

局地汚染地域における窒素酸化物及び浮遊粒子状物質の複合的削減のための  
対策技術に関する調査

松下エコシステムズ 株式会社

## 局地汚染地域における窒素酸化物及び浮遊粒子状物質の 複合的削減のための対策技術に関する調査

松下エコシステムズ株式会社

### 【調査の目的】

大都市域の交差点や幹線道路沿道では、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）及び浮遊粒子状物質（SPM）による大気汚染の状況に改善傾向は見られるものの、特に東京都内を中心に依然深刻な状況が続いており、対策強化が急務となっている。これらの汚染物質への対策は、広域的な観点で行われる自動車交通対策及び自動車単体からの排出制御が基本と考えられるが、局地的で高濃度な大気汚染状況を早急に改善するためには、これらに加え、各地域の局地汚染に対応した沿道排ガス浄化装置による自動車排ガス浄化技術の確立及び導入の検討が必要である。

本研究は、道路沿道や道路壁に省スペースで設置可能な窒素酸化物と浮遊粒子状物質を同時除去できる装置の開発を目指し、これまでに開発してきたディーゼル排気粒子除去用の自然通風型電気集じん装置に NO<sub>x</sub> の浄化システムとして期待されている高活性炭素繊維のフェンスを併設した排ガス処理装置を試作し、その有効性の評価及び沿道等での適用可能性について検討することを目的として実施した。

### 【調査の概要】

#### 1. 平成 16 年度までの調査研究について

平成 16 年度までは特に SPM 対策に重点を置き、調査研究を行った。本調査は、SPM 対策のための集じん技術、測定及び浄化効果の評価等を駆使した調査研究となるため、これらに関する学識経験者からなる委員会を設置し、調査全般にかかる手法の検討を行った。また、装置の製作、試験等においては適時各委員の指導を受けながら実施した。以下に平成 14 年度から平成 16 年度において実施した項目を示す。

##### (1) 平成 14 年度

沿道大気浄化装置の試作、性能評価試験。

##### (2) 平成 15 年度

試作沿道大気浄化装置の改良性能向上、浄化装置性能の実フィールド評価及び対策効果評価シミュレーションの実施。

##### (3) 平成 16 年度

平成 15 年度までの調査結果から、浄化装置の実用化に向けた課題点の改善及び浄化装置の設置環境に関する考察の実施。

平成 16 年度までの代表的な調査内容と成果の概要を表 1 に示す。

表 1 平成 16 年度までの代表的な調査内容と成果の概要

平成 15 年度の調査内容と成果の概要	
試作の沿道大気浄化装置の改良及び評価試験	<p>1. 試作浄化装置の性能向上</p> <p>①改良型浄化装置を用いて、風速約 1m/s の条件において、SPM 除去率約 80%を確認できた。</p> <p>②改良型浄化装置に吸収剤を付加することによって、装置入口側よりも NO<sub>2</sub> 濃度が増加しないことを確認できた。</p> <p>2. 試作浄化装置性能のフィールドにおける評価試験</p> <p>①自然通風条件において、周囲風速の約 40%の風を浄化装置内に導けていることが確認できた。</p> <p>②風速約 1m/s の自然通風条件において、SPM 除去率 70%以上を確認できた。</p> <p>③装置にハニカム式吸収剤を付加することによって、装置近傍の NO<sub>2</sub> 濃度が周囲濃度よりも増加しないことを確認できた。</p> <p>④ナノ粒子に対しても 50~80%以上の集じん効率が得られていることを確認できた。</p> <p>⑤浄化装置循環水の成分分析結果からも、SPM が捕集されていることを確認できた。</p> <p>⑥循環水の有害物質は排水基準値以下であることを確認できた。</p>

平成 16 年度の調査内容と成果の概要	
(1) 課題点の改善	<p>①本浄化装置安全性の向上として、ルーバータイプの保護網設置、保護網取り外し時の高電圧 OFF インターロック設置及び連続スパーク抑制回路を設置した。</p> <p>②本浄化装置から発生する磁界強度（スパークノイズ）は携帯電話のノイズレベル以下であることを確認し、スパークノイズが走行車輛・人体・電子機器に影響を与えるレベルではないことが確認できた。</p> <p>③低コスト化として、NO<sub>2</sub> 吸着剤に市販の活性炭フィルタを使用した。</p> <p>④低コスト化及び洗浄部最適化を目指し、装置を 2 段に積み、上段の装置にのみ給水する構造とした。また、給水パイプを廃止し、給水パンから直接集じん極に給水する構造とした。</p> <p>⑤洗浄部最適化として、ドレンパンから一旦給水タンクに水を貯め、給水タンクから給水パンに水を供給する構造とした。これにより雨水を給水タンクに貯めることができ、雨水利用が可能になった。</p> <p>⑥オゾン発生量抑制及び集じん効率向上を目指し、集じん部の構造を、ステンレス平板を 2 枚の吸湿紙で挟んだ構造に変更した。</p>
(2) 自動運転に向けた開発	<p>①連続スパーク抑制回路を高電圧電源に組み込んだ。</p> <p>②毎日 7 時から 20 時の間に浄化装置に高電圧が供給され、装置 1 台あたり 1L/h の水が自動的に供給されるよう、制御盤にてタイマー制御を行った。</p>
(3) フィールド試験	<p>①運用 1 ヶ月間自動運転（高電圧の ON/OFF、循環水の供給）を支障なく実施できた。</p> <p>②運用 1 ヶ月後の SPM 除去率は、運用初期から低下することなく、特に微小粒子の除去率は 80%以上あることを確認できた。</p> <p>③運用 1 ヶ月後も吸着剤の NO<sub>2</sub> 除去効果は持続し、装置から流出する NO<sub>2</sub> 濃度を流入濃度以下に抑えていることを確認できた。</p>

## 2. 平成 17 年度以降の調査研究概要

平成 16 年度までの調査研究においては、大気汚染物質のうち SPM を重点的に除去することを目標とし、自然風を利用した電気集じん式沿道大気浄化装置の開発を行ってきた。この沿道大気浄化装置を自動車道路中央分離帯に設置することにより、浄化装置の前後で SPM を 80%以上除去することが技術的に可能であることを確認した。一方で SPM と並ぶ汚染物質である NO<sub>2</sub> については、電気集じん機の原理上発生するオゾン (O<sub>3</sub>) との反応により、集じん機出口側で増加してしまうことは避けられない。この対策としては浄化装置にハニカム式吸収剤を追加した。この場合、浄化装置から流出する NO<sub>2</sub> 濃度を流入濃度以下に抑えられることは確認できたが、通風性が若干損なわれる結果となった。よって、平成 17 年度以降は通風性を確保しつつ SPM と NO<sub>x</sub> を同時除去できる技術開発を行い、その有効性を検討することとした。SPM と NO<sub>x</sub> の同時除去に際しては、並行して開発が進められてきた高活性炭素繊維 (ACF) による NO<sub>x</sub> 除去機能を電気集じん式沿道大気浄化装置に適用

した。また、将来的に電気集じん式の沿道大気浄化装置と ACF 製のフェンスを道路沿道に併設することを想定し、ACF 製フェンスの技術開発も行った（図 1 参照）。

