

中央環状新宿線への低濃度脱硝設備の導入

The low density Nitrogen oxide removal equipment introduced to Central circular Shinjuku Route of Metropolitan Expressway

田中 勉*	村上 薫*
Tsutomu Tanaka	Kaoru Murakami
森田 侃志*	児玉 英明*
Chikashi Morita	Hideaki Kodama

要 約

首都高速中央環状新宿線は、環状6号線（山手通り）の板橋区熊野町から目黒区青葉台までを結ぶ約11kmの自動車専用トンネルであり、この区間に9箇所の換気所が設置され、国内最大級の低濃度脱硝設備が導入された。

今回の工事は、北側の4換気所（要町換気所、中落合換気所、上落合換気所、東中野換気所）と南側の5換気所（本町換気所、西新宿換気所、代々木換気所、神山町換気所、大橋換気所）の2工区に分けて発注され、性能発注、総合評価方式を採用した一般競争入札により業者決定が行われた。

本工事は、このうち南側の5換気所に低濃度脱硝設備を設置する工事で、平成19年12月に本町換気所が供用を迎えたので、施工概要と共に工事における工夫点等を報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要および低濃度脱硝設備概要
- § 3. 低濃度脱硝設備のシステム概要および構成
- § 4. 性能試験結果
- § 5. 設置工事での創意工夫
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

近年の自動車排ガス対策は、自動車単体対策を基本にしつつ、低公害車の普及や道路ネットワークの整備、交差点立体化等の諸施策が総合的に実施されている。しかしながら、環境基準対象物質のうち、特にNO₂とSPMについては、首都高速中央環状新宿線が供用する平成19年度において、環境基準の達成が依然として厳しい状況であると予測されていた。

中央環状新宿線山手トンネル内で排出されたガスは、換気塔より上空高く拡散することで、排出されるNO₂は環境基準より極めて小さいものとなり、沿道に与える影響はほとんどない状況である。しかしながら、大都市圏では換気塔周辺の高層建築物や換気塔自身による風の乱れ等により、複雑な拡散状況が生じる場合があり、道路トンネル換気所周辺において、NO₂濃度の高い状況が発現する可能性がある。そのため、今回の低濃度脱硝設備は、新宿線供用時点において、環境基準の達成が厳しい

地域において、環境負荷を軽減する局所対策の一つとして設置を計画したものである。

§ 2. 工事概要および低濃度脱硝設備概要

2-1 工事概要

工事件名：本町他4換気所トンネル換気付帯設備工事
発注者：首都高速道路株式会社

工事場所：東京都渋谷区本町三丁目地先他4箇所

工期：平成16年11月9日～平成22年3月31日

施工者：西松建設・富士電機システムズ特定建設工事共同企業体

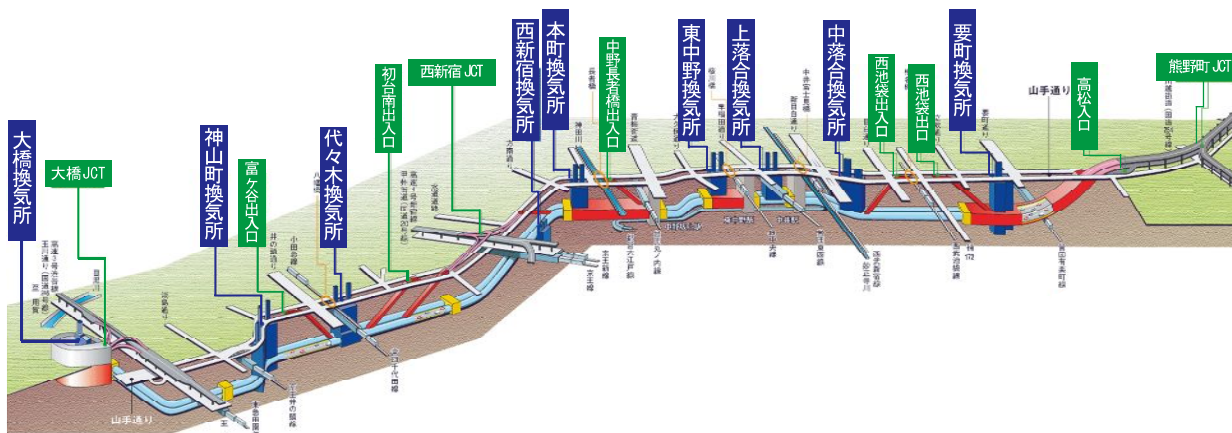
工事内容：システムおよび機器設計、電気集塵機製作・据付工事一式、脱硝装置製作・据付工事一式、計測機器製作・据付工事一式、その他付属設備製作・据付工事一式

