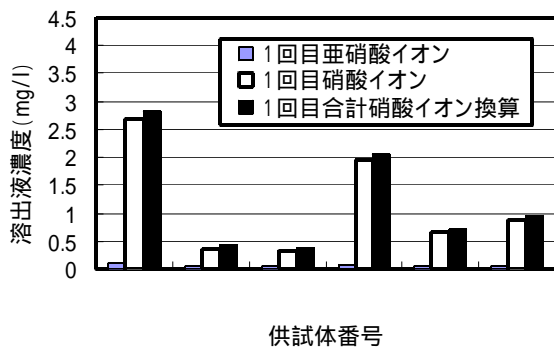


図 - 2 1回目屋外評価試験後の供試体の溶出液濃度

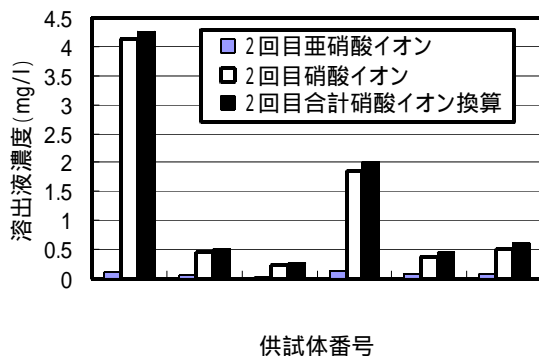


図 - 3 2回目屋外評価試験後の供試体の溶出液濃度

現地暴露前に行った洗浄結果は、亜硝酸イオンが0.001以下～0.003mg/l、硝酸イオンが0.010～0.050mg/lであった。全ての供試体において、洗浄液濃度は、硝酸イオン換算の合計量で0.015～0.050mg/lであり、pHは約6.5であった。

3) 暴露期間中の気象及び窒素酸化物濃度

1、2回の供試体暴露期間中の日照時間(6:00～17:00)における紫外線強度は、ほぼ日平均で0.15～0.8mW/cm²であり、これは光触媒反応が起こるために必要な紫外線強度が確保されていた。また、日照時間帯の平均NOx濃度は、0.05～0.30ppmであった。

4) 供試体の暴露後の溶出液濃度、pH

1、2回目の暴露後の溶出液中の亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度は図 - 2、図 - 3に示すとおりである。溶出液中のイオン濃度は、硝酸イオンの濃度が高く、亜硝酸イオンの濃度は硝酸イオン濃度の約1/10であった。また溶出液中の各イオン濃度は、樹脂系供試体、よりセメント系供試体、の濃度が高かった。また低騒音舗装(ブランク)の供試体、

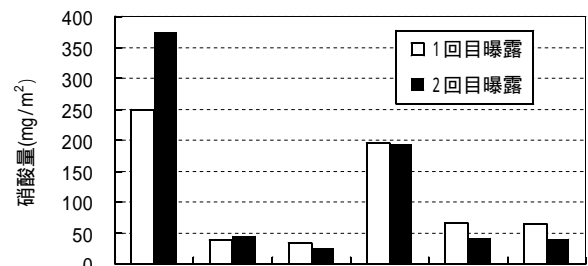


図 - 4 暴露試験後の溶出水中の硝酸量

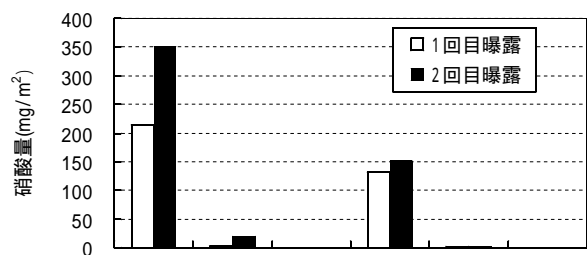


図 - 5 暴露試験後の溶出水中の硝酸量(補正後)

については洗浄を行い、確認後暴露したにもかかわらず、硝酸イオン、亜硝酸イオンが測定された。pHは6.3～8.6であった。

5) 暴露試験後の供試体からの溶出硝酸量

1、2回目の暴露供試体からの溶出硝酸量を図 - 4に示す。各イオン絶対量は、測定されたイオン液濃度から1m²当たりの硝酸量として算出した。また亜硝酸イオン、硝酸イオンの合計量を出すために硝酸イオン換算を行った。

