

道路トンネルにおける低濃度脱硝設備の処理ガス性状と加湿性能

西松建設(株) 正会員 ○内場弘毅 正会員 伊藤忠彦
首都高速道路(株) 齊藤博之 坂口泰祐

1. 目的

本論文は、トンネル内空気から浮遊粒子状物質 SPM と二酸化窒素 NO₂ を除去する低濃度脱硝設備のうち、脱硝装置の加湿性能について、供用後の山手トンネルの観測データを中心に、その特長と改良内容を述べたものである。図-1 に換気所内模式図と脱硝装置を示す。

本脱硝装置は NO₂ 除去性能を安定的に維持するために、脱硝剤を適切な含水率に保持する必要がある、その含水率は脱硝装置に流入するトンネル内空気の温湿度に左右される。具体的には、電気集塵機入口でのトンネル内空気（以下、処理ガス）の相対湿度が 50%RH 未満のときは、脱硝装置上流側の加湿装置で処理ガスを 50%RH 以上に加湿し、脱硝剤の含水率を保持する。今回、山手トンネル全線供用に伴う処理ガス性状の変化と加湿性能の関係等を整理する機会を得たので、以下に報告する。

2. 加湿性能の従来仕様

本脱硝装置の加湿性能は、京浜島の実ガス実験¹⁾をベースに決定されており、その加湿水量（以下、W₀）は処理風量あたり 1.8g/m³ で必要十分であることが示されている。図-2 に実ガス実験及び山手トンネル新宿区間供用直後の一年間で観測された A 換気所の温湿度と、処理ガスを 50%RH に加湿できる限界ラインの関係を示す。限界ラインより右側の範囲の処理ガスは、W₀=1.8g/m³ で好適に 50%RH 以上に加湿できることを意味している。観測データ（京浜島、A 換気所の処理ガス）は限界ラインより右側の範囲であり、加湿性能に問題なかったことがわかる。以下、W₀=1.8g/m³ の限界ラインを従来ラインと呼ぶ。

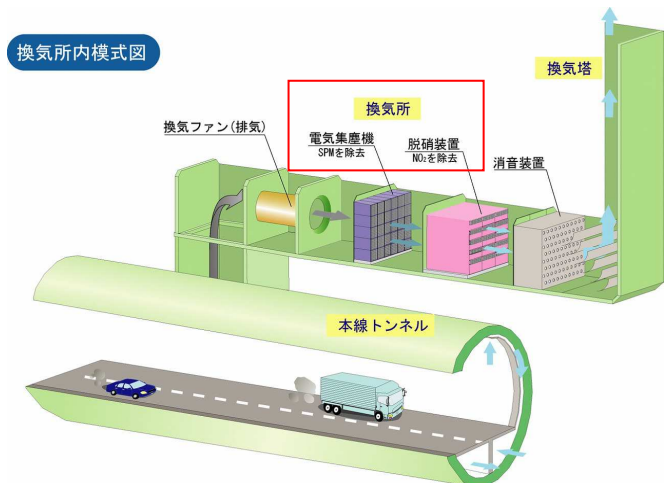


図-1 換気所と低濃度脱硝設備 (赤枠内)

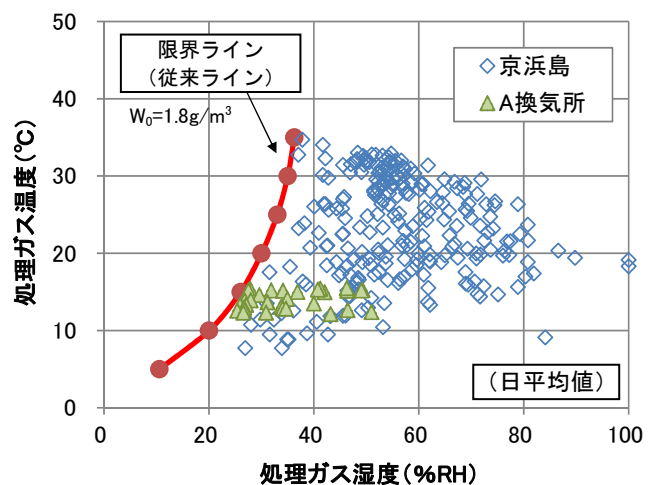


図-2 処理ガス性状と限界ライン

3. 処理ガス性状の変化と加湿性能の改良

山手トンネルは 2010 年 3 月に新宿区間(約 10km)が、2015 年 3 月には品川区間(約 8km)が供用され、総延長約 18km となった。品川区間の開通により処理ガスの性状に様々な変化が見られ、トンネル内空気の温湿度については、品川区間供用前に比べ、供用後は高温で低湿度の傾向になっていることがわかった。図-3 に品川区間供用後の処理ガスの観測データ 8~10 月(品川区間 C 換気所)を示す。C 換気所では、温度は 30~34°C で比較的变化が少ない一方で、湿度は 20~80%RH で大きく変化することが示された。特に、従来ラインを左側へ超過するデータが 3 ヶ月間で約 15% あり、加湿性能に余裕が無い場合が一定確率で存在す

キーワード 道路トンネル, 換気所, 大気浄化, 低濃度脱硝, 二酸化窒素, 加湿

連絡先〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-1-18 西松建設(株)関東土木支社首都高横浜換気(出) TEL 03-3502-7558

ることがわかった。C 換気所では、加湿性能に余裕が無い時に短時間では NO₂ 除去性能が不安定になる挙動が見られたことから、加湿性能の改良が必要と考えられた。

そこで、観測データが得られていた品川区間供用前2年間の新宿区間 B 換気所における処理ガス性状を調査した。そこから得られた各月の最低湿度データを図-3に合わせて示す。以上の観測結果を満足する限界ライン(以下、改良①ライン)を新たに求めると、 $W_0=4.7\text{g/m}^3$ になった。加えて、B 換気所の処理ガス性状を1時間値で精査すると、改良①ラインをさらに超過するデータも存在することがわかった。

