

西松式大気浄化システムの開発

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
浅井 靖史*	
Yasufumi Asai	

要 約

トンネルや沿道などの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 を電気集じん機で、NO_x を酸化機で NO₂ に酸化、加湿機で湿度調整を行った後、新規開発した特殊脱硝材で吸着・分解するものである。実用規模を想定した小規模プラントにより、除去率が SPM で 90% 以上、NO_x で 70% 以上、NO₂ で 90% 以上である基本的性能を検証した。その結果、①脱硝部通気速度 0.5m/s 以上が可能となること、②圧力損失が小さいこと、③特殊脱硝材が簡便な再生手法で性能が低下しないこと等、本システムの優位性を確認し、低コストで省面積プラントの実用化の目途を得た。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 脱硝技術の開発
- § 3. SPM 除去実験
- § 4. 西松式大気浄化システムの開発
- § 5. 実用規模のプラントによる実証実験
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

都市部の大気汚染の現状は、自動車交通量の増加により多くの自動車排出ガス測定局で、窒素酸化物 NO_x (NO, NO₂)、浮遊粒子状物質 SPM 等の環境基準が達成されていない。道路トンネル内では、さらに状況が悪いため、このような汚染大気を地上に放出することは、近隣の住環境に対して多大な影響を与える。

このような状況下において、土壌方式や機械方式の集じん・脱硝技術が開発され、国や公共機関、自治体等で、試験的に導入されている。しかしながら、コスト面や設置スペースなどの多くの課題が残されている。特に、土

壌方式は、広大な設置スペースを必要とするため、用地確保が困難な都市部には不向きという欠点がある。

そこで、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た。さらに、その技術に電気集じん機による 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、その概要を報告する。

なお、本システムの開発スコープを以下に示す。

- ①NO_x の除去率が 70% 以上の自社技術を開発する。
- ②SPM の除去率を 90% 以上とする。
- ③SPM および NO_x が同時除去できるシステムとする。
- ④NO_x 除去装置の処理能力とランニングコストを把握し、LCC 等の算出を可能にする。
- ⑤導入対象施設として、当面、道路トンネル (NO_x 濃度：0.2ppm 程度) および沿道大気 (NO_x 濃度：1ppm 程度) とする。

各開発スコープに対する課題を以下に示す。

- ①NO_x の除去率が 70% 以上の自社技術を開発する。
→複数の触媒・吸着・吸収材を選定し、適切な処理材を決定する。
- ②SPM の除去率を 90% 以上とする。
→既存の電気集じん機の性能を評価し、適切な機種・型式を選定する。

* 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

表-1 分解方法による比較

分解方法	処 理 条 件	再 生 結 果	判 定
水洗浄	水に浸漬後、ろ過	NO _x 除去率 30%	×
分解液洗浄	10wt%分解液に浸漬後、ろ過	NO _x 除去率 90% 以上	○
	1wt%分解液に浸漬後、ろ過	NO _x 除去率 90% 以上	○
加 熱	75℃×3h	NO _x がとれない	×
	90℃×3h	NO _x がとれない	×
	110℃×3h	NO _x 除去率 70% 以上持続時間 10h	×
	150℃×3h	NO _x 除去率 70% 以上持続時間 15h	△

- ③SPM および NO_x が同時除去できるシステムとする。
→電気集じん機と NO_x 除去装置の組み合わせによる性能を評価する。
- ④NO_x 除去装置の処理能力とランニングコストを把握し、LCC 等の算出を可能にする。
→NO_x 除去装置のコンパクト化およびコストパフォーマンスを評価する。
- ⑤導入対象施設として、当面、道路トンネルおよび沿道大気とする。
→公募実験での性能評価を行う。

§ 2. 脱硝技術の開発

工場排煙や自動車排出ガスなどのいわゆる高濃度・高温ガス（数 100℃，数 100ppm）の脱硝技術は、すでに確立されている。しかしながら、この技術は 1ppm 程度の低濃度・常温の大気脱硝に直接応用することができない。このため、西松独自の脱硝材を新たに開発することとした。開発手順としては、先ず机上検討、室内実験による性能比較を行い、脱硝材の種類選定および使用方法を決定した。次に小規模プラント実験での性能を検証した。以下、開発順に報告する。

