特集2・環境に配慮した道路づくり

自動車排ガスの対策技術

土壌による大気浄化システム／光触媒を用いた新型遮音壁とその改善効果

高見勝重*

1. はじめに

都市部における大気汚染の状況は、改善傾向は認められるものの、特に幹線道路の沿道等において、近年の車両の大型化や交通量増加等の影響により、二酸化窒素や浮遊粒子状物質にかかる環境基準の達成状況は依然厳しい状況にある。このため、自動車NO_x法に基づき、平成5年に「自動車排出窒素酸化物総量削減計画」を策定、計画に定める諸施策が総合的に推進されているところである。

しかしながら、本年1月の尼崎訴訟においては、自動車排出ガスと健康被害との因果関係や、一定濃度を超える排出差し止め請求権を認めた司法判断が下されるなど、自動車交通の集中する幹線道路等の高濃度汚染地域における沿道環境対策は喫緊の課題となっている。

沿道環境対策については、歩道の拡幅や緑地帯の設置等の各種対策が提案されているものの、用地買収等の各種の条件から多大な経費と時間が必要となることから、汎用性がありどのような場所でも実施可能な沿道大気的直接浄化手法などの対策も重要な課題となっている。

このため、大阪府では、環境庁や公害健康被害補償予防協会の協力を得て、土壌の持つ大気浄化機能を応用した「土壌による大気浄化システム」や、太陽の光だけで沿道の汚れた大気を浄化する「光触媒によるNO_x浄化建材」など、汚れた大気を直接浄化する新しい手法の実用化に取り組んでいるが、これらの新技術の環境改善効果や開発状況について紹介する。

2. 土壌による大気浄化システム

自然界の土壌表面に生息する微生物の浄化機能を利用して汚れた空気を浄化する装置で、自動車排出ガス等で汚れた空気は送風機により土壌層に送り込まれ、これを通過する間にバクテリア等の作用により浄化される。この方法は、物理化学的な処理方法と異なり、処理廃棄物の発生がないことや、NO_x以外の一酸化炭素等の汚染物質も同時に効率よく浄化できるという特徴がある。

大阪府では、小規模プラントによる基礎調査の成果を踏まえ、平成8年度に本格的な普及に向けた実用規模の施設を、幹線道路沿道の緑地帯とトンネル換気塔敷地内に設置、大気環境の改善効果や運転管理手法等について検証するとともに、道路沿道などにおける設計手法の調査を実施している(写真1,2)。

2.1 システムの概要

システムは、図-1に示すとおり、送風機、風道・通気層、土壌層および植栽部から構成され非常に単純な構造となっている。土壌は一般的に園芸用として市販されている黒ボクや真砂土に腐葉土および通水・通気性を確保するためパーライトを混合して使用しており、特殊なバクテリアなどの接種や施肥の必要はない。土壌表面には低木等で植栽することも可能で、散水管理が適切に行われておれば樹種は特に限定されない。

土壌を通す空気の線速度は2cm/秒(72m³/時・m²)、土壌層厚は40cmに設定しているが、これは水分や植栽管理、経済的な運転管理を配慮したものである。空気は土壌の表面および裏面からも通すことが可能で、いずれの場合でも浄化性能に差は認められないことが確認されている。また、一酸化窒素の除去率を改善するため微量のオゾンを使用している。

*大阪府環境農林水産部交通公害課
Katsusige TAKAMI

沿道型システムの諸元

設置場所	大阪府吹田市泉町1, 2丁目(国道479号内緑地)
施設面積	500 m ² (250 m ² × 2カ所)
処理風量	3万6千m ³ /h (18千m ³ /h × 2カ所)
植 栽	シャリンバイ, ハイビヤクシン, アベリア等

写真1 沿道型システム

トンネル型システムの諸元

設置場所	大阪府東大阪市山手町(第二阪奈有料道路中央換気塔敷地内)
施設面積	400 m ² (200 m ² × 2カ所)
処理風量	2万6千m ³ /h (14.4千m ³ /h × 2カ所)
植 栽	シャリンバイ, ハイビヤクシン, アベリア等

写真2 トンネル型システム

図-1 システムの概略図(沿道型)