表一1に各換気所の処理風量を、図一1に中央環状新宿線の全体概要を示す。

表一1 各換気所の処理風量

換気所名	場 所	処理風量 (m ³ /s)
本町換気所	渋谷区本町3丁目地先	309
西新宿換気所	新宿区西新宿3丁目	240
代々木換気所	渋谷区元代々木町地先	208
神山町換気所	渋谷区松濤1丁目地先	312
大橋換気所	目黒区大橋1丁目	768
合 計		1,837

*関東支店 首都高大大気浄化（出）



図一1 中央環状新宿線の全体概要

2-2 低濃度脱硝設備概要

中央環状新宿線に設置を計画した低濃度脱硝設備の主な設計基本条件を表一2に示す。ここに、換気ガスとはトンネル内空気を意味し、これらのインプット条件に対して、設備が所定の除去性能を満足するものとした。なお、除去対象物質はNO₂とSPMであり、これら二つの対象物質については、具体的な除去目標を除去率の数値として機器仕様で定めた。表一3に主な機器仕様を示す。安全性に関しては、危険な事象の発生確率をET分析により算出し、その発生確率を通常時は10⁻⁶/(年・基)以下、非常時は10⁻⁴/(年・基)以下とした。また、化学反応に係る危険性や排出物の性状等は5,000時間以上のトンネル実ガス実験により、その安全性を確認した⁶⁾。

表一2 主な設計基本条件

1. 処理風量	表一1 参照	
2. 換気ガス性状	1) 温度	20℃ (0~40℃)
	2) 湿度	60% (10~100%)
	3) NO ₂ 濃度	0.1 ppm (0.05~1.5 ppm)
	4) NOx 濃度	1.0 ppm (0.5~5.0 ppm)
	5) PM 濃度	0.3 mg/m ³ (0~3.0 mg/m ³)
	6) SPM 濃度	0.2 mg/m ³ (0~2.0 mg/m ³)
	7) SO ₂ 濃度	0.05 ppm (0~0.3 ppm)
	8) HC 濃度	5 ppm (0~15 ppm)
	9) CO 濃度	5 ppm (0~15 ppm)
3. 運転モード	1日平均14時間運転(5,110時間/年) さらに、24時間運転(1回あたり1週間)も可能であること	
4. 設備の構成 ^{※)}	<ul style="list-style-type: none"> 除去対象物質の除去装置 再生装置 副生成物等の処理装置 運転に要する付帯装置 運転制御、データ記録装置等 その他資材の貯蔵装置 	

※) 現地再生タイプの場合

表一3 主な機器仕様

1. 除去目標	1) NO ₂ 除去率	1日平均値 90%以上
	2) SPM 除去率	1日平均値 80%以上
2. 排出ガスの性状	1) NO 濃度	設備出口 ≤ 設備入口
	2) SO ₂ 濃度	設備出口 ≤ 設備入口
	3) HC 濃度	設備出口 ≤ 設備入口
	4) CO 濃度	設備出口 ≤ 設備入口
	5) 温度	±10℃以内
	6) 湿度	大気中で水分凝縮を生じないこと
3. 安全性 (安全性検討要領)	[通常時]	
	<ul style="list-style-type: none"> 1) 化学反応に係る危険性 2) 濃縮 NOx 等の流出 3) 濃縮 NOx 等の漏洩 4) 排出物の性状 5) 取扱い上の危険性 	
4. 騒音・振動	[非常時]	
	<ul style="list-style-type: none"> 6) 地震による機器の破損と漏洩 7) 火災の発生 8) 停電時の危険性 9) 水害時の危険性 	
5. 耐久性	1) 騒音	敷地境界で 50 dB(A)以下
	2) 振動	敷地境界で 60 dB 以下
20年間以上(消耗品、部品等の交換は可)		