樹脂系供試体、及びセメント系供試体、を比較するとセメント系が高く、1m²当たりの硝酸量は200～400mg/m²であった。セメント系の路面から採取した供試体は、1、2回目暴露ともほとんど同様な硝酸量であったが、研究所暴露供試体では差がみられた。

6) 低騒音舗装材中の硝酸量の補正について

求めたセメント系、樹脂系供試体の硝酸量からそれぞれの低騒音舗装供試体の硝酸量を差し引いた暴露後の硝酸量を図 - 5に示す。セメント系では、研究所暴露供試体で200～350mg/m²、3年間供用後、路面から採取した供試体で150mg/m²程度であっ

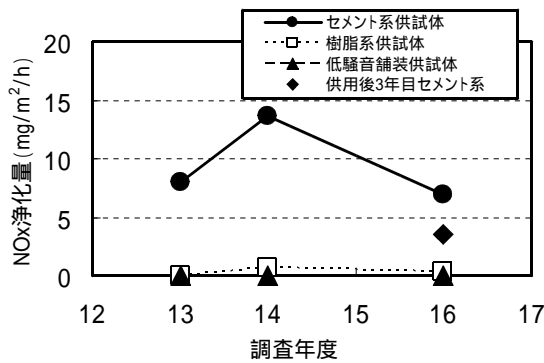


図 - 6 調査年度別NOx浄化量の比較

た。樹脂系供試体、において、硝酸量が10~20mg/m²と非常に少なかった。

7) NOx浄化量の比較

平成13、14年度調査結果及び16年度暴露供試体の溶出硝酸量からNOx浄化量を算出した。

ここでのNOx浄化量とは、NOx除去舗装が1時間当たり、1m²あたりに沈着除去できる窒素酸化物の量であり、硝酸イオンとして算出を行った。

13、14、16年度ともに低騒音舗装供試体をブランクとして、樹脂系供試体及びセメント系供試体の硝酸量から差し引きし、日照時間で除して1時間当たりのNOx浄化量(NO₃⁻換算)として算出を行った。13年度調査はNOx除去舗装の施工直後の試験である。14年度調査は供用後1年目、16年度調査が供用後3年目である。

結果を図-6に示す。平成13、14年度とも本年度と同様に環状7号線のほぼ同一箇所でも暴露試験を行った(平成13、14年度の暴露場所は中央分離帯であった)。研究所構内で暴露したセメント系のNOx浄化量は、8.0(13年度) 13.7(14年度) 6.9(16年度) mg/m²/hで大きな減少はみられなかった。また、16年度試験の供用後3年目に試験施工箇所から採取したセメント系のNOx浄化量は、研究所暴露供試体の約1/2(3.5 mg/m²/h)であった。

樹脂系でのNOx浄化量は当初の13年度から低く、16年度試験でも認められなかった。

(2) 供試体のNOx除去性能(室内評価試験)