平成 17 年度以降の代表的な調査内容と成果の概要を表 2 に示す。

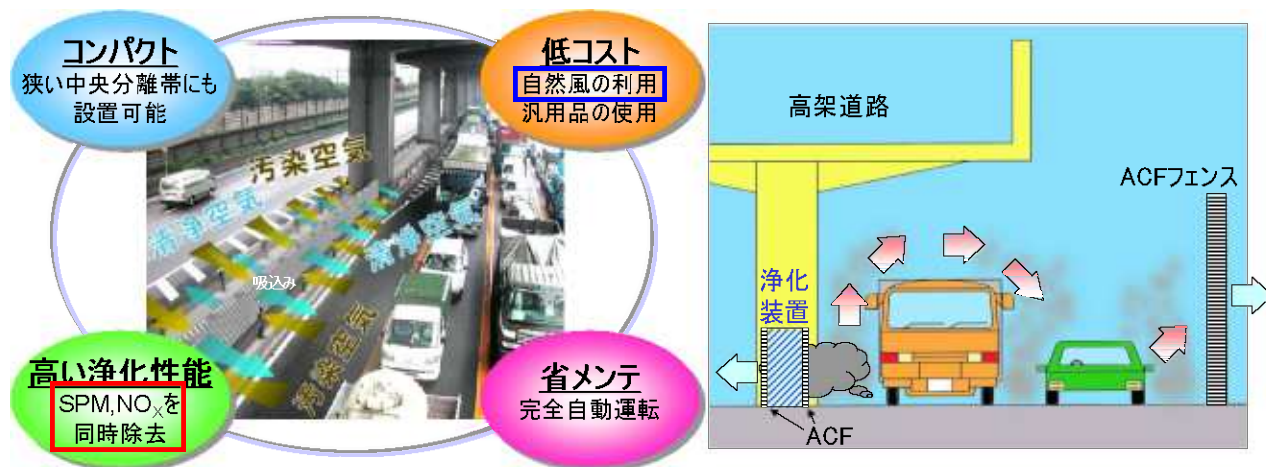


図 1 浄化装置と ACF フェンス併設のイメージ

表 2 平成 17 年度以降の代表的な調査内容と成果の概要

平成 17 年度の調査内容と成果の概要		
(1)	浄化装置の改良について	①SPM 除去率は目標値 80%以上を確認した。 ②ACF を集じん面に貼り付けたタイプの浄化装置では、高い通風性を確保しつつ NO <sub>2</sub> 除去率を改善できた。ただし、装置単体では出口 NO <sub>2</sub> 濃度を入口濃度以下に抑えることができなかった。
(2)	ACF フェンスの設置効果について	①ACF を組み込んだ数種類の小型ボックスを中央分離帯に設置し、通過風速と NO <sub>x</sub> 除去率の関係を確認した。その結果、0.5~2m/s の自然風に対して、50~90%の NO <sub>2</sub> 除去率が確認できた。 ②ACF フェンスの浄化寿命を予測した結果、板状スリット構造フェンスは NO <sub>x</sub> 浄化に関わる部位が局在化するため、寿命予測は複雑であることが分かった。

平成 18 年度の調査内容と成果の概要		
(1)	基本性能評価フィールドテストについて	①事前のラボ実験では SPM 除去率目標 80%、NO <sub>2</sub> 除去率目標 50%共に達成できた。 ②フィールドテストでは SPM 除去率目標 80%を達成できたが、NO <sub>2</sub> 除去率は目標を達成できなかった。ただし、SPM 除去部への印加電圧を下げることで NO <sub>2</sub> 除去率は目標 50%を達成できた。
(2)	ACF フェンス及び浄化装置に組込む ACF について	①PAN 系からビツク系 ACF への変更を検討し、ある焼成条件で NO <sub>x</sub> 除去性能を飛躍的に向上させることができた。 ②通風性が高く、かつ、NO <sub>x</sub> 除去率の高い ACF 構造体は板状スリット構造体であることが結論できた。NO <sub>x</sub> 除去性能の局所的な劣化に対しては、降水洗浄等の“その場再生”で対処できることが確認された。
(3)	浄化装置・ACF フェンス併設の環境改善効果シミュレーションについて	①川崎市川崎区池上町をモデルに、浄化装置及び ACF フェンス併設による環境改善効果シミュレーションを行った結果、南東の風に対して最大で SPM 除去率 36%、NO <sub>2</sub> 除去率 37%、NO <sub>x</sub> 除去率 21%の環境改善効果が得られた。

### 3. 平成 19 年度の調査研究概要

平成 18 年度に行った基本性能評価フィールドテストの結果、汚染地域の状況（SPM 重点的除去、NO<sub>x</sub> 重点除去どちらを必要とするか）によって、浄化装置の印加電圧を変えることで効果的に対策可能であることが確認できた。

今年度は昨年度までの基礎評価結果を基に、浄化装置の設計及び製作を行い、実用評価フィールドテストを実施すると共に、引き続き NOx 浄化に効果的に機能する ACF の検討を行った。

(1) 調査研究日程

本調査研究は表3に示すスケジュールで実施するものとした。なお、本年度は3ヵ年計画の最終年度であり、浄化装置の設計・製作、実用評価フィールドテストについては松下エコシステムズが担当し、ACFの検討については福岡県保健環境研究所が担当して実施した。

表3 3ヵ年スケジュール

項目	平成17年度	平成18年度	平成19年度
浄化装置の改良	■		
ACFフェンスの設置効果確認	■		
ACFフェンス及び浄化装置に組み込む ACFの検討		■	
浄化装置・ACF併設の 環境改善効果シミュレーション		■	
基本性能評価用浄化システム設計製作		■	
基本性能評価フィールドテスト		■	
実用評価用浄化システム設計製作			■
実用評価フィールドテスト			■

(2) 浄化システムの設計および実用評価フィールドテスト

基本性能評価フィールドテストの結果を基に、実用評価用浄化システムの設計を行い、実フィールドでの各種評価を行った。浄化システムは、NO<sub>2</sub>除去部及びNO<sub>x</sub>・SPM除去部から構成される。今年度の開発目標を表4に示す。

また、実用評価フィールドテストは、昨年度と同様に川崎市の産業道路中央分離帯に試作浄化装置を設置し、連続運用時の浄化性能、機器の耐久性等について評価を行った。

表4 浄化システム開発目標

項目	NO <sub>2</sub> 除去部単独	SPM・NO <sub>x</sub> 除去部単独
SPM除去率	—	80%以上
NO <sub>x</sub> 除去率	—	30%以上
NO <sub>2</sub> 除去率	50%以上	—

(注) 測定条件：風速 1.0m/s、NO 濃度 0.4ppm、NO<sub>2</sub> 濃度 0.1ppm、NO<sub>x</sub> 濃度 0.5ppm

### (3) NO<sub>x</sub> 浄化に効果的に機能する ACF の検討

通風性が高く、NO<sub>2</sub> 浄化能力が高いスリット状 ACF ユニットの検討を行うと共に、「その場再生」について更なる検討を行った。

### (4) 総合的な取りまとめ

道路沿道等での導入可能性及び実用化に向けての総合的な取りまとめを行うと共に、これまでに開発した浄化装置と他の浄化装置との比較検討を行い、実際に機器を設置した場合の環境改善効果とイニシャル、ランニングコストの関係を考察した。

## 【調査の方法および結果】

### 1. 浄化システムの設計および実用評価フィールドテスト

#### (1) 浄化システムの設計

基本的に昨年度の浄化装置をベースに設計を行ったが、昨年度と大きく異なる点は、仕様の異なる 2 つの装置を 2 段積みとした点である。図 2 に浄化システム概略図を示す。上段に NO<sub>2</sub> 除去部、下段に SPM・NO<sub>x</sub> 除去部を配置した。それぞれの除去部の仕様は表 5 のとおりである。昨年度は下段の SPM・NO<sub>x</sub> 除去部のみでフィールドテストを行ったが、今年度は NO<sub>2</sub> 除去性能を補うために上段の NO<sub>2</sub> 除去部を追加し、1 つの浄化システムとした。

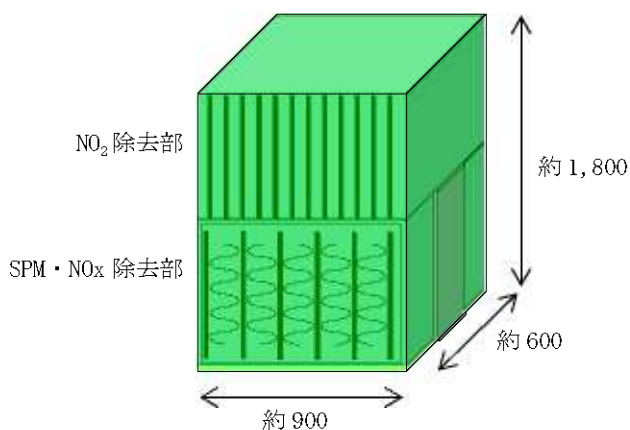


図 2 浄化システム概略図

表 5 実用評価用浄化システム仕様

NO <sub>2</sub> 除去部	
ACF 種	ピッチ系
スリット形状	厚さ 7mm、間隔 8mm
浄化性能	NO <sub>2</sub> 除去率 50%以上
SPM・NO <sub>x</sub> 除去部	
集じん面の ACF	ピッチ系、厚さ 3mm
ACF スリット形状	厚さ 3mm、間隔 10mm
浄化性能	SPM 除去率 80%以上 NO <sub>x</sub> 除去率 30%以上

#### (2) 実用評価フィールドテストの概要

フィールド試験は川崎市川崎区池上町 1 番地先中央分離帯内で実施した (図 3 参照)。評価項目は、①性能持続時間の確認及び連続運転後の性能確認、②機器の耐久性及びメンテナンス性の確認 とした。

浄化装置は 2 セット製作し、図 3 右のように現地に設置した (中央が「浄化装置 A」、右側が「浄化装置 B」、左側は遮蔽。)。浄化装置 A は週 1 回の頻度で水洗浄を行い、浄化装置 B は約 2 ヶ月間期間水洗浄を行わなかった。

