

沿道における局地的環境対策について

調査第二部 上席主任研究員 伊藤忠彦
次長 黒瀧義則

はじめに

東京都板橋区に位置する大和町交差点は、国道17号、主要地方道環状七号線および首都高速5号池袋線が3層に交差し、1日約23万台の交通量があり、都内の自動車排出ガス測定局（以下、自排局）の中でも、二酸化窒素（以下、NO₂）濃度、浮遊粒子状物質（以下、SPM）濃度が極めて高い地点である（写真-1）。平成12年度における自排局の測定値を表-1に示す。NO₂濃度は都内ワースト1位、SPM濃度は都内ワースト2位であった。

表-1 大和自排局の測定値（平成12年度）

	測定値 ¹⁾	環境基準 ²⁾
NO ₂	0.086ppm	0.06ppm
SPM	0.140mg/m ³	0.1mg/m ³

- 1) NO₂：98%値、SPM：2%除外値
2) NO₂：1時間値の1日平均値が0.04～0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下
SPM：1時間値の1日平均値が0.1mg/m³以下、かつ、1時間値が0.2mg/m³以下

自動車からの排出ガス対策については、自動車単体対策を基本にしつつ、道路網の整備、道路構造の改善などの諸施策を総合的に実施していく必要がある。しかしながら、大和町交差点のように沿道環境が特に厳しい地域においては、並行して局地的な大気浄化対策を推進していくことも必要と考えられる。

当センターでは、国土交通省、東京都、首都高速道路公団からの委託を受け、平成5年度より学識経験者らによる委員会を組織し、当該交差点における局地的環境対策の調査検討および各種フィールド実験を行っている。また、委員会の提言を踏まえ、平成13年5月には当該交差点に土壌を用いた大気浄化実験施設が整備された。本文は、これまでの主なフィールド実験の結果および大気浄化実験施設の概要とその稼働状況についてまとめたものである。



写真-1 大和町交差点

これまでの検討経緯

1 大和町交差点の現況

本交差点の環境に関する現況および特殊性をまとめると以下のとおりである。

- ①平成13年7月に実施した交通量調査結果では、その交通量は昭和40年に比べて約2.2倍に増加している。
- ②首都高速道路の開通前後で、交差点内の窒素酸化物（以下、NO_x）濃度が約1.6倍となっている。高架橋が国道17号に蓋をしたような構造になり、NO_xが拡散しにくい状況になったことも一因と考えられる。
- ③国道17号沿道の空間率は、昭和40年の約80%に対し、平成7年のそれは約52%に減少した。ここに空間率とは、交差点から200m以内の国道17号沿道で、地表面から首都高高架橋下面までの間で建物が無い割合（例えば駐車場なら100%）をいう。
- ④国道17号沿道の高さ方向0m～15mのNO_x濃度は殆ど変化がみられない。これは、17号沿道に中低層ビルが林立し、いわゆるストリートキャニオンを形成していること、道路上に首都高があること等により、道路内風速が1m/s前後と弱く、NO_xが拡散しにくい状況となっている。

2 局地的対策案

以上のように、本交差点は自動車交通量の増加や交差点全体が半閉鎖的空間を形成している特殊性などから、沿道

環境が厳しい状況であると考えられた。そこで、対策案の基本的考え方として、NOxを対象とすること、交差点や沿道を対象とすること、騒音など新たな二次的環境問題が生じないこと等を考慮することとした。

平成8年度、当該交差点の局地的対策案として表-2に示す8案が委員会にてまとめられた。その後、これらの対策案は実現性の観点から中長期的な対策(①,②,④,⑤)、当該交差点で試行的に取り組む対策(③,⑥,⑧)、公募実験を実施する対策(⑥,⑦)に分類された。

公募実験に関しては、民間企業8社の参加を得て、平成10年7月から1年間の現地フィールド実験を行った。また、これと並行して換気施設設置による実験を行った。

フィールド実験

1 実験概要

今回報告するフィールド実験とは、公募によるもの(表-2の⑥,⑦)と、非公募(表-2の③)によるものとで構成される。

表-2 大和町における対策案

対策案	概要
① 吸引ダクト設置	国道17号に吸引ダクトを設置し大気拡散する
② 緩衝地帯設置	国道17号沿道のビルを移転し緩衝地帯を設ける。
③ 換気施設設置	首都高速の橋脚に換気施設を設置し大気拡散する。
④ 交差点部セットバック	交差点4隅のビルを移転しスペースを設ける。
⑤ 中央分離帯からの排出	吸引ダクトから中央分離帯へ排出し大気拡散する。
⑥ 光触媒によるNOx除去	光触媒技術を利用する。
⑦ 土壌によるNOx除去	土壌等を用いた機械式システムを整備する。
⑧ 沿道環境整備	車低騒音舗装、沿道緑化、高架橋吸音板の設置など。



