

# 都市道路における総合的な環境改善を目的とした

## NOx 低減型遮熱性舗装 に関する検討

株式会社 NIPPO コーポレーション 技術研究所 吉中 保  
同 上 岩間将彦  
長島特殊塗料株式会社 技術本部 石村孝一  
同 上 瀬川裕之

### 1. はじめに

道路交通騒音の低減など沿道環境の保全に関する社会的要請が高まる中で、低騒音性や雨水浸透性を有する排水性舗装の施工実績が急速に拡大している。そして近年ではヒートアイランド現象など都市部での暑熱環境問題が広く取り上げられるようになり、路面温度の上昇を抑制して大気への顕熱輸送量低減や歩行環境の改善を図る、保水性舗装や遮熱性舗装<sup>1)2)</sup>が開発されてきている。

一方で、都市部の大気環境の保全も重要な課題であり、NOx(窒素酸化物)は光化学オキシダントや浮遊粒子状物質(SPM)などの原因物質となることから、特に自動車交通が集中して大気環境基準の確保が困難な地域を対象に自動車 NOx・PM 法<sup>3)</sup>が施行されるなど、環境基準の達成に向けた施策が進められている。しかし、自動車 NOx・PM 法の対策地域における二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)の環境基準達成局の割合は 81%(平成16年度、自動車排出ガス測定局)<sup>4)</sup>にとどまり、低公害車の開発や普及など起因側の対策を中心に進められているものの、未だ解決には至っていないのが現状である。そのような中で、舗装からの取組みとして NOx 除去舗装の検討<sup>5)6)</sup>も鋭意行われてきている。

そこで筆者らは、都市特有のこれら環境の課題に対して、総合的に対処できるような複合機能型の舗装技術の開発が望まれると考え、遮熱性舗装に NOx 除去性能を付加した新しい技術について検討を行った。本論文は、開発した NOx 低減型遮熱性舗装の概要と、得られた温度低減性能や NOx 除去性能、さらに諸性能の高性能化や実用性について検討した結果を報告するものである。

### 2. NOx低減型遮熱性舗装について

#### 2-1. 開発の方針

NOx 低減型遮熱性舗装(以下、本技術)は、排水性舗装を母体とする遮熱性舗装に NOx 除去性能を付加したものである。遮熱性舗装は日射の蓄熱を遮断し、路面温度の上昇を抑制するもので、一般的には遮熱コート材を舗装表面に塗布する方法が行われている。この方法は排水性舗装を母体とした場合に空隙を保持でき、低騒音性や雨水浸透性との機能両立が図りやすい。そこで本技術では NOx 除去性能を付加した新しいコート材を開発し、舗装表面に塗布する表面処理による方法とした。

本技術を開発するに当たっては、適用対象が都市部道路で交通供用に対する効果の持続性確保が重要になると考え、NOx 除去性能を付加した遮熱コート材には耐摩耗性に優れた樹脂材料をベースに使用することとした。

図-1に、開発した本技術の塗膜構成を示し、表-1に各コート層の役割と概要を示す。なお、光触媒には紫外線下で酸化作用の働きを示す酸化チタンを使用している。

#### 2-2. コート層と得られる効果

表-1のとおり、各コート層にはそれぞれ設置する理由と期待する効果があり、路面温度の低減効果を得るコート層は光触媒固定層(以下、固定層)と遮熱コート層で、NOx 除去効果を得るコート層は固定層と光触媒活性層(以下、活性層)である。

