

II-4 総合考察

1. 土壌脱硝メカニズム

一連の調査研究の結果、図1・1に示したような土壌脱硝機構のモデルを考えた。

第1段階の反応は、窒素酸化物が土壌に吸収着する

反応である。NO₂の吸収着反応は、期間中すべての実験結果より土壌粒子への物理吸着が主体で、土壌微生物がこの吸収着反応を促進している。NOについてはオゾン酸化前処理の結果、NO₂として前述の吸収着反応となるが、NOそのものも物理的な吸収着反応がわずかながら存在する。しかし、夏期の除去能向上などからNOは土壌微生物の直接吸収が主体と考えられる。既存の研究例ではNOの吸収・発生に土壌微生物が関与していることが報告されているが、現状ではNOの微生物吸収能は完全に把握されていない。

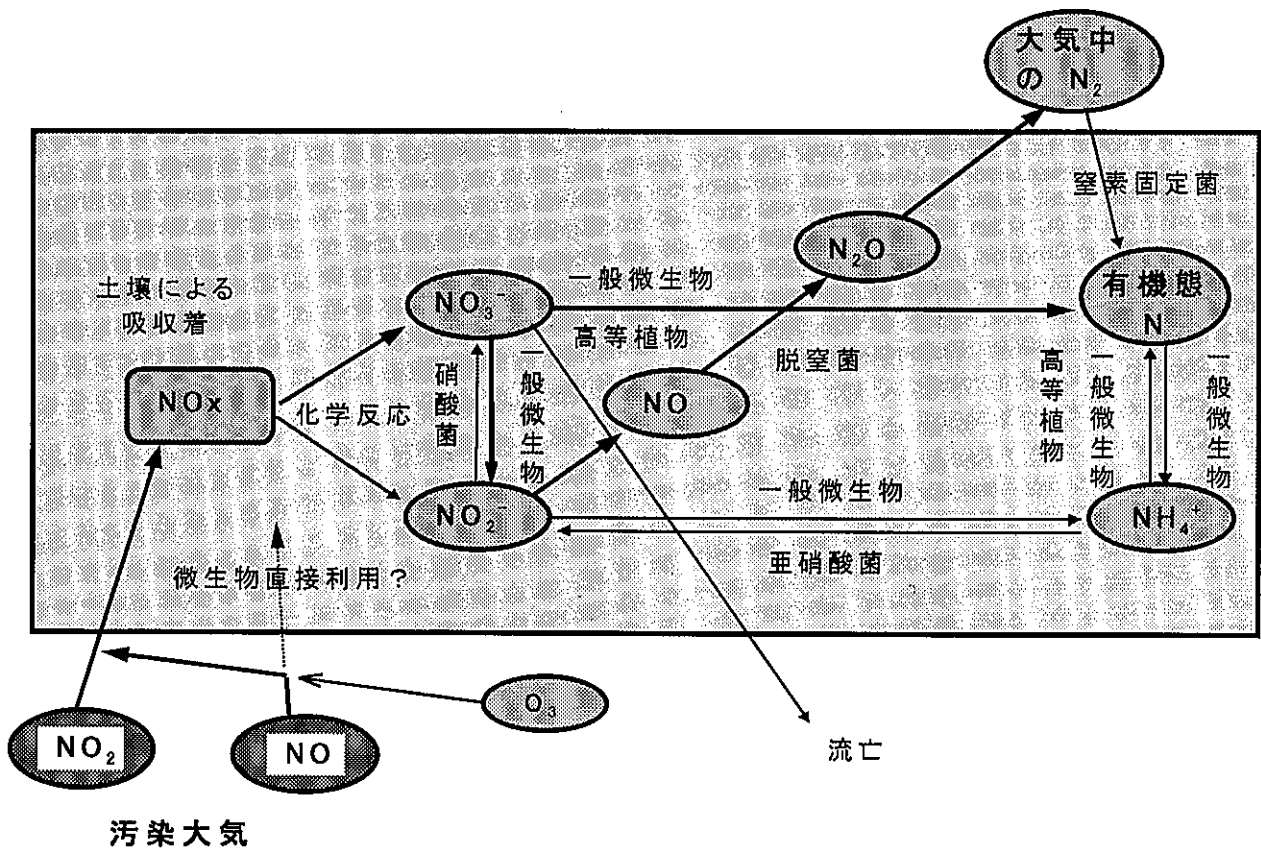


図1・1 土壌による脱硝機構のモデル

第2段階は、吸収された窒素酸化物が化学反応により、硝酸イオン (NO₃⁻) あるいは亜硝酸イオン (NO₂⁻) となり土壌微生物が利用しやすい状態になる。

第3段階は、畑土壌などで普遍的に行われている土壌微生物反応が体の窒素サイクルや、分子状窒素までの脱窒工程、さらに微生物菌体あるいは高等植物への移行までを含み、窒素固定されるか無害化して大気放出される。

