

西松式大気浄化システムの開発（その2）

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大気浮遊粒子状物質 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 (NO_x 除去タイプ) を開発した。本システムは、SPM を電気集塵器で、NO_x を酸化器で NO₂ に酸化、加湿器で湿度調整を行った後、特殊脱硝材で脱硝するものである (図-1~4 参照)。今回、東京都主催の公募実験で沿道実ガスを用いた実証実験を用い長期的な除去性能を検証した。また、トンネルガスを対象とした SPM および二酸化窒素 NO₂ を除去するシステム (NO₂ 除去タイプ) も同時に開発した。NO₂ 除去タイプは、NO_x 除去タイプから酸化器および加湿器を省いたものである。NO₂ 除去タイプは模擬トンネルガスを用いて除去性能を検証した。その結果、①いずれの実験においても目標以上の除去性能を発揮したこと、②1年間の運転実績を沿道実ガスで挙げられたこと、③実機の運転管理の元となるデータが得られたこと等、従来よりも実機に向けた具体的な諸性能を把握することが出来た。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 東京都公募実験
- § 3. 模擬トンネルガス実験
- § 4. 他の有害物質の除去について
- § 5. 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、電気集塵器による 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⁾が、その後、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検証を試みた。また、脱硝については NO_x 除去タイプのみでなく、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の大気浄化を目標とした。

公募実験についての開発スコープを以下に示す。

- ①SPM 除去率 90% 以上。
- ②NO₂ 除去率 90% 以上。
- ③NO_x 除去率 70% 以上。
- ④浄化能力の季節変動が少ないこと。

トンネル実験について開発スコープを以下に示す。

- ①SPM 除去率 90% 以上。
- ②NO₂ 除去率 90% 以上。

各開発スコープに対する課題を以下に示す。

- ①SPM 除去率 90% 以上。
→既存の電気集じん機で実ガス対応可能なことを実験で確認する。
- ②NO₂ 除去率 90% 以上。
→開発した脱硝材が濃度の高い実ガスにも対応可能なことを実験で確認する。
- ③NO_x 除去率 70% 以上。
→開発した脱硝材が実ガスに対応可能なことを実験で確認する。
- ④浄化能力の季節変動が少ないこと。
→脱硝材の再生能力や電気集じん機の再生タイミングを考慮し、性能が維持できる運用方法を確立する。

* 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

大気浄化フロー

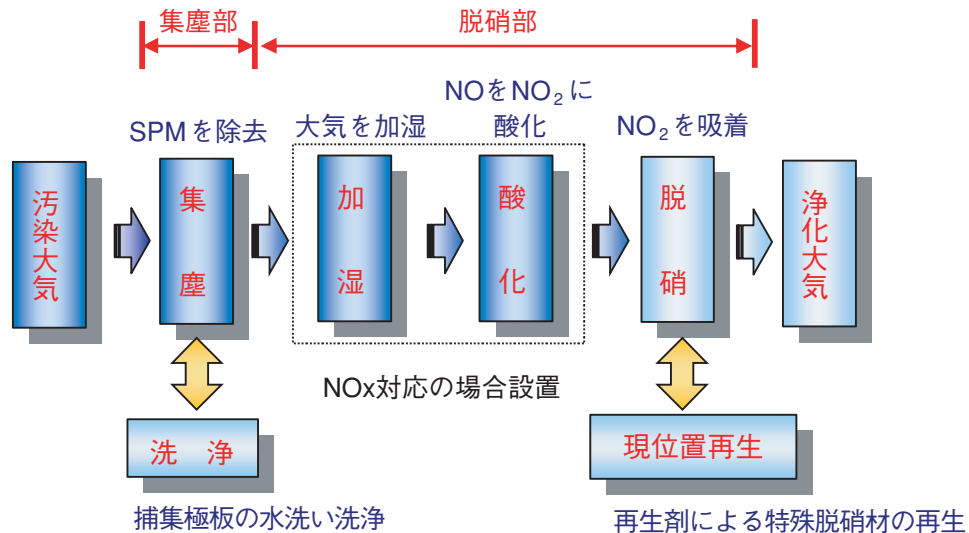
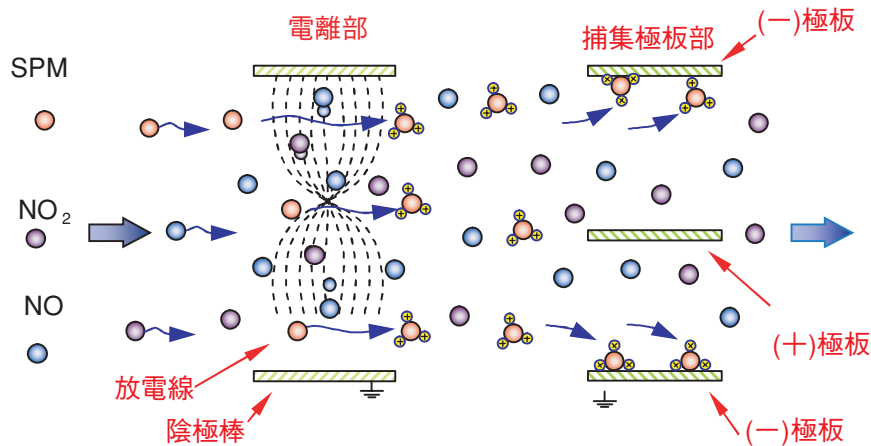