1) 供試体の寸法

室内評価試験用の供試体は、99.5×49.5×20.0mm

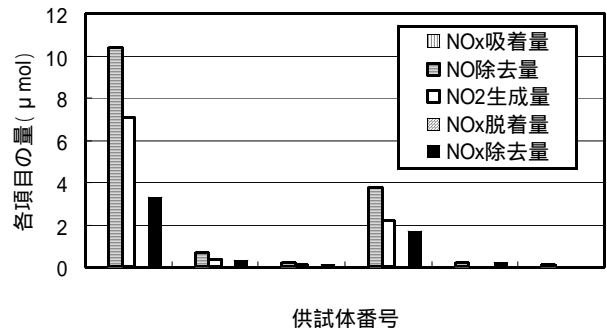


図 - 7 NOx除去試験結果【試験A】

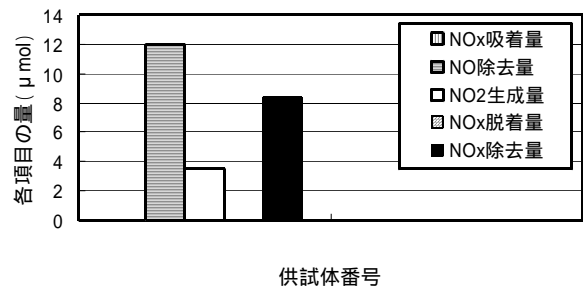


図 - 8 NOx除去試験結果【試験B】

の各寸法とも±0.5mmの範囲内であった。

2) 各供試体のNOx除去試験【試験A、B】

試験Aは、3年間構内で暴露放置した供試体及び供用後3年目に、試験施工箇所から採取した供試体のNOx除去試験である。各供試体のNOx除去試験結果を図-7に示す。NOx除去量は以下の式で求めた。

$$\text{NOx除去量}(\mu\text{mol}) = \text{NOx吸着量}(\mu\text{mol}) + \text{NO除去量}(\mu\text{mol}) - \text{NO}_2\text{生成量}(\mu\text{mol}) - \text{NOx脱着量}(\mu\text{mol})$$

主な結果は、次のとおりである。

セメント系の供試体は、NO除去量が10μmolあるがNO₂生成量が7μmolであり、NOx除去量は3μmol(10-7=3)と小さい値であった。樹脂系の供試体のNOx除去量は、1μmol以下で小さかった。

供用後3年目に環状7号線から採取したセメント系供試体は1.7μmol、樹脂系の供試体は0.2μmolであった。供試体、とも供用前に比べNOx除去量は小さくなっていった。低騒音舗装の供試体は、NOx除去量が0~0.1μmolでNOx除去性能はなかった。

試験Bは、低騒音舗装用混合物に施工時用いた光触媒と同じものを固着した供試体、のNOx除去試験である。

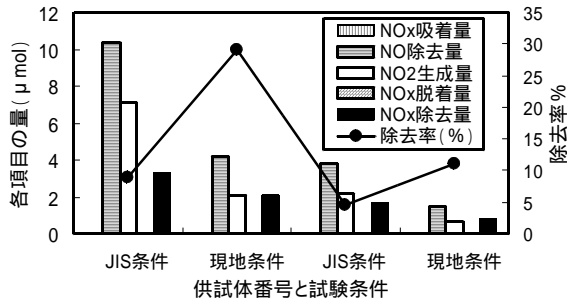


図 - 9 現地暴露条件におけるNOx除去試験【試験C】

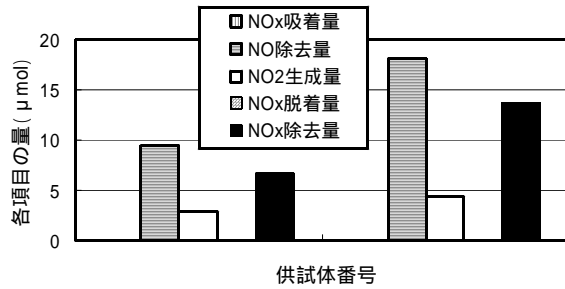


図 - 10 新規舗装材のNOx除去試験【試験D】

供試体の窒素酸化物除去試験結果を図 - 8 に示す。セメント系供試体のNOx除去量は、土研構内で3年間暴露した供試体の3.3 μmolより大きく、8.4 μmolであった。またNO₂生成量は、供試体より低くなっており、光触媒の活性があることを示していた。樹脂系供試体では、NOx除去量は認められなかった。

3) 現地暴露条件におけるNOx除去試験【試験C】

室内評価試験において、実際の屋外評価試験に近いNOx濃度、紫外線強度の条件で試験を行った結果を図 - 9 に示す。対象供試体は、NOx除去量が比較的高いセメント系を対象とし、研究所構内で3年間暴露放置したものと環状7号線より採取した供試体について試験を行った。試験条件は、NO濃度0.2ppm、紫外線強度0.5mW/cm²とした。設定紫外線強度は2回の曝露試験のほぼ平均とした。またNO濃度は、実際のNOx除去舗装路面が今回の測定濃度より、高いことを想定し、2回の現地暴露期間のNO平均濃度に各々の標準偏差を加えた値の平均値を設定した。