§ 3. 低濃度脱硝設備のシステム概要および構成

3-1 低濃度脱硝設備のシステム概要

低濃度脱硝設備は、換気所内の風路に設置され、本線トンネルから換気ファンで排出ガスを換気所内に引き込み、電気集塵機でSPMを80%以上除去、脱硝装置でNO₂を90%以上除去する。設備を通過して浄化されたガスは、換気塔を介して大気中に放出・拡散される。図一2に設置イメージ図を、写真一1に脱硝装置の設置状況を示す。

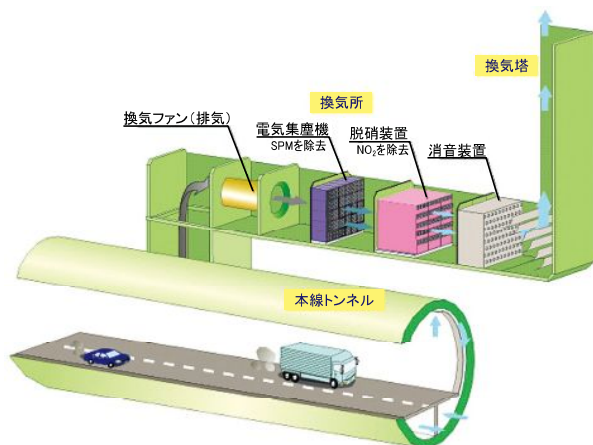


図-2 設置イメージ図



写真-1 脱硝装置の設置状況

3-2 低濃度脱硝設備の構成

低濃度脱硝設備は、主に電気集塵機と脱硝装置から構成され、さらに各機器の性能を回復させるための補機類が設置されている。以下に機器の役割を説明する。

(1) 低濃度脱硝設備

機器名称	用途・内容	
電気集塵機	集塵ユニット	静電気を応用してSPMを捕集する装置で、直流-9.5 kVの帯電部と交流8 kVの集塵部から成る。
	筐体	集塵ユニットを収納するとともに、洗浄機能も装備している。
	汚水ピット	高圧水により極板を洗浄する際に発生する汚水を貯留するピット。
	バイパスダンパー	火災時に開放してトンネル内の煙を速やかに排出させるための装置。
	揚重装置	集塵ユニットの保守時に使用する装置。
脱硝装置	脱硝槽	NO ₂ 除去剤を収納するとともに、再生液を注入して再生液にNO ₂ 除去剤を浸漬させる装置。
	脱硝ダンパー	脱硝装置の運転条件に応じて、排出ガスの流れを制御する設備で、原則として脱硝運転時には開放し、再生時および火災時には該当するダンパーを閉める。
	加湿チャンバー	脱硝槽前面に装備し、脱硝槽内に流入する空気の流れを均等化するもの。また、チャンパー内に高圧水噴射ノズルを装備し、湿度調整ができる機構を有する。
	バイパスダンパー	脱硝装置再生時、一部脱硝ダンパーが閉まるため、バイパスダンパーの開度調整を行い、処理風量を確保する。また火災時等にはトンネル内の煙を速やかに排出させるために全開放する。

