

Ⅲ 光触媒による窒素酸化物分解建材

- 1 光触媒の概要

去作用を発揮すると考えられる（図中の〔b〕参照）。また、降雨時には除去した汚染物質が降水によって洗い流されるので（図中の〔c〕参照）、触媒活性が回復し、結果として半永久的に汚染物質を浄化することが可能である。また、窒素酸化物の他、二酸化硫黄等の汚染物質の除去も可能である光触媒を建材に用いる場合、長期的には建材から剥離・脱落が起こるという問題点があるが、現在ではフッ素樹脂による建材への固定化技術が考案され、長期的な光触媒保持が可能になっている。

1．光触媒による大気浄化対策

ある種の結晶構造を持つ二酸化チタンは、光触媒反応（光によって物質を分解したり合成したりする作用）により大気中の水と酸素から非常に酸化力の強い酸素を生成する。この反応時に、窒素酸化物が硝酸イオンに分解されることが明らかになっている（図4-1）。

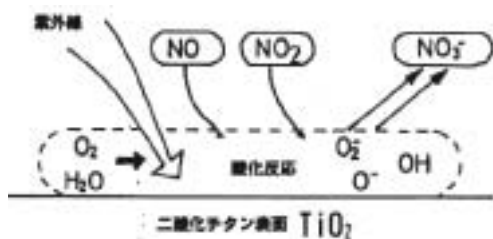


図4-1 光触媒による窒素酸化物浄化のしくみ

2．光触媒による大気浄化対策の概要

光触媒による大気浄化対策とは、二酸化チタンを含む建材等を利用することにより、上記の化学反応を利用して大気中の窒素酸化物を分解除去するものである。光触媒を用いた建材を屋外で使用した場合の窒素酸化物除去過程の概念図を、図4-2に示す。日中は太陽光で汚染物質を分解・固定するとともに（図中の〔a〕参照）、夜間でも吸着作用によりある程度の除

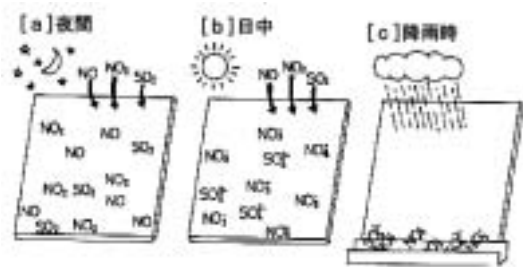


図4-2 屋外における光触媒の機能発現活性維持

3．光触媒による大気浄化対策の効果

光触媒による大気浄化効果の例を以下に示す。

(1) 除去率

竹内（1995）が光触媒の除去効果に関する屋内実験および屋外実験を行なった結果を表4-1に示す。

	汚染質	除去率	備考
室内実験結果	窒素酸化物	60%以上	
野外実験結果	窒素酸化物	75%～90% 50%～60%	日中 24時間平均
	二酸化硫黄	75%～80%	24時間平均

表4-1 光触媒による大気浄化システムのNO_x除去率

屋外の除去率については、空気流量にも依存するが光触媒反応が活発となる日中で75～90%の値を示して

いる。なお、図4 - 3に示すようなストリートキャニオンで光触媒を用いた建材を使用した場合（ビルの壁面や歩道の敷石等に使用）、キャニオン内空気中に含まれる窒素酸化物の約20%を除去できると推算している。

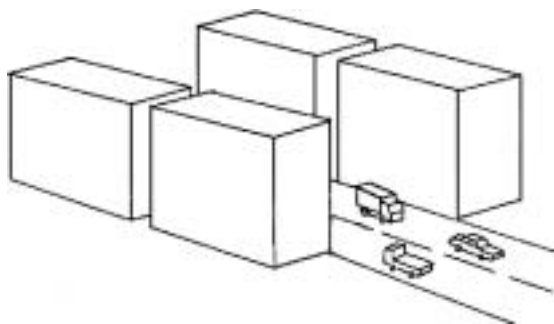


図4 - 3 ストリートキャニオン

(2) 耐久性

光触媒を用いた建材の大気浄化性能について、大阪府が行なった耐久性試験結果を見ると、7ヶ月間沿道で曝露しても、初期の浄化性能が維持されている。これは、光触媒を応用した材料が環境中で再生されながら、太陽光だけで継続的に大気中の窒素酸化物を浄化していることを示唆している。

また、設置してから10ヶ月経過後においても、建材表面では10%以上の窒素酸化物濃度の低減効果が認められるとともに、建材表面からの雨水流出物によるpHは概ね中性から弱アルカリ性で特に問題となる値ではなく、さらに光触媒による防汚性（汚れを浄化する効果）も確認されている。

- 2 大阪府の調査結果

に向けての課題等について整理を行ってきた。また、これらの成果を踏まえて、平成10年度には「光触媒を用いた新型遮音壁」を開発し泉大津市臨海町に設置、NOx等大気汚染物質浄化性能や環境改善効果について調査を実施してきた。

表5 - 1 に調査内容を示した。

大阪府では、「光触媒によるNOx分解建材」について平成7年度において基礎的な調査を実施し、その結果を基に平成8年度に大阪市西淀川区で試作建材の試験施工を行い、それ以降、光触媒建材の大気汚染物質浄化性能等について現地調査を実施し、耐久性及び経済性等のデータを取りまとめるとともに、広範な普及

年度	概 要	調査項目
平成8年度	酸化チタンメーカー等6社の協力により、施工可能な試作建材を作製し、大阪市西淀川区出来島に試験施工	・通気曝露試験 (持続性：1ヶ月連続、回復性：洗浄後、降雨回復：降雨後) ・屋外曝露による建材の経時変化 (目視、硝酸イオン脱離量) ・建材表面におけるNOx濃度低減効果実験 (PTIO法による測定・比較：表面と表面から50cm) ・建材によるNOx濃度低減実験 (施工両における通気試験) ・雨水流出物調査 ・有害物質調査 (通気曝露による)
平成9年度	平成8年度の調査結果を踏まえ改良建材テストピースを作製、窒素への還元を指向した改良触媒を用いたテストピースの作製	・通気曝露試験 (浄化係数による評価の導入、耐久性調査：8年度施工建材、9年度改良建材、触媒改良建材) ・屋外曝露による建材の経時変化 (目視、硝酸イオン脱離量) ・建材表面におけるNOx濃度比較試験 (NOx計による測定・比較：表面と表面から0.5、10、20.50cm) ・雨水流出物調査 ・雨水流出物の脱窒試験 (下水汚泥等と混合) ・防汚性調査 ・NOガスの分解(還元)試験 ・有害物質調査 (通気曝露による)

表5 - 1 (1) 各年度における調査内容

年 度	概 要	調査項目
平成 10 年 度	通気曝露試験等による耐久性の調査、平成8～9年度調査も含めた取りまとめ光触媒を応用した新型遮音壁の設置	・通気曝露試験 (耐久性調査: 8年度施工建軌9年度改良建材、触媒改良建材) ・建材表面におけるNOx濃度比較試験 (NOx計による測定・比較: 表面と表面から0.5、10、20、50cm) ・アンモニア存在下における建材表面硝酸イオンの脱硝試験 (アンモニア水塗布、アンモニア雰囲気下) ・防汚性調査 ・有害物質調査 (通気曝露による) ・改善効果の推定 ・経済性の評価 ・企業による開発(改良)状況調査 (メーカーヒアリング) ・事前調査 (新型遮音壁設置予定地域周辺環境濃度調査)
平成 11 年 度	光触媒を応用した新型遮音壁の設置後の大気環境調査、遮音壁の大気浄化性能調査、大気拡散モデルを用いたシミュレーション	・大気環境調査 (PT10法とNOx計を用いた明・暗条件における周辺濃度比較) ・浄化性能調査 (通気曝露試験、建材表面近傍におけるNOx濃度比較) ・雨水流出物調査 ・有害物質調査 (通気曝露、明・暗条件における周辺濃度比較) ・硝酸ミスト濃度調査 (通気曝露、明・暗条件における周辺濃度比較) ・植物によるNOx吸着速度調査 (文献調査、通気曝露) ・改善効果の推定 ・新型遮音壁施工前後の比較 ・大気拡散モデルを用いたシミュレーション
平成 12 年 度	大気汚染物質の浄化性能、耐久性、沿道大気環境の改善効果についてこれまでの成果と実用化に向けての課題についての取りまとめ及び局地汚染対策改善シミュレーションモデルの設計・開発及び地域の条件に応じた最適な施設的设计手法の検討	・現地調査 (通気曝露試験) ・有害大気汚染物質調査 ・環境改善効果予測・・・ ・シミュレーション方法の検討設計手法調査 (局地汚染地域におけるケーススタディ)

表5 - 1 (2) 各年度における調査内容

1. 調査に用いたNOx分解建材

調査に用いたNOx分解建材は、平成8年度において大阪市西淀川区出来島で試験施工を行った施工建材

(6種類)、平成9年度に改良を行った改良建材(6種類)、NOxをN₂に還元すること目的とした触媒改良建材(6種類)及び平成10年度に泉大津市臨海町に設置した新型遮音壁の計19種類である(表5-2参照)。なお、平成8年度以降の各年度における調査建材は、表5-3に示すとおりである。

種別	建材番号	建材の種類	ベース材	固着方法	触媒層厚	バインダー	主な用途先 改良点(改良建材・触媒改良建材)
施工建材	A	セメント吹付材	スレート板(5mm)	スプレー吹付	0.2mm	セメント	外壁装飾
	B	無機系塗料	スレート板(5mm)	塗布	0.1mm	無機質塗料	内外装用塗料
	C	無機系塗料	アルミ板(3mm)	吹付塗装焼付	0.02mm	シリカ系塗料	各種建材表面への塗布
	D	コーティングガラス	ガラス板(5mm)	ロールコート焼付	0.001mm	なし	ビル及び住宅用ガラス
	E	無機系塗料	ALC板(37mm)	塗装	0.1mm	シリカ系樹脂	各種建材表面への塗布
	F	道路用舗装材	インターロッキング (60mm)	セメント混合 一体成形	5~6mm	セメント	道路歩道等の舗装
改良建材	A1	セメント吹付材	スレート板(5mm)	アブリケーター	0.2mm	セメント	光触媒TiO ₂ の改良
	B1	無機系塗料	スレート板(5mm)	塗装	0.1mm	アルキルシリケート 系無機樹脂	塗膜の多孔質化
	C1	無機系塗料	アルミ板(SON)	塗装焼付	0.005mm	無機珪酸	塗膜の多孔質化・吸着剤の添加 塗料組成の改良
	D1	コーティングガラス	ガラス板(5mm)	スプレー塗布焼付	0.0015mm	シリコン樹脂 有機添加剤	塗膜の多孔質化 TiO ₂ 光触媒の高純度化
	E1	無機系塗料	ALC板(37mm)	塗装焼付	0.03mm	シリカ系樹脂	光触媒結晶子径の最適化
	F1	道路用舗装材	インターロッキング (60mm)	セメント混合 一体成形	15mm	セメント	セメントの改良、特殊薬剤の添加 光触媒及び触媒添加方法の改良
触媒改良建材	A2-1	セメント吹付材	スレート板(5mm)	アブリケーター	0.2mm	セメント	
	A2-2	セメント吹付材	スレート板(5mm)	アブリケーター	0.2mm	セメント	吸着剤の添加、光触媒活性の改良
	A2-3	セメント吹付材	スレート板(5mm)	アブリケーター	0.2mm	セメント	吸着剤の添加、光触媒活性の改良
	E2-1	無機系塗料	ALC板(37mm)	スプレー塗装焼付	0.05mm	シリカ系樹脂	チタニア・シリカ系光触媒
	E2-2	無機系塗料	ALC板(37mm)	スプレー塗装焼付	0.05mm	シリカ系樹脂	チタニア・シリカ系光触媒
	E2-3	無機系塗料	ALC板(37mm)	スプレー塗装焼付	0.05mm	シリカ系樹脂	チタニア・シリカ系光触媒
その他	新型遮音壁	無機系塗料	1mm厚アルミ製波 板ハンチング加工	塗装焼付	0.02mm	シリカ系樹脂	各種建材表面への塗布

表5-2 光触媒を用いたNOx分解建材の概要

	調査年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度
施工建材	A	○	○	○	○	○
	B	○	○	○		
	C	○	○			
	D	○	○			
	E	○	○	○		
	F	○	○			
改良建材	A1		○	○		
	B1		○	○		
	C1		○	○		
	D1		○	○		
	E1		○	○	○	
	F1		○	○	○	○
触媒改良建材	A2-1		○			
	A2-2		○			
	A2-3		○			
	E2-1		○	○		
	E2-2		○	○	○	
	E2-3		○	○		
	新型遮音壁				○	○

表5-3 建材別の調査実施状況



図 5 - 1 建材の設置状況



図 5 - 2 (1) 改良建材のテストピース

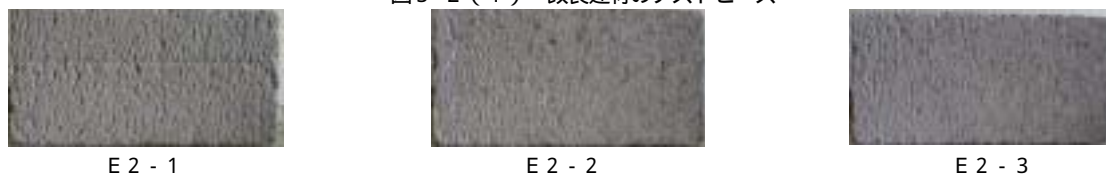
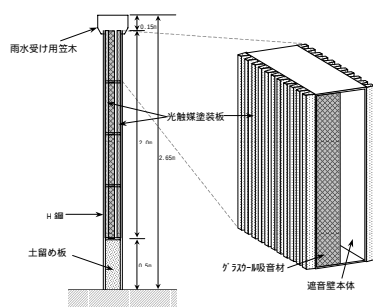
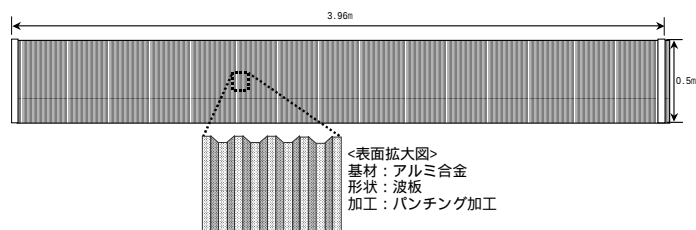


図 5 - 2 (2) 触媒改良建材のテストピース (ALC板/スプレー塗装焼き付け)



<新型遮音壁の断面図>



<新型遮音壁の概要図>

<新型遮音壁の仕様>

竣工時期	平成11年 3 月
設置規模	高さ： 2 m (道路面からの高さ2.5m) 長さ：延べ500m (湾岸線助松出口より南側282m、北側218m)
本体材質	亜鉛鍍金鋼板製 (1 ユニットは0.5m × 4 m、厚さ10cm、重量32 ～ 35kg/㎡) 吸音材にはグラスウールを使用
外 装 板	パンチング (径 4 mm) 加工アルミ製波板 (厚さ 1 mm)
光 触 媒	シリカとチタニアの共重合体
そ の 他	雨水受け用笠木

図 5 - 3 新型遮音壁の概要

2. 通気曝露試験

(1) 通気曝露試験装置

NOx分解建材のテストピース（W：50mm×L：100mm×D：5 or 15mm）10枚を1列に並べて固定できる大きさの採光窓を設けた反応容器（W：60mm×L：1200mm×D：20mm）を6器作製し、反応容器の入口及び出口のNOx濃度測定用NOx計2台、道路沿道大気吸引用ポンプ7台、自動バルブ切替器、平均値の演算及びバルブ切替器の制御用パソコン1台等を組み合わせて図5-4に示す試験装置を構成した。なお、道路沿道大気を直接反応容器内に導くとNOx濃度の変動が激しくなるため、ガス分配管の前段に約0.8m³の緩衝室を設けてNOx濃度の変動が緩やかになるよう調整した。装置に用いた機器等の一覧を表5-4に示した。現地における試験装置の設置状況を図5-5に示した。

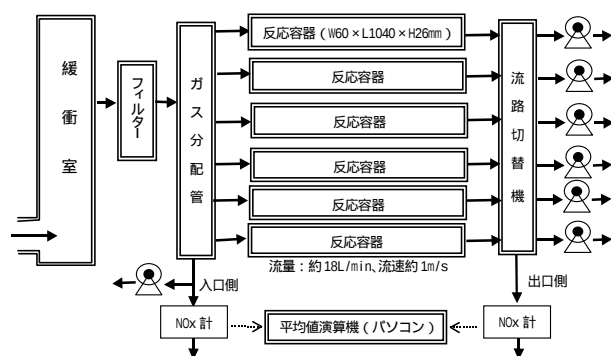


図5-4 NOx通気曝露試験装置の概要

機 器 名	メーカ－	型 式 名	測定範囲等
NOx計	MONITOR LABS. INC	M L 9841B	測定レンジ： 0～2ppm
10点サンプラー	日本サーモエレクトロニクス	SP-10S (特注品)	吸引流量： 0～6L/min
大気吸引ポンプ	日本カノマックス(株)	A L - 300	吸引流量： 0～30L/min
パソコン	東 芝 (株)		