このモデルでは土壌微生物が多くの反応に関与している。したがって、微生物反応が機能するための環境維持（土壌水分、土壌温度、窒素負荷等）がシステムの性能に影響するであろう。28ヶ月間の長期連続運転は、気象変化、窒素負荷変動等様々な条件変化にさらされた。しかし、窒素酸化物除去能力は十分維持されることが実証された。

2. 環境改善効果の試算

平成8年度の調査研究結果をもとに、モデルケースとして大阪府中央環状線の中央分離帯を対象地とし、幅10m、延長1000mの土地を土壌空気浄化システムとして利用した場合の環境負荷低減効果試算をおこなった。

試算条件を表2・1に示す。吸引NO_x濃度は、吸引部に障壁の設置を想定して年平均濃度より76%高く設定し0.5ppm、オゾン酸化前処理を実施することによりNO_x除去率を90%とした。

表2・1 窒素酸化物低減効果の試算条件

設定項目	設定値	備考
入口NO _x 濃度	0.5ppm	障壁を設置して吸引濃度 76%増
NO _x 除去率	90%	オゾン酸化前処理実施
処理風量	72m ³ /m ² ・h	通気線速度 20mm/sec.

表2・2 NO_x発生量の試算結果

	12時間交通量 (台)	24時間交通量 (台)	旅行速度 (km/h)	NO _x 発生量 (g/km/台)	NO _x 総発生量 (kg/day)
乗用車	23785	35678	40	0.26	9.44
バス	245	368	40	4.30	1.58
小型貨物	12642	18963	40	1.11	21.11
貨客車	11606	17409	40	0.52	9.10
普通貨物	13783	20675	40	3.37	69.77
特殊車	1040	1560	40	5.00	7.80
軽乗用車	666	999	40	0.28	0.28
軽貨物車	7334	11001	40	0.65	7.12
計	71101	106652	—	15.51	126.21

道路でのNO_x発生量については、大阪府の調査により得られた平成6年度車種別NO_x排出原単位と平成2年度交通センサスによる交通量調査結果を用い、表2・2のような計算をおこなった。

NO_x総発生量は、自動車の平均旅行速度を40km/

hと設定すると、1kmの道路から1日当たり126.21kg/日発生し、N量に換算すると38.41kg/日 (NO₂換算) となった。

次に、土壌を用いた大気浄化システムによる除去N量を試算条件より計算すると、4.86kg/日となり、負

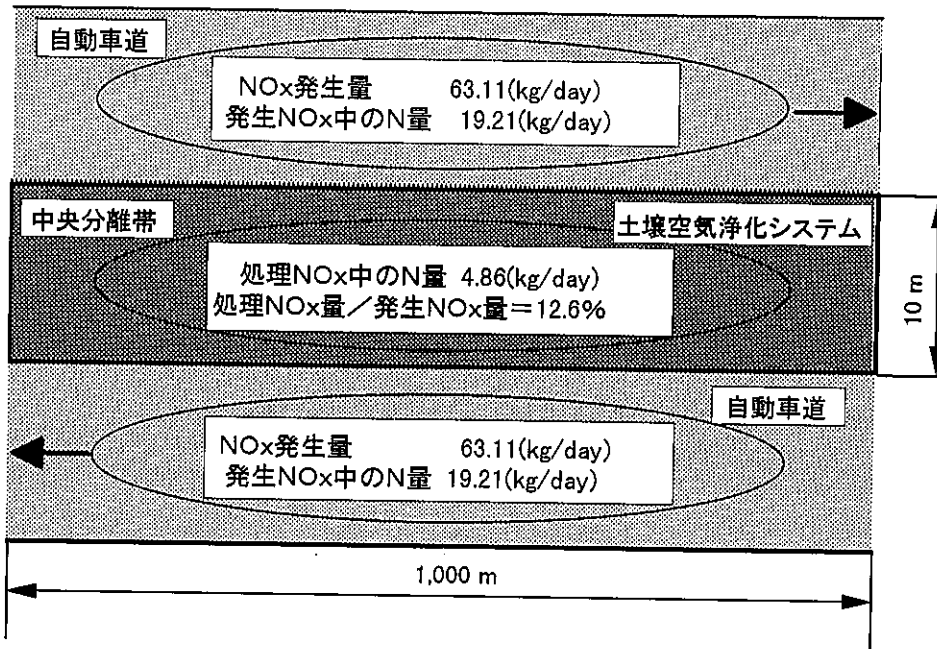


図 2・1 窒素酸化物低減効果試算

荷低減効果は12.6%と推計された (図 2・1)。

3. 経済性等の評価

土壌による大気浄化システムの経済性を評価する目的で以下の検討を行った。施設の建設費や運転管理費については、既存の低濃度脱硝装置の試算例と比較した (表 3・1)。