##### (1) 温度低減効果の発現

路面温度の低減には、これまで筆者らが開発してきた遮熱性舗装技術をベースとしており、熱反射性顔料等の

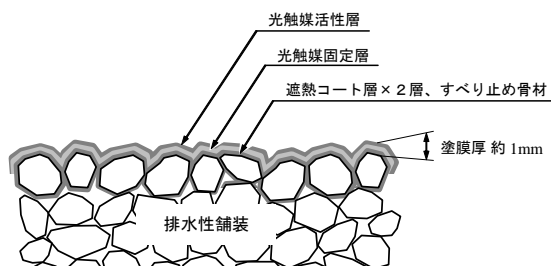


図-1 本技術の塗膜構成

表-1 各コート層の役割と概要

塗膜構成	主たる目的と内容	
光触媒活性層	・NOx 除去性能	・光触媒固定層と一体的に構築して、塗膜表面に光触媒を露出しやすくする。 ・あらかじめ光触媒が露出した塗膜表面にすることで、施工直後から供用中にわたり優れたNOx 除去性能を得やすくする。
光触媒固定層	・NOx 除去性能 ・温度低減性能	・無機系樹脂をベースに、光触媒や熱反射性顔料(無機系)などを配合。 ・光触媒の強力な酸化作用に対して、塗膜が自己劣化(破壊)しにくい安定した材料構成としている。
遮熱コート層 (2層)	・温度低減性能 ・すべり抵抗性 ・光触媒固定層と母体舗装との隔絶	・通常の遮熱性舗装用コート材を使用し、MMA樹脂をベースに、路面温度低減に有効な熱反射性顔料(有機系)や中空微細粒子などを配合する。 ・すべり止め骨材を2層間に散布・固定し、すべり抵抗性を確保する。 ・強力な酸化作用を有する光触媒固定層と母体アスファルト舗装とを隔絶して、持続的な塗膜を構築する。

機能材料を固定層と遮熱コート層に配合している。遮熱コート層は遮熱性舗装に使用しているものと同様のもので、日射反射特性に最も優れた有機系の熱反射性顔料を配合している。一方の固定層には、強力な酸化作用を有する光触媒を配合する必要があるため、これに対して材料的に安定した無機系のコート材樹脂ベースと熱反射性顔料を選択して使用している。無機系の熱反射性顔料は有機系のものとは比べた場合、日射反射特性がやや劣る傾向があるが、本技術においては無機系の中から最も優れたものを選択している。

## (2) NOx除去効果の発現

本技術の NOx 除去効果は、固定層と活性層により得られる。固定層のコート材ベースに樹脂材料を使用した場合に課題となるのは、硬化した塗膜がプラスチックの板状となるため、表面に露出する光触媒が固定層に含まれる全体の一部分に限られてしまうことである。このため、大気中の NO に触れる光触媒は全体的に少なくなり、期待する NOx 除去効果が得られにくい。

そこで、本技術では光触媒の配合比率を高めたチタニアゾルによる活性層を固定層の施工直後に薄く塗布して、NOx 除去効果を高めるようにしている。また、この活

性層には特殊添加剤を加えており、これにより施工時に固定層と一体的に硬化するように工夫してある。

このように、本技術では、活性層により光触媒が表面に多く露出するようにすることで、施工直後から優れた NOx 除去効果を発揮するようにしている。また長期的には、活性層や固定層表面が仮に一部摩耗しても固定層内部の光触媒が新たに表面に露出してくることで、効果が持続的に発揮されるような形態を取っている。

## (3) 低騒音性、雨水浸透性の確保

排水性舗装の施工実績が急速に拡大している都市部道路を主たる適用対象と考えた場合、これと同等の低騒音性や雨水浸透性の確保は重要である。そこで本技術は遮熱性舗装と同様に、排水性舗装を母体として低騒音性などとの両立を図ることとしている。

## 3. 基本性能の検討

ここでは、表-2に示す種類の固定層用コート材を製作して、諸性能を検討した結果を示す。なお、活性層と遮熱コート層の配合は一定とした。

### 3-1. 温度低減性能

温度低減性能を評価する試験方法について、現在定められた方法はない。そこで、ここでは遮熱性舗装技術研究会が提案する「室内照射試験方法」を用いて評価することとした。図-2は、ポーラスアスファルト混合物(以下、ポーラス混合物)にコート材を所定量塗布した供試体の室内照射試験結果で、固定層には表-2の固定層-10を選択し、コート層全層の明度<sup>7)</sup>は N-48(灰色)であった。標準として、塗布しないポーラス混合物も用意した。