表5-4 使用測定機器等一覧

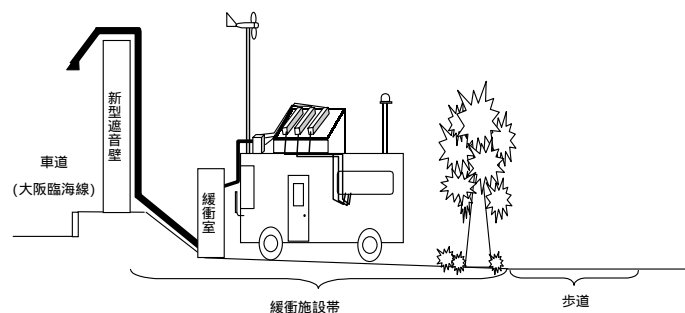


図5-5 通気曝露試験装置設置状況

(2) 通気曝露試験方法

反応容器に建材テストピース各々10枚を採光窓（パイレックスガラス）との隙間が5mmになるように調整した上で1列に並べて固定し、反応容器内の流速が約1m/sになるように道路沿道大気をポンプで吸引し、通気曝露を行った。通気曝露中の反応容器入口のNOx濃度を常時測定するとともに、反応容器出口5ヶ所のNOx濃度を5分毎にバルブを切替えて順次測定し、パソコンを用いて入口及び出口の5分間平均値を演算した。また、新型遮音壁については反応容器に入れるテストピースを3、5、10枚と変えて試験を実施し、後述する浄化係数の比較を行った。

測定結果として、5分間平均値を基に、反応せめ、NOx濃度の差と吸引大気量（1時間当たり）から建材表面の光触媒と接触反応して酸化除去されるNOx量（以下、除去量という）を算出した。

[測定結果の整理方法]

・NOx除去率の算出方法

$$\text{NOx除去率} [\%] = (\text{IN} - \text{OUT}) / \text{IN} \times 100$$

・NOx除去量の算出方法

$$\begin{aligned} \text{NOx除去量} \\ = (\text{IN} - \text{OUT}) \times V / 10^6 / 22.4 / S \times 46 \times 1000 \end{aligned}$$

IN：入口濃度 (ppm)

OUT：出口濃度 (ppm)

V：1時間に反応セルを通過した大気量 (L/h)

S：試験に用いた建材の面積 (m²)

(3) 通気曝露試験によるNOx浄化性能の評価

道路沿道での通気曝露試験では、建材のNOx浄化能力は湿度や日射量（紫外線量）等の気象条件に影響されることから、NOxの除去率や除去量を指標として建材のNOx浄化能力を比較・評価することは困難であり、一定の条件で比較・評価できる指標が必要である。

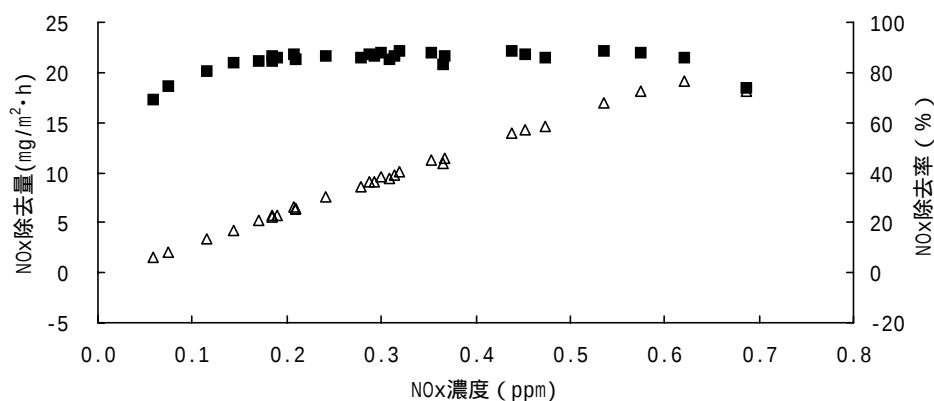
平成8年度の調査において、通気量を一定にした通気曝露試験では、一定量（ $20\text{mW}/\text{cm}^2$ ）以上の日射量があれば、図5-6（平成9年、西淀川区出来島2丁目での調査例）に示すように建材の単位面積あたりのNOx除去量はNOから生成されるNO₂を考慮して補正した入口NOx濃度に比例し、その回帰式の傾きは建材毎に異なり浄化能力の指標となることを明らかにした。また、 $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上の日射量を示すような場合においては、概ね曇りから晴れの天候状況であり、建材のNOx浄化能力が低下するような高湿度となることはまれであった。そこで、本調査においては、日射量が $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上の時間における単位面積あたりのNOx除去量と補正した入口濃度の回帰式の傾きを建材の浄化係数として、通気曝露試験による建材のNOx浄化能力を評価することとした。

なお、浄化係数の算出にあたってのNOx濃度補正は以下の式にて行った。また、午前7時～9時については夜間に吸着したNO₂の脱離によって考えられる濃度上昇がみられるため、日射量が $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上の場合であっても浄化係数算出の対象から除外した。

(4) 通気曝露試験に用いるテストピースの沿道曝露

通気曝露試験に用いるテストピースについては、通気曝露期間中（洗浄、乾燥等実験室での保管期間を含む）を除いては、調査場所において降雨にも晒される状態で沿道大気中に曝露しておくこととし、経時的なNOx浄化能力の劣化等の有無について調査を行った。

平成12年度は、平成8年度試作建材（A）について34ヶ月間曝露したもの、平成9年度試作建材について27ヶ月間（E-1、F-1）及び26ヶ月間曝露したもの（E2-2）、新型遮音壁について12ヶ月間曝露したものについて通気曝露試験を行った。



入口NOx濃度の補正式：補正後の入口NOx濃度 = (入口NO濃度 - 出口NO濃度) + 補正前の入口NOx濃度

図5-6 補正後の入口NOx濃度とNOx除去率及び除去量の関係

(5) 通気曝露試験結果

通気曝露試験結果として、浄化係数の算出結果を過年度の調査結果も併せて表5 - 5 に示した。

光触媒建材の初期における浄化係数は40を超えるものから10程度のものであり、建材の種類により大きく異なっていた。浄化係数の低い一部のものを除けば、各建材ともに道路沿道で長期間曝露することによる浄化係数が徐々に低下する傾向が見られたが、低下の度合は建材によって異なっていた。本年度に調査を行った建材を例にとると、初期の浄化係数に比べてA建材

で約3年後に73%、E1、F1及びE2-2で約2年後にそれぞれ40%、83%、71%の浄化係数となっており、F1では2年以上の曝露を行った後も30を超える高い浄化係数を維持していた。また、新型遮音壁の浄化係数は、初期の27から12ヶ月後には23まで約20%低下していた。

なお、性能劣化（浄化係数の低下）の原因は、過年度における調査結果や企業独自の研究結果から解明が進められており、表5 - 6 に示すとおりコーティングガラスのD建材を除けば、性能劣化対策や性能向上に向けた開発が進められていた。

平成8年度試験施工建材			平成9年度改良建材			平成9年度触媒改良建材		
建材番号	調査時期	浄化係数	建材番号	調査時期	浄化係数	建材番号	調査時期	浄化係数
A スレート板 セメント吹付 アプレ吹付	初期	30	A1 スレート板 セメント吹 付材 アプリーター	初期	41	A2-1	初期	35
	1ヶ月曝露後	35		1ヶ月曝露後	32		3ヶ月曝露後	32
	5ヶ月曝露後	30		4ヶ月曝露後	31	A2-2	初期	11
	7ヶ月曝露+洗浄	27		9ヶ月曝露後	27		3ヶ月曝露後	12
	15ヶ月曝露後	30		12ヶ月曝露後	18	A2-3	初期	34
	19ヶ月曝露後	23	B1 スレート板 無機系塗料 塗布	初期	41		3ヶ月曝露後	24
	26ヶ月曝露後	20		1ヶ月曝露後	28	E2-1 ALC板 無機系塗料 スプレ-塗装 焼付	初期	32
	34ヶ月曝露後	22		4ヶ月曝露後	27		3ヶ月曝露後	33
B スレート板 無機系塗料 塗布	初期	30		9ヶ月曝露後	25		8ヶ月曝露後	23
	1ヶ月曝露後	27		12ヶ月曝露後	18	E2-2 LC板 無機系塗料 スプレ-塗装 焼付	11ヶ月曝露後	22
	5ヶ月曝露後	26	C1 アルミ板 無機系塗料 塗装焼付	初期	33		初期	34
	7ヶ月曝露+洗浄	27		1ヶ月曝露後	26		3ヶ月曝露後	32
	15ヶ月曝露後	20		4ヶ月曝露後	22		8ヶ月曝露後	30
	19ヶ月曝露後	4		9ヶ月曝露後	28		11ヶ月曝露後	25
C アルミ板 無機系塗料 吹付塗装焼付	初期	17	D1 ガラス板 コーティング ガラス アプレ塗布焼 付	12ヶ月曝露後	19	E2-3 ALC板 無機系塗料 スプレ-塗装 焼付	15ヶ月曝露後	25
	1ヶ月曝露後	23		初期	25		26ヶ月曝露後	24
	5ヶ月曝露後	23		4ヶ月曝露後	10		初期	34
	7ヶ月曝露+洗浄	18		9ヶ月曝露後	18		3ヶ月曝露後	34
D ガラス板 コーティングガ ラス ロール焼付	初期	10	E1 ALC板 無機系塗料 塗装焼付	12ヶ月曝露後	19	新型 遮音壁	8ヶ月曝露後	31
	1ヶ月曝露後	11		初期	40		15ヶ月曝露後	20
	5ヶ月曝露後	13		1ヶ月曝露後	34	平成10年度新型遮音壁		
	7ヶ月曝露+洗浄	11		4ヶ月曝露後	31			
E ALC板 無機系塗料 塗装	初期	28	F1 インターロ ッキング 道路用舗装 材 セメント混 合一体成形	9ヶ月曝露後	24	新型 遮音壁	初期	27
	1ヶ月曝露後	31		12ヶ月曝露後	27		4ヶ月曝露後	23
	5ヶ月曝露後	19		12ヶ月曝露後	16		12ヶ月曝露後	23
	7ヶ月曝露+洗浄	10		27ヶ月曝露後	16	* A2-1, A2-2, A2-3 スレート板/セメント吹付材/アプリーター		
	15ヶ月曝露後	13	F1 インターロ ッキング 道路用舗装 材 セメント混 合一体成形	初期	41			
	19ヶ月曝露後	9		4ヶ月曝露後	35	* * 新型遮音壁 1mm厚アルミ製波板ハンチング 加工/無機 系塗料/塗装焼付		
F インターロッ キング 道路用舗装材 セメント混合 一体成形	初期	27		9ヶ月曝露後	34			
	1ヶ月曝露後	21		12ヶ月曝露後	33	備考：表中の建材番号欄、番号下は 「ベ-ス材」「建材の種類」「固着方法」 を示す。		
	5ヶ月曝露後	12		19ヶ月曝露後	29			
	7ヶ月曝露+洗浄	11		27ヶ月曝露後	34			

表5 - 5 通気曝露試験結果（浄化係数）

(平成11年3月現在)

建材	性能劣化の原因	平成9年度の改良点	現在の開発状況	今後の課題	備考
A セメント 吹付材	・硝酸による被毒 ・塗膜性状の変化 ・汚れ	・硝酸発生量の抑制・硝酸の被毒を受けにくい設計 ・夜間でもNOx除去性能を発現する設計	・施工性の向上 ・経時安定性の向上	・担持体としての性能向上のためNOx吸着剤の探索 ・用途拡大のための下地材探索	現状タイプの改良はほぼ完了
B 無機系 塗料	・試験片の塗膜剥離 (P.W.C*が高すぎる、塗膜の柔軟性が低い) ・塗膜膜厚の減少 (有機樹脂添加量が多かった)	・NOx浄化能力の向上 (P.W.Cの増加・性能劣化速度が速まる結果となった)	・P.W.Cを若干低く設定 (酸化チタン量は一定) ・硬化剤をより柔軟タイプに変更 ・高耐久性の有機樹脂を使用 ・有機樹脂の減量		改良済みの料で試験塗を実施中
C 無機系 塗料	・硝酸による被毒 (塗膜が薄いため被毒の影響が大きかった)	・NOx浄化性能の向上 (塗膜の厚膜化・多孔質化、吸着剤の添加) ・塗布作業性の向上 (溶剤系から水系・中性に変更)	・光触媒担持方法の改良 (担持量の増加) ・透明な光触媒膜の開発 ・常温硬化可能な塗料の開発		
D コーティングガラス	・膜厚の薄さ ・吸着剤の無添加	・施工法の改良 ・吸着剤の添加 ・厚膜化	・白色塗料タイプの開発中 (NOx浄化性能の経時劣化原因の究明及び改良、金属等の添加)	同左	ガラス建材の開発は中断
E 無機系 塗料	・バインダーの劣化による光触媒粒子の脱落 ・表面形状に起因する汚れの付着	・NOx浄化性能の向上 (光触媒の変更)	・防水処理方法の検討 ・表面凹凸形状の緩和 ・光触媒の改良	・防水処理方法の検討 ・表面凹凸形状の緩和 ・光触媒の改良 ・バインダーの見直し	
F 道路用 舗装材	・コンクリートから析出する塩類による触媒の被覆	・持続性の改善 (コンクリート配合の変更)	・低コスト化による普及タイプの開発中	・防音板、壁材料等の開発 (施工面積の拡大)	改良建材においてかなりの効果があった

表5-6 光触媒建材の開発状況

(6) 材料面積と浄化係数の関係

新型遮音壁テストピースの枚数を3、5、10枚と変えた場合の結果について、テストピース枚数(面積)と浄化係数を表5-7示した。3、5、10枚とテストピースの枚数を変えた場合の結果では、テストピース枚数が少ないほど単位面積(1m²)あたりのNOx除去量が増加する傾向となり、テストピース枚数が増加すると単位面積当たりのNOx負荷が小さくなることが原因と考えられる。しかし、5枚と3枚の場合には浄化係数の差は小さいことから、3枚時にはほぼ最大に近い分解速度となっていると考えられる。

また、10枚では初期における浄化係数が12ヶ月後の浄化係数を下回っていたが、逆に3枚及び5枚では12ヶ月後における浄化係数が初期を上回っていた。

項目 建材枚数	浄化係数 (初期)	浄化係数 (12ヶ月曝露後)
3枚(0.015m ²)	38	44
5枚(0.025m ²)	36	42
10枚(0.05m ²)	27	23

表5-7 テストピース枚数と浄化係数

3．有害物質調査

(1) 調査方法

二酸化チタン光触媒は、NO_xだけでなくSO₂や有機化合物等他の大気汚染物質に対しても酸化分解能を有することが知られており、建材化した後についてもその能力を有していることが想定される。そこで、前述した通気曝露試験時の反応容器出入口において有害大気汚染物質（揮発性有機化合物類、アルデヒド類）の測定を行うことにより、光触媒応用建材の有害大気汚染物質等に対する酸化分解能を調査した。

試料採取方法は図5 - 7に示すとおり、試料導入口であるテフロンチューブをT字型のガラス管で分岐し、減圧した炭化水素類捕集用のステンレス製試料採取容器（SUMMA, SilocoCan及びSIS Canister 6L容量）に接続し、もう一方にアルデヒド類捕集用の捕集管を取り付けてポンプにより吸引して行った。試料の採取は晴天時の昼間に行い、1時間の平均濃度を求めた

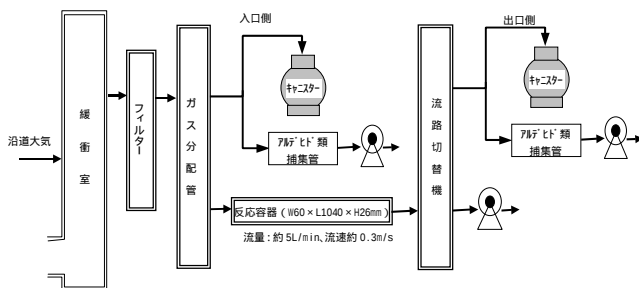


図5 - 7 通気曝露時の有害大気汚染物質採取方法

(2) 調査結果

施工建材、改良建材、触媒改良建材

A～F建材（改良建材含む）の有害物質分解性能について、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、1,3-ブタジエン、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの6物質に着目して整理を行った。