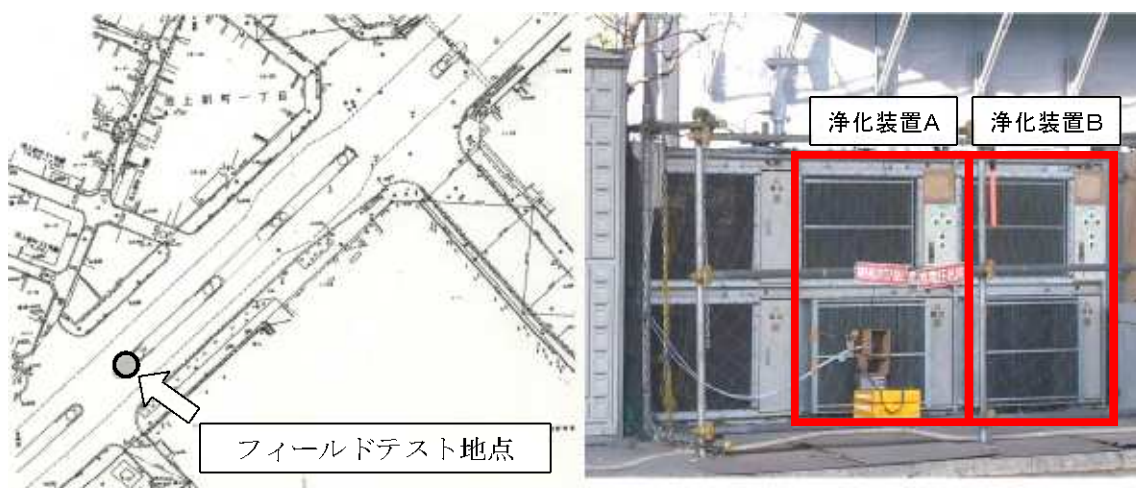


図3 フィールドテスト実施地点および現地設置状況

(3) フィールドテスト結果

① 性能持続時間の確認及び連続運転後の性能確認

浄化装置前後のSPM濃度、NO<sub>x</sub>濃度、O<sub>3</sub>濃度、風速および周囲風速を同時に測定し、SPM・NO<sub>x</sub>除去率を算出した。以下に代表的な測定結果を示す。

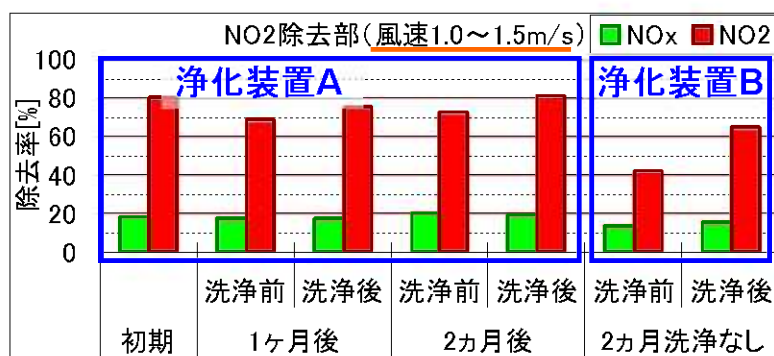


図4 NO<sub>2</sub>除去部の浄化性能

(棒グラフは左がNO<sub>x</sub>除去率、右がNO<sub>2</sub>除去率)

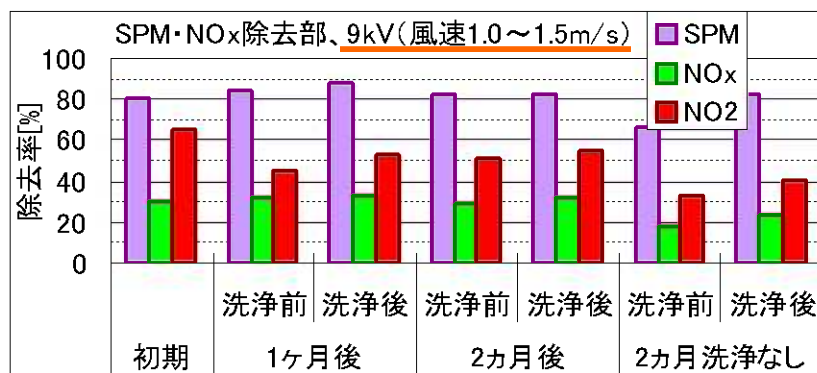


図5 SPM・NO<sub>x</sub>除去部の浄化性能 (印加電圧：9kV)

(棒グラフは左がSPM除去率、中央がNO<sub>x</sub>除去率、右がNO<sub>2</sub>除去率)

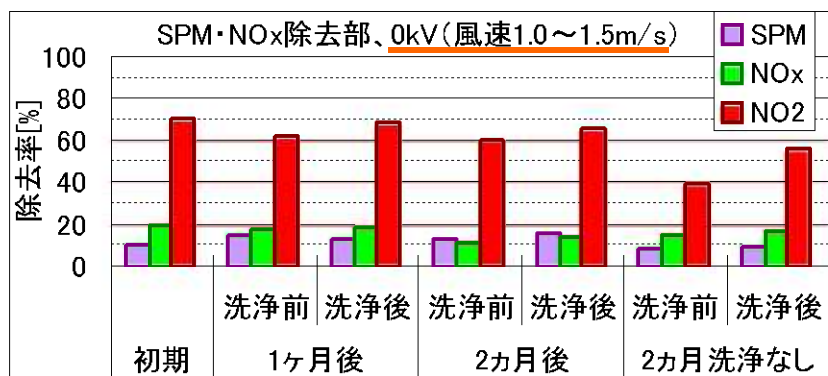


図6 SPM・NOx 除去部の浄化性能 (印加電圧：0kV)  
(棒グラフは左が SPM 除去率、中央が NOx 除去率、右が NO<sub>2</sub> 除去率)

図4～6は風速1.0～1.5m/sの除去率を集計した結果である。

初期性能は、NO<sub>2</sub>除去部、SPM・NOx除去部共に当初の設計どおり、NO<sub>2</sub>除去率50%、SPM除去率80%、NOx除去率30%を達成することができた。連続運転によって各除去性能は低下するものの、週1回の頻度で水洗浄することによって2ヵ月後も性能を維持できることが確認できた。

また、2ヶ月間の連続運転を通じて水洗浄を行わなかった「浄化装置B」については、毎週1回洗浄を行った「浄化装置A」と比較すると2ヵ月後の除去性能の低下の度合いが大きく、最後に1度水洗浄を行っても性能回復効果は小さかった。従って、水洗浄回数は週に1回程度が好ましいといえる。

## ② 機器の耐久性及びメンテナンス性の確認

約2ヶ月間のフィールドテスト期間中、機器の故障は発生しなかった。浄化装置全体が粉じん等で汚れていたものの、ACFの剥れ、極板の変形なども無く、高圧発生盤や水洗浄系にも異常無く運用できた。

## 2. NOx 浄化に効果的に機能する ACF の検討 (福岡県保健環境研究所担当)

### (1) 通風性が高く、NO<sub>2</sub> 浄化能力が高いスリット状 ACF ユニットの検討

現在まで、板状スリット構造の ACF ユニットでは、スリットに使用する ACF の板長を 20～25cm として、スリット幅 1.5cm で実験を行ってきた。しかし、NOx を含む汚染空気の大部分は ACF に接触せず、ユニットを通過した。そのため、今回、スリット幅を狭め、スリット内に金網の波板を入れたユニット構造について検討した。さらに、ACF 板厚を薄くすることにより ACF ユニットの開口率を上げ、通風性と NO<sub>2</sub> 浄化能力の向上を図った。スリット幅が広くなると汚染空気と ACF の接触効率は低下するが、スリット内に金網の波板を入れることで、風の乱流が起こりやすいため ACF との接触効率が向上すると考えた。ま



た、今までの PAN（ポリアクリロニトリル）系 ACF の中でも NO 浄化能力の高い素材や、安価で安定供給が可能な石炭ピッチ系の ACF ユニットについても実証試験を行った。

一連の ACF ユニットに対する通風試験は、テフロン舎内（写真 1）および舎外の分離帯内で実施した。テフロン舎の平面図を図 7 に示す。室内のドアを含む全内壁にはテフロンシートを貼った。室内の空調を保つため、内部空気循環式の冷暖房装置および換気扇を 1 つ取り付けた。換気扇の反対側に外気取り入れ口を 1 つ取り付けた。これにより、緩やかに換気扇を回しながら外部空気を舎内に取り込み、外気および舎内の温湿度をそれぞれ連続測定した。テフロン舎内に流入した汚染空気を各種 ACF ユニットに通過させ、その通過風速の変化による NO<sub>x</sub> 浄化率の測定を行った。また、テフロン舎外の分離帯内で、実際の走行風を含む自然風に対するユニットの通過風速、NO<sub>x</sub> の浄化率について測定した。これにより、道路沿道の壁材として最適な薄型 ACF ユニットの実証試験および最終設計を行った。

