

N-6

微生物による沿道大気浄化システムの浄化効率向上に関する研究

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○大城 温

同上 並河良治

同上 松下雅行

同上 山本昌弘

1. はじめに

大都市圏の特に幹線道路沿道では窒素酸化物(NO_x)や浮遊粒子状物質(SPM)濃度は高く、自動車排出ガス規制等による対策にもかかわらず、依然として環境基準を達成できない地域が残っている。将来の排出ガス規制を考慮しても、今後10～20年程度は環境基準非達成地域が局地的に残ると考えられる。

そのため、沿道の局地的な大気汚染対策として、光触媒や土壌などを用いた沿道大気浄化技術の開発が進められている。しかし、既存技術は浄化能力、設置面積や費用の面で一長一短があり、沿道大気浄化装置の本命となるには至っていない。そこで、国土技術政策総合研究所では、安価で設置面積が小さく大気浄化効率の良い大気浄化技術を目指して、新しい大気浄化技術の開発を行っている。本研究では、これまで行ってきた研究^{1)～4)}を踏まえて、大気浄化効率の一層の向上を図った。

2. 微生物による大気浄化システムの概要

本システムは、大気中の NO_x を水溶液に吸収させ下水道と同様に微生物により無害な窒素に変え、同時に大気中のSPMや硫酸酸化物(SO_2)等も水溶液で捕捉するものである。

本システムの大気浄化は以下のような流れで行われる(図-1参照)。

- ① ブローワーにより自動車排ガスを含んだ空気を浄化装置に送り込む。
- ② 送り込まれた空気にオゾンを追加し、大気中の一酸化窒素(NO)を二酸化窒素(NO_2)に酸化する。
(今回追加した工程)
- ③ NO_x 吸収塔で NO_x 吸収液と空気を接触させ、 NO_2 を硝酸イオン(NO_3^-)又は亜硝酸イオン(NO_2^-)として吸収液に取り込む。SPMや SO_2 も同様に吸収液に取り込む。
- ④ NO_x 吸収液は循環利用し、その一部を微生物反応槽に送る。
- ⑤ 微生物反応槽で微生物が
 NO_3^- や NO_2^- を窒素に還元する。

本研究で用いた実験装置では、オゾン酸化装置として紫外線照射法を用い、空気と吸収液の接触促進のためラシヒリングと呼ばれるポリプロピレン製の充填材を NO_x 吸収塔に充填している。吸収液には、 10mmol/L のリン酸緩衝液を用いている。また、炭素源としての微生物反応槽への酢酸の添加と、空気と吸収液の接触により蒸発した分の水道水の貯留槽への補給は自動的に行われる仕組みである。

