

土壌通気方式による大気浄化における窒素収支と排水濃度変化の予測

大成建設 正会員 ○増岡 健太郎・小柳 聡
 大成建設 正会員 下村 雅則・伊藤 雅子
 大成建設 正会員 樋口 雄一

1. はじめに

自動車からの排出ガスによる大気汚染問題に対し、大気汚染防止法、自動車 NO_x・PM 法に基づいた発生源対策や車種規制などの対策が施されているが、自動車排出ガス測定局（自排局）のうち環境基準の達成率は、NO₂は 83.5%、SPM は 34.3%に留まっている¹⁾。幹線道路沿道の大規模交差点など交通量が多い場所では、NO₂濃度が局地的に高くなるため、汚染大気に対する浄化技術の開発も必要である。

自動車排気ガスによる汚染大気の浄化技術として、(1) 電気集塵機と脱硝装置を組合せた方式、(2) 酸化チタン等を用いた光触媒方式、(3) 土壌通気方式などが挙げられるが、本研究ではほぼメンテナンスフリーである点に特長をもつ土壌通気方式を対象としている。

土壌通気方式では、間隙水中に二酸化窒素 (NO₂) を溶解させることが基本原理であるため、土壌を湿潤状態に保つために水の供給が不可欠であり、給水の結果排出される水には必然的に硝酸イオンを含む。本報告では、排水中の硝酸イオン濃度の予測手法を提案し、現地実験で得られた排水中の硝酸イオン濃度と比較することで予測法の妥当性を検証した。さらに、この予測法を利用した微生物分解槽の設計例を示した。なお、現地実験は、「大規模交差点における NO_x, SPM 除去設備実験（東京都建設局）」を通じて実施したものである。

2. 実験装置

浄化実験は、図 1 に示すような土壌槽（断面積 1m²）を中心とした浄化システムを用いて行った（ただし、今回の実験では水は循環させていない）。土壌槽の前段で酸化材槽に通気させ NO を NO₂ に酸化することによって NO_x の除去性能を向上させる。また、土壌槽の上部には給水装置を設置し、土壌が常に一定の範囲内の含水状態を保持できるように、1日に1回、30～80Lの水を1時間かけて土壌層に給水する。土壌層を通過した水は下部より排水されるが、この排水を微生物分解槽に送り込むことによって硝酸イオン濃度 NO₃⁻ を低下させる。このようにして浄化された水は給水用に用いることができるため、経済性を考慮すると、水を循環利用することにより給水量を減らす方法が好ましい。

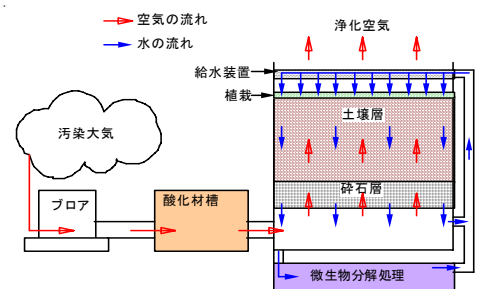


図 1 浄化装置説明図

3. 排水中の硝酸イオン濃度の予測

3.1. 予測方法

本システムにおける1日のサイクルを図2のフロー図に示す。装置は24時間連続稼働であるが、給水中の1時間はフロアを停止する。ここで、給水開始直前を起点とし、土壌層部の硝酸イオンに着目した物質収支を考える。土壌の間隙水中には硝酸イオンが存在しているが(図2中の①)、これは給水(②)により希釈され、一部は排水され(④)、残りは間隙水中に保持される。給水後、土壌層への通気が始まると、汚染大気中の NO₂ が溶解し (③)、また送気によって間隙水が蒸発するため間隙水中の硝酸濃度が最も高くなる。このシナリオに基づいて、土壌層に流入する NO₃⁻量は、②「給水に使用する水の NO₃⁻量」および③「間隙水中に溶け込む NO₂量」であり、土壌層から流出する NO₃⁻量は、④「排水中の NO₃⁻量」

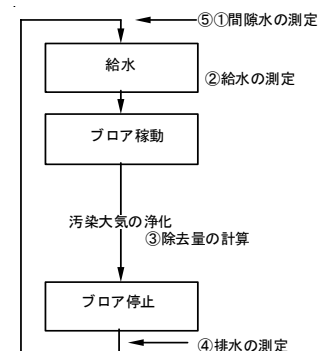


図 2 浄化サイクル

キーワード 窒素酸化物、土壌通気方式、硝酸イオン

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社技術センター土木技術研究所地盤・岩盤研究室 TEL045-814-7217

と考えて、硝酸イオン濃度の予測モデルを作成した。

表 1 実測値及び計算値

3.2. 現地実験結果との照合

現地実験において大気、土壌間隙水、給水、排水を採取し、二酸化窒素濃度および硝酸イオン濃度を分析した結果を表 1 に示す。表中の計測点①～⑤は、それぞれ図 2 のフロー図中の丸数字に対応する。

次に、給水量、濃度、処理風量、除去率、間隙水量、排水量に実測値を用いて、3.1 節で示したモデルで間隙水濃度と排水濃度の経時変化を予測した。定常時の予測結果を表 1 に併記した。表 1 より、実測値と予測値の間隙水濃度と排水濃度はほぼ一致していることから、予測モデルは妥当だと考えられ、さらに今回の実験結果が定常状態を表していることがわかる。以上より、本浄化システムにおける硝酸イオン濃度の予測が今回作成したモデルにより可能であることを確認した。