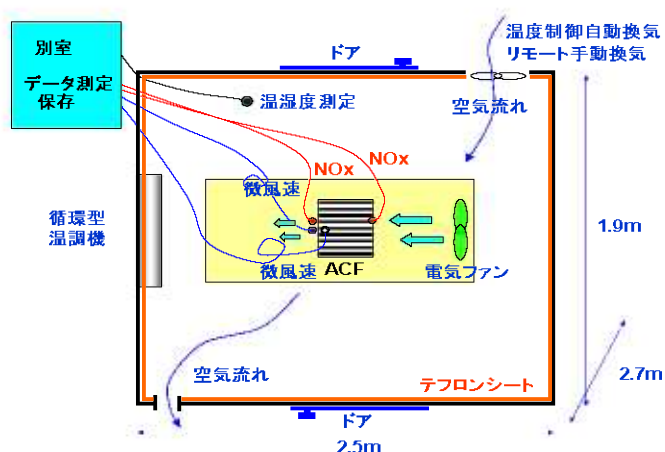


図 7 テフロン内装舎の平面図



写真 1 テフロン内装舎内の定常風実験

厚み 0.7cm のフェルト状のピッチ系 (SY-H800) を、20cm×20cm に裁断し、スリット幅 0.8cm のユニットを作成した。これらユニットは、スリット空際に網状の波板を挿入していない完全開放タイプと挿入したタイプの 2 種類を準備した。これらユニットはテフロン舎内および舎外の中央分離帯内に設置した。舎内では電気ファンの風を利用し、舎外では車の走行風を含む自然風に対するユニットの通風性と NO<sub>x</sub> 浄化能力について試験した。

テフロン舎内で実施した通風性試験の結果を図 8 (1)、図 8 (2) に示す。NO を高効率で浄化するには、汚染空気と ACF との十分な接触が必要である。また、相対湿度 (RH) が高くなるにつれて、空気中の水分が NO 吸着を阻害する。そのため、NO 浄化率は主に通過風速、相対湿度の影響を受けやすい。図 8 (1) に示すように、NO<sub>x</sub> 浄化率は NO<sub>x</sub> 濃度が低い時、誤差が大きいため 50ppb 以上の NO<sub>x</sub> 濃度について浄化率を計算し、図中にプロットした。通過風速が速いほど通過風速が速くなるにつれて、著しく減少していることが分

かる。NO<sub>2</sub> 浄化率の低下はNO のそれ程ではないが、通過風速が速くなるにつれて低下する傾向が認められている。スリット空隙に網状の波板を挿入していない完全解放タイプでは、風速を 0~2m/sec の範囲で変化させた結果、風速 1.5m/sec の風に対して、1.0m/sec の風がユニットを通過していることが分かる。一方、図 8 (2)には、テフロン舎内の温湿度、ユニット直前の風速とユニット通過風速、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> の残留率(%)を示している。平均の NO<sub>x</sub> 浄化率は、NO<sub>2</sub> が 74.8%(残留率：25.2%)、NO が 25.3% (残留率：74.7%)、NO<sub>x</sub> が 43.7% (残留率：56.3%) であった。

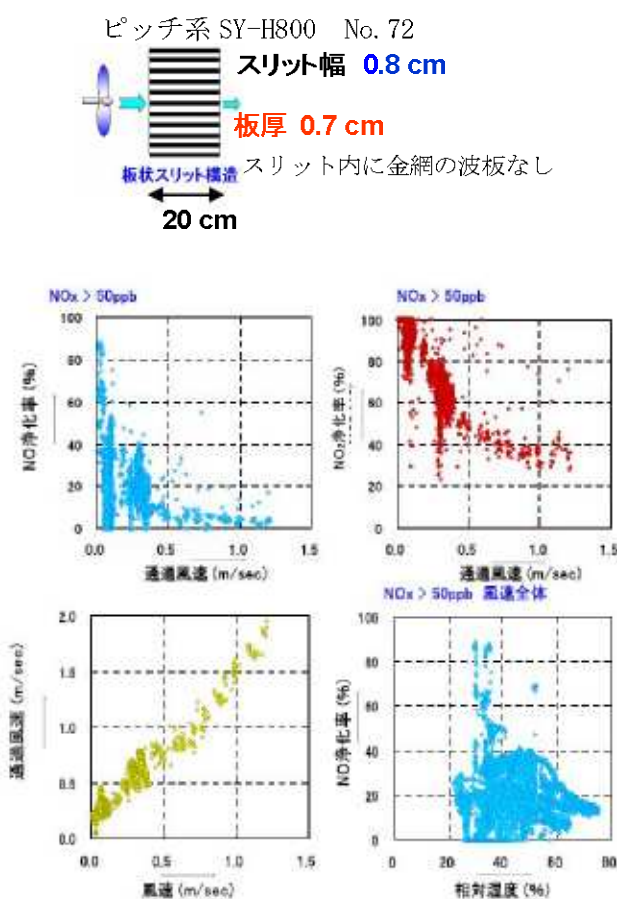


図 8 (1) 各成分の散布図

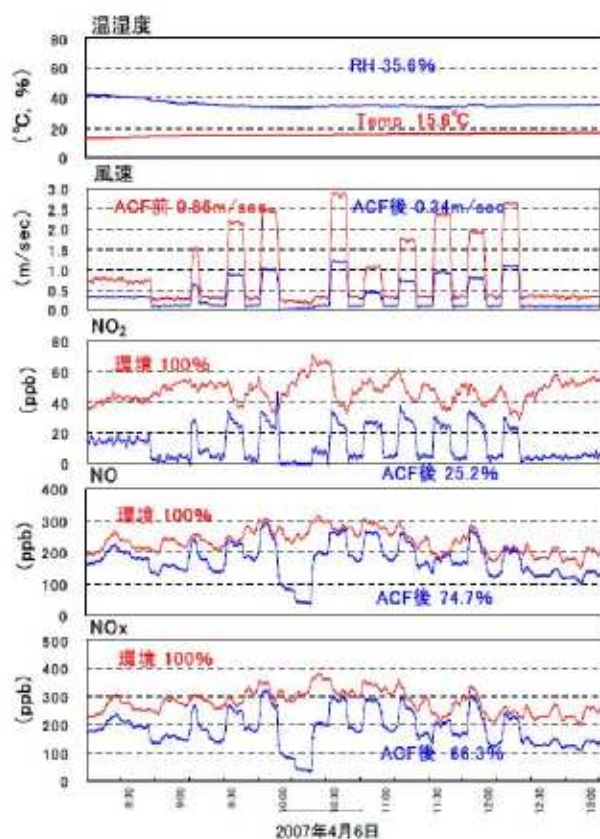


図 8 (2) 温湿度、風速と NO<sub>x</sub> 浄化率の変化

テフロン舎内でのユニットの通風試験

ピッチ系 SY-H800 の板厚 0.7cm、スリット長 18cm で、スリット幅を 0.8cm~1.6cm まで変えたユニットに対する通風性試験の結果を図 9 ~ 図 11 に示す。

(a) スリット幅 0.8cm

測定結果を 1 つ抜粋して図 9 に記載した。テフロン舎内の平均温湿度は 9.6℃、60% であった。電気ファンから平均風速 0.33m/sec の風をユニットに送った時、ユニットを通過する風速は 0.08m/sec、ユニットに対する風の通過率は 24% ((0.08/0.33) × 100 = 24) であった。この時、ユニットの平均 NO<sub>2</sub>、NO 浄化率は 88.0%、9.1% となった。ユニットにあたる風速が弱い程、風はユニットを抜けやすいことが分かる。この期間の平均 NO<sub>2</sub>、NO

浄化率は 93.3%、29.2%であった。相対湿度が 40~45%に近づいた結果、NO 浄化率が向上していることが分かる。通過風速が速くなるにつれてNO 浄化率は急激に低下した (図9 (1))。しかし、道路沿道の NOx 濃度は、風速が弱いほど高濃度となるため、このユニットでの NOx 浄化能力は高いことが予測できる。