図より、ランプを照射して標準供試体の表面が 60℃に達した際の活性層表面での温度は約 49℃で、温度低減量は 11.5℃であった。これは比較用として試験した遮熱性供試体(明度<sup>7)</sup> N-40、濃灰)の温度上昇カーブよりわずかに高いものの、表面温度の上昇を抑制して、通常遮熱性舗装に匹敵する温度低減効果を有することを示した。

表-2 光触媒固定層の配合

		光触媒固定層の種類		
		固定層-10	固定層-17	固定層-24
顔料配合 (%)	光触媒(酸化チタン)	10.0	17.2	23.7
	着色顔料(熱反射性)	0.4	0.7	0.9
	体質顔料	89.6	82.1	75.4
コート層全層の明度		N-48(灰色)		

注：・上記配合は、固定層用塗料中の全顔料分(樹脂を除く)に対する重量配合である。  
・体質顔料とは塗膜の強度改善を図ることを目的として配合するもので、着色を目的とした着色顔料とは区別して使用している。  
・明度は塗料用標準色見本帳(社)日本塗料工業会)による。

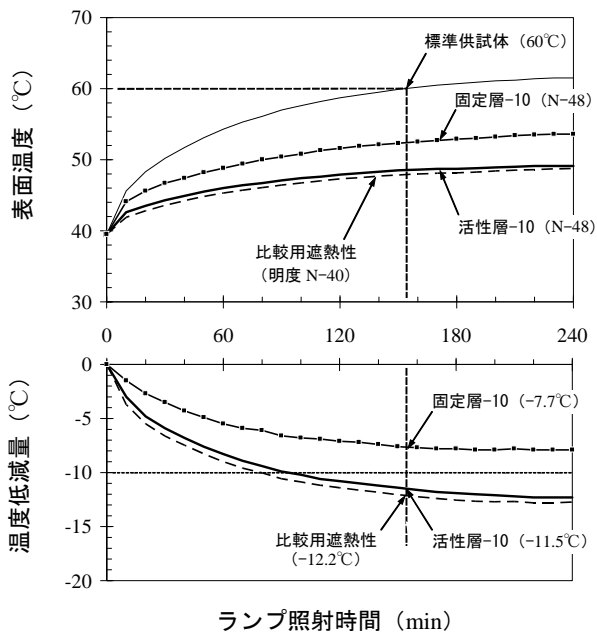


図-2 ランプ照射による供試体表面温度の変化

一方、固定層表面の温度は活性層よりも高めになる傾向があり、温度低減性能は 7.7℃であった。このことは、交通供用に対する効果の持続性の観点から性能を改善していく必要があるといえ、その結果は 6. で後述する。

### 3-2. NOx除去性能

NOx 除去性能を評価する方法としては現在、JIS R 1701-1:2004 (ファインセラミックス—光触媒材料の空気浄化性能試験方法)が定められているが、ここではその制定以前から類似した方法で実施してきた試験条件(以下、自社従来法)での検討結果を示し、JIS に準拠した場合(以下、JIS 法)の結果については 6. で後述する。

試験装置を図-3に示し、表-3に自社従来法と JIS 法の試験条件を示す。図の試験装置は、密閉した容器中の供試体表面に紫外線を照射しながら NO ガスを流して、排出されるガス濃度を測定するもので、供試体表面の狭い空間を通過する際の光触媒の酸化作用による NO 濃度の変化などを評価する。なお、JIS 法との差異で試験結果に大きな影響を与えると思われる項目としては、NO ガスの供給流速が挙げられる。自社従来法では JIS 法に比べ約半分の 1.5L/min であるため、容器内では NO が除去されやすい結果になるものと予想される。

図-4は、自社従来法で NOx 除去反応後の NO 濃度を測定した例で、固定層の種類は表-2の固定層-24である。図より、試験容器から排出される NO 濃度は紫外線照射にともない減少し、活性層まで全層コートした供試体については約 60 分経過時までほぼ 0ppm に保つ除去性能