図-1 西松式大気浄化システムのフロー

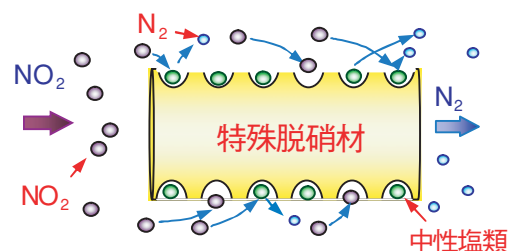
SPM（浮遊粒子状物質）の除去



電離部でSPMのみが(+)電子を帯びた粒子となり、捕集極板部の(-)極板にクーロン力で吸着

図-2 SPMの除去原理

1. NO_2 は、特殊脱硝材の超微細孔で、窒素ガス(N_2)と中性塩類に分解される。



2. NO_2 は、特殊脱硝材の超微細孔に吸着する。

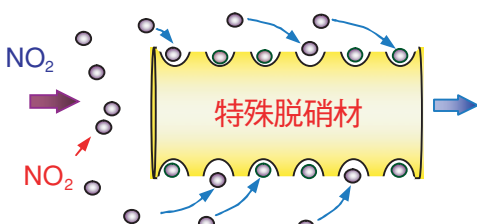
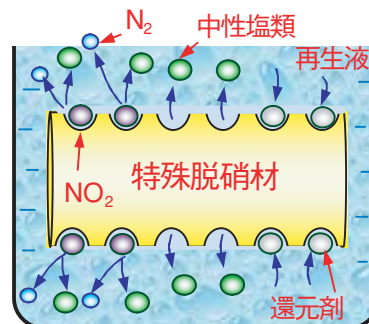


図-3 脱硝原理

脱硝機能の再生は、還元剤の1%濃度の水溶液（再生液）を用いて、① NO_2 の分解、②中性塩類の溶出、③還元剤の再含浸を行う。



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
還元剤：食品添加剤等
中性塩類：合成洗剤等

図-4 脱硝機能の再生原理

§ 2. 東京都公募実験

2-1 東京都公募実験の概要

西松式大気浄化システムが沿道実ガスに対してもその性能を発揮することを実証するため、東京都公募実験に応募し、1年間の実験を行った（図-5参照）。なお、東京都公募実験は、東京都建設局が進めている「民間・規制緩和推進への取組み」における民間との共同事業推進計画の一環として行うものである。以下に公募実験の概要を示す。

～公募実験概要（西松建設のみ）～

- ・実験場所：東京都目黒区青葉台3丁目
- ・実験期間：平成15年3月～平成16年2月
- ・処理風量：3,600m³/h～7,200m³/h
- ・運転時間：16h/day または、24h/day
- ・実験装置規模：6.45m×2.0m×2.5m（縦×横×高さ）