反応容器入口濃度と各建材の出口濃度から算出した除去効率は各有害物質の分解効率は建材によって異なり、D1、E1、E2-3、F1では比較的多くの物質が効率よく分解されていた。しかし、アルデヒ

ド類については逆に増加する場合が多く、材料中に有機物質を含まないコーティングガラス（D、D1）においても同じ傾向がみられることから、沿道大気中の有機物質の分解生成物であるものと考えられる。

新型遮音壁

新型遮音壁による有害物質の除去効果はテストピースの状態によって大きく異なっており、12ヶ月曝露後では4ヶ月曝露後に比べて分解可能な物質が大幅に減少しており、飽和脂肪族、不飽和脂肪族、脂環式の炭化水素類は12ヶ月後にはほとんど分解されなかった

4．建材表面近傍での濃度比較

(1) 施工建材表面のNO_x濃度比較試験

光触媒を用いたNO_x分解建材は、拡散により建材表面と接触したNO_xのみを除去することから、建材表面へのNO_xの拡散状況をみるため建材表面と表面付近でのNO_x濃度の比較を行った。

仮設壁面に施工した大きさ1.8m×1.8mのA、B、E3種類の建材及び光触媒を含まない塩化ビニル板について、建材表面（中心付近）と表面から5、10、20、50cm離れた点でのNO_x濃度を化学発光式NO_x計で測定し、比較を行った。

測定は2台の乾式NO_x計を用いて行い、図2 - 5に示すように1台は定点（建材表面から50cm）のNO_x濃度を連続で測定し、1台は建材表面と表面から5、10、20、50cm離れた点を移動点として各1時間測定し、それぞれの1時間平均値から定点と移動点のNO_x濃度の比を求めた。なお、調査は建材の施工から10、12、23、26ヶ月後に実施し、10ヶ月後の調査については建材表面を定点とした。

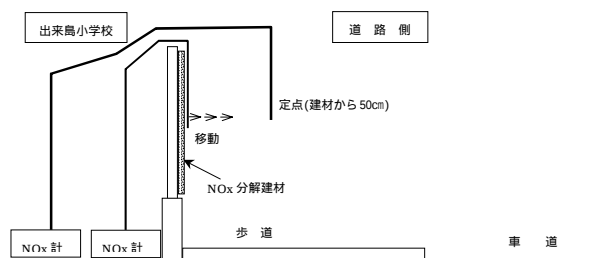


図2 - 5 建材表面大気NO_x濃度比較試験の概要

(2) 施工建材表面のNOx濃度比較試験結果

現地における試験対象建材の施工状況を図5 - 9に、試験結果を図5 - 10に示した。

光触媒建材の表面におけるNOx濃度は、A建材で12～18%、B建材で5～14%、E建材で4～10%（23ヶ月後除く）、建材表面から50cm離れた点でのNOx濃度よりも低く、建材表面から5cmまでの間で大きく低下する傾向がみられた。また、多くの場合、NOx濃度低下の大部分はNO濃度の低下が占めており、NO₂濃度では逆に建材表面の濃度が高くなる場合もあった。

また、触媒を含まない塩化ビニル板については、23ヶ月後の調査では光触媒建材とは逆に建材表面におけるNOx濃度が建材表面から50cm離れた点でのNOx濃度よりもかなり高くなったが、26ヶ月後の調査では建材表面におけるNOx濃度が建材表面から50cm離れた点でのNOx濃度よりも低くなった。この結果については、測定時の主風向が23ヶ月後では南南東から南南西で塩化ビニル板が最も風上側に位置していたのに対し、26ヶ月後では西北西から北西で塩化ビニル板が最も風下側であったため他の光触媒建材の影響を受けていた可能性が考えられる。

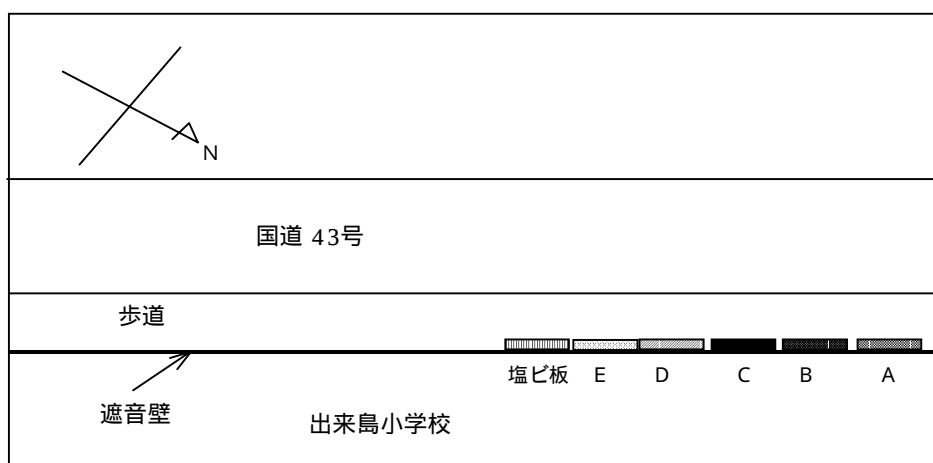


図5 - 9 試験建材の施工状況

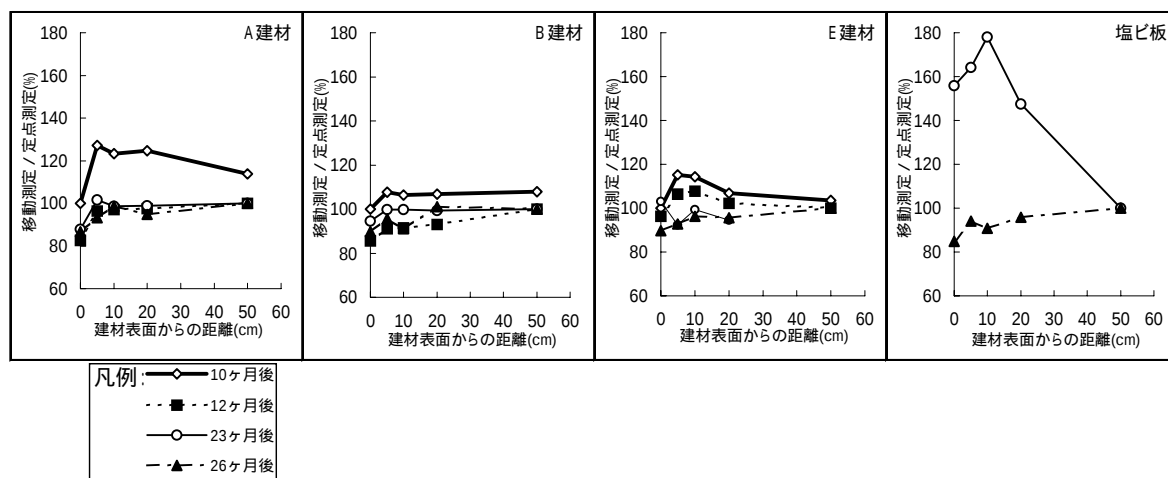


図5 - 10 施工建材表面のNOx濃度比較試験結果

(3) 新型遮音壁による濃度低減効果試験方法

新型遮音壁表面近傍に基準点（定点）を設けてNOx濃度を計測し、基準点から遮音壁表面との間に設けた5～6ヶ所の測定点（移動点）の濃度と比較することにより遮音壁による低減効果を調査した。調査は、明条件（遮音壁に光が当たる状態）と暗条件（遮音壁をシートで遮光した状態）について実施し、各条件について1週間の測定を行った。

測定は、遮音壁から車道側で遮音壁表面から30cm離れた点を基準点、-1.5、0、5、10、15、20、30cm離れた点を移動点とした。（図5-11参照）。測定は2台の乾式NOx計を用いて行い、1台は基準点の連続測定、残りの1台では10点サンプラーを利用して移動点を5分間隔で移動測定した。

(4) 遮音壁近傍の濃度低減効果試験結果

明・暗条件時における各測定地点のNOx濃度及び基準点（遮音壁からの距離30cm）に対する比率を図5-12に示した。なお、明条件時は遮音壁の波板の山を遮音壁表面として扱い、波板の谷をマイナス表示（-1.5cm）で表わした。暗条件時には、遮音壁表面から20cm付近まで濃度が高くなった状態が続いているが、明条件時には、遮音壁に近づくにつれわずかに濃度が低くなっていく傾向が見られた。この傾向から光があたっている状態であれば、新型遮音壁表面近傍の大気中NOx濃度が低く抑えられていることが確認された。

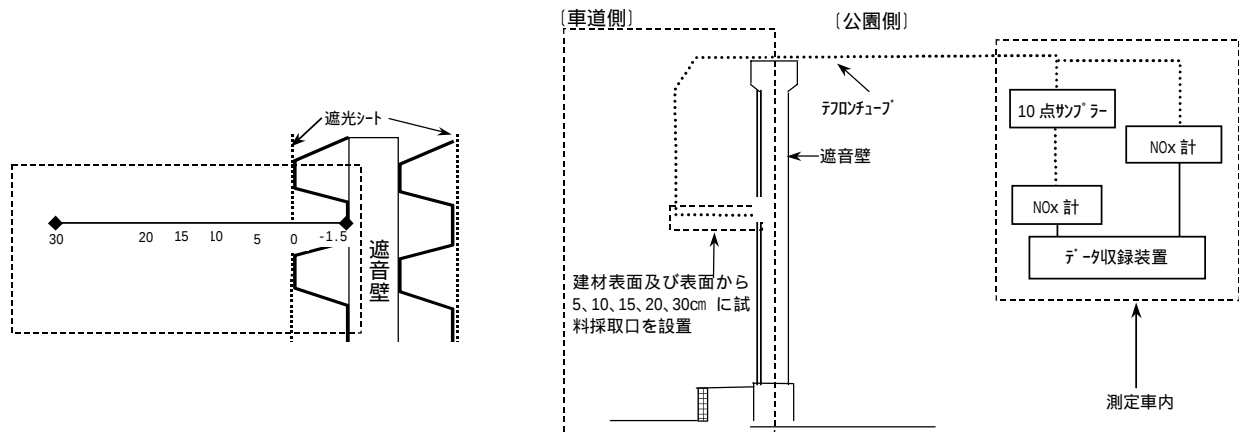


図5-11 遮音壁表面付近での濃度低減効果試験実施要領

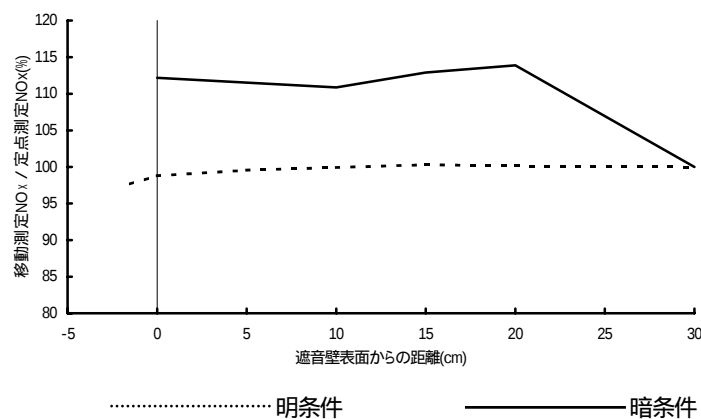


図5-12 明条件と暗条件の遮音壁近傍のNOx比による分布図

5．雨水流出物の性状

(1) 雨水流出物調査方法

NO_x分解建材表面に雨水が接触すると建材表面に蓄積した硝酸イオンが雨水中に取り込まれることから、建材からの雨水流出物は高濃度の硝酸イオンを含み酸性が強くなることが予想されるため、建材表面に接触した雨水を捕集して分析し雨水流出物の性状について調査を行った。

西淀川区出来島における調査

ア) 調査方法

仮設壁面に施工した大きさ0.9m×1.8mの建材（A～F、D1の7種類、対照建材として塩化ル板）の両側面及び下面に取り付けた雨水受けてで建材表面に接触した雨水を捕集して、ポリタンク内にビニルホースで導入し（図5-13参照）、降雨毎に捕集された流出物を回収した。道路舗装材であるFは、舗装面に埋設したステンレス製雨水受け皿内に8個（1個の大きさ10cm×20cm高さ6cm）施工し（図5-14参照）、また、地表面からの影響を受けないように地上に設置したプラスチック性の容器にも同様に8個施工し、建材表面に接触した雨水を捕集した。なお、対照建材として酸化チタンを混合しない舗装材も同様に施工し雨水を捕集した。

回収した雨水流出物について流出物量、pH、亜硝酸・硝酸イオン濃度を測定し、対照建材との比較を行った。

イ) 調査結果

測定を行った雨水流出物は、平成8年度で20回、平成9年度で39回の計59回であった。雨水流出物の量は、同一降雨でも建材の吸水性・表面形状等の違いによって建材毎に異なっており、建材別にみても降雨時の風向・風速や降雨強度等が異なるため降水量との相関も高くなかった。亜硝酸イオン及び硝酸イオン濃度は、平成8年度でA、B、E建材が、平成9年度でA、B、E建材が他の建材よりも高く、塩ビ板ブランクの数十倍の濃度となっていた。

高濃度の硝酸イオンを含んでいたにもかかわらず、pHは、概ね中性から弱アルカリ性を示し、硝酸イオン濃度との間に相関はみられなかった。

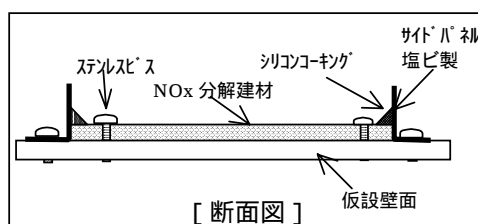
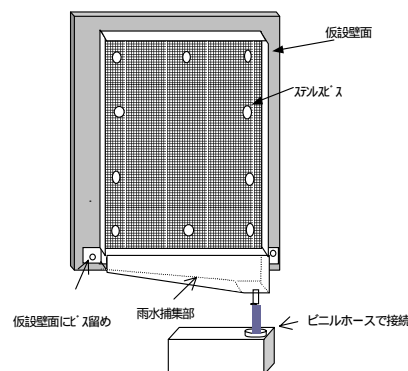


図5-13 雨水流出物採取装置の概要（仮設壁面）

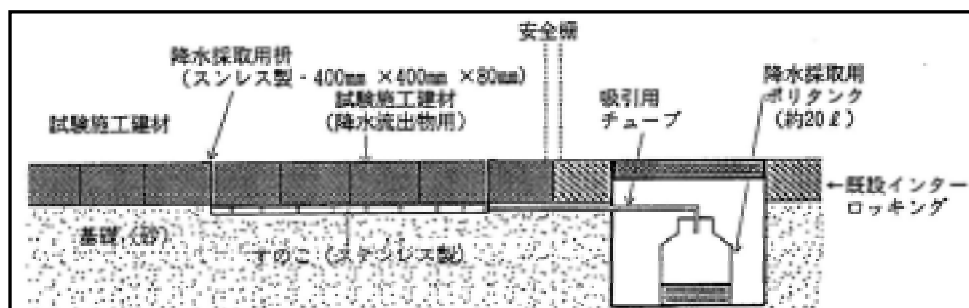


図5-14 雨水流出物採取装置の概要（F建材）

泉大津市臨海町における調査

ア) 調査方法

新型遮音壁の光触媒作用により大気中から除去されたNOxが硝酸イオン等として遮音壁表面に蓄積され、降雨により表面から溶出していることを確認するために、遮音壁両面の下部に図5-15に示すような雨水採取装置を取り付けて、降雨時に遮音壁表面（車道側・公園側）から流出した雨水を採取し、採取量、pH、亜硝酸イオン、硝酸イオン及び硫酸イオン濃度の測定を行った。また、遮音壁表面と接触しない通常の降雨もあわせて採取・分析を行った。

調査は、夏季は平成11年9月2日～10月4月25日までの5降雨の計10降雨について測定を行った。なお、冬季の試料については、陽イオン（カルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、アンモニウムイオン）についても分析を行った。