表-3 NOx 除去性能の試験条件

		自社従来法	JIS 法
供試体	寸法 (mm)	300×200×50	50×100×20
	母体の種類	ポーラス混合物	
NOガス供給	濃度 (ppm)	1.0	1.0
	流速 (L/min)	1.50	3.33
	空間高さ (mm)	5	
紫外線照射	強度 (W/m <sup>2</sup> )	6	10
	時間 (min)	60	300

注：・自社従来法はJIS規定前に設定した当社独自の試験条件で、NOとNO<sub>2</sub>の濃度は化学発光式NOxガス分析計を用いて測定した。  
・JIS法はJIS R 1701-1:2004に準拠(供試体の母体と厚さ以外はJISと同一条件)

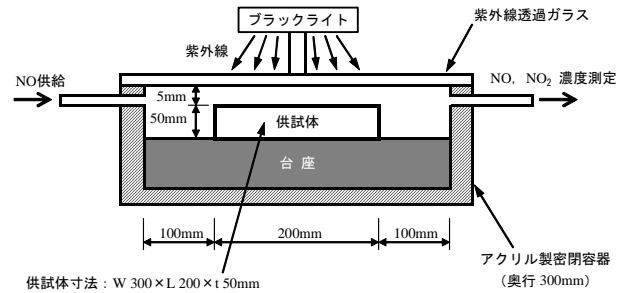


図-3 NOx 除去性能試験装置(自社従来法)

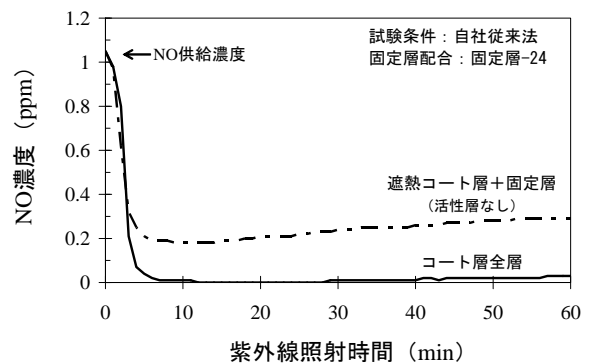


図-4 NOx 除去反応後の NO 濃度変化

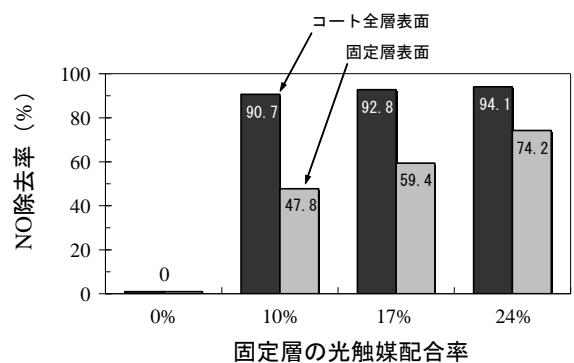


図-5 固定層の光触媒配合率と NO 除去率の関係

を有していることがわかった。固定層表面で評価した場合には約 0.2ppm 残存し、活性層の効果が現れている。

一方で、NO 供給濃度に対する NO 除去量(供給濃度から NO 濃度を差し引いた値)の割合を 60 分間平均したものを NO 除去率と定義し、固定層中の光触媒配合率と

の関係を示したのが図-5である。図より、固定層表面での NO 除去率は、配合率 10%で 47.8%、配合率 24%で 74.2%と、光触媒の配合率が増えるとともに NO 除去率が向上することがわかる。また、コート層全層を塗布したものは除去率が 90%を超えており、光触媒配合率 24%のものは 94.1%である。したがって、コート層全層の NO 除去率は固定層の光触媒配合量の影響を受け、道路舗装用としての耐久性を得ながら他の性能とのバランスをとることが重要であることがわかる。

### 3-3. 耐候性と性能の持続性

道路舗装に本技術を適用した場合、コート層は屋外に暴露された状態で供用されるため、日中には散乱日射を含めて常に日射を受けることになり、塗膜の強度的な耐久性とともに、諸性能の耐候的な耐久性も重要である。