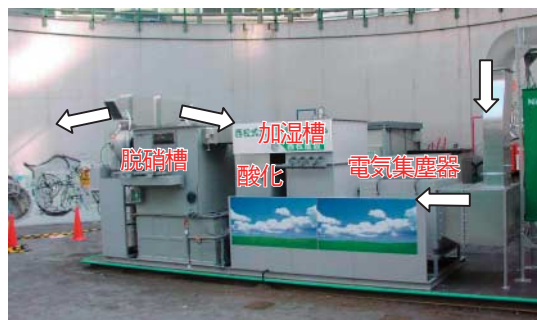


図-5 公募実験の概要

2-2 結果

公募実験における総運転時間は約6,000時間に達する。SPM, NO₂, NO_x についての結果を図-6～図-17に示す。

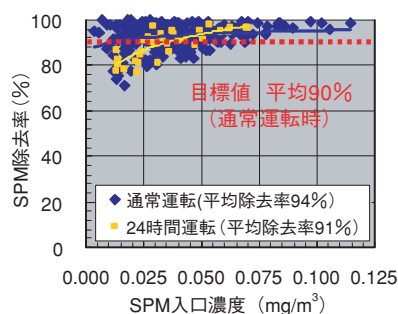


図-6 SPM 除去結果(1)

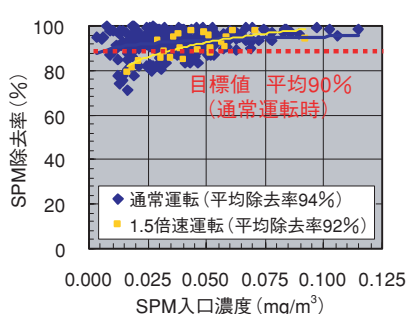


図-7 SPM 除去結果(2)

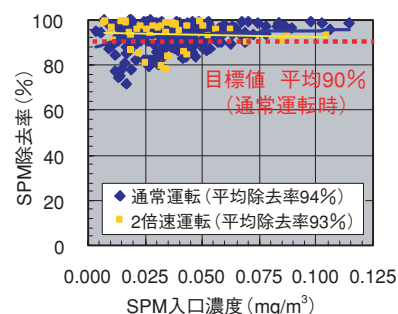


図-8 SPM 除去結果(3)

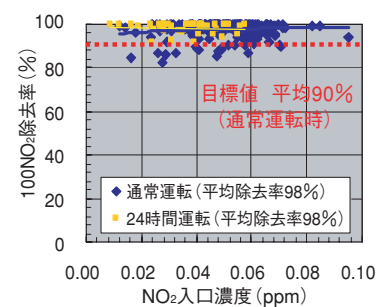


図-9 NO₂ 除去結果(1)

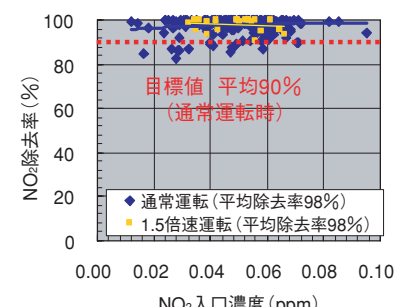


図-10 NO₂ 除去結果(2)

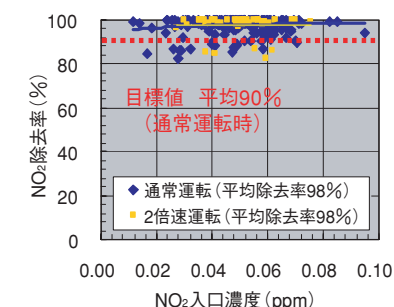


図-11 NO₂ 除去結果(3)

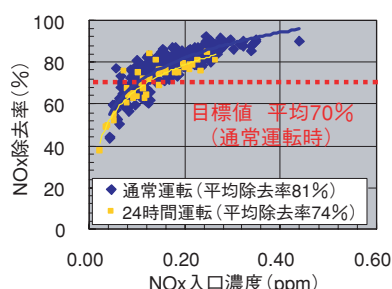


図-12 NO_x 除去結果(1)

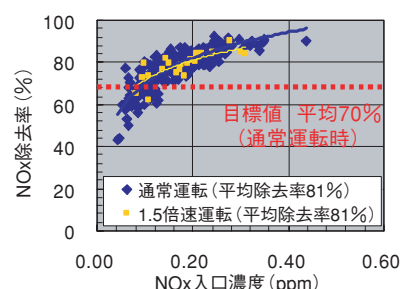


図-13 NO_x 除去結果(2)

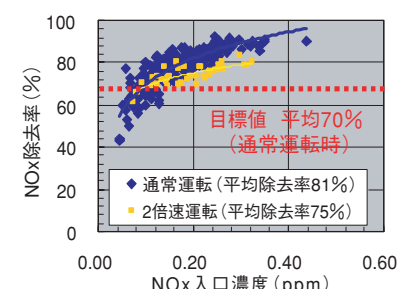


図-14 NO_x 除去結果(3)