供試体の現地暴露条件でのNOx除去量は2 μmolであった。これを除去率でJIS条件の試験と比較すると、JIS条件の試験法では、除去率約9%に対して、

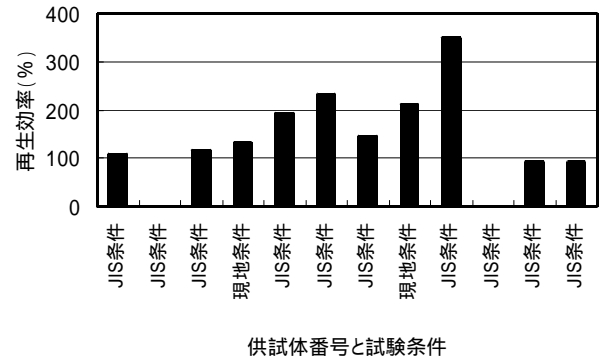


図 - 11 再生効率

現地条件では約30%と、現地条件でのNOx除去率は大きかった。供試体においても同様な傾向が見られた。

ここで、除去率とは、各NOx除去量を36.81 μmol (JIS試験のNOx除去試験において5時間で供試体に供給されるNO量)で除し%換算した。NO濃度0.2ppm試験時でのNO供給量は、 $36.81 \times 0.2 = 7.36 \mu\text{mol}$ であるので、各NOx除去量を7.36で除し%換算した。

4) 新規開発品のNOx除去試験【試験D】

新規開発品のNOx除去試験結果を図 - 10 に示す。供試体の改良品である供試体のNOx除去量は、6.7 μmolであり、供試体の8.4 μmolより低かった。また、供試体のNO除去量は18.1 μmol、NOx除去量が13.7 μmolであり、初期では高いNOx除去性能を持つ舗装材であることがわかった。

5) 再生効率【試験A～試験D】

試験A～試験DでのNOx除去試験における供試体の再生効率を図 - 11 に示す。

新規開発品、以外の供試体においてNOx溶出量はNOx除去量を超えており、再生効率は100%を超えていた。なお、供試体、では、NOx除去量が0 μmolであり、再生効率は算出不可とした。NOx溶出量がNOx除去量を超えている原因は不明であるが、光触媒とは関係なく、供試体そのものから亜硝酸イオン、硝酸イオンが溶出している可能性があると考えられた。

(3) 室内評価試験と屋外評価試験の比較

舗装供試体のNOx除去性能試験における室内評価試験と屋外評価試験の比較を図 - 12 に示す。

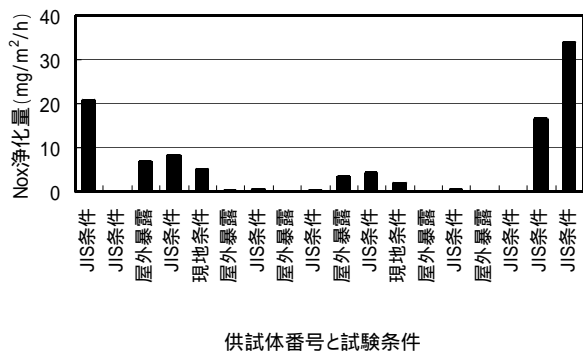


図 - 12 NOx浄化量

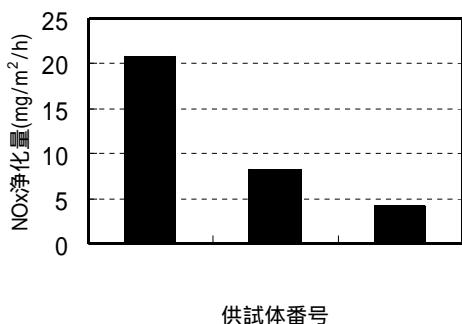


図 - 13 NOx浄化量

室内評価試験におけるNOx浄化量は、試験から得られたNOx除去量(μmol)を硝酸量の1m²、1時間当りに換算した値である。セメント系供試体では、屋外評価試験及び室内評価試験から算出したNOx浄化量は、屋外評価試験が6.9mg/m²/h、室内評価試験が8.2mg/m²/hと、ほぼ一致していた。また現地条件を想定して行った試験においても5.2mg/m²/hと、通常のJIS条件の試験よりは下がるもののほぼ同一レベルのNOx浄化量が得られた。

