

西松式大気浄化システムの開発（その3）

Development of Nishimatsu Air Cleaning System

村上 薫*	西 保**
Kaoru Murakami	Tamotsu Nishi
伊藤 忠彦***	田中 勉****
Tadahiko Ito	Tsutomu Tanaka

要 約

トンネルや沿道における汚染大気の子遊粒子状物質（SPM）および窒素酸化物（NO_x：NO，NO₂）を対象とした大気浄化システムを開発した。本システムは、SPMを電気集塵機で高効率に除去した後、酸化器でNO₂に酸化して、加湿器で湿度調整を行った後、NO₂除去剤で脱硝するタイプ（NO_x除去タイプ）と、NO_x除去タイプから酸化器を除いたタイプ（NO₂除去タイプ）を開発した（図-1～4参照）。NO_x除去タイプはすでに沿道実ガス実験で性能を確認済みである。今回、首都高速道路公団公募による民間企業の自主実験において、NO₂除去タイプに関するトンネル実ガスを用いた実証実験を行う機会を得た。

その結果、①目標以上の除去性能を発揮したこと、②通産5,000時間を超える運転実績をトンネル実ガスで挙げられたこと、③その他の諸性能について確認できたこと等、実機に必要な実績および実験データを得ることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. トンネル実ガス実験
- § 3. 考察
- § 4. まとめ

§ 1. はじめに

都市部の深刻な大気汚染の現状に対し、低コスト・省スペース化を図った西松独自の脱硝技術を開発し、電気集塵機によるSPM除去を組み合わせた西松式大気浄化システムを開発している¹⁾。そして沿道実ガスを浄化する東京都公募実験に参加し、年間を通じた除去性能の確認を行い、良好な結果が得られた²⁾。次に、脱硝についてはNO₂除去タイプについてもシステムの構築に取り組み、沿道よりも汚染濃度が高いとされるトンネル内空気への適用を目指した。開発手順として、トンネルガス模擬による実験で性能を確認し、その後、道路トンネル換気所の実ガスを用いて、その除去性能等を検証した。

道路トンネル用NO₂除去タイプの開発スコープを以下に示す。

- ①SPM除去率80%以上。
- ②NO₂除去率90%以上。
- ③その他の有害物質を増やさないこと。

各開発スコープに対する課題を以下に示す。

- ①SPM除去率80%以上。
→既存の電気集塵機でトンネル実ガスにも対応可能なことを実験で確認する。
- ②NO₂除去率90%以上。
→開発したNO₂除去剤が濃度の高いトンネル実ガスにも対応可能なことを実験で確認する。
- ③その他の有害物質を増やさないこと。
→SPMおよびNO₂以外の有害物質についても本装置で増加させないこと（入口濃度≧出口濃度）を実験で確認する。