3.3. 排水中硝酸イオン濃度の経時変化の予測

上述した予測方法を用いて、排水中に含まれる硝酸イオン濃度の経時変化を予測し、実験結果と比較した。実験条件および計算条件を表 2 に示す。硝酸イオン濃度は、図 3 に示すように、時間経過とともに一定濃度に漸近していく。また計算値と実測値は比較的良好に一致している。

4. 微生物分解槽の設計例

本浄化システムにおいて、排水の一部を給水に循環利用することを考える。この場合、循環利用されない水は微生物分解槽に送られ、浄化される。排水量に対する循環利用の比率を高めると、給水量を減らすことができるので経済的になるが、排水中の硝酸イオン濃度が高まるという副作用が生じる。微生物分解槽により処理可能な硝酸イオン濃度には限界があるため、循環利用率は一定以下に抑える必要がある。図 4 は、硝酸イオン濃度の予測計算法を用いて、循環利用率と硝酸イオンの平衡濃度の関係を示したグラフである。処理風量は $300\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ 、給水量は $100\text{L}/\text{d}$ と仮定し、循環水だけでは不足する給水は水道水を利用すると考えた。図より、排水の循環利用率が 60% を超えると排水中の硝酸イオンの平衡濃度が $10\text{mg}/\text{L}$ を超えることが分かる。

一例として、循環利用率を 50% とすることを想定する。このとき、循環水の硝酸イオン濃度は図 4 より $8.1\text{mg}/\text{L}$ である。微生物分解により硝酸イオン濃度を水道水程度まで浄化するために必要な滞留時間を 24 時間、また分解槽の間隙率を 0.4 と仮定すると分解槽の断面積は 0.125m^2 程度と比較的コンパクトになることが分かる。

5. まとめ

自動車排ガスによる汚染大気の浄化システムにおける排水中の硝酸イオン濃度の変化の予測方法を示し、実験結果を照合することによりその妥当性を検証した。また、土壌層からの排水の一部を給水に循環利用することで給水量を減らすことが可能であり、また排水中の硝酸イオンは比較的コンパクトな微生物分解槽により除去可能である。

参考文献

1) 平成 16 年版環境白書 環境省編 pp. 66-69, 2004.

| 計測点 | 項目 | 単位 | 実測値 | 予測結果 |
|-----|------------------------------|-------------------|--------------------|------|
| ① | 濃度 | mg/L | 4.1 | 3.9 |
| | 間隙水量 | L | 195 | — |
| | NO ₃ ⁻ | mg | 800 | 761 |
| ② | 濃度 | mg/L | 2.2 | — |
| | 給水量 | L | 58 | — |
| | NO ₃ ⁻ | mg | 128 | — |
| ③ | 入口平均濃度 | ppm | 0.056 | — |
| | 平均除去率 | % | 100 | — |
| | 平均処理風量 | m ³ /h | 1.10 | — |
| | 土槽通気量 | L | 1.98×10^6 | — |
| | NO ₃ ⁻ | mg | 69 | — |
| ④ | 濃度 | mg/L | 2.8 | 3.5 |
| | 排水量 | L | 56 | — |
| | NO ₃ ⁻ | mg | 157 | 197 |
| ⑤ | 濃度 | mg/L | 4.1 | 3.9 |
| | 間隙水量 | L | 195 | — |
| | NO ₃ ⁻ | mg | 800 | 761 |

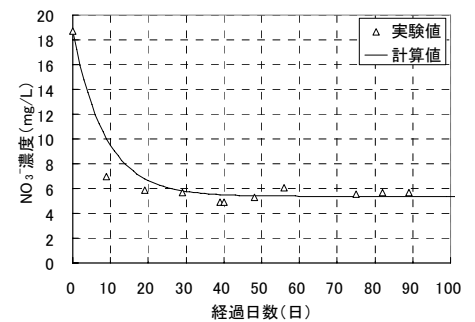


図 3 実験値と計算値の比較(排水)

表 2 計算および実験条件

| 項目 | 実験値 | 計算条件 |
|---|----------|------|
| 処理風量(m ³ /h/m ²) | 200 | 200 |
| 給水量(L) | 50~80 | 50 |
| 蒸発量(L) | 5~10 | 10 |
| 体積含水率(%) | 38~42 | 40 |
| 入口NO ₂ 濃度(ppm) | 0.01~0.1 | 0.04 |
| 浄化率(%) | 99~100 | 100 |
| 給水に用いる水の硝酸濃度(mg/L) | 1.7~2.5 | 2.0 |
| 土壌層体積(m ³) | 800 | 800 |

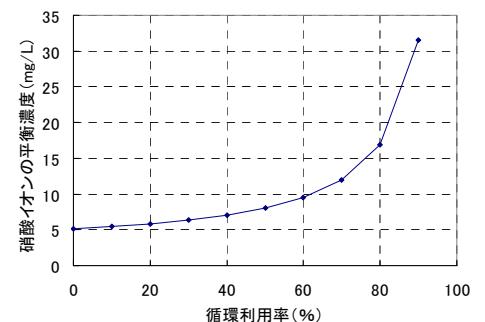


図 4 循環利用率と NO₃⁻濃度の関係