2.2 大気汚染物質の浄化性能

(1) 窒素酸化物

平成9年4月から平成12年2月までの窒素酸化物(NO_x)の平均除去効率は、冬季(11月～3月)の期間運転を行っている沿道型システムで86%, 連続運転のトンネル型システムでは94～95%と優れた性能が得られている。浄化部(土壌)のメンテナン

スなしで、これだけの長期間、汚れた大気を浄化できる装置は他に類はなく、画期的なシステムといえよう(表1)。

また、本システムで浄化された NO_x の一部は土壌中に残留するものの、大部分は無害な窒素ガスにまで分解されることも確認されている(図-2)。

(2) その他の大気汚染物質の除去効率

つとして広く普及を働きかけることとしている。なお、本システムは平成10年度に川崎市内で2層方式のシステムが設置・稼動しており、12年度には東京都内等にも新たな施設が計画されており、今後、沿道環境対策の手法の一つとして普及が期待されている。

3. 光触媒によるNO_x浄化建材

ある種の結晶構造を持つ二酸化チタンは、太陽の紫外線で大気中の水と酸素から非常に酸化力の強い発生期の酸素を生成する。この反応によって、例えば、大気汚染物質のNO_xは硝酸イオンに分解除去できることが明らかとなっている(図-4)。

触媒表面に分解された硝酸イオンが蓄積されると活性は低下するものの、雨水などで硝酸イオンが洗い流されると触媒活性が再生され、結果として光触媒を応用した材料は半永久的にNO_xを浄化することになる。したがって、光触媒を沿道の道路構造物や建物の外壁等に应用することができれば、これらの建材は自動車排出ガスで汚れた道路沿道の空気を太陽光エネルギーだけで浄化することが可能となる(図-5)。

大阪府では、環境庁や公害健康被害補償予防協会の協力を得て、平成7年度より光触媒の基礎的な検討を行い、建物の外壁等に施工が可能な建材を試作、

図-4 光触媒によるNO_x分解のしくみ

図-5 光触媒建材の応用例

これを道路沿道(国道43号、大阪市西淀川区出来島小学校)に設置、大気汚染物質の除去効率、浄化性能の持続性、素材の耐久性や雨水流出物等の影響について調査を実施した(写真3)。

これらの成果を踏まえ、平成10年度には光触媒を応用した新型遮音壁を開発、これを府道大阪臨海線沿道に施工し(光触媒塗布面積:延長500m×高さ2m×両面=約2,000m²)、大気の浄化性能や防音効果等の環境改善効果についての調査を実施しているところである(写真4)。

3.1 光触媒によるNO_x浄化性能

光触媒の分解能力をどのように評価するかさまざまな検討がされているが、大阪府では、一定の太陽光の条件下で、一定面積(1m²)の材料が1ppmのNO_xを何ミリグラム分解できるか、いわゆる「浄化係数」で評価している。

例えば、一部の施工建材については、7ヵ月間沿道で曝露してもほぼ初期の浄化係数が維持されており、この間、光触媒は環境中で再生を繰り返しながら、太陽光だけで連続的に大気中のNO_xを分解したことになる(表3)。

《参考》浄化係数33(mg/m²・h)の材料による沿道大気処理量の試算例

$$33 \text{ mg (浄化係数)} \div 46 \text{ (NO}_2 \text{ 分子量, g)} \\ \times 22.4 \text{ (標準状態体積, l)} \div 16 \text{ ml}$$

これは、1ppmの大気16m³を処理した量に相当、さらに、除去率を80%とすると、20m³に相当する。

3.2 硝酸イオンの問題

光触媒は窒素酸化物を硝酸イオンに分解するが、一般的には、触媒表面に多量の硝酸イオンが蓄積されると活性が低下するといわれている。

しかしながら、府の調査によると、道路沿道での触媒活性は長期間維持されており、表面に蓄積される硝酸イオン量は同時に蓄積される陽イオン量に依存していることが雨水の分析結果から明らかとなっ

ている(表4)。すなわち、触媒表面ではイオンバランスが保たれており、雨水流失物のpHは概ね中性から弱アルカリ性(pH:6.6~7.8)で、特に問題になる値ではなかった。これは、触媒表面に生成される硝酸イオンの収支から考慮すると、硝酸イオンや