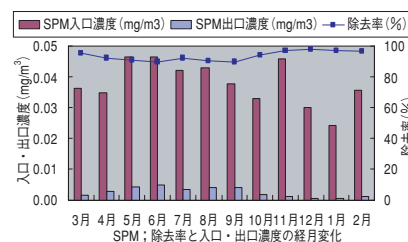


図-15 SPM 経月変化

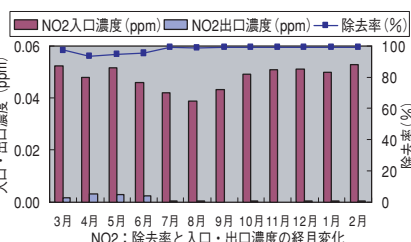


図-16 NO₂ 経月変化

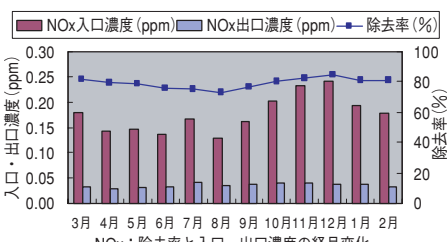


図-17 NO_x 経月変化

2-3 考察

公募実験では、SPM濃度が環境基準値である0.1 mg/m³以上となる日は少なかったが、目標値（除去率90%以上）を上回る結果が得られた。電気集塵器のメンテナンス（主にセルの洗浄）は3ヶ月毎に行ったが特に問題はなかった。なお、実験期間中に荷電方式をプラス荷電からマイナス荷電に変更したが、性能等の変化はなかった。

NO_x除去については、想定より低濃度にもかかわらず、安価な維持費で目標値の70%を上回ることが出来た。主な理由を以下のa～bに示す。

(1) 酸化率の低下と再生処理のタイミング

図-12～14のNO_x除去結果を見るとNO_x濃度が低くなると除去率のばらつきが大きくなる傾向が判る。これは昨年度実施した小規模実験と同様であり、低濃度になるとNO→NO₂酸化率が下がることがわかっている。この時のNO₂濃度は環境基準値以下のため、コスト等を考慮し、酸化は必要最小限としている。また、再生工程中の特殊脱硝材の乾燥は、例えば大雨の時に実施すると乾燥不十分になり、除去性能の回復に時間がかかる。NO_x除去の場合、NO_x濃度0.1ppm程度以下では再生処理を高湿度雰囲気で行わないことがポイントになる。

(2) 再生処理間隔の季節変動

実験を進めるに従い、NO_x濃度に季節変動が見られることが判った。脱硝材の量は一定なため、湿度一定(70%RH)の場合、NO_x濃度が低い夏季は再生処理間隔が長く、NO_x濃度が高い冬季は再生間隔が短くなる。

一方、脱硝効果を高めるために加湿(70%RH)を行っているが、降雨が1日続くと外湿度がほぼ100%RHとなる。脱硝材は保水量過多の場合、脱硝能力が低下することが判っている。よってNO_x濃度が一定の場合、湿度100%RH程度になる梅雨時期では再生処理間隔は短く、加湿後の湿度が70%RH程度となる冬季などは再生処理間隔は長くなる。

NO_x除去の場合、季節変動のあるNO_x濃度と相対湿度を常時測定し、値を管理することがポイントとなる。

その他、3ヶ月間使用した再生液を分析した結果、東京都下水道排出基準値を全て下回ることが判った。

東京都公募実験における沿道大気の装置への吸引口は、大坂橋の自動車排出ガス測定局（以下、自排局という）の直上（約+1m）に位置している。そこで1年を通じて、NO_xおよびSPMの入口濃度について自排局と比較してみた（図-18参照）。ただし、自排局の値は装置稼働時と一致している部分を抜き出して整理したものである。その結果、NO_x濃度はよく一致した値となったが、SPM濃度は自排局よりも2～3割低い傾向となった。これはNO_xよりもSPMの縦への拡散効果が顕著であり、主な発生原である自動車排出ガスの発生位置から遠いためと考えられる。以上のことから発生したSPMをより多く除去したい場合、より自動車排出ガス発生位