イ) 調査結果

遮音壁から流出する硝酸イオン濃度は夏季、冬季に関係なく通常の降雨中よりも遥かに高く、遮音壁の車道側で歩道側よりも高くなる傾向がみられた。このことから、光触媒により酸化・除去されたNOxが硝酸イオンとして降雨により遮音壁表面上から洗い流されていることが確認されるとともに、NOx濃度の高い車道側の方が効率よくNOxを浄化することが示唆された。また、遮音壁からの雨水流出物は高濃度の硝酸イオンを含むにもかかわらず、通常雨と同様にpHはほぼ中性域に保たれ、イオンバランスも概ね1に近い値であったことから、大気中に浮遊している粒子等から陽イオンが取り込まれて中和されているものと考えられる。また、NO₃⁻濃度が高い場合にNH₄⁺濃度が高い傾向が見られ、NH₄⁺ / (NO₂⁻ + NO₃⁻) 比を見ると概ね2～3の値を示した。

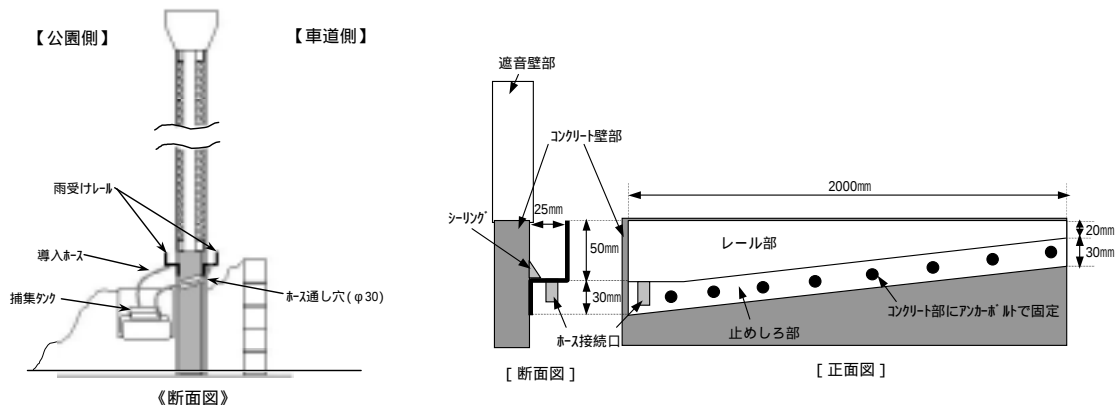


図5-15 雨水採取装置の概要

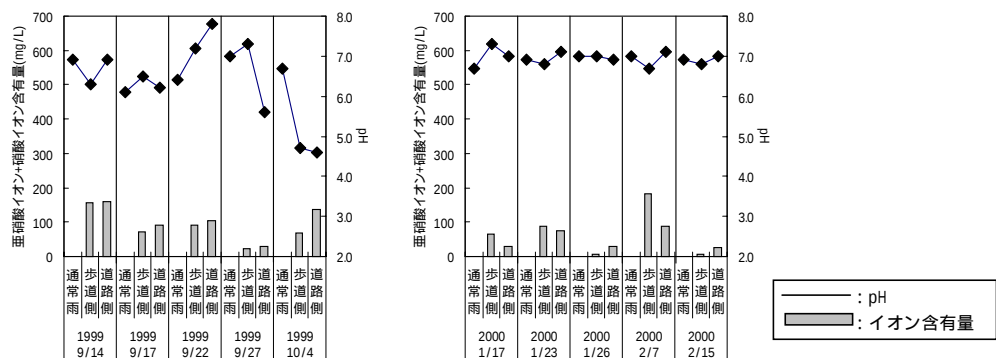


図5-16 雨水流出物中の亜硝酸イオン、硝酸イオン濃度及びpH

6．周辺大気環境調査

光触媒建材を用いた新型遮音壁が設置されたことによる周辺大気中のNO_x濃度の変化を調査するために、以下に示す2通りの方法で調査を行った。

(1) PT10法による大気調査

調査方法

NO_xの周辺大気濃度分布を把握するために、遮音壁施工区間の周辺地域にPT10法のカートリッジを取り付け窒素酸化物濃度（NO_x、NO₂）の測定を実施した。測定は、図5-16に示した方法により遮音壁施工区間内約100mの範囲をシートで覆って遮光した状態（暗条件）と遮光しない状態（明条件）の2つの条件で実施した。

測定地点は平成10年度に実施した事前調査と同一の27地点（31ヶ所）とし、車道端の測定地点については、遮音壁の両面で測定を実施した。

調査は、夏季及び冬季の2回とし、1回の調査につき3週間（明条件：1週間×2回、暗条件：1週間×1回）の測定を表5-8に示す日程で行った。なお、事前調査と同時期（11月）においても1週間の追加調査（明条件）を実施した。

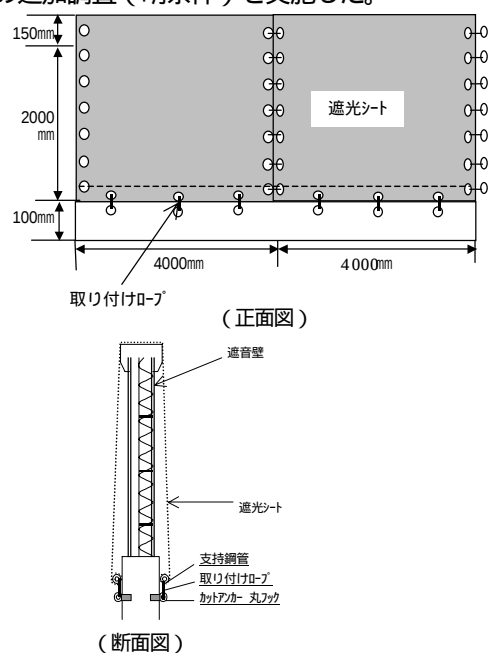


図5-16 遮音壁の遮光方法

調査結果

明暗各条件時でのNO_x濃度の比較を行うにあたって測定期間毎の濃度変動による影響をなくすために、測定地点を図5-17に示す様に北、中央、南の3ブロックに分け、各ブロック内の測定地点における濃度を車道端を基準点（北：№7、中央：№9、南：№16）とし、その濃度を100とした濃度比で表すこととした。調査結果を表5-8に示した。

冬季の北ブロックを除けば、季節、ブロックを問わず遮音壁裏面を除く各地点の濃度比は、暗条件時より明条件時の方が全般的にわずかに低くなる傾向が見られた。なお、明暗各条件時における風向・風速の状況（測定車屋上）を調査時期毎に図5-18及び図5-19示した。

夏季では府道大阪臨海線側からの風については明暗条件で頻度、平均風速に大きな差はみられなかったが、道路と平行に近い風の出現頻度については明条件時で南側からの風が多く、暗条件時で北側からの風が多く対照的な条件となっていた。冬季では、明条件時のほうが府道大阪臨海線側からの風の出現頻度が多く、暗条件時よりも対象道路からの直接的な影響を受けやすい状況であった。

項 目		1 回目	2 回目
明条件	事前調査	平成11年11月10日 ～ 11月17日	平成11年11月24日 ～ 12月 1日
	夏季調査実施期間	平成11年 8月25日 ～ 9月 1日	平成11年 9月20日 ～ 9月27日
	冬季調査実施期間	平成12年 1月18日 ～ 1月25日	平成12年 2月15日 ～ 2月22日
	追加調査実施期間	平成11年11月12日 ～ 11月19日	—
暗条件	事前調査	平成11年11月17日 ～ 11月24日	
	夏季調査実施期間	平成11年 9月 2日 ～ 9月 9日	
	冬季調査実施期間	平成12年 1月27日 ～ 2月 3日	

注) 事前調査については、全て明条件での測定である。

表5-8 調査実施日

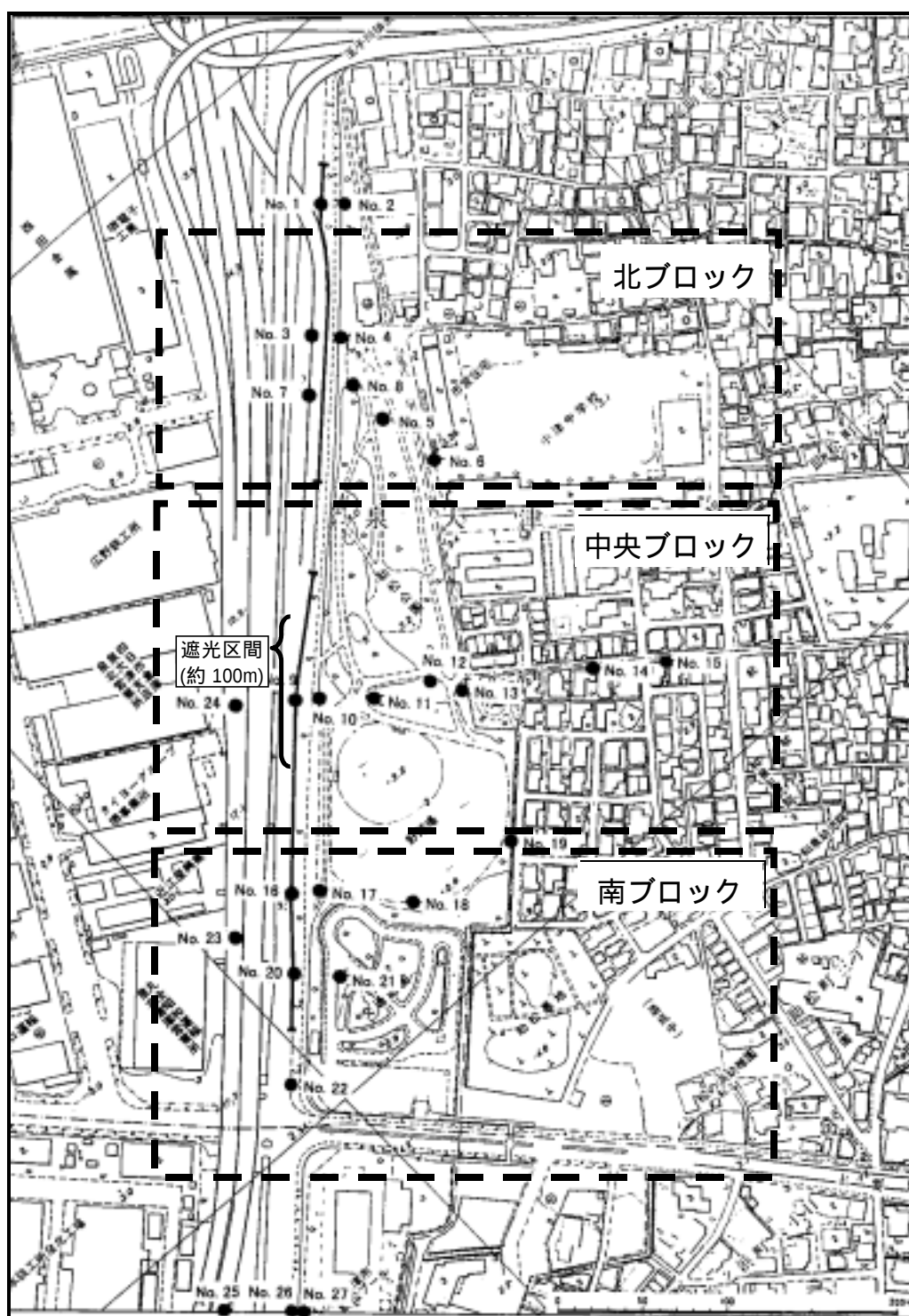


図5 - 17 PTIO測定地点のブロック区分

	№	車道端からの距離(m)	夏季				冬季			
			NO ₂		NO _x		NO ₂		NO _x	
			明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件
北ブロック	3	0	92	91	86	97	95	90	98	91
	7 (基準点)	0	100 (0.043)	100 (0.058)	100 (0.213)	100 (0.225)	100 (0.042)	100 (0.051)	100 (0.216)	100 (0.239)
	4	14	58	59	24	32	69	71	34	31
	8	17	59	60	24	31	68	71	35	33
	5	35	56	57	21	26	67	67	28	28
	6	75	52	55	18	24	61	63	27	26
中央ブロック	24	-30	73	74	53	58	65	75	41	59
	9 (基準点)	0	100 (0.047)	100 (0.061)	100 (0.253)	100 (0.248)	100 (0.043)	100 (0.053)	100 (0.230)	100 (0.241)
	9'	0.5	92	84	82	48	86	80	57	58
	10	13	60	66	26	34	76	72	40	38
	11	41	53	62	28	21	67	65	30	28
	12	78	52	54	16	20	61	61	26	27
	13	98	49	52	15	19	60	59	23	24
	14	173	45	48	14	20	55	56	20	22
南ブロック	15	215	46 (0.022)	49 (0.030)	14 (0.035)	20 (0.049)	55 (0.024)	56 (0.030)	21 (0.048)	24 (0.059)
	23	-30	105	88	58	105	54	62	18	50
	20	0	158	142	129	224	104	101	64	106
	22	0	134	121	99	179	99	88	62	86
	16 (基準点)	0	100 (0.032)	100 (0.048)	100 (0.250)	100 (0.147)	100 (0.052)	100 (0.059)	100 (0.471)	100 (0.289)
	20'	0.5	169	140	59	213	74	76	37	61
	16'	0.5	142	98	51	89	76	74	23	107
	17	12	100	83	31	56	62	62	22	34
	21	27	84	79	27	51	57	59	20	32
	18	64	75	69	19	39	52	56	15	25
	19	125	66	65	15	33	49	52	11	19

表5-9 窒素酸化物各成分濃度の基準点NO₂、NO_x濃度に対する比

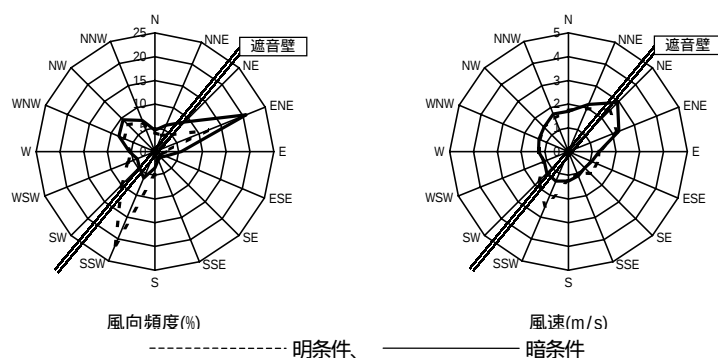


図5-18 PTIO法による大気調査期間中における風向頻度と平均風速(夏季)

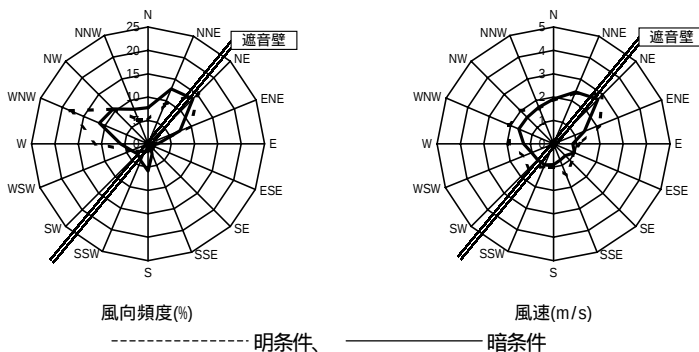


図5-19 PTIO法による大気調査期間中における風向頻度と平均風速(冬季)

(2) NO_x計による大気調査

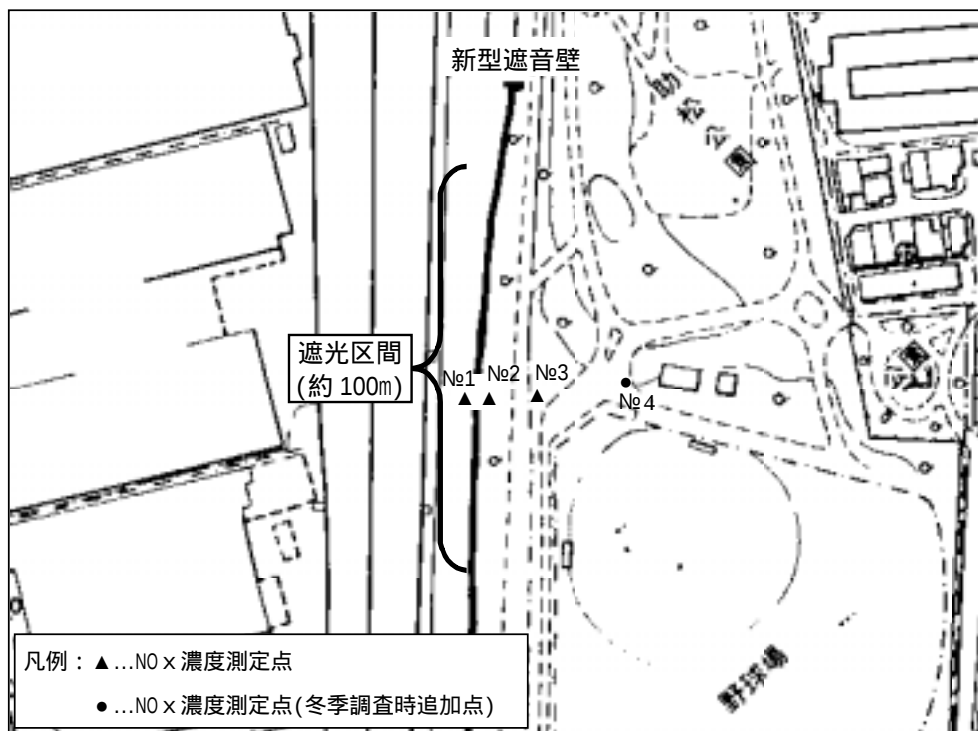
調査方法

遮音壁近傍におけるNO_x濃度分布を把握するため、表5-10及び図5-20に示す地点（車道端、遮音壁表面、道路端）でのNO_x濃度を測定した。

測定には2台のNO_x計を用い、1台のNO_x計で車道端のNO_x濃度を連続的に測定し、もう一台のNO_x計で車道端、遮音壁表面、道路端の3ヶ所を5分毎に測定を行った。