写真-2 光触媒実験状況 左/塗料(B社) 右/ブロック(D社)

(1) 光触媒によるNOx除去 (公募)

光触媒塗料および光触媒機能を付加させたブロック等のテストピースを用いた現地暴露実験である(写真-2)。参加企業は4社であり、テストピースの大きさは各社で異なるが、10~20cm程度であった。実験は各社の材料を同一条件下で一定期間暴露し、暴露期間内に除去したNOx量を測定することとした。実験場所は図-1に示す東京都板橋区泉町交差点近くの首都高高架橋下の中央分離帯内(幅11m×延長100m)である。

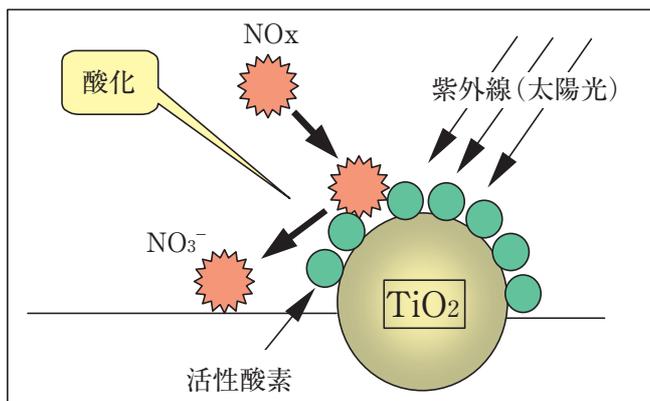
光触媒は二酸化チタンTiO₂と紫外線との化学反応によりNOxを硝酸イオンNO₃⁻に酸化させて除去するものであり、自然降雨や定期的な洗浄で除去能力が継続するという特徴を持つ。図-2に光触媒の除去機構を示す。

(2) 土壌等によるNOx除去 (公募)

土壌等を用いた機械式システムによるNOx除去実験で



図-1 公募実験位置図(泉町実験場)



図一 光触媒の除去機構



写真一 機械式システム実験状況 左/土壤(F社) 右/土壤(G社)

ある(写真一)。参加企業は4社であり、除去システムは光触媒、土壤、吸着吸収剤などを利用したものである。実験は各システムの入口および出口のNOx濃度を1年間連続測定し、NOx除去量としてまとめた。実験場所は光触媒のそれと同じである。

(3) 換気施設の設置(非公募)

換気施設は当該交差点直近の首都高ラーメン橋脚に2基ずつ合計4基を設置した(写真一)。実験は数種類の運転パターンを設定し、時間帯別および日別に運転・停止を繰り返すことにより、換気施設の運転パターンの違いによるNOx濃度の変化を測定した。



写真一 換気施設

2 実験結果および考察

(1) 光触媒による除去効果

テストピースにより除去されたNOx量を表一に示す。実験はテストピース48枚(12枚×4社)を一斉に設置し、

表一 1日あたりNOx除去量(光触媒)

[mg/m²・day]

	A社	B社	C社	D社
H10 夏季	4.4	21.5	2.9	9.0
H10 冬季	14.9	6.5	2.3	17.3
H11 夏季	15.0	9.9	1.6	20.3
最大除去量	15.0	21.5	2.9	20.3

一週間毎に12枚(3枚×4社)を4回に分けて回収した後、実験室にて洗浄し硝酸イオン量を測定した。表一の値は各測定期間の1日あたりの最大除去量をまとめたものである。1日あたりのNOx除去量は、各社で数値のばらつきが見られるが、2.9~21.5mg/m²・dayであった。今回の実験結果を用いて、大和町交差点付近で自動車から排出されるNOx量を1割程度除去するために必要な光触媒設置面積を試算すると、道路延長1kmあたり約0.4~2.8km²が必要になることが示された。