2-1 室内実験

脱硝材の開発における、主要要求条件を以下に示す。

1. コンパクト
2. 低ランニングコスト
3. 簡易操作性
4. 安全性
5. 新規性

以上の観点から、種々の NO_x 分解剤を試験し、コストや安全性に優れた硫酸ソーダ系分解剤を選定した。そして WET 法および DRY 法で脱硝性能、特に再生時機能回復性能の検証を行った。WET 法とは、NO₂ 分解剤を水溶液にし、そこに対象大気をバブリングで通過させて NO₂ を分解する方法である。一方、DRY 法とは、脱硝材に NO_x 分解剤を含浸させて、対象大気を通過させて NO₂ を吸着するとともに分解する方法である。検証

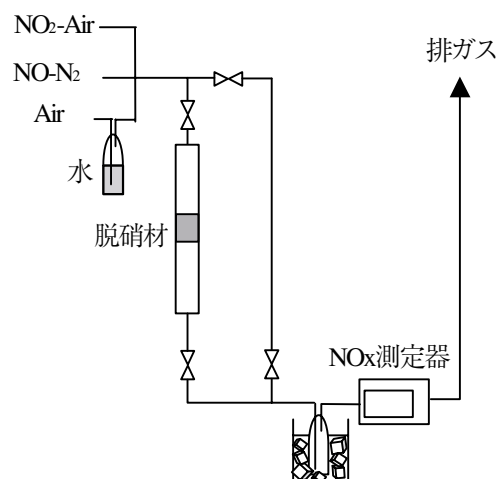


図-1 室内実験の概要

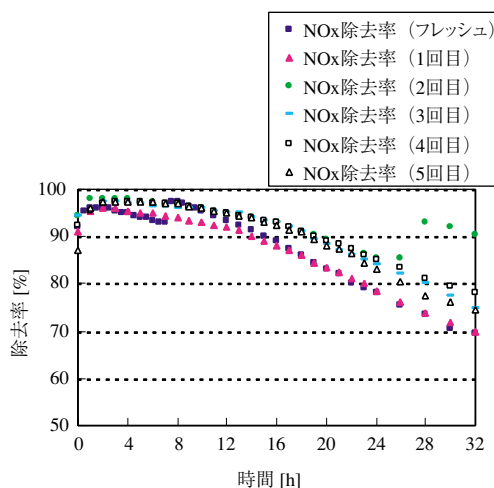


図-2 再生実験結果

の結果、性能の持続性や処理風量の大規模化が容易などの点で、DRY 法が優れていると判断した。

次に再生方法について各種検討を行った。図-1に示す実機を想定した実験の結果、1wt%水溶液に脱硝材を浸漬するのが最も適していると判断した（表-1 参照）。この方法で繰り返し再生実験を実施した結果、5回繰り返し再生しても NO_x 除去率 70% の持続時間は殆ど変わらなかった（図-2 参照）。