NO_xが窒素ガス等に分解されたものと考えられるが、この点については確認調査が必要である。

また、防汚性（汚れを浄化する効果）も確認されているが、これは、触媒表面に付着した有機物を光

触媒が分解し、汚れが雨水で洗い流されやすくなる

写真3 沿道で試験中の光触媒建材（大阪市西淀川区）

写真4 光触媒を使用した新型遮音壁
（泉大津市内大阪臨海線沿道）

表3 光触媒を利用した材料の浄化係数例

単位：mg/m²・h

建材の種類		触媒厚	初 期	1ヶ月	3ヶ月	4ヶ月	5ヶ月	7ヶ月	備 考
A	セメント	0.2mm	30	35	—	—	30	27	8年施工
B	無機塗料	0.1mm	30	27	—	—	26	27	8年施工
E2-1	無機塗料	0.05mm	32	—	33	—	—	—	触媒改良
F1	舗装材	15mm	41	—	—	35	—	—	改良型

浄化係数：NO_x濃度1ppm、日射量20mW/m²以上における建材1m²、1時間当たりのNO_x除去量

表-4 降雨時の採取場所別含有イオン濃度

採取日	採取場所	液量 (ml)	pH	C l ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Anion/Cation
1月17日	通常雨	230	6.7	1.87	0.19	2.02	3.31	—	—	—	—	0.37	—
	歩道側	1080	7.3	20.70	3.02	243.31	223.82	15.80	10.70	1.37	9.51	55.10	2.00
	道路側	820	7.0	55.91	6.24	129.96	257.45	48.00	18.20	2.88	17.20	44.30	1.50
1月23日	通常雨	460	6.9	9.14	0.14	1.73	6.46	5.17	0.53	0.26	1.81	0.38	1.14
	歩道側	4110	6.8	20.27	1.13	84.31	89.88	14.00	6.78	0.63	6.48	25.70	1.48
	道路側	1420	7.1	339.62	5.78	206.68	569.28	161.00	36.40	4.94	26.90	97.10	1.65
1月26日	通常雨	140	7.0	14.55	0.30	4.27	8.43	—	—	—	—	1.39	—
	歩道側	800	7.0	31.87	0.07	30.09	35.63	17.40	2.10	0.39	3.02	11.60	1.30
	道路側	1070	6.9	376.58	4.68	104.60	302.59	175.00	28.90	2.80	20.40	69.00	1.39
2月7日	通常雨	730	7.0	14.57	0.09	1.23	4.48	7.78	0.29	0.12	1.47	0.38	1.17
	歩道側	9570	6.7	31.02	0.78	74.95	86.56	22.30	6.61	0.59	5.09	23.80	1.41
	道路側	2600	7.1	558.95	3.01	132.89	510.21	351.00	33.40	3.50	27.60	63.50	1.34
2月15日	通常雨	37	6.9	273.55	0.16	16.38	41.58	—	—	—	—	2.37	—
	歩道側	72	6.8	742.39	0.00	418.37	381.40	466.00	11.40	6.44	34.70	59.40	1.36
	道路側	162	7.0	4267.81	2.52	662.43	1765.88	2320.00	76.10	15.50	118.00	417.00	1.26

ためと考えられる。

3.3 光触媒による環境改善効果

大阪府では、府道大阪臨海線沿道に施工した遮音壁（光触媒塗布面積：延長500m×高さ2m）（図－6）の一定区間（100m）をシートで遮光した状態（暗条件）と通常の状態（明条件）でNO_x濃度を測

定し環境改善効果を調査している。その結果、暗条件より明条件における濃度が全般的にわずかに低くなる傾向がみられた（図－7）。

3.2 今後の予定

大阪府では、これまでの成果を踏まえ、平成12年度には継続して建材の耐久性試験を実施するとともに、改善効果の予測手法や施設の設計手法についての検討を行い、道路沿道における環境対策の一手法として、光触媒建材の早期実用化と普及を図ることとしている。

また、この「光触媒によるNO_x浄化建材」は、「西淀川訴訟」や「川崎訴訟」の和解条項にも盛り込まれ、すでに調査が実施されており、今後の技術開発の進展が期待されている。

図－6 光触媒を用いた遮音壁の概略図

図－7 窒素酸化物濃度の基準点に対する濃度比（夏季調査例）