ACF ユニット (ピッチ系 SY-H800) No.65

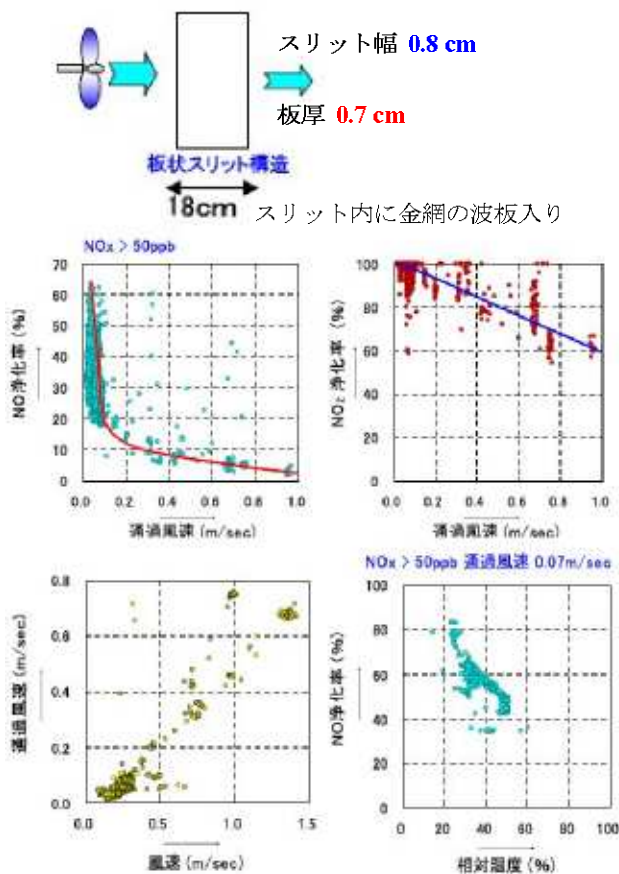


図9 (1) 各成分の散布図

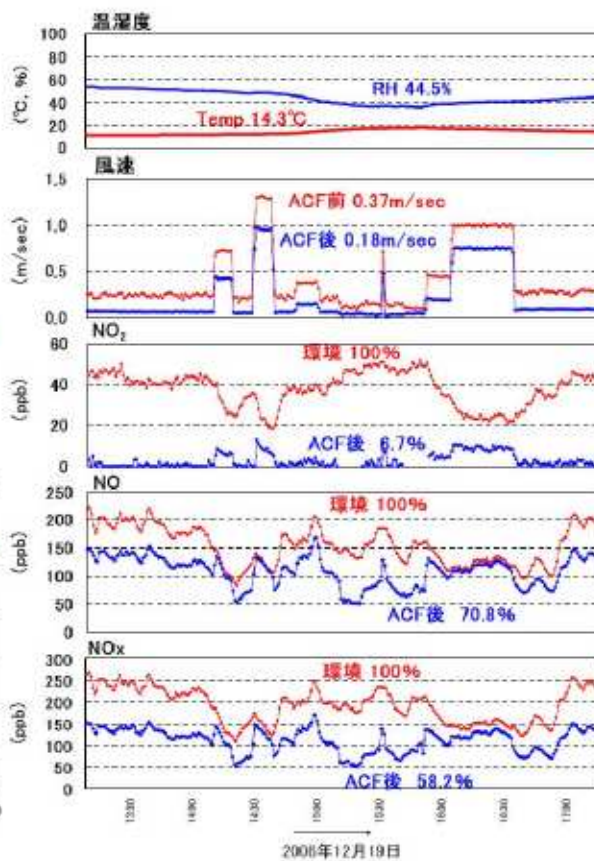


図9 (2) 温湿度、風速と NOx 浄化率の変化

(b) スリット幅 1.2 cm

スリット幅を 1.2cm に広げた時、平均風速 0.53m/sec に対する通過風速は 0.24m/sec であり、通過率は 45%と著しく向上した (図 10)。この期間の平均温湿度は 10.1°C、47%であった。この通過風速の時、ユニットの平均 NO<sub>2</sub>、NO 浄化率は 81.2%、7.6%であった。スリット幅を広げることで通風性は向上したが、その分、NO<sub>2</sub> 浄化率の低下が認められた。

ACFユニット(ピッチ系 SY-H800) No.71

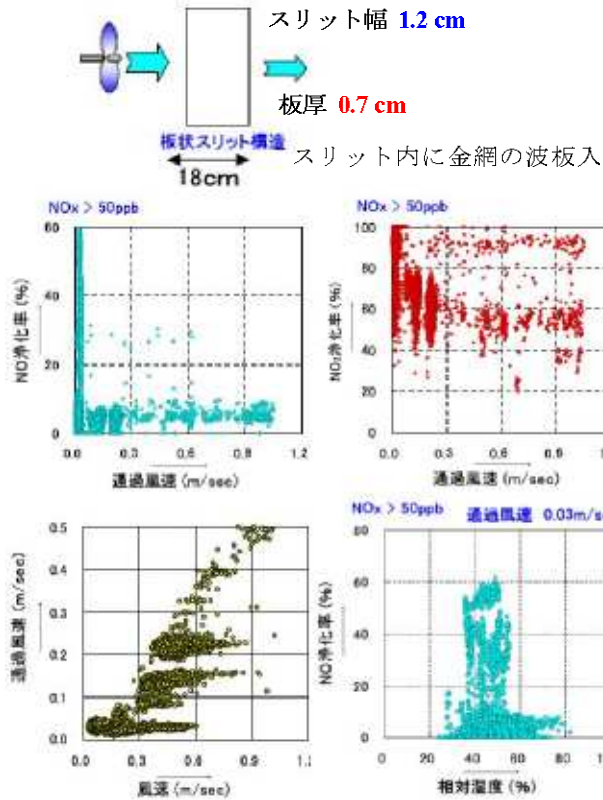


図 10(1) 各成分の散布図

(c) スリット幅 1.6 cm

スリット幅をさらに 1.6cm に広げた時、平均風速 0.23m/sec に対するユニットの通過風速は 0.10m/sec、通過率は 43%であった(図 11)。この期間の平均温湿度は 26.5°C、45%であった。ユニットの平均 NO<sub>2</sub>、NO 浄化率は 83.3%、12.3%であり、スリット幅 1.2cm と 1.6cm では、NO<sub>x</sub> 浄化率にそれ程の差が認められなかった。測定期間の後半では NO 浄化率が上昇した。これは相対湿度の低下が大きく影響している。汚染空気中の NO 分子と水分子は、ACF 表面に対して競争的に吸着する。低濃度 NO の空気中の分子数は、水分子数のそれよりも圧倒的に少ない。そのため、NO が ACF に捕捉される活性サイト数は限定され、NO<sub>2</sub> のそれよりもはるかに少ない。NO の浄化能力は、主に相対湿度 (RH) と通過風速の両方の影響を受けやすい。この解決には、ACF の広い表面積と接触させる必要がある。