ここでは、促進耐候性試験機を用いて促進劣化させた場合の温度低減性能および NOx 除去性能保持について評価した。促進耐候性試験機には QUV 試験機とサンシャインカーボンアーク燈式耐候性試験機を用い、試験内容に応じて使い分けた。試験内容と結果を表-4に示す。

表より、3-1.と同様にランプ照射した場合の単位時間当たり温度上昇量は、耐候性試験開始前が 0.34 °C/min であるのに対して、耐候性 1750 時間後が 0.36 °C/min であり、その比率で求めた性能保持率は約 94%であった。一方の NOx 除去率については、耐候性試験開始前の NO 除去率が 94.9%に対して、試験 500 時間後が 92.9%と、同様に性能保持率は約 98%であった。塗膜の目視観察からも割れなどは見られなかった。

以上より、コート層とその性能は耐候性に優れ、長期暴露に対する耐候的な耐久性を有している。

表-4 耐候性試験の結果

		温度低減性能		NOx 除去性能		塗膜の目視評価
使用した促進耐候性試験機		QUV 試験機		サニイ化耐候性試験機		QUV 試験機
供試体	寸法 (mm)	50×100×5		50×100×50		50×100×5
	母体の種類	スレート板		ポーラス混合物		スレート板
照射試験時間 (h)		0	1,750	0	500	1,750
単位時間当たり温度上昇量 (°C/min)		0.34	0.36	-		-
NO 除去率 (%)		-		94.9	92.9	-
耐候性試験後の性能保持率 (%)		94.1		97.9		-
目視評価結果						塗膜の変色や割れを認めない

注：・ QUVはASTM G-53に準拠  
 ・ QUV 1,750時間は、目安として太陽光下の屋外暴露約7年間に相当するといわれている。  
 ・ 「単位時間当たり温度上昇量」は、遮熱性舗装技術研究会が提案する「室内照射試験方法」に準拠して供試体のランプ照射試験を実施したのち、照射30分後までの1分間当たり温度上昇量の平均値を求めたもの。  
 ・ サンシャイン耐候性試験機による紫外線照射方法は、舗装試験法便覧別冊に準拠した。  
 ・ NO除去率は、NO供給濃度に対するNO除去量の割合を60分間平均したものの。  
 ・ NO除去率の試験条件は自社従来法である。

### 3-4. 摩耗を想定したNOx除去効果の持続性

ここでは、交通供用によりコート層が摩耗を受けた場合を想定し、排水性舗装にコート層全層を塗布した供試体を用意して、舗装表面(自動車タイヤと接する面)を各レベルまで研磨した場合の NO 除去率を検討した。試験方法は自社従来法で、試験結果を図-6に示す。

図より、研磨していないコート層全層の NO 除去率が 94.1%であるのに対して、研磨して固定層を露出させた場合は 83.1%となり、さらに研磨して遮熱コート層を露出させた場合には 40.6%へと低下した。参考として試験した、活性層を塗布していない固定層までの供試体の試験結果も含めて考察すると、舗装表面を研磨した場合の空隙部分は活性層までを含めて全層が残っており、表面積に対する研磨面積は限定的であるため、活性層を塗布していないもの(74.2%)に対して固定層まで研磨露出したもの(83.1%)の方が NO 除去率が高い結果が得られている。NO ガスと紫外線は表面から見える舗装空隙部分にも当たって NOx 除去効果を発揮するため、仮に表面部分の摩耗が発生してもその影響は限定されるといえる。

### 3-5. コート層の塗膜性状

コート層全層の塗膜性状について検討した結果を表-5に示す。表より、アスファルト混合物に塗布した供試体の冷熱繰返しに対して、塗膜の割れやはがれは無く、安定している。また、テーパー摩耗量は 0.67g であり、比較用として試験した半たわみ性舗装用超速硬型セメントミルクの 2.15g に対し 1/3 程度である。