調査は前述のPT10法と同様に夏季及び冬季の2回行い、1回の調査につき明条件と暗条件で各1週間測定を実施した。測定結果は、各条件で測定された車道端（遮音壁近傍臨海線側）のNO_x濃度とNO₂濃度をそれぞれ基準として、他の測定点の窒素酸化物濃度を濃度比で比較することとした。なお、冬季については車道端から41m離れた公園内についてもNO_x濃度の測定を実施した。

地点番号	調査場所	車道端からの距離 (m)
No1	遮音壁道路側（車道端）	0
No2	遮音壁歩道側	0.5
No3	ネットフェンス支柱（道路端）	13
No4	公園事務所横照明灯（後背地）—冬季追加地点	41

表5-10 NO_x計による窒素酸化物濃度測定点図5-20 NO_x計による窒素酸化物濃度測定点

調査結果

夏季及び冬季の明暗条件において、高日射時間帯（日射量 $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上）、夜間（19時～6時）及び全測定期間中の車道端（遮音壁臨海線側）における NO_x 及び NO_2 平均濃度を基準とした各測定点（遮音壁表面）の NO_x 及び NO_2 平均濃度の比を算出し、表に示した。

夏季、冬季ともに全期間中、夜間及び高日射時間帯を問わず NO_x 、 NO_2 の濃度比が暗条件時よりも明条件時で低くなる傾向があったが、高日射時間帯では明条件時の濃度比低下の度合いがやや大きかった。また、夏季及び冬季の明・暗各条件において、全測定期間中及び高日射時間帯（日射量 $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上）の各測定点（車道端、遮音壁表面、道路端）における風向別の NO_x 及び NO_2 平均濃度を算出し、車道端（遮音壁臨海線側）における各風向時の NO_x 及び NO_2 平均濃度を基準とした比で表した。

全測定期間では、夏季、冬季ともに、遮音壁表面（遮音壁公園側）の NO_x 濃度は概ね全風向で暗条件時よりも明条件時の方が下がる傾向にあるが、 NO_2 については風向毎にばらつきがあった。

新型遮音壁の光触媒が機能する条件である高日射時間帯の集計結果においても、夏季、冬季ともに遮音壁表面（遮音壁公園側）の NO_x 、 NO_2 濃度比が全般的に暗条件時よりも明条件時の方が低くなる傾向にあった。また、道路端では夏季はSSWの風向時に明条件の濃度比が低くなっている以外は明らかな差は見られず、冬季ではWNWの風向時に明条件の方が高い濃度比となった以外は明らかな傾向は見られなかった。

単位（％）、〔（ ）内は車道端での濃度（ppm）〕

項目	測定地点		車道端（基準）	遮音壁表面	道路端	公園内	
	車道端からの距離		0m	0.5m	13m	41m	
NOx の濃度比	高日射時間帯 （ 20mW/cm2 ）	夏季	明条件	100 (0.416)	39	28	--
			暗条件	100 (0.251)	60	38	--
		冬季	明条件	100 (0.313)	57	43	30
			暗条件	100 (0.330)	62	44	30
	夜間 （ 19～6時 ）	夏季	明条件	100 (0.149)	42	30	--
			暗条件	100 (0.090)	57	42	--
		冬季	明条件	100 (0.142)	54	43	35
			暗条件	100 (0.131)	58	46	39
	全期間中	夏季	明条件	100 (0.280)	38	27	--
			暗条件	100 (0.168)	55	36	--
		冬季	明条件	100 (0.207)	57	43	33
			暗条件	100 (0.212)	59	44	33
NO2 の濃度比	高日射時間帯 （ 20mW/cm2 ）	夏季	明条件	100 (0.097)	75	69	--
			暗条件	100 (0.070)	87	76	--
		冬季	明条件	100 (0.071)	86	73	63
			暗条件	100 (0.076)	87	78	64
	夜間 （ 19～6時 ）	夏季	明条件	100 (0.045)	88	84	--
			暗条件	100 (0.032)	95	94	--
		冬季	明条件	100 (0.042)	87	82	69
			暗条件	100 (0.044)	90	85	72
	全期間中	夏季	明条件	100 (0.067)	79	73	--
			暗条件	100 (0.049)	88	81	--
		冬季	明条件	100 (0.051)	87	78	67
			暗条件	100 (0.057)	87	80	68

測定
期間
夏季：＜明条件＞平成11年8月26日～9月 1日
＜暗条件＞平成11年9月 1日～9月 9日
冬季：＜明条件＞平成12年1月18日～1月25日
＜暗条件＞平成12年1月27日～2月 3日

表5 - 11 車道端（遮音壁臨海線側）濃度を基準とした比

7. 泉大津市臨海町での改善効果の推定

新型遮音壁の環境改善効果を、府道大阪臨海線の走行車両からのNOx排出量に対する遮音壁による浄化量の割合として試算した。

改善効果の試算にあたっては、光触媒が効率よく働く日中の8時間（9～17時）における自動車交通量の平均車速を60kmに設定した際のNOx排出量と、通気曝露試験での初期におけるテストピース3枚時のNOx濃度とNOx除去量の相関関係式を用いて算出した遮音壁によるNOx浄化量を用いた。表5-12に試算にあたっての条件を示し、試算式を以下に示した。

項目		条件
遮音壁施工区間		500 [m]
遮音壁施工面積（両面）		2000 [m ²]
建材表面におけるNOx濃度		0.3 [ppm]（9～17時）
光触媒稼働時間		8 [h]（9～17時）
車種別排出係数 （車速60km時）	軽乗用車	0.4875
	乗用車	0.1118
	軽貨物	0.6258
	小型貨物	0.8559
	貨客車	0.5168
	普通貨物	3.4793
	特殊（種）車	3.7382
	バス	4.4306

表5-12 改善効果算出条件

・車種別排出量の算出方法

$$\text{時刻別車種別排出量 [g/km} \cdot \text{h]} = \text{車種別排出係数 [g/km} \cdot \text{台]} \times \text{車種別交通量 [台/h]}$$

・排出強度（光触媒稼働時間帯）の算出方法

$$\text{排出強度 [g/km]} = \sum_{n=9}^{17} \left(\sum_{n=1}^8 \text{時刻別車種別排出量 [g/km} \cdot \text{h]} \right)$$

・浄化性能(除去量)の算出方法(初期の通気曝露試験におけるテストピース3枚のNOx除去量とNOx濃度の相関式)

$$\text{浄化性能 [mg/m}^2 \cdot \text{h]} = \text{浄化係数 [mg/ppm} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h]} \times \text{NOx濃度 [ppm]} + a \text{ (定数)}$$

・改善効果の算出方法

$$\text{改善効果 [\%]} = \left(\frac{\text{浄化性能}}{1000} \text{ [g/m}^2 \cdot \text{h]} \times \text{光触媒塗装面積 [m}^2 \text{]} \times \text{光触媒稼働時間 [h]} \right)$$

$$/ \left(\text{排出強度 [g/km]} \times \text{遮音壁施工距離 [m]} \right) \times 100$$

昼間8時間（9:00～17:00）における排出強度は、表5 - 13に示すとおり平日で47,609 [g/km]、休日で9,301 [g/km] あり、平日排出強度の88%が大型貨物車（普通貨物、特殊車）によるものであった。通気曝露試験により求めた新型遮音壁のNOx濃度除去量の関係

式（初期：3枚時）と道路沿道の平均とNOx濃度を用いて、昼間8時間における新型遮音壁全体でのNOx浄化量を試算すると246gであり、走行車両から排出されるNOx量の1.0%であった（表5 - 14）。

昼間 (9～17時)	交通量[台] (9:00～17:00)		車速 [km/h]	排出係数 [g/km・台]	排出強度[g/km] (9:00～17:00)	
	平日	休日			平日	休日
軽乗用車	852	2064	60	0.49	415	1006
乗用車	8334	17552	60	0.11	932	1962
軽貨物	1980	1398	60	0.63	1239	875
小型貨物	1860	314	60	0.86	1592	269
貨客車	1782	776	60	0.52	921	401
普通貨物	10644	982	60	3.48	37034	3417
特殊（種）車	1344	310	60	3.74	5024	1159
バス	102	48	60	4.43	452	213
合計	26898	23444			47609	9301

表5 - 13 昼間における排出強度の算出

項目	条件
施工区間	500 [m]
施工面積(両面)	2000 [m ²]
建材表面におけるNOx濃度	0.3 [ppm] (9～17時)
浄化性能 ^{*1}	15.4 [mg/m ² ・h]
光触媒稼働時間	8 [時間 / 1日 (9～17時)]
遮音壁による浄化量 ^{*2}	246 [g/8時間]
道路交通量	26898 [台]
排出強度(平日) ^{*3}	23804 [g/500m]
改善効果	1 [%]

注) *1 : 通気曝露試験（テストピース3枚）時のNOx濃度と除去量の相関
(NOx除去量 = 38 × NOx濃度 + 4) より算出

*2 : 浄化性能に施工面積、稼働時間を乗じて算出

*3 : 遮音壁の施工距離500mより、平日排出強度 ÷ 2 で算出

表5 - 14 環境改善効果の算出

道大阪臨海線が遮音壁高さの地上2.6m、阪神高速道路4号湾岸線が地上20mとした。

8．環境改善効果予測手法の検討

大気拡散モデルを用いた環境改善効果予測手法について、府道大阪臨海線（泉大津市臨海町）をモデルケースとしてJEA（東京都修正式）モデル（高架道路については、ブルーム・パフモデル）を用いて検討を行った。また、光触媒建材の効果が大きいと考えられる高層建築物が密集している地域をモデルとして、パフモデルを用いた手法により検討を行った。

(1) JEAモデルを用いた検討

検討方法

現地調査を実施した泉大津市臨海町をモデルケースとして検討を行った。NOx濃度のシミュレーション方法の概要は、図5-21に示すとおりである。

現地調査により得られた窒素酸化物濃度を大気拡散モデル〔JEA（東京都修正式）、ブルーム・パフ式〕によって現況の再現を行った。

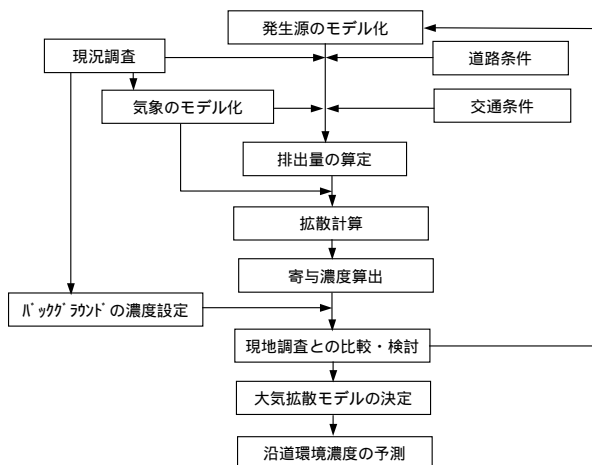
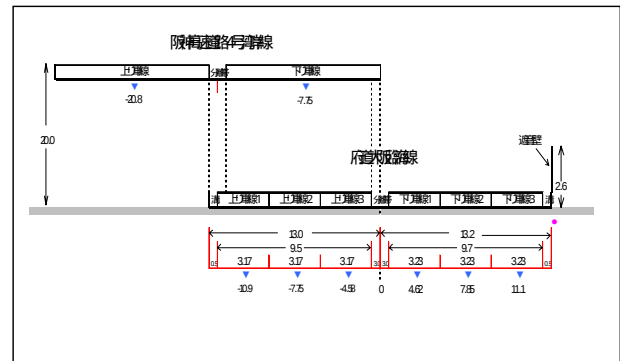


図5-21 大気拡散モデルを用いたNOx濃度のシミュレーション手法

道路条件及びNOx排出源位置

道路条件及びNOx排出源位置は、図5-22に示すとおり、現地調査地点№9～№15に直交する府道大阪臨海線及び阪神高速道路4号湾岸線を対象とした。また、排出源位置は、府道大阪臨海線については上下6車線の各中央部、阪神高速道路4号湾岸線については上下車線の各中央部とし、排出源高さは、府



▼：排出源の水平位置を示す。単位：m

図5-22 道路条件及びNOx排出源位置

排出量の算定

排出量は、大阪府平成9年度窒素酸化物排出係数に平成11年11月観測の府道大阪臨海線及び阪神高速道路4号湾岸線の交通量を乗じて求めた。また、現地調査の1、3、4、5、7回目は明条件での測定結果であり、日照時間帯である9～17時は、光触媒建材の効果により府道大阪臨海線から排出される窒素酸化物のうち約1%の削減が見込まれるため、上記の現地調査結果の再現には、日照時間帯の府道大阪臨海線の窒素酸化物排出量を1%差し引いて算出した。

気象のモデル化

放射収支量は、平成元年～3年におけるC局（泉南市樽井）の11月度の時刻別平均値、風向・風速は、臨海町局における各時期の時刻別風向出現頻度及び平均風速を算出して用いた。また、風速の設定については、べき法則を用いて府道大阪臨海線を対象とした地上2.6m及び阪神高速道路4号湾岸線を対象とした地上20mを推定した。なお、べき指数については、現地調査場所の地形を考慮し、「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針」に示されている土地利用状況「郊外」の1/5を用いた。

パラメータ条件の設定

JEAモデル式（東京都修正）のパラメータ条件設定は以下に示すとおりである。

- ・沿道条件：低中層散在
- ・道路構造：府道大阪臨海線；平坦道路
- ・初期拡散幅：府道大阪臨海線上り側車線；6 m
（府道大阪臨海線の上り側車線の一部に阪神高速の下り車線がある状態）
その他の車線；1 m

バックグラウンド濃度の設定

バックグラウンド濃度の設定については、現地常時測定局「泉大津保健所局」の各時期におけるNOx平均濃度から、大阪府が平成6年にブルーム・パフモデルを用いて算出した泉大津保健所局の周辺道路沿道の寄与濃度を差し引いた値を用いた。

(2) NOx濃度のシミュレーション結果

シミュレーション結果

各時期におけるシミュレーション結果の平均値は表5 - 15、その距離減衰図5 - 23に示すとおりである。計算条件は、現地調査状況に従い、各時期（7回）のうち2回目及び6回目は暗条件（NOx削減効果が見込まれない）、残りの5回は明条件（NOx削減効果が見込まれる）とし、NOx削減効果は府道大阪臨海線のみにも効果があるものとした。

JEAモデルを用いた実測値の再現性をみると、車道端付近の0 m及び13 mでやや誤差が見られるものの全体的にはよく再現されており、実測値と計算値の相関係数は0.975と非常に高く、今回のシミュレーション手法は有効なものであるといえる。また、対象道路2路線の窒素酸化物寄与濃度の割合は、阪神高速道路4号湾岸線は府道大阪臨海線と比較して非常に少なく、離れ距離0 mで1/36、最も離れた215 m地点で1/4であった。

（単位：ppm）

計 算 地 点		№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
車道端から距離 (m)		0	13	41	78	98	173	215
実 測 濃 度		0.243	0.085	0.062	0.054	0.050	0.047	0.048
バ ッ ク グ ラ ウ		0.033						
道 路 沿 道 寄 与	実 測 値	0.210	0.052	0.029	0.021	0.017	0.014	0.015
	計 算 値	0.185	0.080	0.036	0.020	0.016	0.008	0.005
	大 阪 臨 海 線	0.180	0.076	0.033	0.018	0.014	0.007	0.004
	阪 神 高 速	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001
	相 関 係 数	0.975						
誤 差		-0.025	0.028	0.007	-0.001	-0.001	-0.006	-0.010
誤 差 率 (%)		-13.5	35.0	19.4	-5.0	-6.3	-75.0	-200.0