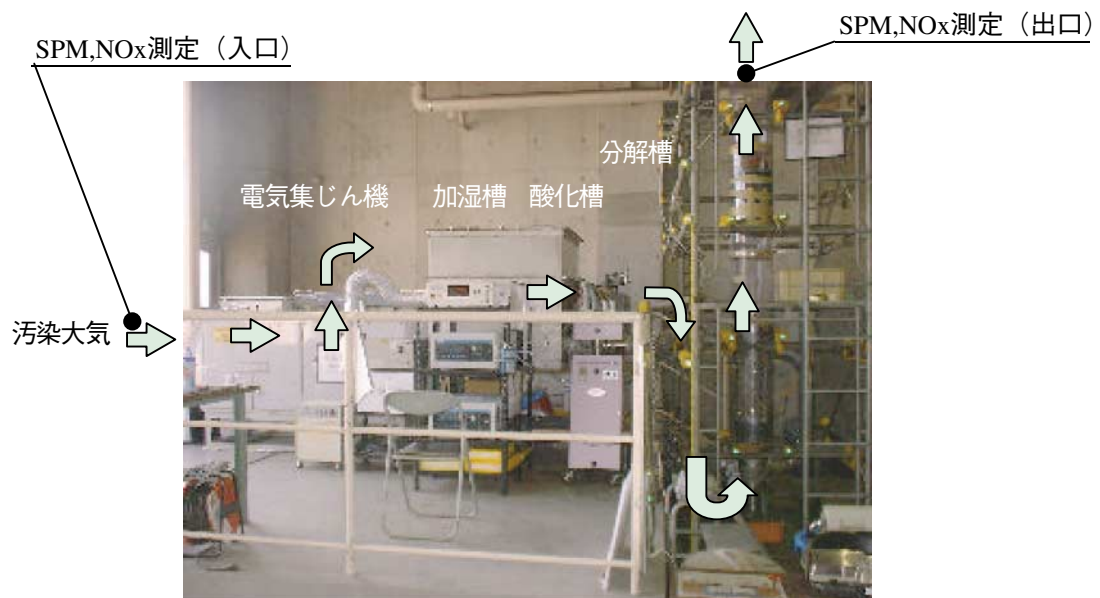


図-3 小規模プラント実験の概要

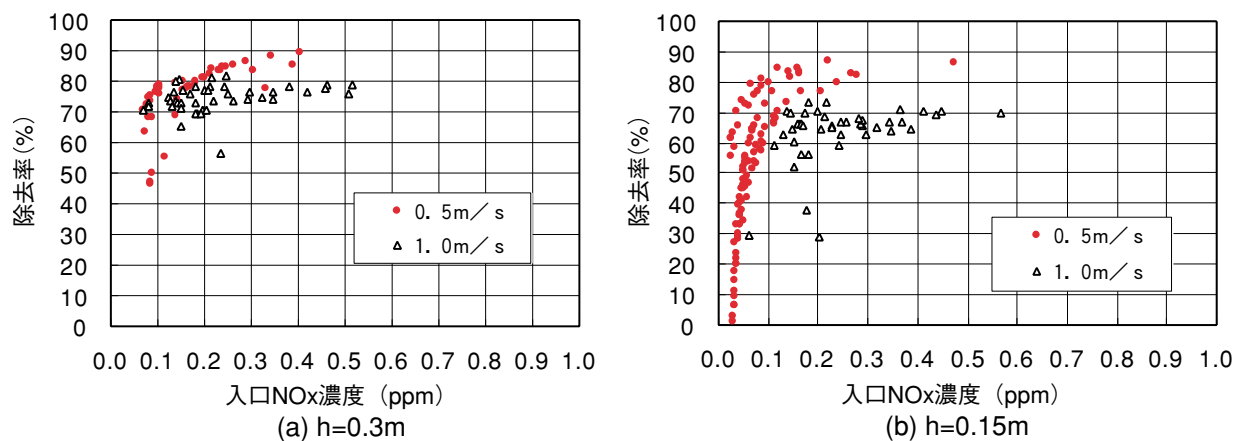


図-4 通気速度比較実験の結果

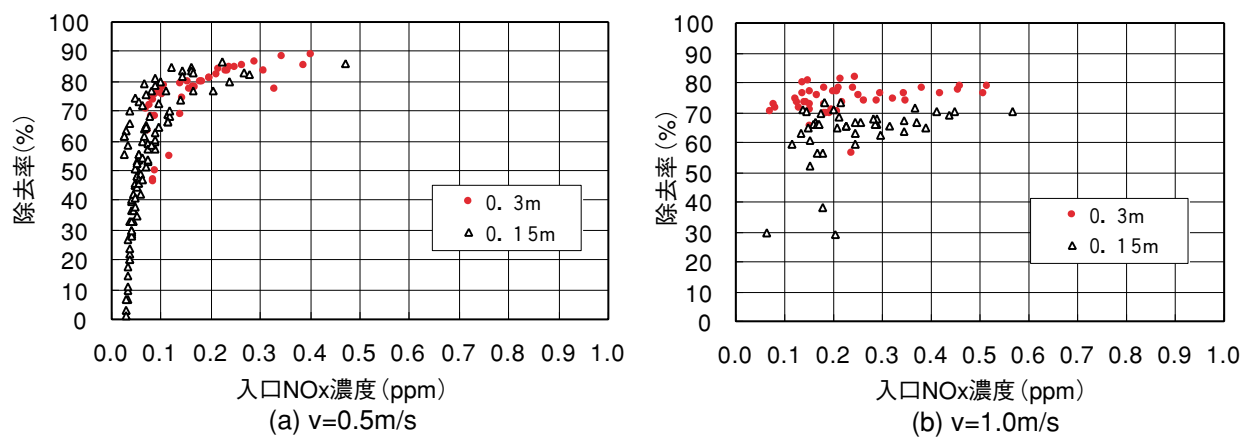


図-5 積高さ比較実験の結果

2-2 小規模プラント実験

室内実験で確認した NO_2 の吸着分解プロセスをさらに実機レベルで検証するため、室内実験をスケールアップした小規模プラント実験を実施した（図-3 参照）。

この実験では、実機で使用する条件を決定するため、主に次の実験パラメータを設定した。

- ・ 通気速度 v (m/s)
- ・ 積高さ h (m) (脱硝材量)
- ・ NO_x 濃度 (ppm)