また、屋外評価試験は行っていないが、施工時利用した光触媒を固着した供試体、新規開発品の室内評価試験は、樹脂系供試体を除きセメント系では16～34mg/m²/hの高いNOx浄化量が得られた。

NOx浄化量(mg/m²/h) = NOx除去量(μmol)/5(h)/0.005(m²) × 62/1000として求めた。

セメント系に関して、供試体の経時的な変化に伴うNOx浄化量は、図 - 13に示すとおりである。

ここでは供試体と同一状態でNOx除去舗装が現

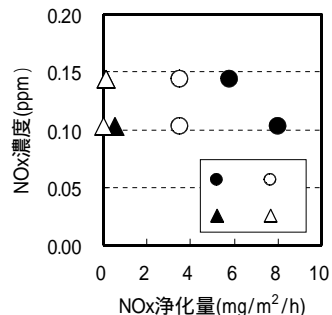
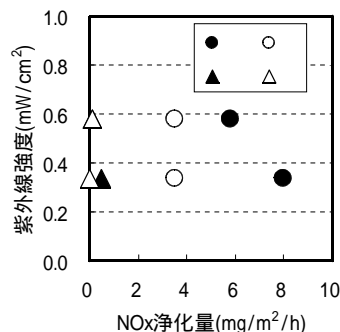
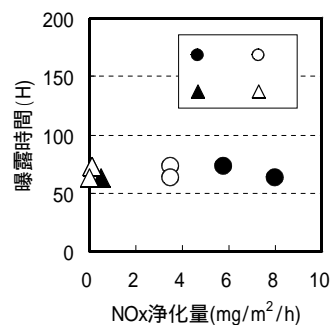
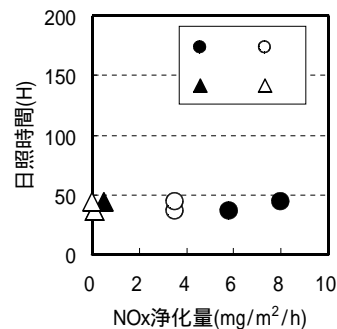


図 - 14 NOx浄化量と気象条件の関係

場施工されたと仮定した。平成13年試験施工箇所(環状7号線)では、NOx浄化量は20.8mg/m²/hあったと考えられた。供用3年目の供試体のNOx浄化量は、初期の約20%の4.2mg/m²/hとなっていた。研究所構内で3年間暴露した供試体は、初期の約40%に低下しているため、NOx浄化量の低下の原因は、車の走行による摩耗等であると考えられるが、その他自然状

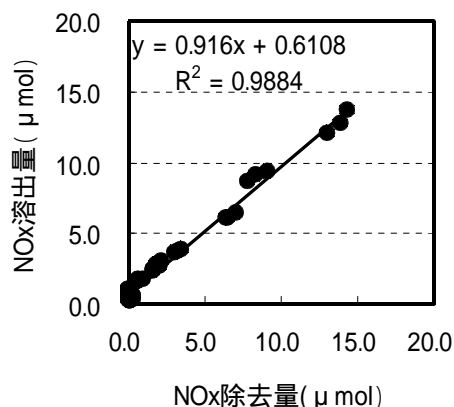


図 - 15 NOx除去量とNOx溶出量の関係

態での劣化も大きいと考えられた。

(4) 屋外評価試験のNOx浄化量と気象等の関係

2回の屋外評価試験において得られたNOx浄化量と気象等の関係を調べた。NOx浄化量に対する日照時間、暴露時間、紫外線強度、NOx濃度との関係は、図 - 14に示すとおりである。

1、2回目暴露とも日照時間、暴露時間、紫外線強度、NOx濃度はほとんど同様であったため、溶出硝酸量から算出したNOx浄化量と上記項目の間の関連性を見いだすことはできなかった。