加湿性能の改良にあたり、将来的な交通量変動やトンネル内温度予測を踏まえたトンネル内環境を $40^\circ\text{C}, 10\%\text{RH}$ と設定し、また加湿レベルを従来の $50\%\text{RH}$ から $55\%\text{RH}$ に上げて余裕を持たせた結果、 $W_0=7.1\text{g/m}^3$ を最終的な限界ライン(以下、改良②ライン)に定めた。改良②ラインは図-3に示すように、現状の観測データに対して十分安全側の設定になっていると考えられる。

図-4 に加湿性能の従来仕様と改良仕様の違いを湿り空気線図上で整理した結果を示す。湿り空気線図上では、加湿水量は縦軸の絶対湿度差で表される。ただし、理想気体での断熱変化を想定している。

4. 加湿性能シミュレーション

実際の低濃度脱硝設備では、加湿性能は加湿ノズルと脱硝装置の位置関係、風路の形状、噴霧水量と蒸発効率等が影響する。ここでは、上記で設定した加湿水量が実機の配置上で問題ないか、3次元解析モデルを用いた気流解析を実施した。ここに、input 条件である処理ガスの性状は $40^\circ\text{C}, 10\%\text{RH}$ 、風量は当該風路の定格風量とし、output は脱硝装置出口での温湿度を解析的に求めた。図-5 に解析結果を示す。解析値は理論値とよく一致することが確認できた。

5. まとめ

山手トンネル全線供用に伴う処理ガス温湿度の変化とそれに伴う加湿性能の改良について、実際の観測データをもとに加湿水量の見直しを行い、数値解析により効果の検証を行った。その結果、現状の処理ガス性状に対して、加湿性能は十分に余裕がある設備に改良できたと考えられる。

参考文献

1) 森田, 伊藤: 我が国初の道路トンネル低濃度脱硝設備の設置—首都高新宿線換気所大気浄化システム—, 建設の施工企画, No.665, pp.22-26, 2005.7

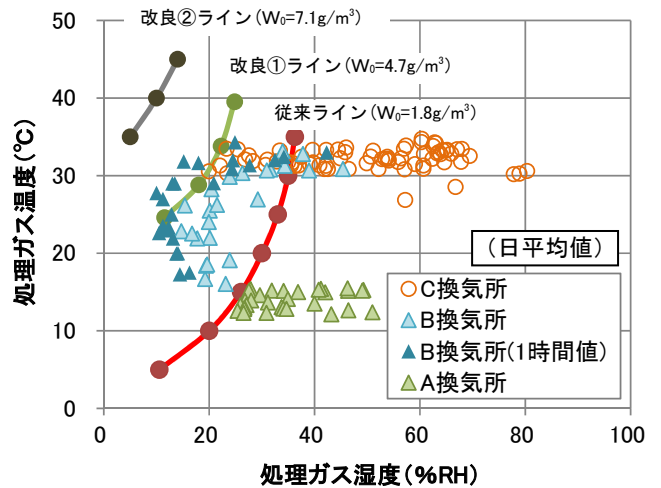


図-3 処理ガスの性状と限界ラインの関係

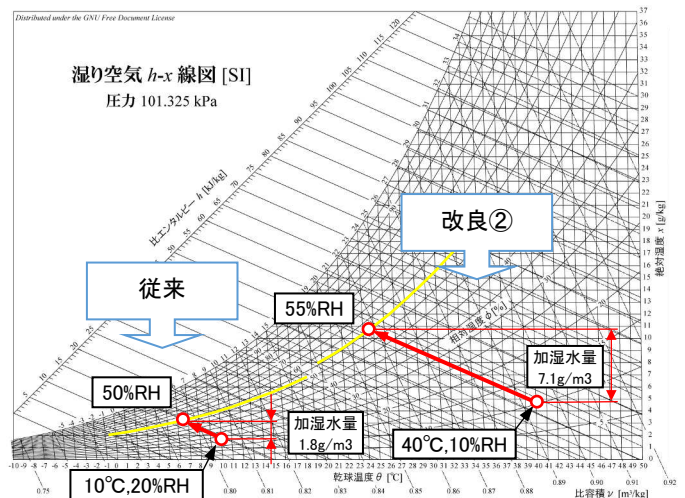


図-4 加湿性能の比較

	input	output
理論値	$40^\circ\text{C}, 10\%\text{RH}$	$24.7^\circ\text{C}, 55.0\%\text{RH}$
解析値		$24.9^\circ\text{C}, 55.4\%\text{RH}$

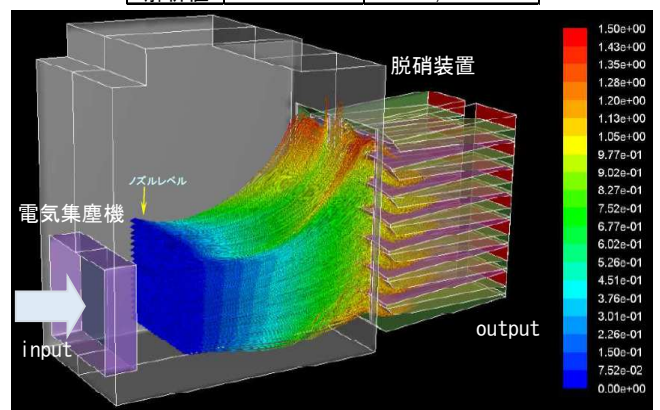


図-5 解析結果 (色は粒子の滞留時間 sec)