表5 - 15 JEAモデルを用いたNOx濃度のシミュレーション結果

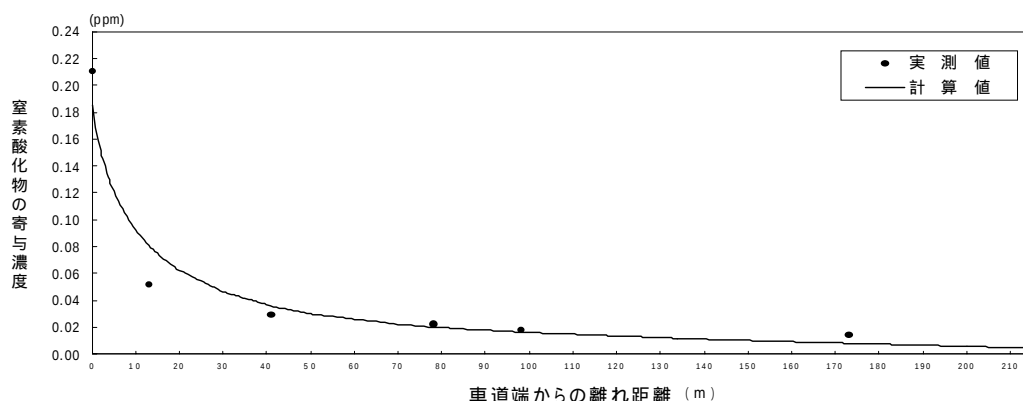


図5 - 23 実測値と計算値の距離減衰図

光触媒建材によるNOx削減効果の推定

今回調査対象地域とした泉大津市臨海町において、府道大阪臨海線の下り側車線の車道端約500m区間に高さ2.6mの遮音壁を設置し、その遮音壁面に光触媒建材を使用している。

遮音壁面に施した光触媒建材の効果により、日照時間帯において調査対象地域の府道大阪臨海線から発生するNOx排出量のうち約1%が削減できると試算されている。

今回行ったシミュレーション手法を用いて、光触媒建材によるNOx濃度の削減効果を推定した。推定方法の概要は、日照時間帯を9～17時とし、その時間帯において府道大阪臨海線から発生するNOx排出量を1%差し引いた場合と差し引かない場合とでシミュレーションを行い、各調査地点における道路沿道からのNOx寄与濃度を比較した。

光触媒建材によるNOx濃度削減効果の計算結果は表5-16に示すとおりである。

計算は7回の現地調査を行った全期間の平均濃度について行った、その結果、車道端0m地点において、削減濃度は約1ppb、削減率は0.559%となっており、車道より離れるにしたがって、沿道寄与濃度とともに削減濃度も削減率も低下する結果となった。

また、削減率が車道端から離れるにしたがい低下した理由として、対象道路としている2路線のうち、阪神高速道路4号湾岸線は、排出源位置が地上より約20mにあり、低濃度ながら広範囲にその影響が及ぶことから、離れ距離が大きくなるほど、府道大阪臨海線より阪神高速道路4号湾岸線の占める割合が大きくなり、削減率を低下させる結果になったと推測できる。そこで、府道大阪臨海線の沿道寄与濃度のみを対象として算出した計算結果を表5-17に示す。削減率に着目すると、離れ距離により、多少のばらつきはあるものの、予測地点全体をとおして0.5%以上の沿道寄与濃度の低減が見込まれることとなる。

計 算 地 点	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
車道端からの距離 (m)	0	13	41	78	98	173	215
排出量削減なし (ppb)	186.098	81.205	35.727	20.078	16.112	7.835	4.417
排出量削減あり (ppb)	185.057	80.775	35.553	19.984	16.037	7.798	4.398
削 減 濃 度 (ppb)	1.041	0.430	0.174	0.094	0.075	0.037	0.019
削 減 率 (%)	0.559	0.529	0.488	0.466	0.464	0.469	0.428

注) 表中の「排出量削減あり」は、日照時間帯(9～17時)について府道大阪臨海線からの排出量を1%差し引いて算出した沿道寄与濃度、「排出量削減なし」は、排出量を差し引かなかったもの、「削減率」は、「(削減濃度)/(排出量削減なし)×100」を示す。

表5-16 光触媒建材によるNOx濃度削減効果の計算結果

計 算 地 点	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
車道端からの距離 (m)	0	13	41	78	98	173	215
排出量削減なし (ppb)	180.994	76.630	32.811	17.888	14.240	6.932	3.854
排出量削減あり (ppb)	179.958	76.203	32.636	17.793	14.164	6.895	3.834
削 減 濃 度 (ppb)	1.036	0.427	0.175	0.095	0.076	0.037	0.020
削 減 率 (%)	0.575	0.558	0.532	0.525	0.528	0.538	0.505

注) 表中の「排出量削減あり」は、日照時間帯(9～17時)について府道大阪臨海線からの排出量を1%差し引いて算出した沿道寄与濃度、「排出量削減なし」は、排出量を差し引かなかったもの、「削減率」は、「(削減濃度)/(排出量削減なし)×100」を示す。

表5-17 光触媒建材によるNOx濃度削減効果の計算結果(府道大阪臨海線のみ)

9. 高層建築物密集地域での検討

高層建築物が密集している場所を想定して、光触媒建材施工による環境改善効果の予測手法の検討を行った。

(1) 試算方法

評価点におけるNOx浄化効果の推定

光触媒建材を施工するに当たって、その浄化効果（浄化性能実効値）を推定するためパフモデルによる大気拡散計算を行った。拡散計算は、点煙源パフ式を用い、6車線道路（道路幅員26m）を想定し、鉛直方向、水平方向ともに1mピッチで行った。浄化性能実効値については、鉛直方向は浄化性能がNOx濃度に比例するため寄与濃度比から、また、水平方向は距離減衰による寄与率から推定した。なお、計算に用いた設定条件は以下のとおりである。

- ・気象条件 地上風速：0m/s
- ・大気安定度：A
- ・有効煙突高さ 地上0m
- ・煙源位置 車道の中央部（道路端から13m）

大気拡散計算結果を基に求めた、計算点（評価点）に対する建材の浄化性能実効値は表5-18のとおりである。鉛直方向は、地上20mまでの濃度比の平均値、水平方向は、20mまでの寄与率を5m毎に平均した値をとり、それらの積により設定した。（影響範囲のイメージは図5-23のとおり）

水深距離		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
鉛直距離	濃度比	1.00	0.96	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.63	0.59	0.54	0.50	0.47	0.43	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30
距離	濃度比	平均値	0.95				0.73				0.51				0.35						
1	1.00	0.80	0.75	0.58	0.40	0.28															
2	0.99																				
3	0.98																				
4	0.97																				
5	0.95																				
6	0.93																				
7	0.91																				
8	0.88																				
9	0.85																				
10	0.82																				
11	0.79																				
12	0.76																				
13	0.73																				
14	0.70																				
15	0.67																				
16	0.65																				
17	0.62																				
18	0.59																				
19	0.56																				
20	0.54																				

表5-18 建材の浄化性能実効値

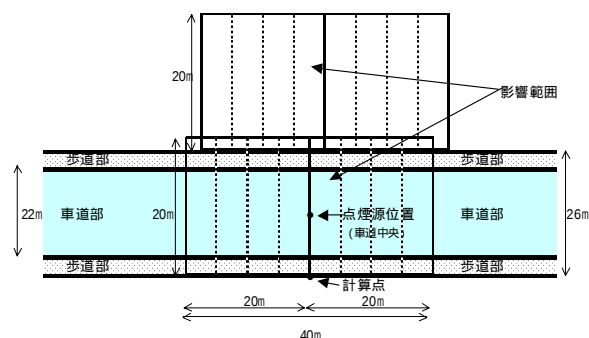


図5-23 影響範囲のイメージ図

NOx浄化量の算出

NOx浄化量は、平成11年度調査で求めた浄化性能^{*}に影響範囲内の各ブロックでの建材施工面積及び浄化性能実効値から算出した。

$$\text{浄化性能 (mg/m}^2 \cdot \text{h)} = 38X + 4$$

X：評価点におけるNOx濃度（ppm）

$$\text{NOx浄化量 (mg/h)} = \sum_{i=1}^n (p_i \times S_i \times \text{浄化性能})$$

p_i ：各ブロックにおける建材の浄化性能実効値

S_i ：各ブロックの建材施工面積（ m^2 ）

n：施工ブロックの数（16）

改善後の評価点濃度の算出

改善後の評価点濃度は、まず、日照時間帯（9時～17時）について、車両の排出強度と浄化量の比率から、現況濃度に対する改善後濃度を推定し、日照時間帯と夜間時間帯の時間数で加重平均して改善後の年平均値を求めた。

$$\begin{aligned} \text{改善後寄与濃度(ppb)} &= (\text{現況濃度(ppb)} - \text{BG(ppb)}) \times \\ &(\text{日照時間帯}) \quad (\text{排出強度(mg/h)} - \text{浄化量(mg/h)}) \\ &\div \text{排出強度(mg/h)} \end{aligned}$$

BG（バックグラウンド濃度）は、対象地域周辺の一般局のNOx濃度を設定する。

改善後濃度(日照時間帯)(ppb)

$$= \text{改善後寄与濃度(ppb)} + \text{BG(日照時間帯)(ppb)}$$

改善後濃度(年平均値)(ppb)

$$\begin{aligned} &= (\text{改善後濃度(ppb)}(\text{日商時間帯}) \times 8 \\ &+ \text{夜間時間帯濃度(ppb)} \times 16) \div 24 \end{aligned}$$

NO₂への変換

NO_x年平均值からNO₂年平均值への変換は、次式
(大阪府の自動車排ガス測定局データから作成) から算出した。

$$Y = 3.468 X^{0.529}$$

Y : NO₂年平均值 (ppb)、

X : NO_x年平均值 (ppb)

98%値への変換

NO₂年平均值からNO₂98%値への変換は、次式(大阪府の自動車排ガス測定局データから作成) から算出した。

$$Y = 1.301 X + 12.685$$

Y : NO₂の1日平均値の年間98%値 (ppb)、

X : NO_x年平均值 (ppb)

10. 設計手法 (ケーススタディ)

(1) 試算結果

NO_x浄化量

茨田中学校局において、ケーススタディを実施した。

対象道路となる府道大阪生駒線におけるNO_x浄化量の算出結果は表5-19に、施工場所等位置は図5-29に示すとおりである。

影響範囲内における建材の施工可能面積については、現地調査を行い、目視及び計測により求め、施工位置ごとの浄化性能(浄化性能×実効値)と施工可能面積から、NO_x浄化量1,560mg/h(12,490mg/8h)を算出した。

建 物 の 名 称	施工面積等	水 平 距 離 (m)			
		1 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20
大阪市建設局 建屋 (北側)	建物面積 (m ²)	100.0	50.0	-	-
	施工可能率	0.9	0.9	-	-
	施工面積 (m ²)	90.0	45.0	-	-
大阪市建設局 建屋 (北側)	建物面積 (m ²)	-	-	35.0	17.5
	施工可能率	-	-	0.8	0.8
	施工面積 (m ²)	-	-	28.0	14.0
茨田中学校 校舎 (南側)	建物面積 (m ²)	80.0	80.0	80.0	40.0
	施工可能率	0.6	0.6	0.6	0.6
	施工面積 (m ²)	48.0	48.0	48.0	24.0
民 家 (南側)	建物面積 (m ²)	-	-	-	13.8
	施工可能率	-	-	-	0.6
	施工面積 (m ²)	-	-	-	8.3
施工可能面積計 (m ²)		138.0	93.0	76.0	46.3
浄化性能 (mg/m ² ・h)		7.78			
浄化性能実効値		0.75	0.58	0.40	0.28
浄 化 量 (mg/h)		805	419	236	101
		1,560 (12,490mg/8h)			

浄化性能 : 7.777mg/h = 38 × 0.0994ppm (茨田中学校局の日照時間帯の年平均値) + 4

表5-19 対象道路におけるNO_x浄化量の算出結果(茨田中学校局)

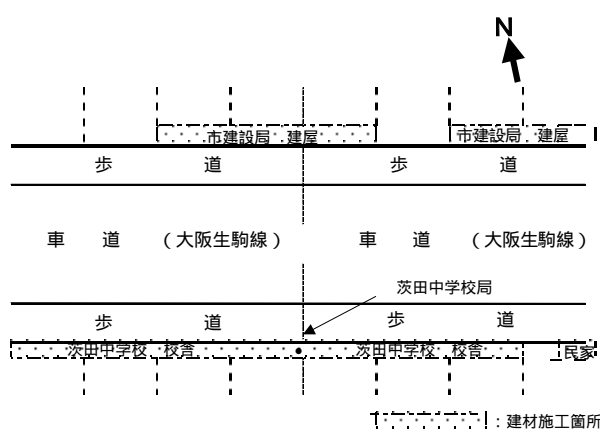


図 5 - 29 施工場所等位置図

NOx排出強度

日照時間帯（9～17時）における対象道路（府道大阪生駒線）の時間交通量及び排出強度は表 5 - 20 に示すとおりである。

対象道路の平成 9 年度全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）の観測結果を基に、平日と休日の割合を8:2として年間の平均交通量を求め、それに大阪府の平成 9 年度窒素酸化物排出係数を乗じて排出強度を求めた。なお、排出強度は4.1で示した影響範囲である東西40mの区間について算出した。

改善後の評価点濃度

評価点（茨田中学校局）及びバックグラウンド（聖賢小学校局）の平成10年度の測定結果は表 5 - 20に示すとおりである。

（平成10年度） 単位:ppb

	評価点 （茨田中学校局）		
	NO	NO ₂	NO _x
昼間(9～17時)平均値	52.4	47.0	99.4
夜間(昼間以外)平均値	69.8	40.9	110.7
全日年平均値	63.3	43.1	106.4
	バックグラウンド （聖賢小学校局）		
	NO	NO ₂	NO _x
昼間(9～17時)平均値	18.6	32.1	50.7
夜間(昼間以外)平均値	27.3	33.8	61.1
全日年平均値	24.1	33.1	57.2

昼間は建材が浄化を行う日照時間帯（9～17時）とし、それ以外の時間帯を夜間とした。

表 5 - 20 評価点及びバックグラウンド濃度

改善後の日照時間帯における評価点濃度を以下の式により算出した。結果は表 5 - 21に示すとおりである。

日照時間帯の改善後寄与濃度：47.4ppb

$$= (99.4 - 50.7) \times (479\text{g}/8\text{h} - 13\text{g}/8\text{h}) \div 479\text{g}/8\text{h}$$

日照時間帯の改善後環境濃度：98.1ppb

$$= 47.4\text{ppb} + 50.7\text{ppb} = 98.1\text{ppb}$$

	NO _x (ppb)
改善前	99.4
改善後	98.1
差	1.3

表 5 - 21日照時間帯におけるNOx濃度の比較

大阪生駒線：大阪市鶴見区諸口6丁目（平休日等価交通量：昼間）

	交通量 (台/h)								排出強度 (mg/h)
	軽乗用	乗用	バス	軽貨物	小型貨物	貨客	普通貨物	特殊	
9-10	67	650	35	166	114	162	260	53	69,528
10-11	68	702	35	188	103	236	216	33	61,406
11-12	68	762	29	206	107	204	206	51	61,768
12-13	77	747	28	166	70	165	158	58	52,415
13-14	79	795	38	193	119	168	210	43	62,488
14-15	74	865	43	203	86	166	185	57	61,126
15-16	79	878	39	194	113	179	194	33	58,979
16-17	85	835	43	167	88	182	155	26	51,135
合計	597	6,234	290	1,483	800	1,462	1,584	354	-
排出強度 (mg/8h)	6,765	24,911	56,395	32,223	29,513	30,433	240,831	57,774	478,845

表 5 - 20 昼間交通量及びその排出強度

改善前後のNOx濃度の年平均値を以下の算式から求めた。結果は表5-22に示すとおりである。

$$\text{改善前: } 106.9\text{ppb} = (99.4 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$$

$$\text{改善後: } 106.5\text{ppb} = (98.1 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$$

式中の8は昼間（日照時間帯）、16は夜間の時間数を示す。

	NOx (ppb)
改善前	106.9
改善後	106.5
差	0.4

表5-22 NOx年平均値の比較

また、バックグラウンド濃度の設定に用いた聖賢小学校局が、茨田中学校局の対象道路によるNOxの影響を10ppb程度受けていたと考えると、バックグラウンド濃度等は表5-23となり、この場合の日照時間帯における改善効果は表5-24のとおりとなる。

単位:ppb

	評価点 (茨田中学校局)	バックグラウンド (聖賢小学校局 - 対象道路の影響)
昼間 (9~17時) 平均値	99.4	40.7 (50.7-10)