(5) 低騒音舗装供試体からの硝酸イオンの溶出

屋外評価試験及び室内評価試験において、低騒音舗装供試体 から硝酸イオンが溶出することが確認された。屋外評価試験では、試験箇所に暴露した低騒音舗装の供試体から1m²あたり20 ~ 60mgの硝酸イオンが検出された。原因は不明であるが、舗装材からの硝酸イオンの溶出が考えられた。

ここでは室内評価試験の再生効率の試験結果より、10×5×2cm(体積; 100cm³)から溶出する硝酸イオン量を算出し、その値から屋外評価試験での供試体30×30×5cm(体積; 4500cm³)に含有される硝酸量の試算を行った。試算手順を以下に示す。

室内評価試験から得られたNOx除去量と、溶出試験からの溶出量のプロットを行い、JIS法の供試体からの硝酸イオンの溶出量を求めた。

室内評価試験と屋外評価試験の供試体の大きさの換算を行い、屋外評価試験の供試体から溶出する硝酸イオン量を算出し、屋外評価試験の結果と照合

した。

図 - 15より、室内評価試験の供試体から0.611 μmol (y切片)の硝酸が溶出する。この値を屋外評価試験の供試体に換算すると18.9mg/m²と試算された。

$$\begin{aligned} \text{ここで、NO}_3^- \text{量} 0.611 \mu\text{mol} &= 62 \mu\text{g} \times 0.611 \\ &= 37.88 \mu\text{g}/100\text{cm}^2 = 1705 \mu\text{g}/4500\text{cm}^3 \end{aligned}$$

屋外評価試験時には供試体から1705 μgのNO₃⁻が溶出すると仮定すると

1m²当たりでは、1705 μg/0.09m² = 18.9mg/m²となる。

この値は実際の試験で測定された20mg ~ 60mg/m²とほぼ同じレベルではあるが、屋外評価試験の低騒音舗装供試体はさらに大きい値となっていた。また、室内評価試験におけるNOx除去量とNOx溶出量の差が特に大きいのは、セメント系供試体 であり、その差は1.0 μmolであった。

1.0 μmolの溶出量は、約31mg/m²(NO₃⁻)相当となる。しかし、屋外評価試験ではこの値以上のブランク値が検出されている。これからも判るように供試体から硝酸イオンが溶出することは確かである。原因については今後さらに検討する必要がある。

5. 光触媒の大気浄化量の試算

本調査で得られた室内評価試験(JIS条件の試験)のNOx除去試験結果よりNOx除去舗装における除去性能の試算を行った。試算を行った供試体は 、 、 のセメント系の3供試体とした。

NOx除去量は、供試体 20.8mg/m²/h(NO₃⁻)、供試体 8.2mg/m²/h(NO₃⁻)、供試体 4.2mg/m²/h(NO₃⁻)であった。

これらの舗装材が実際に施工された場合の環状7号線の浄化程度を推定した。

算出過程及び結果は、以下のとおりである。

(1) 算出条件

各供試体のNOx除去量(NO₂換算)は、次のとおりである。

供試体 は、20.8×46/62 = 15.4 日照時間を10時間とすると15.4×10 = 154 mg/m²/day(NO₂換算)。

供試体 は、8.2×46/62 = 6.1 日照時間を10時間とすると6.1×10 = 61 mg/m²/day(NO₂換算)。

表 - 2 大気浄化量の試算

供試体番号			
施工面積 ^m ²	475	475	475
Nox排出量mg/s	44.32	44.32	44.32
Nox浄化量mg/s	2.032	0.805	0.409
浄化割合%	4.6	1.8	0.9

供試体 は、 $4.2 \times 46/62 = 3.1$ 日照時間を10時間とすると $3.1 \times 10 = 31 \text{mg/m}^2/\text{day}$ (NO₂換算)。

交通量は、平成11年度交通センサスから環状7号線の代田地点の交通量45041(台/12時間・両方向)であったことから昼夜率1.5を掛けて総交通量67562台/日・両方向とした。

平均走行速度は、平成9年度道路交通センサス一般交通量報告書(箇所別基本表基本集計表)から平日の混雑時平均旅行速度18.3km/hであったことから20km/hとした。