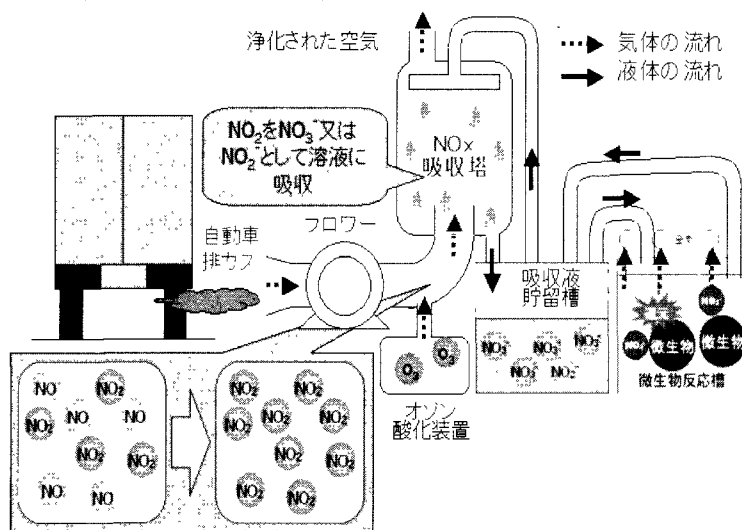


図-1 微生物による大気浄化システムの概念図

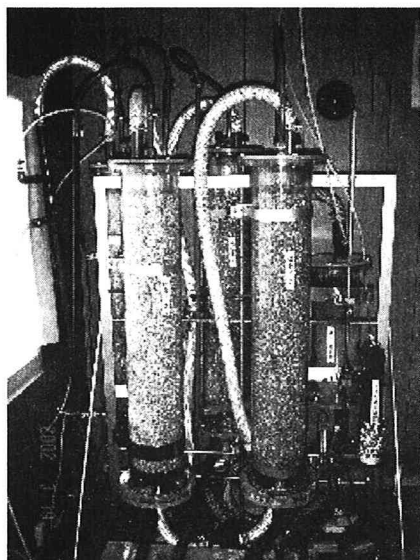


写真-1 直列に接続したNOx吸収塔

表-1 実験条件

実験条件	通気流量	吸収塔本数	オゾン添加
①	50L/分	2	なし
②	50L/分	2	2.4mg/時
③	50L/分	4	なし
④	50L/分	4	2.2mg/時
⑤	100L/分	4	1.2mg/時
12年度	250L/分	2	なし

除去率となる70%を目標として除去率の向上を図った。具体的には、よりNO_x濃度の高い大気を吸引するため吸引口を一層車道近くに設置するとともに、吸収塔（内径17cm、高さ100cm）を直列に数本つなぎ、かつ通気流量を抑制して接触時間を増加させた（写真-1）。

3. 2 実験の概要

実験施設は、大阪府東大阪市内の国道308号と府道大阪中央環状線の交差する西荒本北交差点西側の中央分離帯内に設置した（写真-2）。当該交差点は、高架構造の阪神高速東大阪線と近畿自動車道が交差する東大阪ジャンクションがあり、複層構造となっている。大気の吸引口は、NO_x及びSPM濃度が高いと予想される交差点の停止線後方脇の地上50cmに設置した。実験期間中における吸引口でのNO₂濃度は1時間値で平均0.06～0.08ppm、NO_x濃度で平均0.2～0.3ppm程度、SPM濃度で平均0.06～0.07mg/m³程度であった。実験は2002年2～3月の約1ヶ月間にわたって、5つの実験条件で実施した。実験条件は表-1に示すとおりである。比較ケースとして、平成12年度に実施した実験のうち今年度の試験条件と類似したものも示している。

3. 3 実験の結果

実験の結果を表-2に示す。今回の実験では通気流量を平成12年度と比較して20～40%に落としたため、除去率は大幅に向上した。また、オゾンを添加しない条件①、③及び12年度の条件ではNOがほとんど除去されないが、オゾンを添加した②、④、⑤ではNOをNO₂に酸化したためNO_x全体の除去率が大幅に向上した。吸収塔の本数を増やした③～⑤では空気と吸収液の接触時間が倍増したため、SPMも含めて除去率が向上した。さらに、通気流量を①～④の2倍とした⑤では、除去率が半減しNO_x除去量としては④とほとんど変わらなかった。ただし、②ではオゾン添加量が多すぎたため、NO_x濃度は低くなったがNO₂濃度は逆に高まった。



写真-2 実験施設の設置状況

3. 沿道におけるパイロット実験

3. 1 実験の経緯

平成12年度までに行った実験⁹⁾では、水に溶解しにくいNOをほとんど吸収できなかった。しかし、自動車排ガス中の窒素酸化物の大部分を占めるNOも排出後に徐々に酸化されNO₂に変換されることを考慮すると、NOを酸化しNO₂として同時に吸収することが望ましい。その場合、NO_x全体で約70%以上のNO₂除去率が確保できないと、全てのNOをNO₂に酸化した場合、浄化した空気の方が吸引前よりもNO₂濃度が上昇することになると試算された。

そこで、12年度実験で最高の除去率を示したケースの2倍のNO₂

表－２ 実験の結果

条件	吸込口濃度				除去率			
	NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	SPM (mg/m ³)	NO (%)	NO ₂ (%)	NO _x (%)	SPM (%)
①	0.233	0.072	0.304	0.068	12.0	57.3	23.3	52.5
②	0.185	0.062	0.248	0.057	82.5	-97.1	36.6	53.6
③	0.222	0.078	0.300	0.061	1.4	85.4	25.1	62.6
④	0.191	0.076	0.267	0.075	78.2	53.7	71.2	67.4
⑤	0.161	0.055	0.215	0.075	41.2	21.1	36.4	67.3
12年度	0.098	0.053	0.151	0.031	0.0	34.2	12.5	26.2