比較対象になった低濃度脱硝装置は開発途上にあるが、表より本システムは運転管理費で沿道は 1/2 程度、トンネル排ガス処理においては 1/4 以下と推定される。

また、建設費 (用地取得費を除く) についても沿道で 26%、トンネル排ガスにおいては土壌脱硝に必要な追加分の建設費で試算すると、40%程度安価になるものと推計される。

■土壌脱硝 (沿道) の試算諸元 運転管理費試算例

電気代：時間当たり (140+1,044) × 17円
= 20,128円

水道代：一日 5 mm の散水を想定
時間当たり 4 × 300円
= 1,200円

施設管理費：水道代程度に設定
1,200円
m³当たりの管理費は、22,528円 / 1,500,000
≒ 0.016円 / m³

m³当たりの建設費は、40.0億円 / 1,500,000
≒ 2,700円 / m³

時間当たりの NOx 除去量は
0.0000005 × 1,500,000 × 0.8 × 46 / 22.4 ℓ
= 1.232kg

(NOx 濃度：0.5ppm, 除去率：80%)

NOx 除去量当たりの経費は
22,528円 / 1.232kg = 18,285円 / kg
≒ 18,300円 / kg

*低濃度脱硝による経費の試算例

(吸引ブローアの管理費は含まない)

1,500,000m³ × 0.038円 / 1.232kg = 46,266円 / kg
(処理風量) ≒ 46,300円 / kg

表3-1 土壌による大気浄化システムの経済性評価例

条件	処理装置				参考 (固定発生源処理装置)
	土壌脱硝 (沿道)	土壌脱硝 (トンネル)	低濃度脱硝 ¹⁾ (沿道)	低濃度脱硝 (トンネル)	
NO _x 濃度	0.5 ppm	3 ppm	0.5 ppm	3 ppm	100 ppm
除去率	80 %				70 %
処理ガス量	150万 m ³ /h				5.2万 m ³ /h
建設費	40 億円	32.8 億円	54 億円		2 億円
ガス量当たりの建設費	2,700 円/m ³ /h (植栽等を含む)	2,200 円/m ³ /h (植栽等を含む)	3,600 円/m ³ /h		3,900 円/m ³ /h
運転費	0.016 円/m ³	0.009 円/m ³		0.038 円/m ³	0.096 円/m ³
除去NO _x 当たりの運転費	18,300 円/kg	1,900 円/kg	(46,300 円/kg)	7,800 円/kg	700 円/kg
備考	・一酸化炭素、浮遊粒子状物質の処理も可能 ・トンネルは換気施設の運転費は含まない ・沿道への適用規模に関しては、交通量、周辺大気汚染状況等に応じた検討が必要である		・一酸化炭素は除去できない ()は推計金額 ・排ガス吸引用ブローアの運転費は含まない		・ガスタービンでの試算例 ・アンモニア脱硝を想定 ・既存資料を基に大阪府で試算したもの

注) 1)低濃度脱硝は、「低濃度脱硝技術実用化調査報告書」:東京都低濃度脱硝技術評価委員会(平成6年)より引用。

2)電気代は17円/kWh、水道代は300円/m³として推計。

■土壌脱硝(トンネル)の計算諸元

- 沿道の送風給排水設備を除くものとして設定、新たに土壌脱硝として必要な送風機の能力アップ分を5割として想定、電気設備工事費も半額として設定。

運転管理費試算例

電気代：時間当たり(140+522)×17円
=11,254円

水道代：一日 5mmの散水を想定
時間当たり 4×300円
=1,200円

施設管理費：水道代程度に設定
1,200円

m³当たりの管理費は、13,654円/1,500,000
≒0.009円/m³

m³当たりの建設費は、32.8億円/1,500,000

≒2,200円/m³

時間当たりのNO_x除去量は

0.000003×1,500,000×0.8×46/22.4ℓ

=7.393kg

(NO_x濃度：3ppm, 除去率：80%)