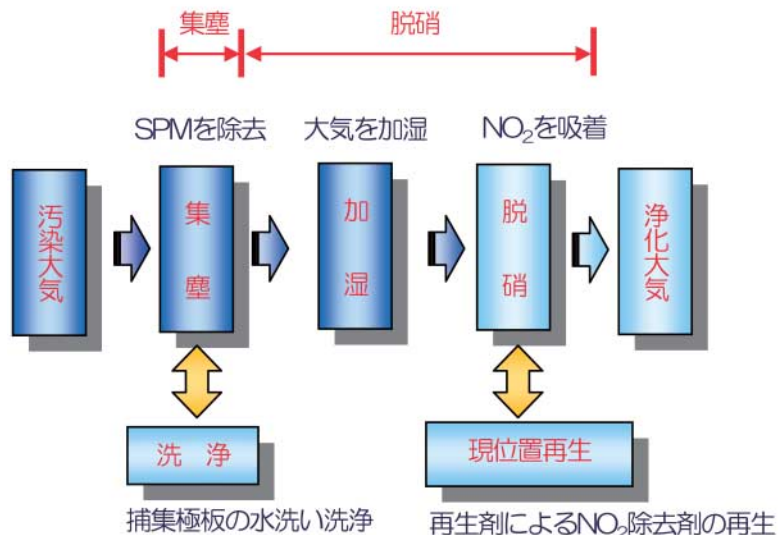
* 技術研究所技術研究部環境技術研究課

** 技術研究所技術研究部

*** 技術研究所技術研究部土木技術研究課

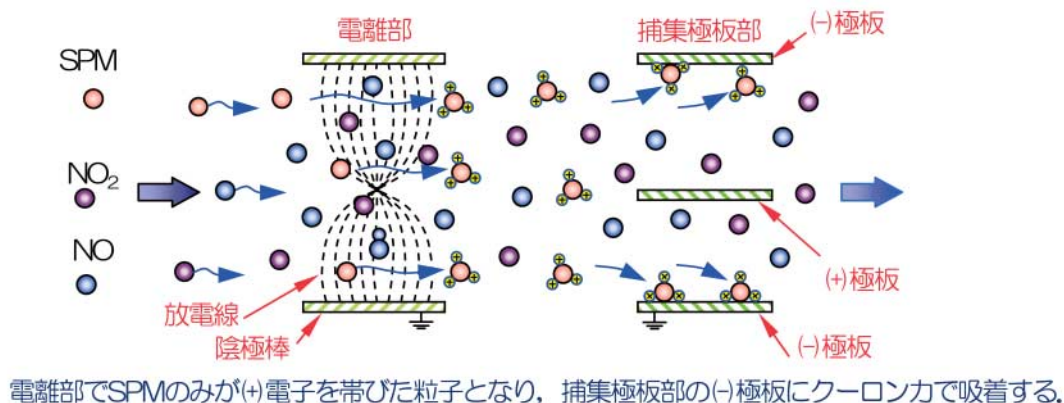
**** 関東（支）首都高大気浄化（出）

大気浄化フロー



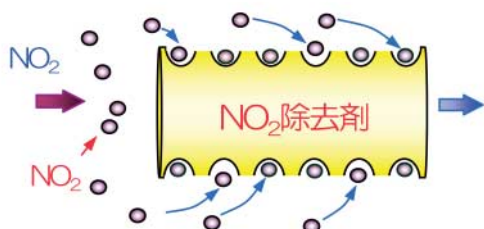
図ー1 西松式大気浄化システムのフロー（NO₂ 除去タイプ）

SPM（浮遊粒子状物質）の除去



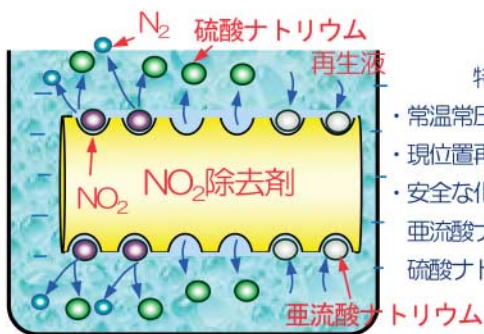
図ー2 SPM の除去原理

NO₂は、NO₂除去剤の超微細孔に吸着する。



図ー3 脱硝原理

脱硝機能の再生は亜硫酸ナトリウムの1%濃度の水溶液（再生液）を用いて、①NO₂の分解、②硫酸ナトリウムの溶出、③亜硫酸ナトリウムの再含浸を行う。



図ー4 脱硝機能の再生原理

特徴

- ・常温常圧で再生可能
- ・現位置再生
- ・安全な化学物質の使用
- ・亜硫酸ナトリウム：食品添加剤等
- ・硫酸ナトリウム：合成洗剤等

§ 2. トンネル実ガス実験

2-1 トンネル実ガス実験の概要

西松式大気浄化システムが道路トンネル内の実ガスに対しても性能を発揮することを実証するため、京浜島内にある首都高速道路湾岸線空港北トンネルの実ガスを用いた実験を約9ヶ月間行った(表-1, 写真-1～4 参照)。以下、実験概要を示す。

～実験概要～

- ・実験場所：東京都大田区京浜島2丁目地先
- ・実験期間：平成16年5月～平成17年1月
- ・処理風量：18,000m³/h
- ・運転時間：21h/day または、24h/day
- ・実験装置規模：24.8m×2.0m×3.0m(縦×横×高さ)