次に、実験条件中で最も除去率及び除去量が高かった条件④について、実験装置入口と出口のNO_x濃度と除去率の推移を図－２に示す。この図から、高いNO_x濃度の時に除去率が低下する傾向があることがわかる。オゾン添加をしない条件ではこのような傾向が見られないことから、本実験ではオゾン添加量を一定に設定したため、高いNO_x濃度の時にNOのNO₂への酸化割合が減少することにより、除去率が低下したと考えられる。

4. 他の大気浄化技術との比較

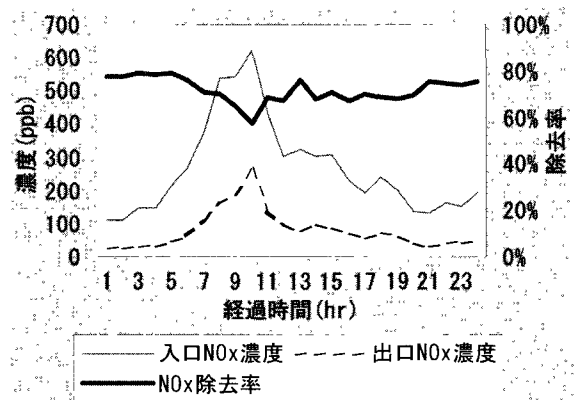
本実験の条件④の結果から、微生物による大気浄化システムの性能と、沿道で試験が実施されている他の大気浄化システムとの比較を行った(表－３)。運用コストについては、電気料金と水道料金のみを考慮した。その結果、比較的高濃度のNO_xを浄化するトンネル低濃度脱硝システムが最も効率が良いが、同じような場所に適用が想定される土壌による大気浄化システム⁹⁾と比較して運用コスト及び装置体積あたりのNO_x除去量は遜色がないことがわかった。また、微生物による大気浄化システムは、土壌によるものと異なり、必ずしも広い平面を必要としないため、中央分離帯や高架下などへのフレキシブルな配置が可能であり、有望な大気浄化技術であると考えている。

5. まとめと今後の課題

本研究では、オゾン酸化工程を加えるなど改良した「微生物による大気浄化システム」を沿道で運転し大気浄化効果を計測した。その結果、既存の土壌による大気浄化システムと同程度の費用で同等の大気浄化効果を得られた。今後は、NO_x濃度に応じてオゾン添加量を調整することにより、大気浄化効率を向上させたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 大西, 山田, 大城 「微生物を利用した大気中の窒素酸化物除去に関する基礎実験」, 土木技術資料, Vol. 41, No. 8, pp. 26-31, 1999.
- 2) 大城, 松下, 山本, 大西, 並河, 滝口, 扇谷 「微生物による沿道大気中のNO_x除去システムに関する基礎実験」, 大気環境学会年會講演要旨集, Vol. 42, p. 491, 2001.
- 3) 山本, 大城, 松下, 大西, 並河, 西村, 高橋 「微生物による沿道大気中のNO_x除去システムに関する室内実験」, 大気環境学会年會講演要旨集, Vol. 42, p. 492, 2001.
- 4) 松下, 大城, 山本, 大西, 並河, 西村, 伊藤 「微生物による沿道大気中のNO_x除去システムに関する沿道実験」, 大気環境学会年會講演要旨集, Vol. 42, p. 493, 2001.
- 5) 公害健康被害補償予防協会: 「土壌を用いた大気浄化システムの実用性に関する調査」, p. 59及び98, 1998.



図－２ NO_x濃度と除去率の推移の一例

表－３ 他の大気浄化システムとの性能の比較

	微生物による大気浄化システム	土壌による大気浄化システム	トンネル低濃度脱硝
通気流量(m ³ /hr)	36,000	36,000	160,000
入口NO _x 濃度(ppm)	0.267	0.247	0.81
NO _x 除去率(%)	71	88	87
NO _x 除去量(kg/日)	0.336	0.386	5.557
浄化施設体積(m ³)	979	835	3,500
運用コスト(円/日)	11,840	13,888	124,032
運用コストあたりのNO _x 除去量(mg/円)	28.4	27.8	44.8
体積あたりのNO _x 除去量(mg/日/m ³)	343	462	1,590

※運用コストには、電気料金と水道料金のみを考慮