(2) 土壤等による除去効果

各システムの1日あたりのNOx除去量で整理した結果を表一に示す。除去量算出のための入口濃度は、各プラントの設置位置が異なるため処理する排気ガス濃度も若干異なるが、吸引濃度の違いによる除去率の変化は小さいことから、ここでは平均処理濃度が最大であったシステムの平均値を用いて評価した。今回の実験では、各システム間での除去能力の差が大きく、1日あたりのNOx除去量は0.7~31.5g/dayであった。また、土壤を用いたシステムの中には、比較的高い除去率を示した装置がみられた。今回の実験はNOx除去能力に着目して行われたが、この他にも安全性、耐久性、騒音・振動、維持管理の頻度などの要素についても検討する必要があると思われる。

(3) 換気施設によるNOx低減効果

大和町交差点周辺は、ストリートキャニオンを形成していることに加え、道路が3層構造となっていることから、NOxが路面上に滞留しやすい状況である。今回の換気施

表-4 NOx除去量(機械式システム)

企業	装置概要	処理風量 [m ³ /h]	入口濃度 [ppm]	除去率 [%]	1日の除去量 [g/day]
E 社 (光触媒)	二層式	72	0.378	67	0.8
F 社 (土壌)	乾燥土	1,832		44	14.0
	湿潤	2,596		9	4.1
G 社 (土壌)	一層式	2,160		84	31.5
	二層式	2,160		77	28.9
H 社 (吸着、吸収剤)	大型	9,468		9	14.8
	コンパクト	1,260		3	0.7

設は、滞留した大気を上空に拡散しようとするものである。運転パターンの違いによるNOx濃度改善効果を表-5に示す。表中の低減率は、換気施設運転時と停止時のNOx平均濃度から算出したものであり、換気施設真下0.5m、地上1.5m、自排局の3点で測定した平均値である。時間帯別計測結果と日別計測結果で差が認められるが、運転パターン1および運転パターン2で、NOx濃度は約10%低減することが示された。なお、実験後はパターン1による運転を1日16時間(6時~22時)行っている。

3 フィールド実験のまとめ

光触媒によるNOx除去性能については、紫外線照射量が少ない高架下の半閉鎖的空間においても一定の除去能力が示された。しかし、自動車からのNOx排出量の10%程度を除去するために必要な光触媒の設置面積は、今回の実験結果の範囲内では、道路1kmあたり最低でも0.4km²必要であることが明らかとなった。したがって、光触媒によるNOx除去は、補助的手段として用いるのが現実的であると思われる。現在、大和町交差点の国道17号沿道の約100m区間には、光触媒を塗布した新型吸音フェンスが設置されている(写真-5)。これについても、平成13年

表-5 換気運転によるNOx濃度の低減率

運転パターン ¹⁾		時間帯別 ²⁾ 低減率	日別 ³⁾ 低減率
1	4基↑	0.908	0.965
2	2基↑、2基↓	0.952	0.889
3	2基↓、2基停止	0.930	0.997
4	2基↑、1基↓、1基停止	0.944	1.023

- 1) ↑は上向き換気、↓は下向き換気を示す。
- 2) 9時~16時まで1時間毎に運転・停止を繰り返す。
- 3) 連続した2日間毎に運転・停止を繰り返す。
- 4) 換気施設実験は春夏秋冬の季節毎に年8回実施。

度から当センターにおいてNOx除去量の実験分析を行っている。

機械式システムを用いた除去装置は、土壌を用いた一部のプラントで比較的良好な除去能力が示されたが、今後、実用規模の大きさの装置でも同様な機能が発揮できることを検証する必要がある。なお、後述する土壌を用いた大気浄化実験施設は、この公募実験の結果を踏まえ、G社のシステムで整備されたものである。

換気施設による実験では、運転によりNOx濃度を10%程度減少させる効果が明らかとなったが、気象条件や交通量の違いにより大気中のNOx濃度は常に変化するため、数値シミュレーション等を用いて運転パターンの違いによる効果を把握する必要がある。なお、換気施設4基のうち2基は現在フィルターが追加され、SPMも除去できるように改造されている。



写真-5 吸音フェンス(光触媒塗布)

大気浄化実験の大規模化について

1 大気浄化実験施設の概要

公募実験の結果を受け、国土交通省、東京都、首都高速道路公団の3者は、土壌を用いたシステムを選定し、共同で大和町交差点の環状七号線陸橋下に大気浄化実験施設を整備した。