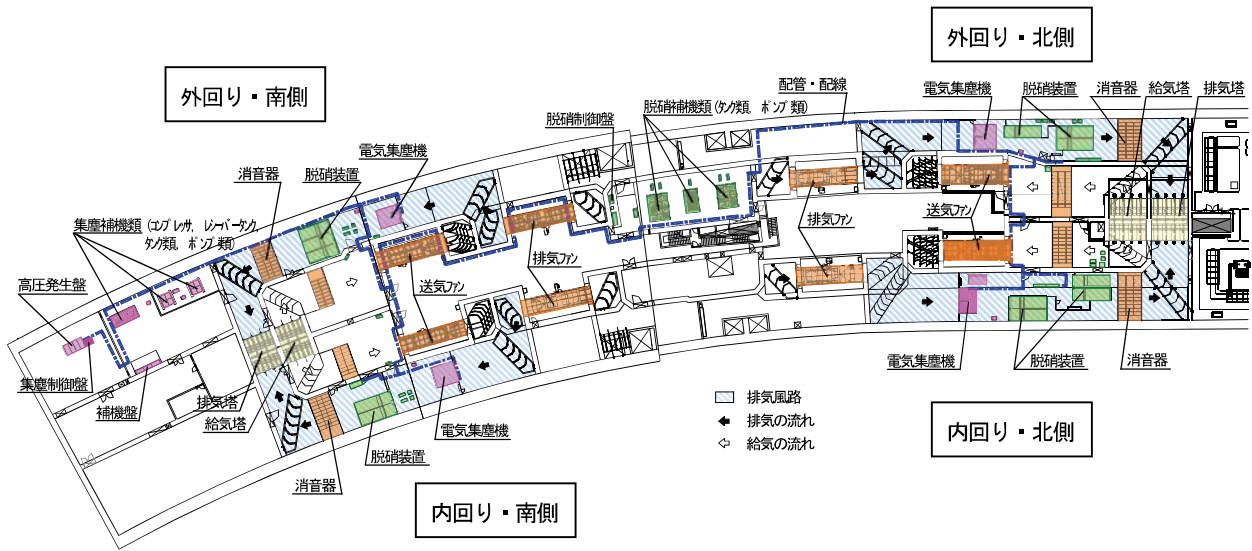
(2) 電気集塵機補機類

機器名称	用途・内容
洗浄水系補機	電気集塵機の洗浄水を貯留する洗浄水槽、洗浄ポンプから成る。
汚水放流設備	電気集塵機洗浄後の汚水を一旦貯留し、所定の場所へ放流する設備で、汚水貯留槽、汚水ポンプおよび攪拌プロワから成る。
水抜き系補機	電気集塵機洗浄後の付着水の吹き飛ばしと、配管内の水抜き用空気を供給するための設備で、空気を供給するコンプレッサと、間欠運転のため吐出空気を一旦貯留するレシーバタンクから成る。
盤類	電気集塵機制御盤、高圧発生盤、集塵補機盤および集塵機側盤から成る。

(3) 脱硝設備補機類

機器名称	用途・内容
受水槽	再生液作液用の水および加湿用の水を貯留するための槽。
原液槽	10%の再生原液を貯留するための槽。
再生液循環槽	水と10%の再生原液を混合して、1%の水溶液を作液・貯留するための槽。
ポンプ類	各種槽からの水を送り出すために使用するポンプ。
盤類	脱硝計装盤、脱硝動力盤および動力機側盤、I/O盤から成る。

図-3に本町換気所における低濃度脱硝設備の機器配置図を示す。図中で斜線部が排気風路であり、機器は排気風路に配置している。



系統	最大処理風量 (m³/s)	系統	最大処理風量 (m³/s)
外回り・南側	67	外回り・北側	102
内回り・南側	44	内回り・北側	96

図-3 低濃度脱硝設備機器配置図 (本町換気所)

§ 4. 性能試験結果

4-1 供用前の性能試験結果

低濃度脱硝設備の性能について、表-2の濃度条件下で表-3の機器性能を確認するため、本町換気所(外回り南側排気風路)で供用前に、発電機の排ガスを用いて性能試験を実施した。