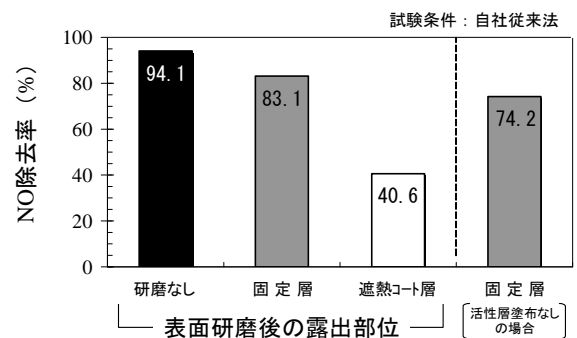


図-6 摩耗を想定した塗膜研磨と NO 除去率の関係

表-5 コート層の塗膜性状

	試験方法	試験結果	試験の概要
耐冷熱繰返し性	JIS K 5600	冷熱の繰返しに対して、割れや膨れ、はがれを認めない。冷熱繰返しに耐える。	アスファルト混合物の供試体に所定量のコート材を塗布して、-10°C/5時間 ⇄ 60°C/5時間を20回繰返し、塗膜の状況を観察する。
テーパー摩耗量 (g)	舗装試験法便覧別冊	0.67 参考値 <sup>注</sup> 2.15	所定の試験条件 <sup>注</sup> における摩耗量を測定する。

注：・ テーパー摩耗量の試験条件は、摩耗輪H-22、回転数1,000回、回転速度60rpm、試験温度20°C  
 ・ テーパー摩耗量の参考値は、半たわみ性舗装用超速硬型セメントミルク (7日経過時)

#### 4. 構内試験施工における路面性状の検討

当社構内において試験施工を実施し(写真-1), すべり抵抗性などの路面性状を中心に検討を行った。排水性舗装を母体として、既設密粒度舗装上に実機(アスファルトフィニッシャ、ローラ)を用いて舗設した。

表-6より、本技術のすべり抵抗性は母体排水性舗装と同程度の値が確保されており、図-1に示したすべり止め骨材が効いている。現場透水量は 1,335mL/15sec で空隙を確保しており、低騒音性も排水性舗装と同レベルの性能が得られるものと期待できる。

#### 5. 実路試験舗装における諸性能の検討

以上の検討結果をふまえ、平成18年7月に広島市内の実道で試験舗装を実施し(写真-2), 路面温度の測定と現場施工時に塗布した供試体による NOx 除去性能を評価した。施工直前に調査した交通量は大型車交通量が約 250 台/日・方向で、交通量区分 N5 に相当する。ただし、普通車は 5,000 台/日・方向を超えている。

既設密粒度舗装を厚さ 5cm で切削オーバーレイして排水性舗装を構築し、延長 30m、幅員 8m について本技術を適用した工区を設けた。

舗装表面下約 1cm に熱電対を埋設し、本技術(以下、NOx 遮熱工区)と通常の排水性舗装(以下、標準工区)について、夏季1週間にわたり路面温度を測定した結果を図-7に示す。図より、標準工区の最高表面温度は 55 ~ 60℃に達しているのに対して、NOx 遮熱工区は約 45℃にとどまり、温度低減量は 11.1 ~ 12.7℃であった。

一方、施工時に現場で塗布した供試体の NO 除去率は



写真-1 コート材の塗布状況(構内試験施工)

表-6 構内試験施工での路面性状結果

		工 区		
		標準排水性	NOx低減型遮熱性	
すべり抵抗性	BPN	59	63	
	DFT μ	40 (km/h)	0.55	0.58
		60 (km/h)	0.51	0.53
現場透水量	(mL/15sec)	1,348	1,335	

注：・両工区の排水性舗装は厚さ5cm、目標空隙率20%、13mmTOP  
・各試験方法は舗装試験法便覧および同別冊に準拠した。

96.3%(自社従来法)で、これまでの検討の中でも良い性能を示した。供用履歴を受けた性能の持続性については、今後コアを採取して NOx 除去性能試験を行うなどで確認したいと考えている。現場透水量は 1,079mL/15sec を確保しており、聴覚による評価ではあるが標準工区の排水性舗装と同程度のタイヤ路面騒音の低減も認められる。