表5-23 NOxの評価点及びバックグラウンド濃度(平成10年度)

$$\begin{aligned} \text{日照時間帯の改善後寄与濃度} &: 57.1\text{ppb} \\ &= (99.4 - 40.7) \times (479\text{g}/8\text{h} - 13\text{g}/8\text{h}) \div 479\text{g}/8\text{h} \\ \text{日照時間帯の改善後環境濃度} &: 97.8\text{ppb} \\ &= 57.1\text{ppb} + 40.7\text{ppb} \end{aligned}$$

	NOx (ppb)
改善前	99.4
改善後	97.8
差	1.6

表5-24 日照時間帯におけるNOx濃度の比較

この場合における改善前後のNOx濃度の年平均値は表5-25のとおりである。

$$\text{改善前: } 106.9\text{ppb} = (99.4 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$$

$$\text{改善後: } 106.4\text{ppb} = (97.8 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$$

式中の8は昼間（日照時間帯）、16は夜間の時間数を示す。

	NOx (ppb)
改善前	106.9
改善後	106.4
差	0.5

表5-25 NOx年平均値の比較

また、現在開発中の光触媒を応用した舗装を対象道路の車道部及び歩道部に施工した場合の試算についても併せて行った。この場合の対象道路における施工面積は1,040m²（道路幅員26m×影響範囲40m）となり、浄化性能実効値を考慮したNOx浄化量は5,140mg/h（41,120mg/8h）となる。（なお、車道部では壁面より高濃度であり、NOx浄化量はより大きくなると想定されるが、定量的に評価できないため、上記の浄化量を用いた。）ここで、壁面によるNOx浄化量との和は6,700mg/h（53,600mg/8h）となり、日照時間帯における改善後の評価点濃度は表5-26に示すとおりとなる。

$$\text{路面施工面積: } 1040\text{m}^2 = 40\text{m} \times 26\text{m} \text{ (道路幅員)}$$

$$\text{浄化性能実効値: } 35 = ((0.95 + 0.73 + 0.51 + 0.35) / 4)$$

路面は鉛直距離を0と考え、水平距離における寄与率を用いた。

$$\text{浄化性能: } 7.777\text{mg}/\text{h} = 38 \times 0.0994 + 4$$

$$\text{路面のNOx浄化量: } 5,140\text{mg}/\text{h} \text{ (41,120mg/8h)}$$

$$0.635 \times 1040 \times 7.777$$

$$\begin{aligned} \text{路面+壁面のNOx浄化量: } &6,700\text{mg}/\text{h} \text{ (53,600mg/8h)} \\ &= 5,140 + 1,560 \end{aligned}$$

$$\text{日照時間帯の改善後寄与濃度: } 43.2\text{ppb}$$

$$= (99.4 - 50.7) \times (479\text{g}/8\text{h} - 54\text{g}/8\text{h}) \div 479\text{g}/8\text{h}$$

$$\text{日照時間帯の改善後環境濃度: } 93.9\text{ppb}$$

$$= 43.2\text{ppb} + 50.7\text{ppb}$$

	NOx (ppb)
改善前	99.4
改善後	93.9
差	5.5

表5-26 日照時間帯におけるNOx濃度の比較

壁面及び路面の両方に施工した場合における改善前後のNOx濃度の年平均値は表5-24のとおりとなる。

改善前(ppb) $106.9 = (99.4 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$

改善後(ppb) $105.1 = (93.9 \times 8 + 110.7 \times 16) / 24$

式中の8は昼間(日照時間帯)、16は夜間の時間数を示す。

	NOx (ppb)
改善前	106.9
改善後	105.1
差	1.8

表5-27 NOx年平均値の比較

(2) 建材の施工面積とNOx濃度等の関係

茨田中学校局の試算例に用いたNOx濃度及び排出強度を基にして、影響範囲内[側壁及び路面(図5-23参照)]において、建材を一様に施工した場合の建材施工面積とNOx濃度等との関係について計算を行った。

設定条件

・浄化性能実効値

前掲の表に示す浄化性能実効値から、

壁面： $0.5025 = ((0.75 + 0.58 + 0.40 + 0.28) / 4)$

路面： $0.6350 = ((0.95 + 0.73 + 0.51 + 0.35) / 4)$

路面は鉛直距離を0と考え、水平距離における寄与率を用いた。

・最大施工面積

側壁： $1600\text{m}^2 = 20 \times 40 \times 2$

建物の側壁の地上高さ：20m

影響範囲の水平距離：40m

路面： $1040\text{m}^2 = 26 \times 40$

道路の幅員：26m

影響範囲の水平距離：40m

計算結果

ア) 現状の浄化性能

(浄化性能： $7.777\text{mg/h} = 38 \times (0.0994) + 4$)

壁面のみに施工した場合と路面及び壁面の両方に施工した場合の、壁面の施工面積率(%) (路面については施工した場合は施工面積率100%)と日照時間帯(9時～17時)におけるNOx濃度等との関係は表5-25及び図5-40及び図5-41に示すとおりである。

影響範囲内の全ての側壁に建材を施工した場合、日照時間帯におけるNOx濃度は施工前の99.4ppbから施工後には94.3ppb(NOx浄化量6.25g/h)まで、5.1ppb改善される。さらに、それに加え路面全てにも施工した場合は、90.1ppb(NOx浄化量11.39g/h)まで、9.3ppb改善される。

施工物	項目	関係式
側壁のみ	NOx浄化量	g/h $Y = 0.0625 X$
	NOx濃度	ppb $Y = -0.0508 X + 99.40$
路面 + 側壁	NOx浄化量	g/h $Y = 0.0625 X + 5.14$
	NOx濃度	ppb $Y = -0.0508 X + 95.22$

Y：NOx浄化量(g/h)、NOx濃度(ppb)

X：側壁の施工面積率(%)

表5-25 NOx濃度等と建材施工面積率との関係

イ) 浄化性能が現状の5倍に向上した場合

(浄化性能： $38.885\text{mg/h} = 7.777\text{mg/h} \times 5$)

後述する「光触媒の今後の展望について」でもふれているように、光触媒による脱硝の技術は、材料面からの性能改善で現状の5倍程度の性能向上が可能である。このため、浄化性能が現状の5倍に向上した場合について、と同様に、壁面の施工面積率(%)と日照時間帯(9時～17時)におけるNOx濃度等との関係を試算した。その結果は図5-26及び図5-42及び図5-43に示すとおりである。

影響範囲内の全ての側壁に建材を施工した場合、日照時間帯におけるNOx濃度は施工前の99.4ppbから施工後には74.0ppb（NOx浄化量31.26g/h）まで、25.4ppb改善される。さらに、それに加え路面全てにも施工した場合は、53.1ppb（NOx浄化量56.94g/h）まで、46.3ppb改善される。

施工物	項目	関係式
側壁のみ	NOx浄化量	g/h $Y = 0.3126X$
	NOx濃度	ppb $Y = -0.254X + 99.40$
路面+側壁	NOx浄化量	g/h $Y = 0.3126X + 25.68$
	NOx濃度	ppb $Y = -0.254X + 78.50$

Y：NOx浄化量（g/h）、NOx濃度（ppb）

X：側壁の施工面積率（％）

表5 - 26 NOx濃度等と建材施工面積率との関係

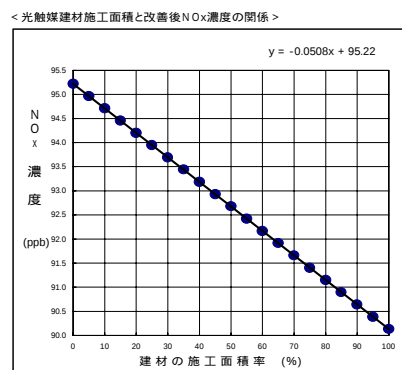
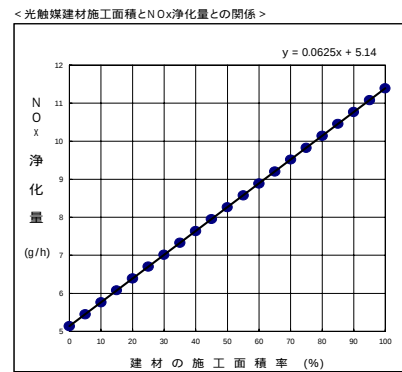


図5 - 31 日照時間帯における建材の施工面積率とNOx濃度等の関係（壁面+路面）

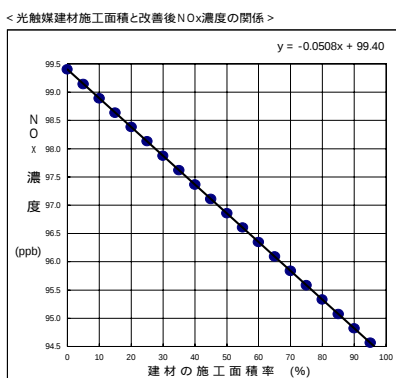
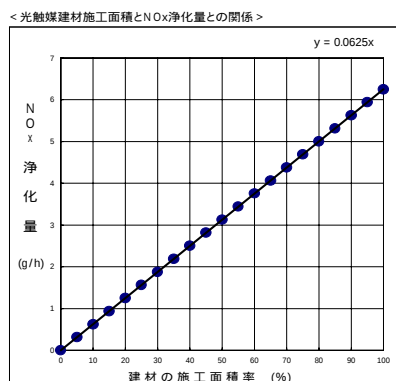


図5 - 30 日照時間帯における建材の施工面積率とNOx濃度等の関係（壁面）

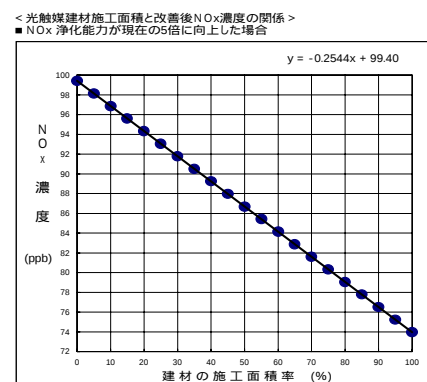
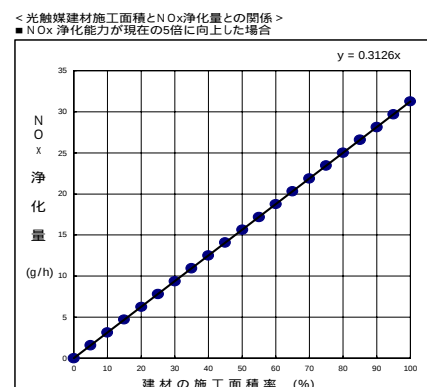


図5 - 32 日照時間帯における建材の施工面積率とNOx濃度等の関係（NOx浄化能力が現在の5倍に向上した場合 壁面）

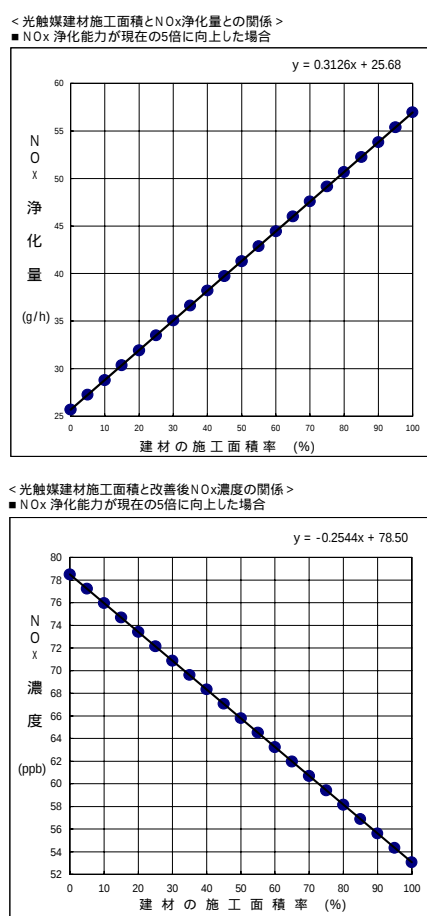


図5 - 32 日照時間帯における建材の施工面積率とNOx濃度等の関係 (NOx浄化能力が現在の5倍に向上した場合 壁面+路面)

ウ) NO₂の1日平均値の年間98%値

イ) において算出した日照時間帯における改善後のNOx濃度から年平均濃度を求め、換算式を用いてNO₂の年平均濃度を算出し、さらに1日平均値の年間98%値 (以下「NO₂の98%値」という) に換算し、改善前後の比較を行った。

(ア) 現状の浄化性能

現状の浄化性能で施工面積率が100%の場合の改善後濃度について、下記によりNO₂の98%値を算出した。

影響範囲内の全ての壁面に建材を施工した場合、NO₂の98%値は施工前の66.1ppb (計算値) から、65.6ppbまで、0.5ppb改善される。壁面に加えて、路面全てにも施工した場合は65.2ppbまで、0.9ppb改善される。

$$\text{NOx(年平均値)} = (\text{昼間(改善前後)濃度} \times 8 + \text{夜間濃度} \times 16) \div 24$$

$$\text{改善前} : 106.9\text{ppb} = (99.4 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{壁面のみ} : 105.2\text{ppb} = (94.3 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{壁面+路面} : 103.8\text{ppb} = (90.1 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{NOx}_2(\text{年平均値}) = 3.468[\text{NOx(年平均値)}]^{0.529}$$

$$\text{改善前} : 41.1 \text{ ppb} = 3.468 (106.9)^{0.529}$$

$$\text{壁面のみ} : 40.7 \text{ ppb} = 3.468 (105.2)^{0.529}$$

$$\text{壁面+路面} : 40.4 \text{ ppb} = 3.468 (103.8)^{0.529}$$

$$\text{NO}_2\text{の98\%値} = 1.301[\text{NO}_2(\text{年平均値})] + 12.685$$

$$\text{改善前} : 66.1\text{ppb} = 1.301 (41.1) + 12.685$$

$$\text{壁面のみ} : 65.6\text{ppb} = 1.301 (40.7) + 12.685$$

$$\text{壁面+路面} : 65.2\text{ppb} = 1.301 (40.4) + 12.685$$

(イ) 浄化性能が現状の5倍に向上した場合

光触媒建材が現状の5倍の浄化性能があるとして、施工面積率が100%の場合の改善後濃度について、下記によりNO₂の98%値を算出した。影響範囲内の全ての壁面に建材を施工した場合、NO₂の98%値は施工前の66.1ppb (計算値) から、63.8ppbまで、2.3ppb改善される。壁面に加えて、路面全てにも施工した場合は61.9ppbまで、4.2ppb改善される。

$$\text{NOx(年平均値)} = (\text{昼間(改善前後)濃度} \times 8 + \text{夜間濃度} \times 16) \div 24$$

$$\text{改善前} : 106.9\text{ppb} = (99.4 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{壁面のみ} : 98.5\text{ppb} = (74.0 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{壁面+路面} : 91.5\text{ppb} = (53.1 \times 8 + 110.7 \times 16) \div 24$$

$$\text{NOx}_2(\text{年平均値}) = 3.468[\text{NOx(年平均値)}]^{0.529}$$

$$\text{改善前} : 41.1\text{ppb} = 3.468 (106.9)^{0.529}$$

$$\text{壁面のみ} : 39.3\text{ppb} = 3.468 (98.5)^{0.529}$$

$$\text{壁面+路面} : 37.8\text{ppb} = 3.468 (91.5)^{0.529}$$

$$\text{NO}_2\text{の98\%値} = 1.301[\text{NO}_2(\text{年平均値})] + 12.685$$

$$\text{改善前} : 66.1\text{ppb} = 1.301 (41.1) + 12.685$$

$$\text{壁面のみ} : 63.8\text{ppb} = 1.301 (39.3) + 12.685$$

$$\text{壁面+路面} : 61.9\text{ppb} = 1.301 (37.8) + 12.685$$

11. 今後の課題と展望

(1) 調査結果のまとめ

本調査の結果をまとめると以下のとおりである。

光触媒を用いた建材により、大気中のNO_xを酸化除去できることが確認されるとともに、一部の建材では2年以上の長期にわたり初期状態に近いNO_x分解性能を維持していることが確認された。大気中のNO_xを酸化除去することにより生成し、建材表面に蓄積した硝酸イオンは、降雨により洗い流されるため、建材表面に接触した降雨は通常の降雨に比べ高濃度の硝酸イオンを含んでいたが、pHは概ね中性で酸性化するような現象はみられなかった。

建材表面に蓄積した硝酸イオンが、還元性ガス（アンモニア）の存在下での脱窒や硝酸ミストの飛散等により建材表面から脱離する可能性について調査を行ったが、そのような現象は認められなかった。