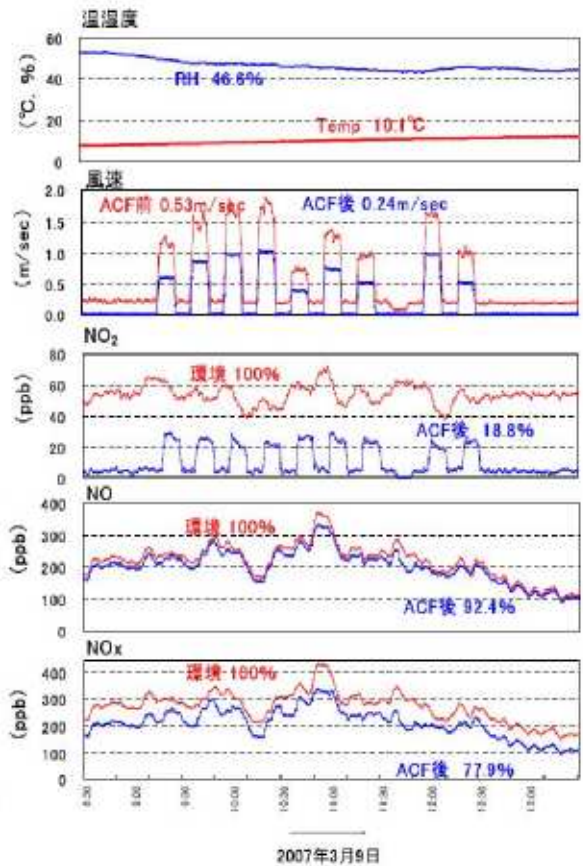


図 10(2) 温湿度、風速と NO<sub>x</sub> 浄化率の変化

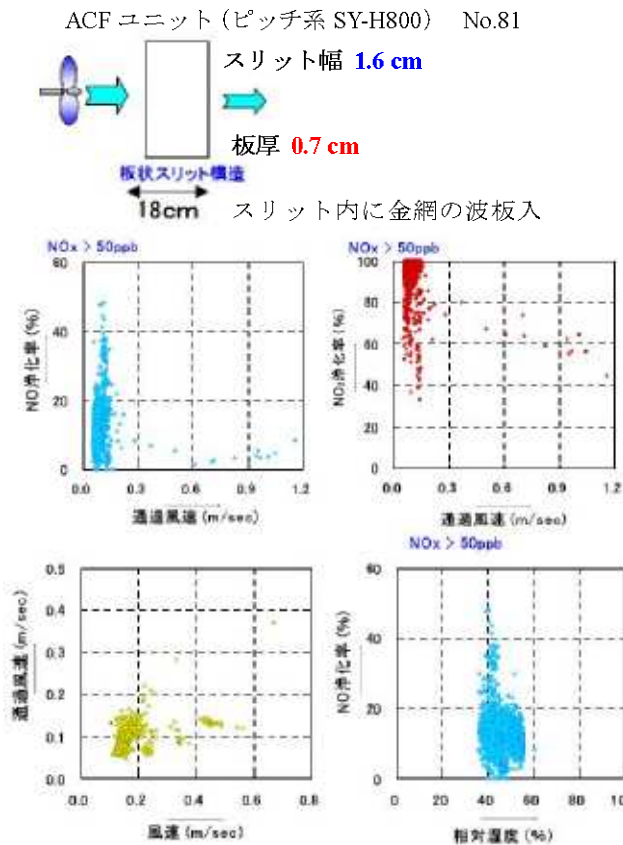


図 11(1) 各成分の散布図

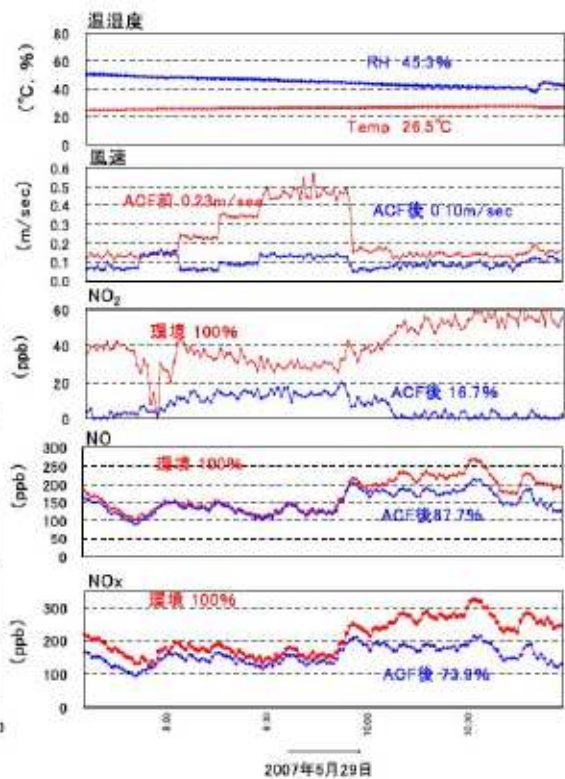


図 11(2) 温湿度、風速と NOx 浄化率の変化

NO 浄化率には、大気中の相対湿度も大きく影響している。工場排ガスのように、NO 濃度が 100~500ppm の高濃度の時、相対湿度が約 60%以下で NO 浄化率が向上することが分かっている。この原因として、RH 60 %以上では、空気中の水分子が ACF の微細孔内に侵入し、NO 吸着に関わる活性サイトを覆うためと考えられている。一方、本研究の対象となる環境大気中の NO 濃度は、数 100ppb 以下と、非常に低濃度である。そのため、相対湿度が 40~45 %以上では NO の浄化率が著しく低下し始めることも分かってきた。しかし、前述したように、道路沿道の環境大気の相対湿度は、一般環境のそれより 10%程度低い。冬季の風が弱い期間に、NO 浄化率は大きく向上することも分かってきた。地下駐車場で、概ね、定常的に相対湿度 40%程度である。この原因は、コンクリートやアスファルト、自動車車体からの放熱による相対湿度の低下であると考えられる。こういった半閉鎖系空間では、ACF ユニットによる NO、NO<sub>2</sub> の同時浄化は非常に有利に機能する。今回の実験から、スリット幅 0.8cm の ACF ユニットは、半閉鎖系空間での NOx 浄化に最適な構造体であると考えられる。

## (2) NO 浄化能力とその場再生能力の相互バランスの改善

### ① 簡易水洗による再生試験

## 室内実験

800 °Cで1時間焼成したピッチ系 SY-H800 の 0.3 g 量を、内径φ7.2 mm のガラス管に充填長 4.5 cm で充填し、相対湿度 0 % の 2 ppm の NO (O<sub>2</sub> 濃度 21 % を含む、N<sub>2</sub> ガスにより調整) を 300 ml/min で通気、破過させた。破過した後のガラス管内の SY-H800 に 200 ml の水を通水し、乾燥窒素で 1 時間乾燥させた。その後、相対湿度 0 % の 2 ppm の NO (O<sub>2</sub> 濃度 21 % を含む、N<sub>2</sub> ガスにより調整) を 300 ml/min で通気、破過させた。この方法により、簡易水洗による SY-H800 の NO 吸着能力の再生を検討した。

未使用の SY-H800 (図 12) および破過、再生後 (図 13) の SY-H800 の NO 吸着曲線を示す。再生方法は、破過後、ガラス管内の ACF に 200 ml の水を通水し、乾燥窒素を 1 時間通気した。この結果から、未使用のほうでは、完全脱硝時間が 1 時間程度、認められたが、再生後は完全に消失した。また、破過後の NO 吸着能力も未使用では、25 % 程度あるのに対し、破過、再生後では、15 % 程度と低下し、NO 吸着能力が低下していることが分かる。

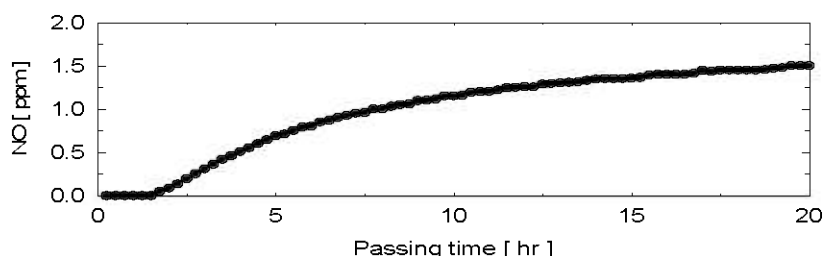


図 12 未使用 SY-H800 の NO 吸着実験

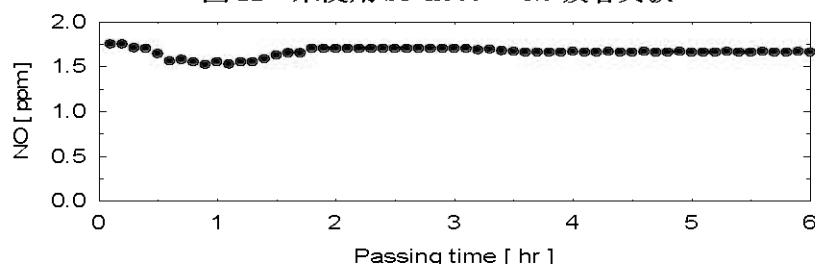


図 13 水洗後、乾燥窒素で乾燥させた SY-H800 の NO 吸着曲線

図 14 に 150 °C、600 °C、700 °C、800 °C で焼成した未使用の SY (“SY-H150”、“SY-H600”、“SY-H700”、“SY-H800” と表記する) の NO 吸着曲線を示す。この図より、どの焼成条件でも NO を 20~35 % 程度浄化し続けていることが分かる。その中でも 700 °C で焼成を行った SY-H700 の場合がもっとも NO 吸着能力が高いことが明らかとなった。

図 15 に破過、再生後の SY-H150、SY-H600、SY-H700、SY-H800 の NO 吸着曲線を示す。その結果、SY-H700 においては、NO の吐き出しが起こっていることが分かる。これは、取り除くことができない微細孔表面の水分と反応し、不均化反応を起しているためと考えられる。一方、SY-H150 は、最も再生能力が高かった。これは、ACF に含まれる N・O 分が多く、親水性が高いため、微細孔に水が入り込みやすく洗浄効果が高くなったためと推測される。