写真-2 実路試験舗装(手前が NOx 遮熱工区)

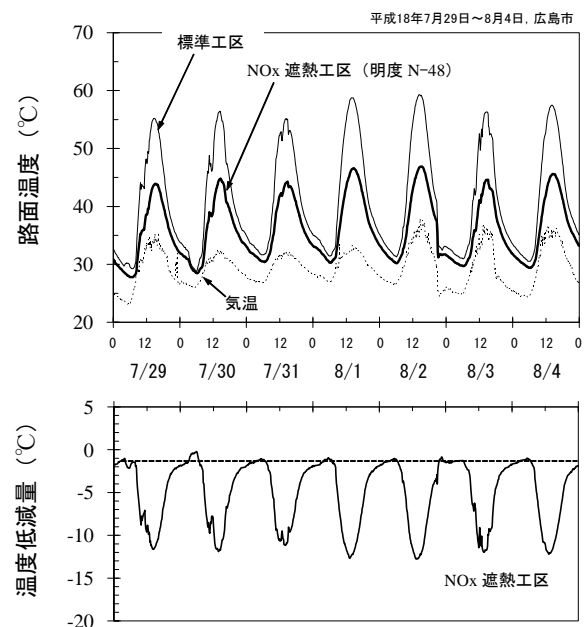


図-7 実路での路面温度の測定結果

#### 6. 高性能化とJIS法による性能評価

前述した 3. では固定層の性能がコート層全層の性能に影響を与えることがわかり、光触媒の増量化や明度の濃色化について検討の必要性が感じられた。そこで、固定層を中心とした高性能化について検討し、遮熱性を求めない NOx 除去コート材(非遮熱タイプ)の可能性と、JIS法(表-3)による NOx 除去性能の評価も行った。

表-7は、検討した固定層の顔料配合と、自社従来法による NO 除去率を示したものである。図-8は、図-2と同様に試験したランプ照射による温度低減性能の試験結果で、固定層-50(表-7)の結果を示した。図より、3-1.で

検討した固定層-10(明度<sup>7)</sup>N-48, 灰)の温度低減量 7.7℃に対して, 固定層-50(同 N-40, 濃灰)は 10.8℃と, 濃色化を図りながら温度低減性能の向上がみられた。また, 固定層の性能改善にもなって活性層表面での温度低減量も向上し, 12.3℃が得られた。これより, 比較試験した遮熱性舗装と同等の明度で, 同程度の温度低減性能が得られた。一方, NO 除去率は 96%以上であり, 非遮熱タイプ(98%)も含めて光触媒を増量した効果が現れた。

次に, JIS 法による NOx 除去性能の試験結果を表-8に示し, 固定層-40(表-7)を用いた本技術と比較用セメント系(当社従来技術)およびポーラス混合物の試験結果を示す。なお, 表-8の NOx 除去量は NO 除去量(真の除去性能)から供試体による NO<sub>2</sub> 生成量や NOx 脱着量を差し引いた値であり, 実除去量とは母体であるポーラス混合

表-7 コート材の高性能化配合と NO 除去率

		光触媒固定層の種類		
		固定層-40	固定層-50	非遮熱-50
顔料配合 (%)	光触媒(酸化チタン)	40.0	50.0	50.0
	着色顔料	20.0	25.0	16.7
	体質顔料	40.0	25.0	33.3
コート層表面の明度		N-40(濃灰色)		
NO 除去率 (%)		96.8	97.7	98.0

注: ・上記配合は, 固定層用塗料中の全顔料分(樹脂を除く)に対する重量配合である。  
 ・体質顔料とは塗膜の強度改善を図ることなどを目的として配合するもので, 着色を目的とした着色顔料とは区別して使用している。  
 ・明度は塗料用標準色見本帳(社)日本塗料工業会)による。  
 ・NO除去率の試験条件は当社従来法である。  
 ・NO除去率は, NO供給濃度に対するNO除去量の割合を60分間平均したものである。