実験施設のシステム概念図を図-3に示す。本システムは、自動車排出ガスなどを送風機によって吸引する機械室、吸引ガスを均一的に土壌層に送るための通気層、および汚染物質を除去するための土壌層から構成される。なお、吸引ガスのうちNOxに含まれる一酸化窒素NOは、微量のオゾンO₃をシステム内で添加し、浄化しやすいNO₂に酸化して、土壌層に通気させるものとなっている。土壌層は上下二層構造とし、陸橋下の限られた設置スペースを有効に

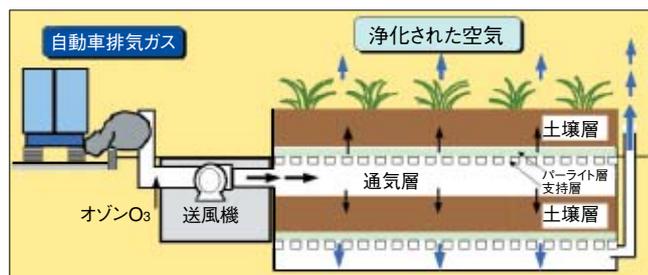


図-3 システム概念図

利用できるものとした。

実験施設の設置位置を図-4に示す。施設は国道17号を挟んで、環状七号線陸橋下の2ヶ所に設置した。吸気口は既往の分離帯を利用してそれぞれに設置した。写真-6に吸気口 (No.1施設) の設置状況を示す。今回設置した施設の土壌面積は合計で703m²であり、処理風量は1時間あたり10万m³の能力を有する。これは公募実験のその約50倍に相当する。本施設と同様のシステムは、すでに大阪府や川崎市などにも設置されているが、本施設の土

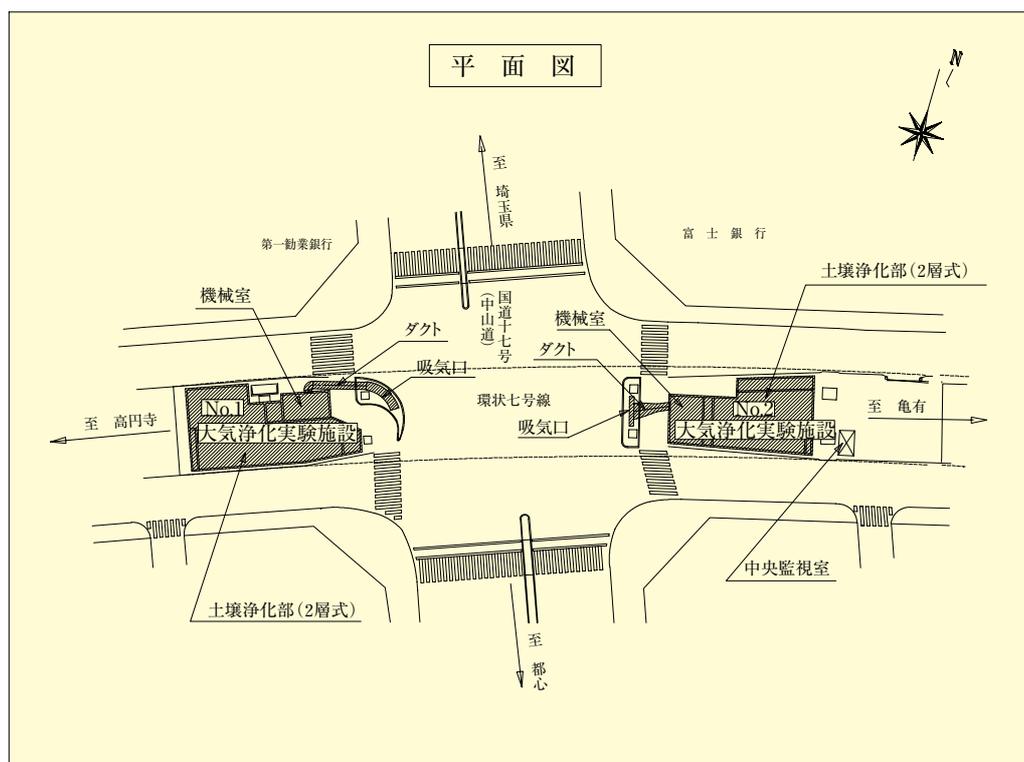


図-4 大気浄化実験施設 (設置位置図)



写真-6 吸気口 (No.1施設)