表-1 トンネル実ガス実験装置緒元

		数量	仕様・型式
送気設備	コントラファン	1台	300m/min, φ500
	起動機盤	1台	インバータ式
集塵設備	電気集塵機	1台	本体, 筐体
	高圧発生盤	1台	
	制御盤	1式	
	吸水ポンプ	1台	65A, 1.5kW
脱硝設備	洗浄水槽	1基	線上水受水用
	脱硝装置	1台	5.0m ³ /s
	再生液槽	1基	5m ³
	水中ポンプ	1台	65A, 0.75kW
水処理設備	水処理設備	1基	2.5m ³ /h
	洗浄水槽	1基	1m ³
	洗浄処理層	1基	2m ³
	排水ポンプ	1台	50A, 0.75kW
計測装置	計測器	1式	NO _x 計, SPM計, CO計, SO ₂ 計, HC計, オゾン計, 温・湿度計, 圧力計, 風速計
その他	コントラファン架台	1基	鋼製
	電気集塵機架台	1基	鋼製
	脱硝槽架台	1基	鋼製
	ダクト	1式	ファン～電気集塵機 チャンバー～脱硝装置
	風管	1式	
	チャンバー	1基	
	分電盤	1式	



写真-2 ファン



写真-3 電気集塵機



写真-1 トンネル実ガス実験の概観

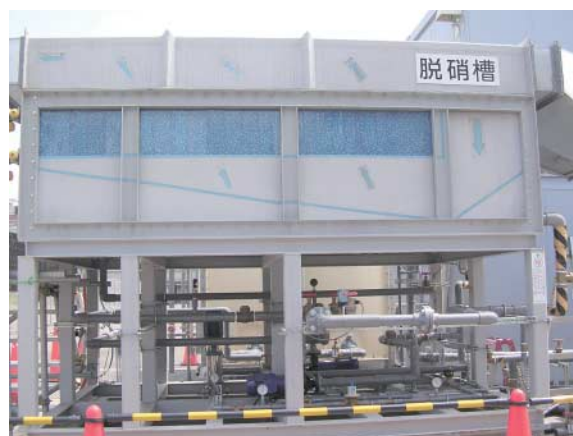


写真-4 脱硝装置

2-2 除去性能

実験における総運転時間は5,000時間以上である。
SPM, NO₂, NO_x 等についての結果を図-5～図-11
に示す。プロットは1時間値の日平均値である。

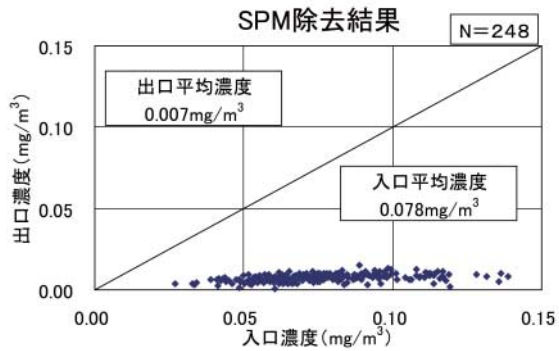


図-5 SPM 除去結果

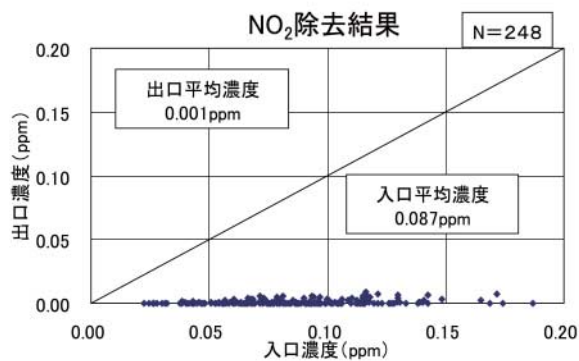
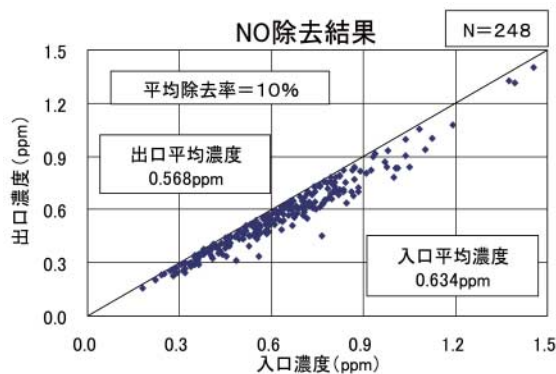
図-6 NO₂ 除去結果