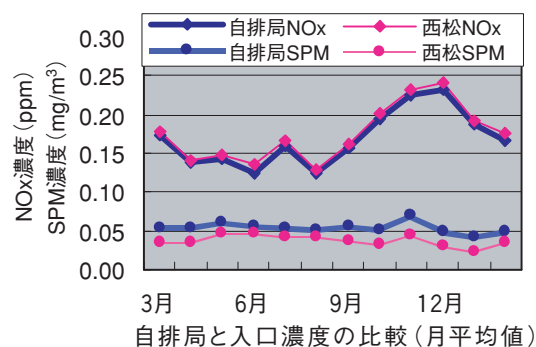


図-18 自排局と入口濃度の比較

置近くから汚染大気を取り込むことが重要であると考えられる。

(3) データの管理

東京都公募実験の各種データの管理フローを図-19に示す。装置が緊急停止した場合、担当者の携帯電話へ連絡が入るシステムとしている。また、運転当初は詳細な運転管理の履歴が乏しく、原因の把握に時間がかかった。そこで運転管理情報を詳細なものまで増やした（図-20参照）。結果、緊急停止時の原因把握だけでなく、各工程の時間管理にも使用出来るようになった。

大気浄化システム

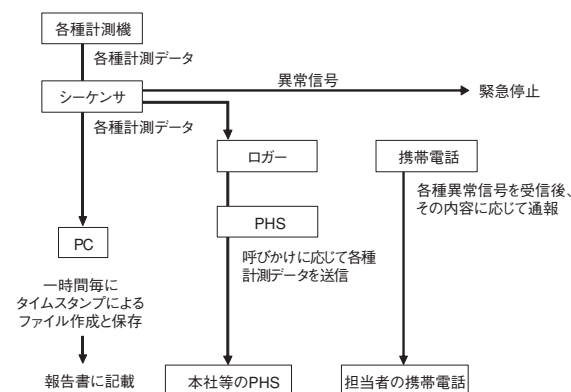


図-19 各種データの管理

発生日付	時刻	メッセージ
03/03/01	05:00:00	浄化運転開始
03/02/28	10:59:54	分断槽 (B) 再生完了
03/02/28	10:40:02	(B) 浸漬完了
03/02/28	10:22:46	分断槽 (B) 再生開始
03/02/28	05:59:59	浄化運転開始
03/02/28	01:16:07	分断槽 (B) 再生完了
03/02/28	00:56:21	(B) 浸漬完了
03/02/28	00:39:05	分断槽 (B) 再生開始
03/02/28	00:39:05	分断槽 (A) 再生完了
03/02/28	00:19:27	(A) 浸漬完了
03/02/28	00:02:01	分断槽 (A) 再生開始
03/02/27	11:41:21	浄化運転開始
03/02/27	11:23:33	酸化機側O3濃度異常

図-20 運転履歴画面

§ 3. 模擬トンネルガス実験

3-1 トンネル実験の概要

開発技術である西松式大気浄化システムはNO_x除去タイプである。一方でNO₂除去の市場もあるため、既存のNO_x除去タイプからNO₂除去タイプに変更し、性能の検証を行った。なお、NO₂除去タイプはNO_x除去タイプから加湿部および酸化部を省いたものである（図-21 参照）。実験は沿道（国道246号）ガスにディーゼルエンジン排ガスを混入したもので行った。以下にNO₂除去タイプで行ったトンネル実験の概要を示す。

～トンネル実験概要～

- ・実験場所：弊社技術研究所
- ・実験期間：平成15年3月～平成15年6月
- ・処理風量：1,800m³/h～3,600m³/h
- ・運転時間：9h/day（平均）
- ・実験装置規模：6.11m×1.6m×2.5m（縦×横×高さ）

3-2 結果

トンネル実験における運転期間は約4ヶ月間であり、



図-21 トンネル実験の概要

総運転時間は約800時間に達する。

SPM, NO₂ について結果を図-22～図-25に示す。

3-3 考察

トンネル実験のNO₂濃度は東京都公募実験のそのの3～5倍程度高い（図-24, 25 参照）。NO₂除去率は加湿部が無いにも係らず、目標値の90%を上回ることが

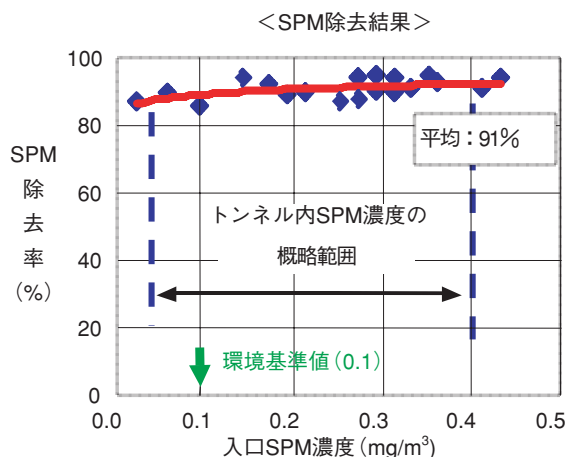


図-22 SPM 除去結果(1)