NO_x除去量当たりの経費は

13,654円/7.393kg = 1,846円/kg

≒1,900円/kg

*低濃度脱硝による経費の試算例

1,500,000m³×0.038円/7.393kg=7,710円/kg

(処理風量)

≒7,800円/kg

Ⅱ-5 まとめと今後の課題

1. 研究成果

- ①黒ボク土およびマサ土に腐葉土・パーライトといった一般造園材料を混合した土壌を用い、自動車排出ガスで汚染された大気の浄化が可能であった。
- ②通気した全ブロックでNO₂除去率は90%程度を維持した。黒ボク土ブロックにおけるNO除去能は夏期に向上し、冬期に低下する季節変動が確認された。夏期の除去能向上は年次経過とともに顕著になった。しかし、マサ土ブロックではこのようなNO除去能向上は確認されなかった。
- ③オゾン酸化前処理の実施で、NO除去能は季節に関わりなく安定した高除去率（90%）を維持することが可能となった。また、添加したオゾンは、土壌下層部において完全に分解されており、土壌表面からの漏出等はなくシステムの安全性を確認した。
- ④土壌の面的な均一性は変動係数7～20%の範囲で良好と判断する。
- ⑤その他大気汚染物質の除去性能はSO₂、SPM、COが94%以上、悪臭物質で94%以上、炭化水素類ではTHCが21%、ベンゼン・トルエンが98%、キシレンが70%以上を得た。有機塩素化合物についてはほとんど除去能が認められなかった。
- ⑥汚染大気を通気することで植栽が影響されることはなかった。むしろ通気ブロックではクローバーが旺盛に繁茂した。
- ⑦28ヶ月の長期連続運転の結果、土壌中に蓄積される重金属類は極めて微量であることが判明し、二次汚染の可能性が少ないことを確認した。

- ⑧28ヶ月の長期連続運転の結果、システムの機械部その他に重大なトラブルは発生しなかった。解体時の調査においても各機器の性能等は良好であった。

2. システムの実用性評価

- ①本システムは汚染大気をファンで土壌層に通気するため機械設備に複雑なシステムはなく、構造も簡単である。メンテナンスも比較的容易で、特殊技術は不要と判断する。
- ②本システムを、日交通量11万台の平面道路の中央分離帯に道路に沿って10m幅で設置したとすると、自動車から排出されるNO_x総量の約13%が浄化できると試算された。
- ③運転コストとしては、沿道排ガスを吸引するブローワー等の電気代と水道代程度であり、別途開発中の低濃度脱硝プラントの運転経費と比較して1/4以下に低廉化できるものと推計される。

3. 環境保全対策に対する有効性等評価

- ①これまでの調査結果から本システムでは、ハロカーボンやメタンガス等の大気汚染物質は浄化できないが、SPMやベンゼン、トルエン等の有機物質は同時除去が可能で、これまでに開発されている大気浄

化装置と比較しても卓越した性能が得られている。

- ②一定面積の土地を必要とするが、構造が単純で複雑な装置を必要としないことから、緑地と一体化した施工により、工事費の節減が可能であり、運転経費も電気代程度と安価である。

局地的な高濃度汚染地域における汚染物質の直接浄化手法の開発は緊要の課題となっているが、以上のような結果から、本システムでは、既存の緑地を利用し有効活用することにより、汚染物質を直接浄化することが可能である。本システムは、局地的な高濃度汚染対策等の必要な大都市地域における沿道環境改善において、極めて有効な手法であり、環境保全対策における貢献度は非常に大きいものと考えられる。

なお、蓋掛構造の道路等においては、覆蓋部分を本浄化システムの緑地として使用することにより、換気ガスのほぼ全量が処理できるので、効果、適用可能性等の面で一層有利と考えられる。

4. 今後の課題

①実用化試験の実施と普及方策の検討

本調査で使用した施設は、15および50m²と小規模なパイロットプラントであり、沿道環境の改善効果が見込める実用規模での調査が必要である。

また、本システムはトンネル排ガス程度のNO_x処理にも有効であると考えられるが、実用規模での調査による確認が必要である。

②土壌による汚染物質浄化メカニズムの解明

NO_x等の除去メカニズムは、本調査研究や既存研究例などで一部が明らかになったが、NOの微生物吸収など未解明の部分を残している。

③処理能力の向上

窒素酸化物の除去率は90%以上となり、目標値に達したと判断する。したがって、処理能力向上は単位数地面積当たりの処理風量増大と効果的な汚染大気の吸引方法が課題となる。

④様々な道路形態に対するケーススタディ

交差点、掘割道路、多重構造道路等に対し、本システムの有効な適用方法を検討する。