通気速度は、 $v=0.5\text{m/s}$ と $v=1.0\text{m/s}$ で実施した。結果は、 $v=0.5\text{m/s}$ では、 $h=0.15\text{m}$ 、 $h=0.3\text{m}$ のいずれでも要求性能を満たすことができた。一方、 $v=1.0\text{m/s}$ 、 $h=0.15\text{m}$ にすると、要求性能を満足できなかったが、 $v=1.0\text{m/s}$ 、 $h=0.3\text{m}$ では、要求性能を満たすことができた（図-4 参照）。なお、 $v=0.5\text{m/s}$ と $v=1.0\text{m/s}$ との圧力損失（ランニングコスト）を比較すると、圧力損失は風速の 2 乗に比例するため、1:4 となり、ランニングコストは前者が少なくなる。

積高さは、 $h=0.15\text{m}$ と $h=0.3\text{m}$ で実施した。結果は、 $h=0.15\text{m}$ 、 $v=0.5\text{m/s}$ では要求性能を満足したが、 $h=0.15\text{m}$ 、 $v=1.0\text{m/s}$ にすると要求性能を満足できなかった。一方、 $h=0.3\text{m}$ では、 $v=0.5\text{m/s}$ 、 $v=1.0\text{m/s}$ でも要求性能を満たすことができた（図-5 参照）。

上記の結果から、通気速度はランニングコストの有利さ、積高さは余裕を考慮して、 $v=0.5\text{m/s}$ 、 $h=0.3\text{m}$ を通常運転の標準値とする。

NO_x 濃度は、沿道から道路トンネル内レベルを想定し、0~1.5ppm で実施している。図-4 および図-5 で示されているように、 NO_x 濃度が 0.1ppm 程度以上では、目標の除去率を満たすことができた。0.1ppm 程度以下では NO_x 除去率が低いが、本システムの導入対象となる環境条件の悪い沿道の NO_x 濃度は 1 日平均値で 0.25ppm 程度であること、実測データによると NO_x 濃度が 0.1ppm 以下の環境で NO_2 が環境基準 0.06ppm を超えることはほぼ皆無と考えられることから、特に問題は無いと思われる。

また、実機を設計するにあたり、

- ・ 分解液保存時の酸化を完全に防ぐ方法が無い
- ・ 脱硝材を分解液中に浸漬する方法では分解液の無駄が多い

等の課題があり、いずれも分解液を余計に必要とする。そこで分解液の少量化のため、分解液の散水を実施した。その結果、積高さ $h=0.15\text{m}$ では散水も浸漬と同等の効果が得られており、省スペース化、ランニングコストの低減等が見込める。

§ 3. SPM 除去実験

SPM とは大気中に浮遊する粒子状物質で、粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の粒子のことである。SPM は既存の電気集

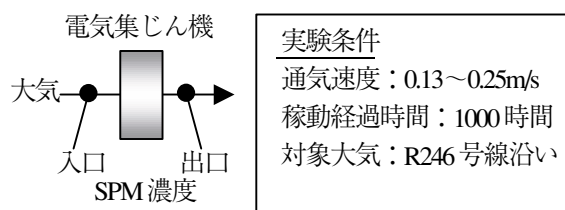


図-6 SPM 除去実験の概要

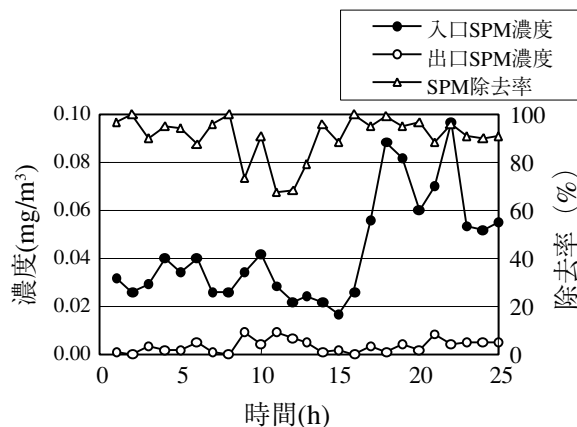


図-7 SPM 除去実験結果

じん機で除去可能なことは明らかであるが、除去レベルを確認するため、SPM 除去実験を実施した（図-6 参照）。実験の結果、稼動経過時間 1,000 時間でも除去率 90% を確保していることが判った。図-7 に稼動中の 1 日の結果を示す。