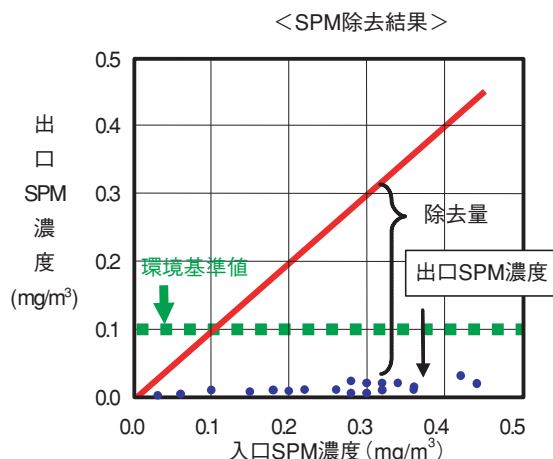


図-23 SPM 除去結果(2)

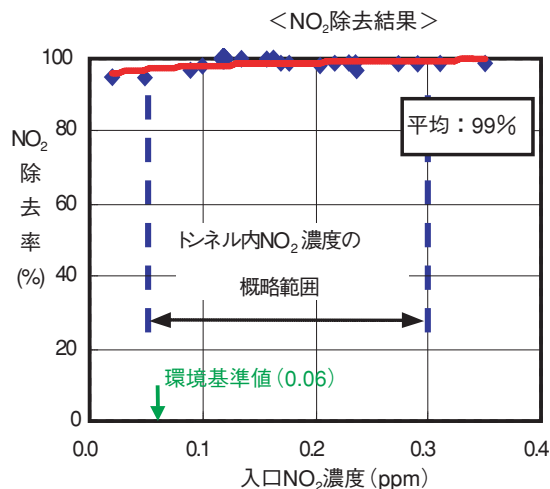


図-24 NO₂ 除去結果(1)

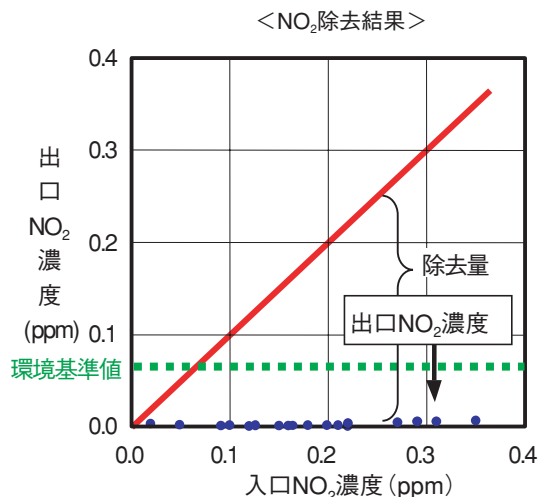


図-25 NO₂ 除去結果(2)

出来た。主な理由を以下に示す。

(1) 濃度依存性がない

NO_x 除去性能は濃度依存性を持っているが、NO₂ 除去に関してはそれが殆ど見られない。これは、NO₂ は吸収と吸着のどちらにも優れた反応を示し、不活性な NO を含む NO_x と比較して高い脱硝能力を得られるためである。よって、濃度の高低に係らず高い脱硝性能を維持出来ている。

(2) 吸着能力の利用

脱硝原理には、吸収と吸着の両方を併用している（図—3参照）。NO₂ 除去タイプの場合、吸着原理が主である。吸着能力は低湿度程優れていることが判っており、高い脱硝能力を維持出来る。