図-7 NO 除去結果

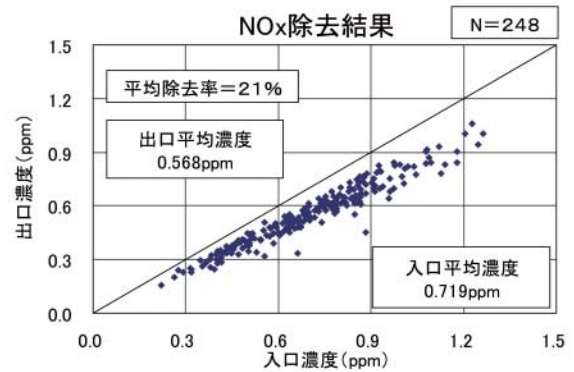
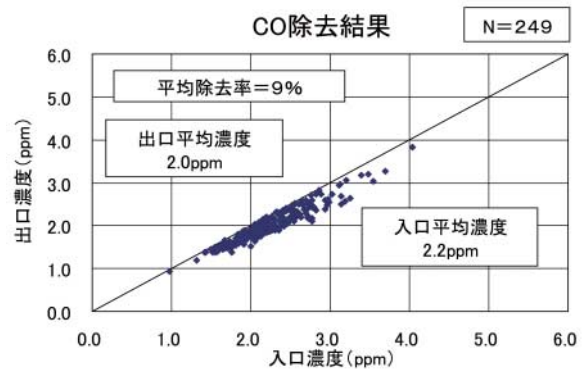
図-8 NO_x 除去結果

図-9 CO 除去結果

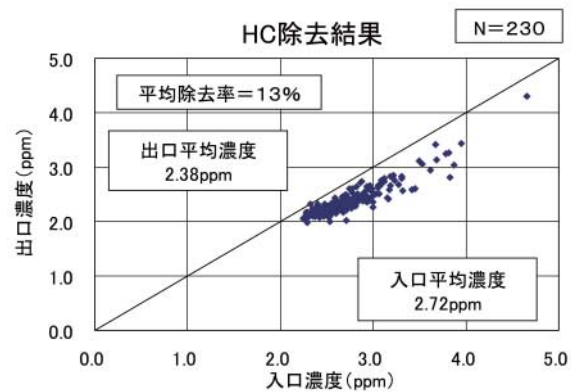
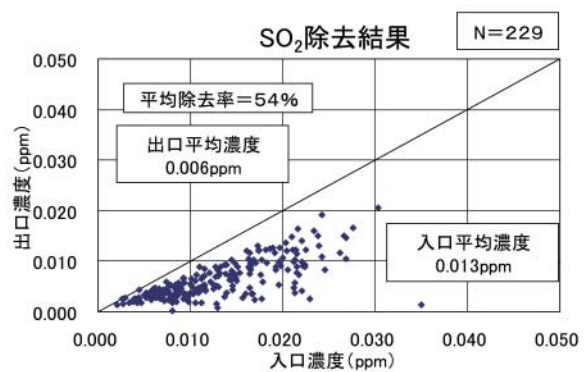


図-10 HC 除去結果

図-11 SO₂ 除去結果

§ 3. 考 察

SPM 除去については、目標値（除去率 80% 以上）を上回る結果が得られた。なお、実験では SPM 濃度が環境基準値である $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以上となる日は少なかった。電気集塵機の洗浄は毎日～1 週間ごとで行ったが、特に問題はなかった。

NO_2 除去については、目標値（除去率 90% 以上）を上回ることができた。

なお、本実験を行う以前から、以下の特徴を室内実験にて確認している。

- ・ NO_2 除去剤は NO_2 を吸着する代わりに微量な NO を放出。
 - ・ NO の放出を抑制するのに手前での加湿が有効。
- NO_2 除去に関する主なポイントを以下に示す。

3-1 適切な加湿

本実験に臨む前に研究所内にて装置を組み立て、予備実験として模擬ガス実験を行った。その結果、 NO 除去率は装置入口湿度に対して相関性が見られ、 NO 除去率を安定させるためには湿度 55% 以上が必要であること