光触媒建材によるNO_x浄化の経済性について試算すると、除去NO_x量あたりにかかる費用は他の低濃度脱硝法に比べて安価であった。また、光触媒建材は、他の低濃度脱硝法と異なり、運転費や維持費を必要としないことや導入のための新たなスペースを必要としない等のメリットがある。

光触媒による改善効果を道路からの排出量に対する浄化量の割合として試算を行った結果、排出量の数%程度が浄化可能であることがわかった。泉大津市に設置した新型遮音壁によるNO_x濃度低減効果を試算すると、道路からの排出強度が約1%低減される結果となった。

大阪市内の高層建築物が密集している場所を例に光触媒建材のNO_x濃度低減効果を大気拡散モデルにより試算すると周辺建築物及び路面に施工した場合で、NO_xの年平均値で107ppbから105ppbへと約2ppbの低減効果となった。

12. 今後の課題と展望について

光触媒建材については、実用規模の施設である泉大津市に設置した遮音壁においても、一定の環境改善効果が確認されているところであるが、より実用性を高めるためには一層のNO_x浄化性能向上と耐久性の向上が求められるところである。実験室レベルにおいては、遮音壁と比較して数倍のNO_x浄化性能が実現しており、近い将来、実用施設においても性能向上が実現されるものと考えられる。

もともと酸化チタンそのものの活性は、建材に塗膜化した場合とは比較にならないほど高く、可視光域での活性化が可能となれば、従来の2倍程度の高活性化が可能になる。（可視光域での活性化については既に数例の報告がなされている）

材料面からみた性能改善としては、

多孔質化による接触面積の拡大化

凹凸ある建材表面にすることによる表面境界層の崩壊の促進等により、現在の5倍程度の性能向上が期待されている。

現在はパッシブ型（動力などを使わずに自然光を利用するもの）であるが、強制的に汚染された大気を光触媒に接触させるとともに紫外ランプにより高活性化を図るアクティブ型システムでは、土壌脱硝システム（通気速度2～4 cm/s）と比較して通気速度をはるかに大きく設定できることから（通気曝露試験では流速0.9m/sで80～90%の浄化能力を有している）、小型化、低コスト化が可能であり、その利用範囲は大きいと考えられる。また、システム化した場合、NO: NO₂が1:1付近においては光がない状態でも、NO₂を亜硝酸イオンとして除去が可能であるといわれている。

現在、光触媒を用いた道路舗装が開発されつつあり、実用化された場合、施工可能面積が飛躍的に拡大することから、大きな環境改善効果が期待される。また、課題となっている、硝酸イオン蓄積状態で起こるNO₂の放出については、塗膜厚をあげ、建材の吸着力を高めることで改善が可能である。

現状の光触媒の処理能力は画期的なものとはいえないものの、メンテナンスフリーという特徴を活かし、道路施設の改修等に際して塗布面積を増加していくことが望まれる。しかしながら、通常品に比べ2～3割高価であることから利用範囲が限られ、メーカーは一層のコストダウンを図るとともに、浄化性能、耐久性の向上に努める必要がある。また、メーカーの開発を促進するには、一定の需要を維持する必要があり、国等による助成制度の創設が望まれる。

以上述べたように、光触媒による脱硝は、今後一層の性能向上が期待できるほか、他のシステムに比較してコスト及び維持管理面で優れており、局地汚染対策として有効な手法と考えられる。

- 3 川崎市の調査結果

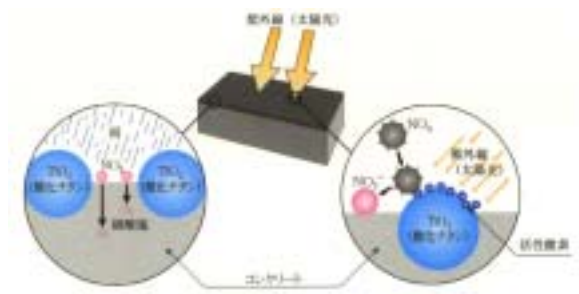


図6-2 NOx浄化のメカニズム

1. 光触媒窒素酸化物浄化建材の概要

川崎市池上新田公園前の歩道に敷設された光触媒窒素酸化物浄化建材は、太陽光に含まれる紫外線のエネルギーによって大気中のNOxを浄化する仕組みになっている。

NOx浄化のメカニズムは図6-2に示すとおりである。

紫外線が建材にあたると酸化チタン表面に活性酸素が発生する。この強力な酸化力を持つ活性酸素が大気中のNOxを酸化し硝酸イオンに変える。建材表面に沈着した硝酸イオンが降雨により溶出することにより、反応面が洗浄維持されるとともに、ブロック中（図6-1参照）に浸透した雨水はコンクリート中のアルカリによって中和され硝酸塩に変わる（図6-2参照）。



図6-1 NOx浄化ブロック

2. 光触媒窒素酸化物浄化建材を用いた室内実験結果

(1) 実験方法

流通式光反応容器内に試験ブロックを置き模擬汚染大気を通気する。試験ブロック前後のNOx濃度を乾式NOx自動測定器により測定した。

（表6-1及び表6-2、図6-3及び図6-4参照）

項目	仕様
実験装置	下図参照
試験ブロック	NOx浄化舗装ブロックノクサー（三菱マテリアル(株)）
前処理	80度で24時間以上乾燥
模擬汚染大気	NO標準ガスを精製空気により希釈（約1ppm）
光源	光化学用蛍光灯
NOx計	乾式NOx自動測定器
実験期間	平成12年1月25日(火)～1月27日(木)

表6-1 機器の構成（室内実験）

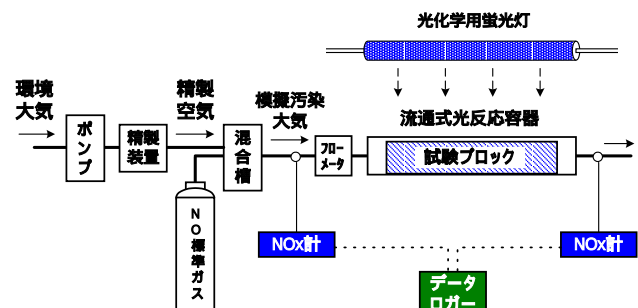


図6-3 実験装置（室内実験）

実験 ケース	実験条件		
	空気層厚 (mm)	流速 (m/秒)	紫外線強度 (mW/cm ²)
1(基本ケース)	5	0.1	0.6
2	10	*	*
3	20	*	*
4	*	0.05	*
5	*	0.5	*
6	*	*	0.1
7	*	*	0.3

注) *は基本ケースと同じ

表 6 - 2 実験条件 (室内実験)

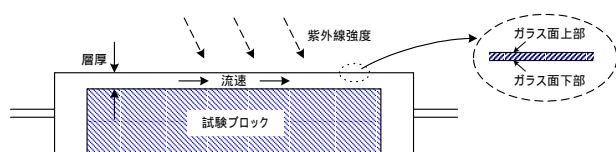


図 6 - 4 実験条件 (室内実験)

(2) 実験結果

反応容器内の流速を上げるとNOの処理率(%)は低下するが、流速を上げることにより通気量全体は増加するため処理量(mg/60min)は増加する。反応容器内の空気層厚を厚くするとNOの処理率(%)は低下するが、処理量(mg/60min)は増加する。

紫外線強度を0.1~0.6mW/cm²まで変化させても、NO処理率はほぼ80%程度以上の性能を維持した。また、処理率(%)が低くなるとNO₂の生成量が増えることが確認され、光触媒反応の中間生成物であるNO₂が生成され放出されたものと推察される。

3. 光触媒窒素酸化物浄化建材を用いたフィールド実験

(1) 実験方法

流通式光反応容器内に試験ブロックを置き沿道大気を通気する。試験ブロック前後のNOx濃度を乾式NOx自動測定器により測定した(表6-3、図6-5参照)

項 目	仕 様
実験装置	下図参照
試験ブロック	NOx浄化舗装ブロックノクサー (三菱マテリアル(株))
前処理	80度で24時間以上乾燥
汚染大気	沿道大気(産業道路)
光 源	太陽光
NOx計	乾式NOx自動測定器
同時測定項目	紫外線強度, 気温, 相対湿度
実験期間	冬季: 平成12年2月1日 (火)
	~2月2日 (水)
	夏季: 平成12年9月6日 (水)
	~9月8日 (金)

表 6 - 3 機器の構成 (フィールド実験)

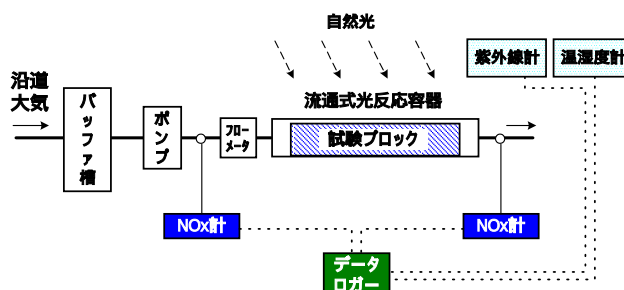


図 6 - 5 実験装置 (フィールド実験)

(2) 実験結果

時間変動

NO、NO₂、NOx濃度及び処理率の時間変動は図6-6に示すとおりである(夏季)。

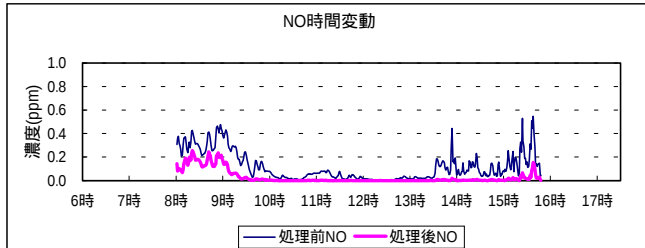
朝夕に処理率が低下する傾向がみられた。これは朝夕の紫外線強度が弱いことに加え、窒素酸化物の排出濃度が高かったことによると考えられる。

また、NO₂の処理後の濃度が処理前の濃度に比

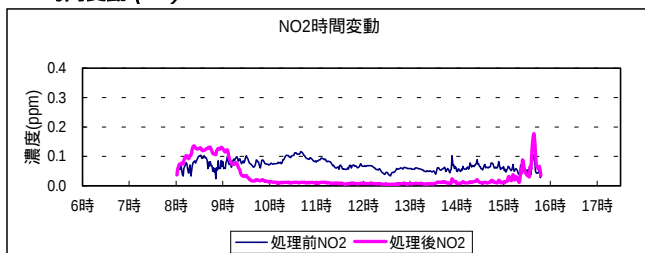
べ高くなっている部分があるが、これは光触媒反応で処理される NO_2 の量を、 NO から酸化され新たに発生する NO_2 の量が上回るためである。

夏季

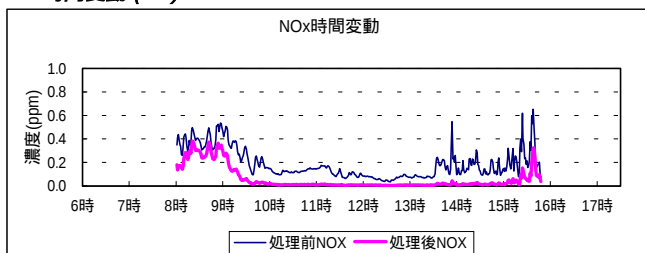
NO時間変動 (9/6)



NO₂時間変動 (9/6)



NOx時間変動 (9/6)



処理率と紫外線強度 (9/6)

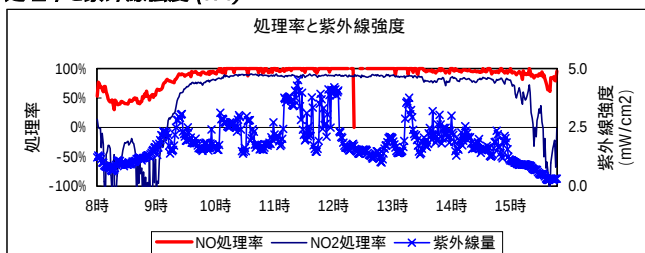


図 6 - 6 NOx濃度及び処理率

4. 紫外線強度と処理率

調査期間中の紫外線強度は、冬季に比べ夏季がやや高く、 $1.0\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上の割合が冬季44%に対し、夏季61%であった。

夏季・冬季とも紫外線強度が高いほど処理率が高かった（冬季は紫外線強度 $2.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上のデータはない）。

処理率と紫外線強度の散布図をみると夏季のデータにはばらつきがみられる（図 6 - 7）。

また、 NO_2 の処理率についてみてみると、冬季は80%程度までのデータしかないのに対し、夏季は90%程度まで処理率が向上している。これは季節的要因ではなく、夏季は日中の NO 濃度が低かったためとみられる。 NO_2 に対し NO 濃度が小さい場合、光触媒エネルギーは NO_2 から NO_3^- への反応に多く振り向けられる。加えて NO から NO_3^- への反応の中間生成物である NO_2 の発生量も少なくなる。

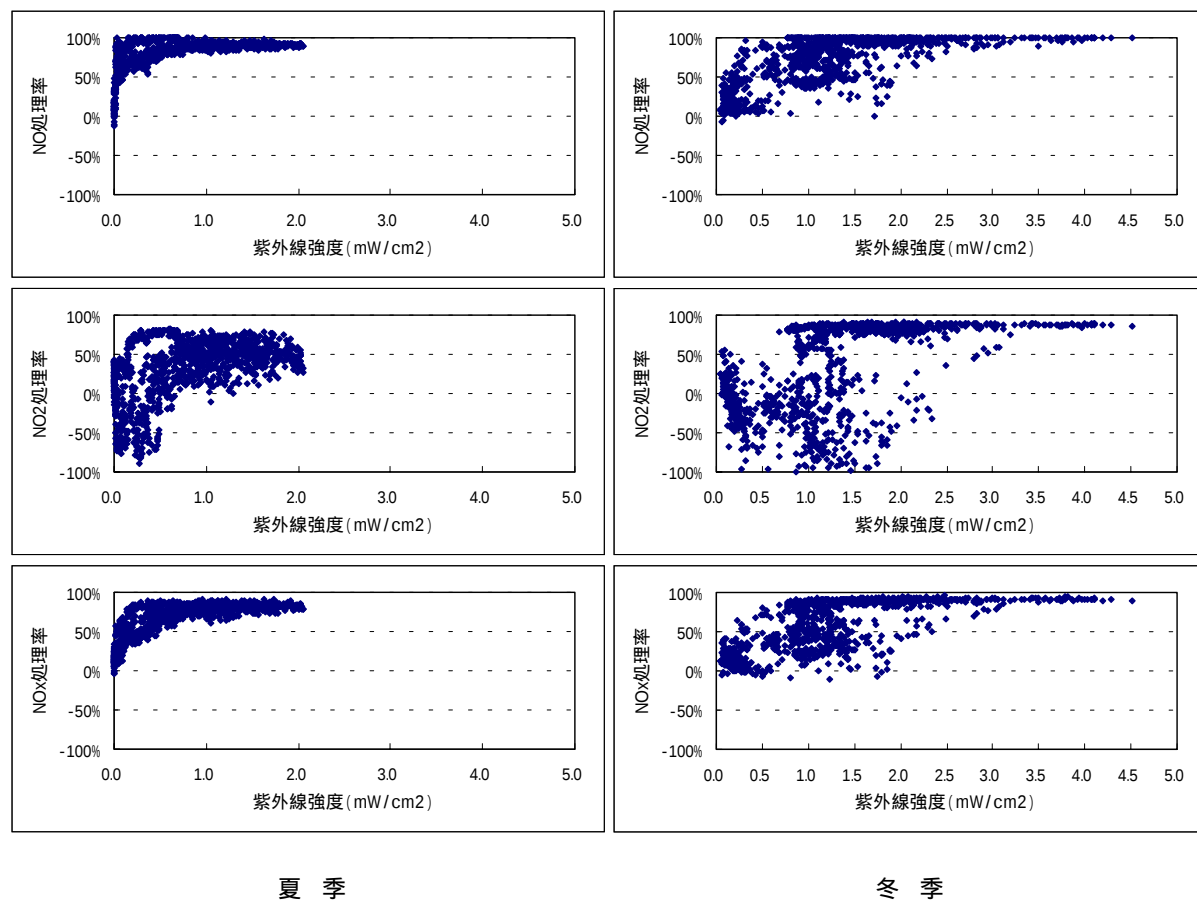


図6 - 7 処理率と紫外線強度の散布図

各種技術を用いた局地汚染対策設計手法に関する研究

平成14年 3 月

発 行 / 公害健康被害補償予防協会

〒106-0032 東京都港区六本木4-1-4 黒崎ビル
電話 / 03-3586-1527

印刷・製本 / 日本印刷株式会社



公害健康被害補償予防協会