§ 4. 他の有害物質の除去について

脱硝材で窒素酸化物以外の有害物質が除去可能か確認したところ、表—1 に示す結果となり、他の有害物質についても除去能力が高いことが判った。

§ 5. まとめ

東京都公募実験と模擬トンネルガス実験の結果、NO_x

表—1 その他の有害物質除去結果

物質名	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)	除去率 (%)	環境基準*1 有害大気汚染物質指針値*2
SO ₂	0.40	0.00	100	1時間値の1日平均値が0.04 ppm 以下かつ1時間値が0.1 ppm 以下
CO	1.61	1.61	0	1時間値の1日平均値が10 ppm 以下かつ1時間値の8時間平均値が20ppm 以下
CO ₂	500.00	500.00	0	
ホルムアルデヒド	0.10	0.01	92	
アセトアルデヒド	0.53	0.00	100	
プロピオンアルデヒド	0.29	0.00	100	
イソブチルアルデヒド	0.20	0.00	100	
イソバレルアルデヒド	0.33	0.00	100	
アセトン	0.20	0.00	100	
n-ヘキサン	0.66	0.00	100	
n-ペンタン	0.41	0.00	100	
n-ブタン	0.33	0.03	91	
ベンゼン	0.23	0.00	100	1年平均値が0.003mg/m ³ 以下 (0.0009ppm 以下)
トルエン	0.23	0.00	100	
o-キシレン	0.21	0.00	100	
m, p-キシレン	0.46	0.00	100	
1,3-ブタジエン	0.19	0.00	100	
フロン 12	0.17	0.14	18	
トリクロロエチレン	0.23	0.00	100	1年平均値が0.2mg/m ³ 以下 (0.03ppm 以下)
テトラクロロエチレン	0.16	0.00	100	1年平均値が0.2mg/m ³ 以下 (0.03ppm 以下)
ジクロロメタン	0.19	0.04	79	1年平均値が0.15mg/m ³ 以下 (0.04ppm 以下)
アクリロニトリル	0.20	0.00	100	1年平均値が2μg/m ³ 以下 (0.008ppm)
塩化ビニルモノマー	0.19	0.11	42	1年平均値が10μg/m ³ 以下 (0.04ppm)
クロロホルム	0.17	0.00	100	
1,2-ジクロロエタン	0.18	0.00	100	

*1 平成 09 年 02 月 04 日 環告 4 (改正 平成 13 年 04 月 20 日 環告 30)

*2 中央環境審議会「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第七次答申）」平成 15 年 7 月 31 日

除去タイプの長期的な検証、及び NO₂ 除去タイプのシステムを開発出来た。大型の設備機器はランニングコストの低減が非常に重要であり、システム全体の電力、再生液、その他のメンテナンス費用が重要である。以下に今後の課題を示す。

①圧損の低減

ランニングコストに占める電力の割合は大きく、特に最も圧力損失が高い脱硝材の占める割合が高い。現在の粒径より大粒化することで圧損を低減することが可能となる。また、脱硝材の積高さも現在の 0.3m から低減し、低圧損化につなげる。

②再生に関する見直し

脱硝材の再生に使用する還元剤の使用量低減化が検討可能である。使用量の低減化は後に出来る中性塩類の低減化にも繋がるため、その効果は大きい。

③必要十分な加湿装置の大きさ

NO_x 除去タイプの場合、最大 100% 加湿が可能な加湿槽を使用した^が、70% 程度の加湿で対応出来た。今後は、最大 70% 加湿が可能な装置としてコンパクト化を図る。

④脱硝材の改良

現在、脱硝材の比表面積を始めとする改良を行っている。脱硝材を改良することで積高さが低減しても脱硝レベルを保つことが出来る。また、改良による物理強度の向上も見込める。

これらの課題を克服するため、確率分析に基く安全性の検討や、特殊脱硝材の長期的耐久性の確認実験を実施中である。また、実トンネルからの実排出ガスによる実証実験も実施する予定である。

謝辞：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. 26, pp. 1-6.
- 伊藤忠彦他：西松式大気浄化システムの開発，土木技術 58 巻 5 号（2003. 5），pp. 25-27.
- 浅井靖史他：大気浄化システムの開発，環境浄化技術 Vol. 2, No. 6, pp. 45-49.
- 村上薫他：西松式大気浄化システムの開発，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，Ⅶ-258, pp. 513-514.
- 村上薫他：西松式大気浄化システムにおける情報の管理について，土木情報利用技術講演集 Vol. 28, II-9, pp. 33-36.
- 伊藤忠彦他：機械式大気浄化システムの開発，建設技術展 2003 近畿開発技術発表会論文集，pp. 103-106.