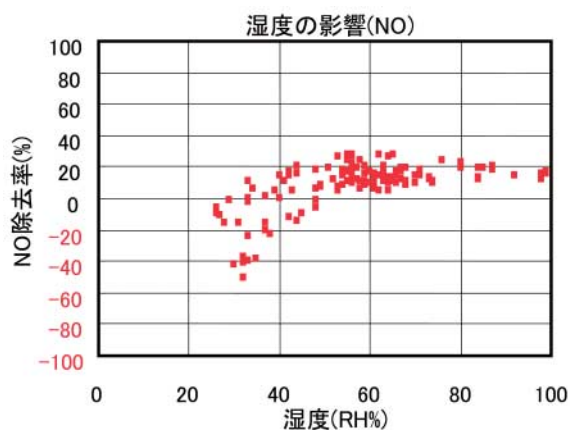


図-12 入口湿度の影響

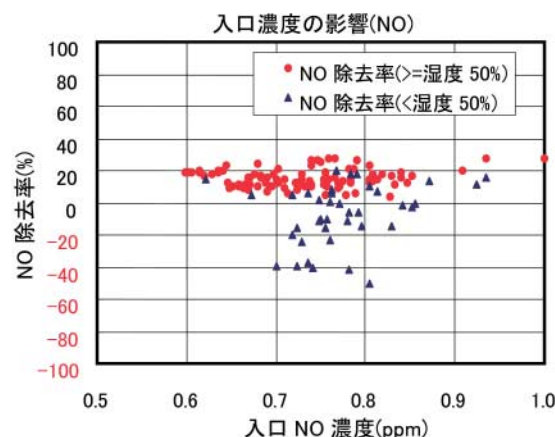


図-13 入口 NO 濃度の影響

がわかった（図-12 参照）。一方、入口 NO 濃度と除去率との関係に明確な相関が認められなかった（図-13 参照）。

以上から、湿度管理を適切に行えば、 NO の放出を抑制できることが考えられる。

3-2 再生処理間隔の延長

実験開始当初は、予定の再生間隔に準じた再生を行っていたが、 NO_2 除去性能に余裕が見られるため、再生間隔の延長を検討した（図-14 参照）。その結果、当初の再生間隔 12 日間（252 時間）毎の再生に対して、再生間隔は 40 日間（840 時間）となり、入口の NO 、 NO_2 濃度にもよるが、当初の再生間隔 12 日は NO_2 吸着量に対して、十分余裕のあることがわかった。

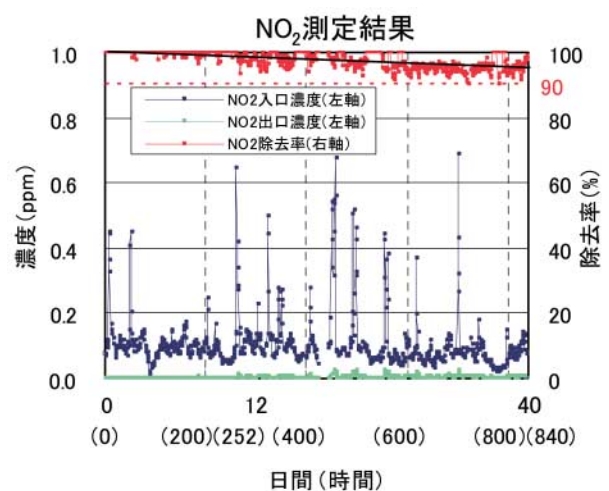


図-14 再生間隔延長時の結果

3-3 圧力損失について

圧力損失の増加はランニングコストの増加だけでなく、目詰まりや異物の発生等とも密接に関わるものであり、装置全体の信頼性にも影響を及ぼす可能性がある。そのため、圧力損失は安定していることが重要となる。

装置運転中の圧力損失の測定結果を図-15 に示す。運転期間中、40 回測定した結果、ほとんどバラツキが

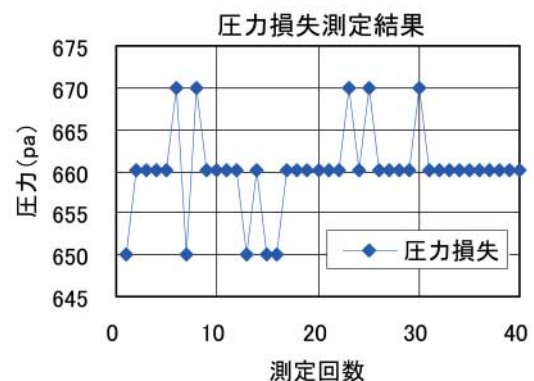


図-15 圧力損失の測定結果

なく圧力損失の最大値は 670Pa, 平均値は 660Pa であり, 安定していた。

3-4 繰り返し使用後の再生液の性状

実験の再生に繰り返し使用した再生液を分析した（表-2 参照）。その結果，東京都の下水道排除基準を満たしていることがわかった。

3-5 他の有害物質の増加について

本システムで他の有害物質が増加したかどうか装置の入口および出口で同時にサンプリングし，分析を行った（表-3 参照）。その結果，他の有害物質については本装置で増加しないことが確認された。なお，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド，n-ブタンについては若干の除去能力があることがわかった。