(2) 算定方法

1) 排出量

交通条件：平日の日交通量67562台/日

時間交通量2800台/時とした。

大型車混入率：22.0%

平均走行速度：20km/h

排出係数²⁾：大型車5.36g/km台

小型車0.315g/km台

大型車排出量： $616 \text{台/時} \times 5.36 \text{g/km台} \div 3600 \div 1000 \times 1000 = 0.917 \text{ mg/s} \cdot \text{m}$

小型車排出量： $2184 \text{台/時} \times 0.315 \text{ g/km台} \div 3600 \div 1000 \times 1000 = 0.191 \text{ mg/s} \cdot \text{m}$

大型車排出量 + 小型車排出量 = $0.917 + 0.191 = 1.108 \text{ mg/s} \cdot \text{m}$

単位長さ当たりのNOx排出量は $1.108 \text{ mg/s} \cdot \text{m}$ 。

NOx除去舗装の施工延長は40m、面積は475m²であった。

施工区間におけるNOx排出量は $1.108 \times 40 = 44.32 \text{mg/s}$ (発生量)。

2) NOx浄化量

NOx浄化量の試算結果は、表 - 2に示すとおりである。算定は、以下のとおり行った。

供試体 の場合

道路延長40m当たりの除去量 = $475 \text{m}^2 \times 15.4 \text{mg/m}^2/\text{h} \div 3600 = 2.032 \text{mg/s}$

供試体 の場合

道路延長40m当たりの除去量 = $475 \text{m}^2 \times 6.1 \text{mg/m}^2/\text{h} \div 3600 = 0.805 \text{mg/s}$

供試体 の場合；

道路延長40m当たりの除去量 = $475 \text{m}^2 \times 3.1 \text{mg/m}^2/\text{h} \div 3600 = 0.409 \text{mg/s}$

NOx排出量に対する沈着除去量の割合は、次のとおりである。

供試体 の場合は、

$$2.032/44.32 \times 100 = 4.6(\%)$$

光触媒が活性状態(日中)では排出量の4.6%が光触媒に沈着除去されると推定した。

供試体 の場合は、

$$0.805/44.32 \times 100 = 1.8(\%)$$

光触媒が活性状態(日中)では排出量の1.8%が光触媒に沈着除去されると推定した。

供試体 の場合は、

$$0.409/44.32 \times 100 = 0.9(\%)$$

光触媒が活性状態(日中)では排出量の0.9%が光触媒に沈着除去されると推定した。

以上から、NOx除去舗装施工面積475m²の場合、供用初期の浄化量の割合は4.6%、供用後3年では0.9%と推定した。

6. まとめ

今回得られた結果をまとめると、次のとおりである。

屋外評価試験によるNOx除去量の結果と、室内評価試験を現道のNO濃度、紫外線強度の実測条件で行った結果は、ほぼ一致した。

今回検討した室内評価試験法のJIS R 1701-1:2004は、試験条件(NO濃度、紫外線強度)を現道の環境条件で行うことにより、性能評価試験として十分適用可能であることを確認した。

セメント系のNOx除去舗装は、供用後3年目で摩耗等の影響により、NOx除去性能が施工直後の20%程度に低下した。

樹脂系のNOx除去舗装は、NOx除去性能が低かった。

NOx除去性能を評価する場合、屋外評価試験法

(舗装材暴露 硝酸量測定)では、低騒音舗装(バンク)供試体からの硝酸イオンの溶出量を正確に把握する必要がある。

環状7号線のNOx除去舗装試験施工箇所(施工面積475m²)の場合、供用初期の浄化量の割合は4.6%、供用後3年では0.9%と推定した。

7. あとがき

現道のNO濃度、紫外線強度を用いてJISに準拠した室内評価試験を行うことによって、現道でのNOx除去性能を、ある程度把握できることがわかった。

今後は、NOx除去舗装の機能の持続性についてさらに検討するとともに、環境改善効果についても、明らかにしていく必要がある。

参 考 文 献

- 1) 武本敏男、峰岸順一、小林一雄：NOx除去舗装における窒素酸化物(NOx)の除去効果、東京都土木技術研究所年報、p89-96、2003.9
- 2) 国土技術政策総合研究所：自動車排出係数の算定根拠、国土技術政策総合研究所資料、NO.141、平成15年12月