§ 4. 西松式大気浄化システムの開発

本システムの基本要素は、以下の構成とした（図-8 参照）。

1. 集じん部
2. 加湿槽
3. 酸化槽
4. 分解槽

4-1 集じん部

集じん部の目的は、取り込んだ大気中の SPM を除去することであり、既存の電気集じん機を用いている。なお、集じん部と浄化対象大気が離れている場合等には、集じん部の前方に吸気ファンを設ける場合もある。

4-2 加湿槽

加湿槽の目的は、取り込んだ大気を加湿することである。加湿する理由は、取り込んだ大気中の NO_2 を除去し易くするためである。加湿は、先ず充填物の上方から散水して充填物に開いた穴に水膜を形成する。そこに下方から水膜を通過させるように大気を通過させて加湿する。散水後の水は下部水槽に溜るので、ポンプにて繰り返し散水する。

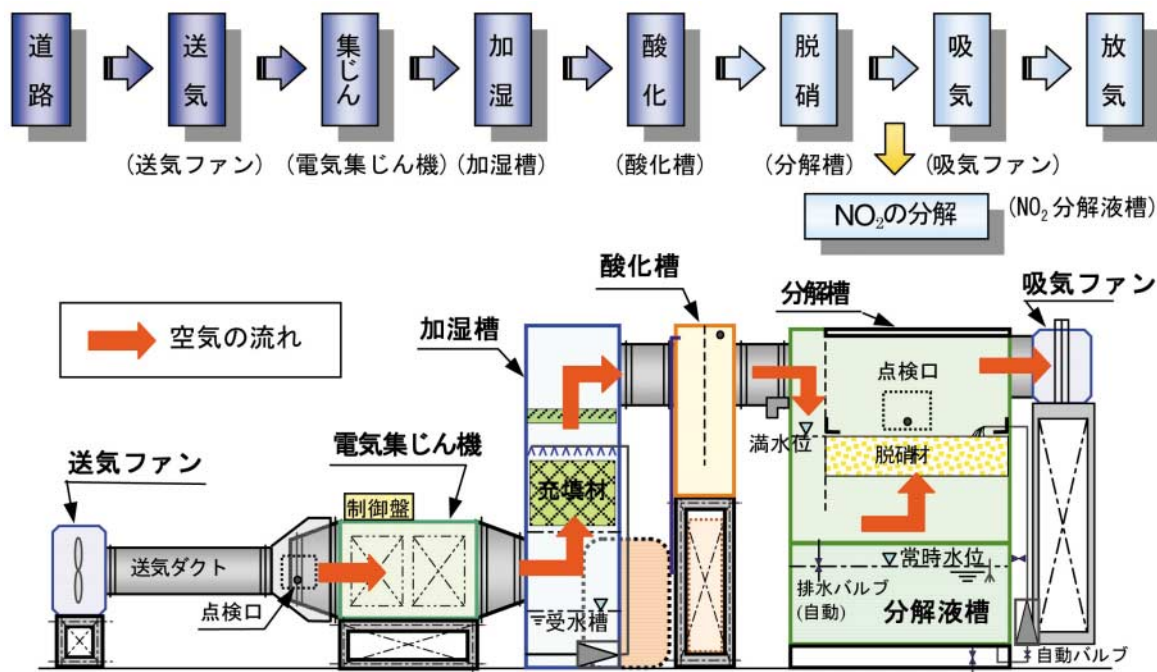


図-8 本システムの処理フローと概要図

4-3 酸化槽

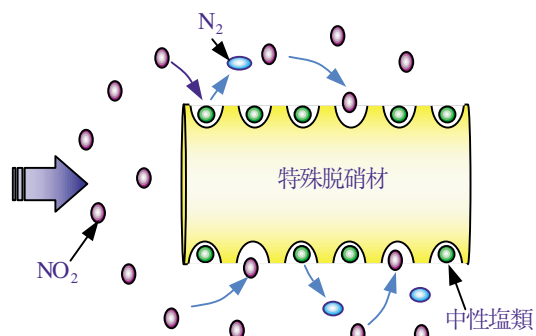
酸化槽の目的は、取り込んだ大気中の一酸化窒素(NO)を NO_2 に酸化させることである。酸化にはオゾン(O_3)を用いる。 O_3 により NO は速やかに NO_2 に酸化する。 O_3 添加量は、常時測定する入口 NO 濃度に対応する添加量を注入する。