表-2 繰り返し使用後の再生液の分析結果

対象物質または項目		測定結果 (mg/ℓ)	基準値 (mg/ℓ)	判定
有害物質	カドミウム	定量下限値以下	0.1 以下	○
	シアン	〃	1 以下	○
	有機燐	〃	1 以下	○
	鉛	〃	0.1 以下	○
	六価クロム	〃	0.5 以下	○
	砒素	0.01	0.1 以下	○
	総水銀	定量下限値以下	0.005 以下	○
	アルキル水銀	〃	検出されないこと	○
	ポリ塩化ビフェニル	〃	0.003 以下	○
	トリクロロエチレン	〃	0.3 以下	○
	テトラクロロエチレン	〃	0.1 以下	○
	ジクロロメタン	〃	0.2 以下	○
	四塩化炭素	〃	0.02 以下	○
	1,2-ジクロロエタン	〃	0.04 以下	○
	1,1-ジクロロエチレン	〃	0.2 以下	○
	シス-1,2-ジクロロエチレン	〃	0.4 以下	○
	1,1,1-トリクロロエタン	〃	3 以下	○
	1,1,2-トリクロロエタン	〃	0.06 以下	○
	1,3-ジクロロプロペン	〃	0.02 以下	○
	チウラム	〃	0.06 以下	○
	シマジン	〃	0.03 以下	○
	チオベンカルブ	〃	0.2 以下	○
	ベンゼン	〃	0.1 以下	○
	セレン	〃	0.1 以下	○
	ほう素及びその化合物	〃	10 以下	○
	ふっ素及びその化合物	0.29	8 以下	○

表-3 他の有害物質除去結果

測定項目	入口	出口	単位	除去率(%)
二酸化炭素	0.06	0.06	vol%	0
ホルムアルデヒド	0.021	0.015	ppm	29
アセトアルデヒド	0.015	0.005	〃	67
プロピオンアルデヒド	<0.002	<0.002	〃	—
イソブチルアルデヒド	<0.002	<0.002	〃	—
イソパレルアルデヒド	<0.002	<0.002	〃	—
アセトン	1	<1	ppb	—
ノルマルヘキサン	<0.5	<0.5	〃	—
n-ペンタン	1	1	〃	0
n-ブタン	6	5	〃	17
ベンゼン	2	2	〃	0
トルエン	2	2	〃	0
o-キシレン	<1	<1	〃	—
p,m-キシレン	<2	<2	〃	—
1,3-ブタジエン	<1	<1	〃	—
フロン 12	0.6	0.6	〃	0
トリクロロエチレン	<1	<1	〃	—
テトラクロロエチレン	<0.5	<0.5	〃	—
ジクロロメタン	<1	<1	〃	—
アクリロニトリル	<0.5	<0.5	〃	—
塩化ビニルモノマー	0.9	0.9	〃	0
クロロホルム	<0.5	<0.5	〃	—
1,2-ジクロロエタン	<0.5	<0.5	〃	—

§ 4. まとめ

トンネル実ガス実験の結果，NO₂ 除去タイプの長期的な検証ができた。今後は，ランニングコストの低減に向けた以下の課題に取り組む。

①適切な加湿方法

事前の模擬ガス実験結果から NO₂ 除去剤の性能を維持するために必要な湿度は 55% であることがわかった。今後は湿度を 55% 以上に保つために必要な水量を季節変動に応じて把握し，適切な加湿を図る。

②再生処理間隔の延長

定期的に NO₂ 除去率の監視を行い，脱硝装置の運用状況に応じて，再生処理間隔の延長を図る。

③圧力損失の低減

最も圧力損失の増減に起因する NO₂ 除去剤について，粒径および長さの均一化の検討を行い，圧力損失の低減化を図る。

謝辞：トンネル実ガス実験は首都高速道路公団公募による民間企業の自主実験として実施したものである。本開発にあたって，社内外から多くの方々に，貴重なご意見，ご示唆，ご指導を頂戴した。この紙面を借りて関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 村上薫他：西松式大気浄化システムの開発，西松建設技報 Vol. 27, 2004, 6, pp. 19-24
- 伊藤忠彦：大気浄化システムの開発（沿道実ガスによる 1 年間の実証実験結果），電力土木, No. 314, 2004, 11, pp. 115-119