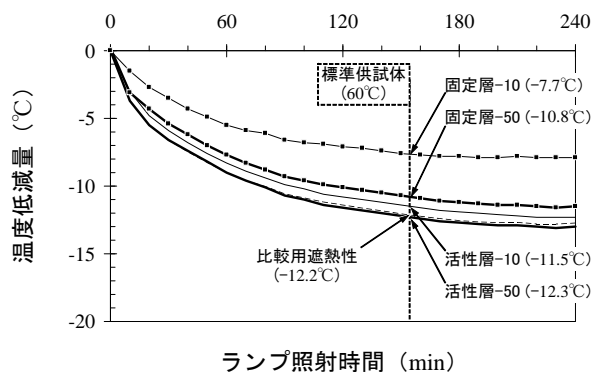


図-8 ランプ照射による温度低減性能の試験結果

表-8 JIS 法による NOx 除去性能の試験結果

		NO 除去量 ( $\mu$ mol)	NOx 除去量 ( $\mu$ mol)
NOx低減型遮熱性供試体 (本技術)	①	13.13	8.94
	実除去量 ①-③	12.94	8.78
セメント系NOx低減供試体 (比較用)	②	3.76	3.15
	実除去量 ②-③	3.57	2.99
ポーラス混合物供試体 (ブランク)		③	0.19

注: ・JIS法はJIS R 1701-1:2004に準拠し, 試験条件は表-3に示すとおりである。  
 ・供試体はポーラス混合物にコート材を所定量塗布したものである。  
 ・NOx低減型遮熱性供試体(①)に用いた固定層は「固定層-40」とした。  
 ・セメント系(②)は当社従来技術

物の試験値をブランクとして差し引いた値である。

表-8より, 本技術の NO 実除去量は 12.94  $\mu$ mol で NOx 実除去量が 8.78  $\mu$ mol であり, これに対してセメント系は同様に 3.57  $\mu$ mol, 2.99  $\mu$ mol であった。このことから, 樹脂をベースに開発した本技術の性能は, 当社従来技術のセメント系よりも高い除去レベルにあることが JIS 法による評価結果からわかった。

## 7. まとめ

- ①温度低減性能はランプ照射試験と実路測定で約 12℃であり, 遮熱性舗装と同レベルの性能が得られた。
- ②NOx 除去性能は自社従来法で 96%を超える NO 除去率が得られたことを確認し, JIS 法でもセメント系当社従来技術より NOx 除去量が優れている。
- ③本技術は上記両機能の耐候的な耐久性に優れている。また, 長期供用時のコート層摩耗に対する NOx 除去性能への影響は限定され, 持続性が期待できる。
- ④試験舗装等の結果から排水性舗装と同等の現場透水量が確保でき, 低騒音性も認められる。

## 8. おわりに

本検討では, 開発した NOx 低減型遮熱性舗装の諸性能を検討し, 有効性を見出した。今後は実道での検証を進めて, 性能の持続性や耐久性などを確立していきたい。本技術が都市特有の様々な環境の課題に対して, 道路舗装から包括的な対策に貢献できることを期待し, 今後の環境改善の進展に一助となれば幸いである。

最後に, 試験舗装の機会を与えて頂いた広島市, ならびにご協力頂いた関係各位に御礼を申し上げます。

### [参考文献]

- 1) 吉中保, 根本信行: 路面温度のヒート抑制を目的とした機能性舗装に関する一検討, 土木学会舗装工学論文集第 6 巻, pp. 29~38, 2001. 12
- 2) 木内豪, 吉中保, 深江典之: ヒートアイランド低減効果を目指した高性能の遮熱性舗装の開発, 舗装, pp. 7~11, 2004. 10
- 3) 自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法, 平成4年法律第70号
- 4) 環境白書, 平成18年版
- 5) 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, 平成15年東京都土木技術研究所年報, pp. 89~96, 2003
- 6) 竹谷徹: 光触媒舗装の取組み, 舗装, pp. 26~30, 2004. 7
- 7) (社)日本塗料工業会, 塗料用標準色見本帳