4-4 分解槽

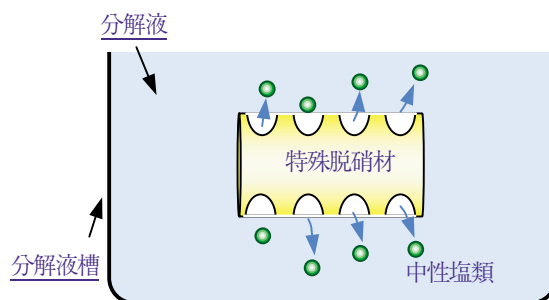
分解槽の目的は、取り込んだ大気中の NO_2 を除去することである。分解槽の下部には分解液槽がある。脱硝は、新たに開発した多孔質の脱硝材で NO_2 を吸着・分解するものであるが、この性能は時間とともに低下する。脱硝性能が所定の能力を満たさなくなると判断した時点で、大気吸入を中止し、分解液槽中の分解液を分解槽に注入して脱硝材を浸漬する。これにより脱硝材の分解性能を回復させる(図-9参照)。再生終了後、分解液を分解液槽に戻した後、大気吸入を再開し、乾燥させて吸着・脱硝を再開する。

§ 5. 実用規模のプラントによる実証実験

現在、本システムの実用規模のプラントを用いて、東京都が公募する「大規模交差点における NO_x 、SPM除去設備実験」に参加し、平成15年3月～平成16年2月の1年間、目黒区大坂橋交差点での実証実験を実施中である(表-2参照)。また、当社技術研究所において、トンネル大気を想定して NO_x を1ppm程度とした脱硝



酸化槽からの NO_2 は、特殊脱硝材の多孔質に吸着し、窒素ガス(N_2)に分解される。

(a) NO_2 の吸着・分解時

特殊脱硝材の吸着・分解性能を維持するために、定期的に分解剤による再生処理を行う。

(b) 特殊脱硝材の再生時

図-9 脱硝モデル図

実験を実施中である。これらの実験によって、実用化に必要なデータを収集・分析し、競争力のあるシステム設計に資する予定である。

§ 6. おわりに

NO_x および SPM を対象とした西松式大気浄化システムの開発を行った。検証試験を通して、本システムの有効性を確認することができた。

都市部における局所的な大気汚染の改善は、今後の再開発に必須である。付加価値の高い西松の環境技術として、多種多様な条件に柔軟な対応を可能とするため、今後の課題を以下に示す。

①通気速度の向上

道路トンネル内の大気浄化に適用する場合、コンパクトな程都合が良い場合が多い。そのために通気速度の向上を図り、設備体積当りの処理風量を増やす。現在の脱硝材で 1.5m/s の通気速度の実現を目指す。

②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。現在の粒径で通気速度を上げるには限界があるため、更なる大粒化、ハニカム化などの形状変更が必要である。

③簡便な再生方法

脱硝材の分解再生方法は、分解液の散水が有力であるが、積高さが増すと下部まで散水が行き渡らなくなり、再生も鈍ることが実験で確認されている。短時間で簡便に分解再生が可能な方法を確立する必要がある。

表-2 公募実験の主な仕様

処理風量	3600m ³ /h 7200m ³ /h
通気速度	0.5m/s
分解液量	3.0m ³
脱硝材積高さ	0.3m
稼働時間（通常時）	15h/day
（連続時）	24h/day
分解再生方法	浸 漬
幅	6.0m
奥行	2.6m
高さ	2.5m

目標性能

SPM 除去率	90% 以上
NO _x 除去率	70% 以上
NO ₂ 除去率	90% 以上

④脱硝材表面の改良

現在の脱硝材による NO₂ の吸着は、脱硝材表面に吸着する水分の影響である可能性が高く、親水性を高める等の表面改質を行うことで分解再生の間隔を長くすることができる。

今後、これらの課題を克服するために開発を進めていく。

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。また、株式会社関西新技術研究所殿には、共同研究者として、本システムの基礎的な部分の確立に格別のご尽力を頂戴した。この紙面を借りて関係各位に感謝の意を表す。