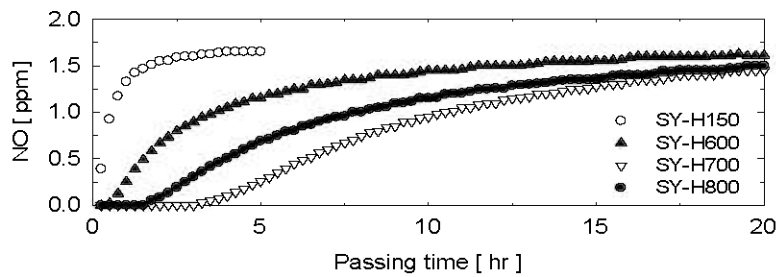


図 14 焼成条件の異なる SY (未使用) の NO 吸着曲線

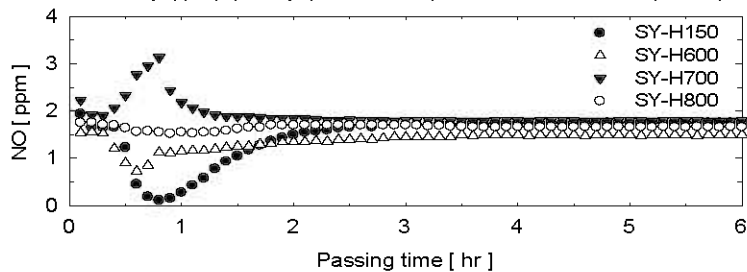


図 15 再生後 SY の NO 吸着曲線

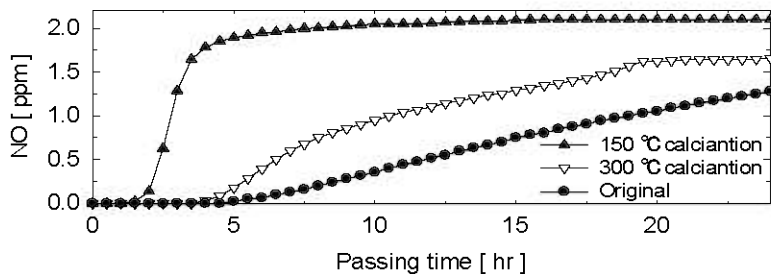


図 16 未使用の SY-H800 及び、破過、水洗後に 150 °C あるいは 300 °C で 1 時間焼成した SY-H800 の NO 吸着曲線

次に、NO 吸着させた SY-H800 を水洗し、アルゴンガス雰囲気下で 150 °C あるいは、300 °C で 1 時間焼成した場合の NO 吸着評価を行った。NO 吸着評価は、ACF (0.6 g) を内径  $\phi$ 7.2 cm のガラス管に充填長 8.5 cm で充填し、相対湿度 0% の 2 ppm の NO ( $O_2$  濃度 21% を含む、 $N_2$  ガスにより調整) を 300 ml/min で ACF に通気、破過させた。

SY-H800 の再生方法は、ビーカー内の水 100 ml に一日浸水させ、濾過した後、アルゴンガス雰囲気下で 150 °C または、300 °C で焼成した。再生後の SY-H800 および、比較として未使用 SY-H800 の NO 吸着曲線を図 16 に示す。この結果から、水洗後 150 °C で乾燥させたものは、通気開始から 2 時間程度で NO の排出が認められた。一方、未使用および、水洗後 300 °C で乾燥させたものは、通気開始から 5 時間程度で NO の排出が認められることが明らかとなった。さらに、破過開始後も 300 °C で乾燥させたものは、未使用の約 80% 程度 NO 浄化能力が再生されることから、簡易水洗を行った後、ACF の微細孔から水分が完全に除去されることによって、 $NO_2$  吸着能力だけでなく、NO 吸着能力も未使用の SY-H800

の 80 %程度回復することが示唆された。

## ② 簡易水洗後の乾燥条件の検討

### 室内実験

使用後の SY-H800 の再生には、水洗浄や降水による“その場再生”が期待できる。しかし、ACF の微細孔内に残留した水分は揮散し難く、NO の吸着能力を阻害する。そのため、ACF の微細孔内の水分の影響と、野外の風による自然乾燥の効果を調べるために実験を行った。

未使用の SY-H800 (1 g) を 1 時間水に浸漬した後、ろ過した。その後、水分を保ったままの ACF を野外の風通しのいい日陰に 12 月 20 日 16 時～21 日 16 時までの 1 日間 (平均 7.6°C、RH 87%)、12 月 20 日 16 時～22 日 16 時までの 2 日間 (平均 8.4°C、RH 86%) および 12 月 20 日 16 時～27 日 16 時までの 7 日間 (平均 8.7°C、RH 79%)、放置、風乾させた。風乾後の ACF から 0.6 g 量を分取し、内径φ7.2 mm のガラス管に 8.5 cm の長さで充填した。相対湿度 0% の 20 ppm の NO (O<sub>2</sub> 濃度 21% を含む、N<sub>2</sub> ガスにより調整) を 300 ml/min で ACF に通気、破過させた。これら ACF の NO 吸着曲線を未使用の SY-H800 と比較させて図 17 に示す。

未使用の水に含侵させていない SY-H800 では、破過開始後、通気した NO 濃度の約 50% を吸着し続けていた。これに対して、水に含侵後、1 日間風乾させた SY-H800 では通気した NO 濃度の 35% を吸着し続けていた。7 日間風乾させた時、通気した NO 濃度の 45% 程度を吸着し続けていた。この結果、7 日間の風乾により、SY-H800 の NO 吸着能力は約 90% 戻ってくるのが分かった。以上の結果から、濡れた状態の SY-H800 は、150°C あるいは 300°C で 1 時間、加熱焼成しても微細孔内の水分は除去し難いが、野外の RH79～87% の高湿度状況下であっても 7 日程度で徐々に乾燥、除去できることが明らかとなった。すなわち、SY-H800 を野外のフェンスとして利用した場合、降水によるその場再生が期待できると共に、濡れた SY-H800 は自然風により徐々に乾燥し、NO 浄化能力が再生する現象が確認できた。

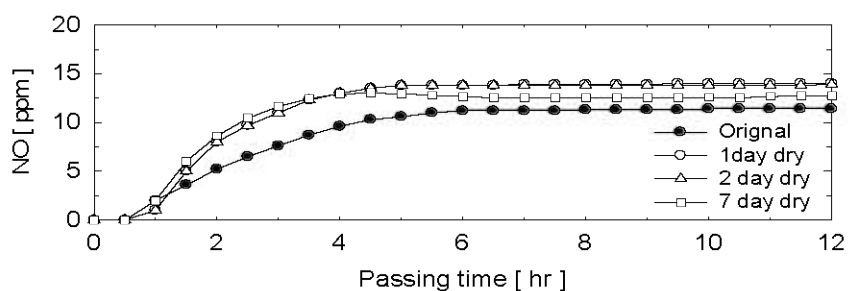


図 17 大気環境下において自然風により風乾させた場合の各 SY-H800 の NO 吸  
野外実証

フェルト状の PAN 系 ACF (FE200H-H800) で作成した板状スリットユニットを 2005 年 11 月から現在まで中央分離帯に設置している。このユニットは、ACF 板厚 1.5cm、板長 (奥



行) 23cm、スリット幅 1.5cm のスリット構造体である。スリット空隙が広く、また、スリット内に金網波板が入っていないため、汚染空気の大部分は ACF 板に接触せずにスリット内を通過する。本ユニットは、自然風を利用した初期の試作版であるため、NO<sub>x</sub> 浄化率が低い。それでも、風速が 0.4m/sec 以下の微風速の期間では NO、NO<sub>2</sub> 浄化率が 5~40%、40~70%程度、それより速い風速の期間ではそれぞれ、0%、20%程度の浄化率をもっていた (図 18 (1))。この分離帯の汚染状況は劣悪であり、NO<sub>x</sub> 濃度は最大で 1000ppb に達することがある。現地は粉じん濃度も非常に高く、設置後、1 度も降水があたらず、散水も行っていないため、ACF 板はかなりの量の粉じん付着により白く汚れていた。

この地点の年間平均風速: 0.85m/sec、ユニットに対する風の通過率: 40% (図 18(1))、NO 浄化率: 5%、NO<sub>2</sub> 浄化率: 30%、大気 NO<sub>x</sub> 濃度を NO: 150ppb、NO<sub>2</sub>: 50ppb と仮定した時、降水洗浄や水洗浄なしの時、NO<sub>x</sub> に対する本ユニットの破過開始までの期間は 3~3.8 年と予測できた。今回、このユニットの各部位にホースで水道水を 2、3 分程度、散水した。散水前後のユニットの NO<sub>x</sub> 浄化率を図 18(2)に示す。