写真-7 実験施設 (No.1)



写真-8 実験施設 (No.2)

壤面積および処理風量は、これらの中でも最大規模となっている。写真-7および写真-8に完成した実験施設を示す。

2 土壌を用いた大気浄化のメカニズム

土壌を用いた大気浄化システムは、土壌が本来有している自然の浄化作用を利用して、自動車排出ガスなどによって汚染された空気から、NO_x、SPM等の大気汚染物質を除去するシステムである。

土壌による大気浄化メカニズムは、図-5に示すように、NO_xのうち、NO₂は土壌粒子表面への吸着や土壌水への溶解により捕捉され、化学反応により速やかに硝酸イオンNO₃⁻に変化する。硝酸イオンは土壌微生物や植物の栄養として摂取され、それらの脱窒作用によって窒素ガスとして大気中に放出されると考えられている¹⁾。しかし、その詳細に関しては未だ解明されていない部分が多い。

SPMは、土壌粒子表面への直接吸着により除去される。すなわち、土壌のフィルター効果により浄化されるメカニズムである。

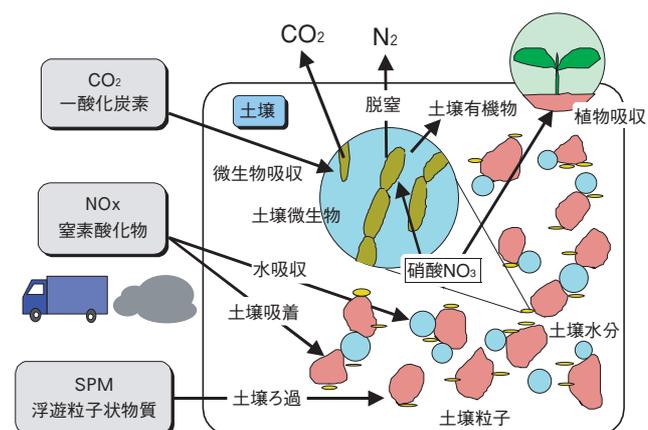


図-5 大気浄化メカニズム¹⁾

3 施設稼働状況

本施設は平成13年5月の完成から、約1ヶ月間の調整運転を経て、同年7月から1日20時間運転（6時～24時）を行っている。平成13年11月までの5ヶ月間のNO₂、NO_xおよびSPMの除去率を表-6に示す。ここに、除去率とは $\{(\text{入口濃度} - \text{出口濃度}) / \text{入口濃度}\} \times 100$ である。本格稼働から僅かであるが、現在までのところ、本施

表-6 施設稼働時の性能（除去率[%]）

	7月	8月	9月	10月	11月	平均
NO ₂	100	100	100	100	100	100
NO _x	88	90	92	92	88	90
SPM	88	88	88	91	92	89

- 1) 除去率はNo.1施設とNo.2施設の平均値である。
 2) 性能規定値: NO₂は90%以上、NO_xは70%以上、SPMは二酸化窒素(NO₂)と同程度。

設の除去率は性能規定値を満足している状況である。

4 今後の実験計画

本施設の汚染物質除去に関する基本性能は前記のとおりであるが、施設の運転による周辺大気の改善効果の把握が重要である。参考までに、大和町交差点を中心に100mを走行する3路線（国道17号、環状7号線、首都高速5号線）合計の自動車からのNO_x排出量と実験施設のNO_x除去量を各々試算し、それぞれを自動車台数に換算すると、実験施設の除去割合は1日の全走行台数約23万台のうち、約5%に相当する1.2万台と試算される。

今後、施設の除去能力、沿道の大気濃度に与える影響、長期の耐久性、維持管理を含めたコストなどについて、年間を通してフィールド実験を行い、データの蓄積行っていく予定である。

おわりに

大和町交差点における局地的環境対策として、これまでの各種フィールド実験結果、ならびに土壌を用いた大気浄化実験施設、換気施設、光触媒吸音フェンスなどの事例を紹介した。今後も委員会にて提言された対策案などの調査検討を行いながら、当センターとしても技術の蓄積に努めていきたい。

参考文献

- 金子和己：土壌を用いた大気浄化システム、土木学会誌、Vol.81、No.10、pp.14-17、1996
- 大石龍太郎、菅利夫、川端道雄：土壌を用いた環境対策について、交通工学、Vol.36、No.4、pp.14-17、2001