散水前の時間帯の平均温湿度は 22.9℃、41%、風速 1.30m/sec、通過風速 0.43m/sec、散水後が 20.0℃、47%、風速 1.09m/sec、通過風速 0.40m/sec であった。散水前後の NO<sub>2</sub> 浄化率は、19.5% (残留率 80.5%)、19.4% (残留率 80.6%) であり変化していない。この結果から、本ユニットは設置後 2 年近く経過しても、NO<sub>x</sub> 浄化能力をもっていたことが分かる。一方、NO 浄化率を見ると、散水前に若干の NO の吐き出しが観察されているが、散水によりこの現象は解消され、NO 浄化能力が戻っていることが分かる。また、ユニット通過後の NO<sub>2</sub>、NO 濃度の瞬時値では、散水前後で大きな変化が認められている。

自然風が最も当たりやすいのはスリット開口部である。そのため、本ユニットは、スリット開口部で局所的な劣化が起こり始め、僅かながら、NO<sub>2</sub> から NO を放出する不均化反応が起こっていることが考えられる。スリット先端部で放出された NO はスリット幅が 1.5cm と広いため、スリット内を通過していると推定できる。こういった局所的な劣化を未然に防ぐには、ACF ユニットの降水があたる場所に設置して、“その場再生”を行うことが理想的である。あるいは、年 1 回程度の散水により解決できる。また、別の方法としては、本研究で開発したユニットのように、スリット幅を 0.8cm 程度に狭め、スリット内に金網波板を入れる等で対処できる。金網波板の挿入は、スリット内に流入する汚染空気の乱流を利用し、ACF 面と効率的に接触させることが目的である。さらに、新規に検討しているスリット空隙をもたない薄型ユニットでも解決できると考えている。

### 3. 総合的な取りまとめ

総合的な取りまとめのうち、ここでは本研究で開発した自然通風式浄化装置と土壌式浄化装置との設置スペース及びコストの比較について記述する (表 6 参照)。

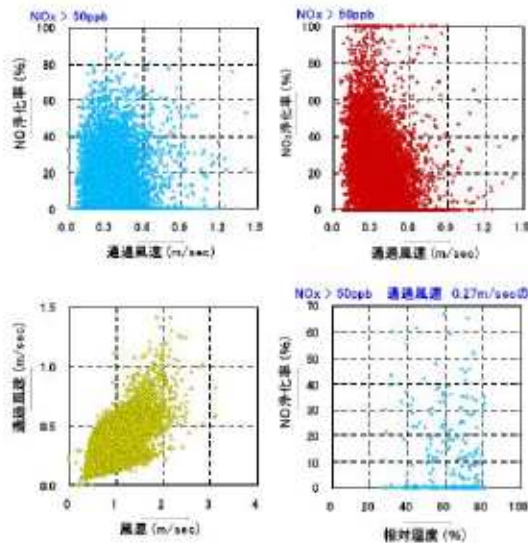


図 18(1) 各成分間の散布図

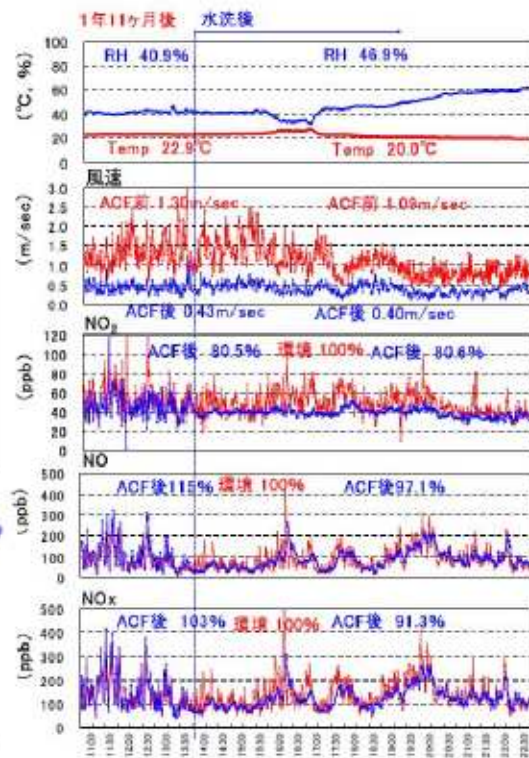


図 18(2) 温湿度、風速と NOx 浄化率

表 6 設置スペース及びコスト比較

項目	土壌式 (例)	自然通風式浄化装置
SPM 除去率	約 90%	80%以上 (※1)
NOx 除去率	約 80%	30%以上 (※1)
NO <sub>2</sub> 除去率	約 80%	50%以上 (※2)
設置スペース (補機類除く)	約 17m <sup>2</sup> /(m <sup>3</sup> /s)	約 0.8m <sup>2</sup> /(m <sup>3</sup> /s)
イニシャルコスト	約 1,300 万円/(m <sup>3</sup> /s)	約 420 万円/(m <sup>3</sup> /s)
年間ランニングコスト	約 30 万円/(m <sup>3</sup> /s)	約 1 万円/(m <sup>3</sup> /s) (※3)

(※1) SPM・NOx 除去部の性能

(※2) NO<sub>2</sub> 除去部の性能

(※3) 電気代及び水道代のみ

表 6 の自然通風式浄化装置は、周囲風速 1.0m/s でそのうち 80%の風が装置を通過した場合の結果である。両者除去率に違いはあるが、処理風量ベースで比較すると、自然通風式浄化装置は設置スペースが土壌式の 5%、イニシャルコストは土壌式の 32%となり、大きく削減することができた。なお、自然通風式浄化装置は通風ファンを搭載していないため、ランニングコストも土壌式の 3%と大幅に削減できた。

また、土壌式浄化装置と同等の処理風量とした場合に必要な自然通風式浄化装置の設置台数等を表 7 に示す。土壌式浄化装置 (例) の最大処理風量 72,000m<sup>3</sup>/h に相当する自然

通風式浄化装置の必要台数は22台となる。

表7 土壌式と同処理風量とした場合の浄化装置設置台数等

処理風量	36,000m <sup>3</sup> /h (10m <sup>3</sup> /s)	54,000m <sup>3</sup> /h (15m <sup>3</sup> /s)	72,000m <sup>3</sup> /h (20m <sup>3</sup> /s)
必要台数	11台	16台	22台
必要スペース(面積)	8.6m <sup>2</sup>	12.5m <sup>2</sup>	17.2m <sup>2</sup>
必要スペース(幅)	14.3m	20.8m	28.6m

## 【調査の成果】

### 1. 浄化システムの設計および実用評価フィールドテスト

- ① 実用評価フィールドテストの結果、初期性能は当初の設計どおり、NO<sub>2</sub>除去率50%、SPM除去率80%、NO<sub>x</sub>除去率30%を達成することができた。また、週1回の頻度で水洗浄することによって2ヵ月後も性能を維持できることが確認できた。
- ② 約2ヶ月間のフィールドテスト期間中、機器の故障、ACFの剥れ、極板の変形なども無く、高圧発生盤や水洗浄系にも異常無く運用できた。

### 2. NO<sub>x</sub>浄化に効果的に機能するACFの検討

- ① 現行のACF板厚:1.5cm、スリット幅:1.5cmからACF板厚:0.6~0.7cm、スリット幅:0.8cmに変更することで、野外の自然風に対して約20~30%の通風性を確保したまま、NO<sub>2</sub>浄化能力が向上できることが分かった。さらに、スリット内に金網の波板を入れることで、NO<sub>2</sub>の浄化能力が大きく向上した。この構造体は、ACF板を固定する特別な施工を必要としないため、大幅な施工コストの低下が可能となった。
- ② ACFを水洗した後、ACFの微細孔内に残留する水分は、NO<sub>2</sub>の浄化能力に殆ど影響を及ぼさないが、NO浄化能力を阻害することが分かった。しかし、ACFを野外に数日間、自然乾燥させることで微細孔内の水分は除去され、NOの浄化能力が再生できることが明らかとなった。そのため、降水によるNO、NO<sub>2</sub>の“その場再生”が可能であることが示唆された。

### 3. 総合的な取りまとめ

本研究で開発した自然通風式沿道浄化装置と土壌式浄化装置を比較した結果、設置スペースは土壌式の5%、イニシャルコストは32%、ランニングコストは3%となり、大幅に削減することができた。

表8 自然通風式沿道大気浄化装置の性能まとめ

項目	開発目標		フィールドテスト結果※1	
	NO <sub>2</sub> 除去部	SPM・NO <sub>x</sub> 除去部	NO <sub>2</sub> 除去部	SPM・NO <sub>x</sub> 除去部
SPM除去率	-	80%以上	-	80%
NO <sub>x</sub> 除去率	-	30%以上	(18%)	30%
NO <sub>2</sub> 除去率	50%以上	-	80%	(65%)

※1 周囲風速1~1.5m/sでの平均値