性能試験概要を図-4に、サンプル採取状況(入口と出口)を写真-2および写真-3に、性能試験排ガス用

の発電機の設置状況を写真-4にそれぞれ示す。なお、発電機は50 KVAを6台使用した。

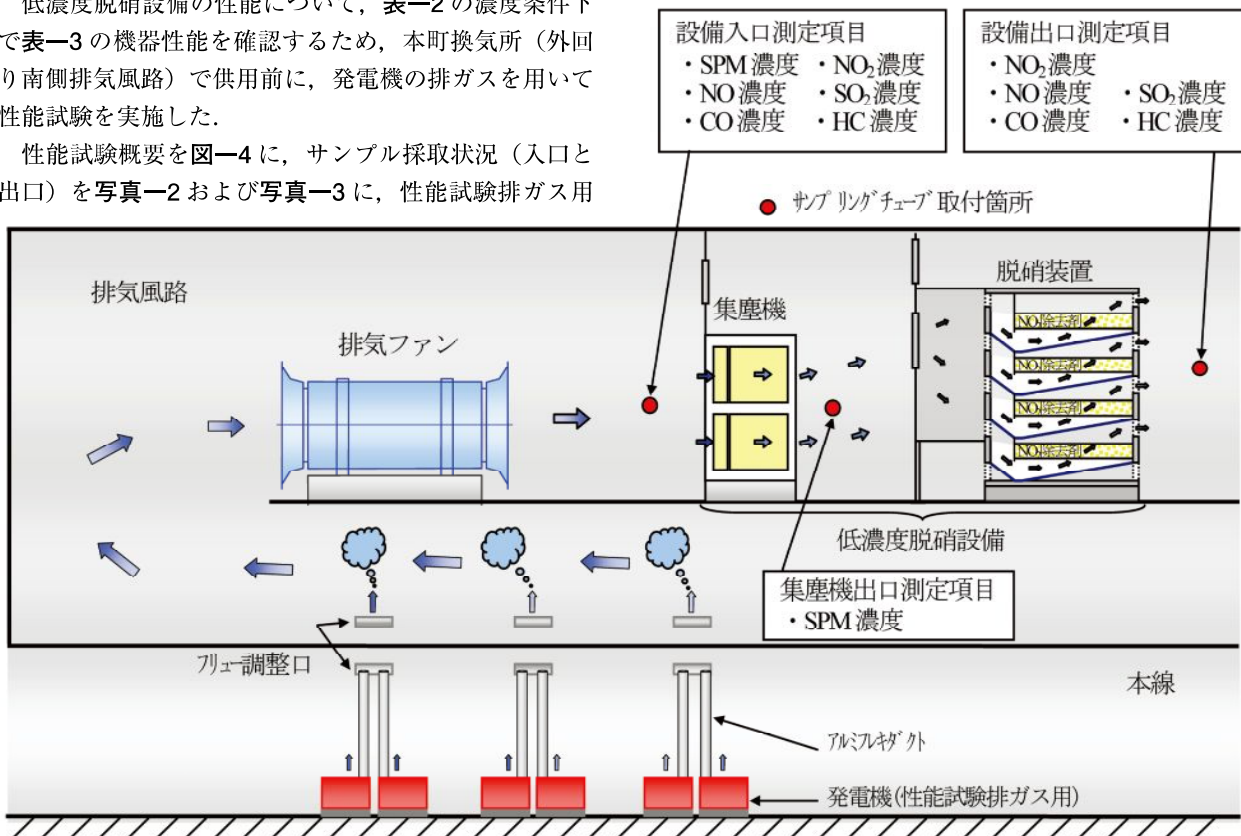


図-4 性能試験概要



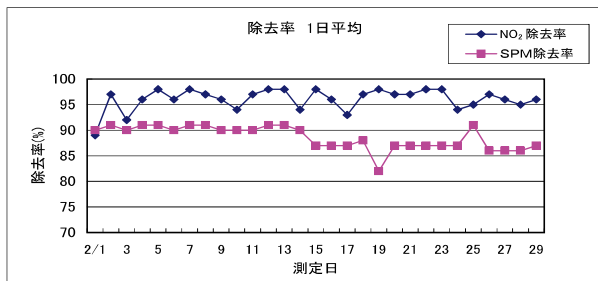
写真一2 入口サンプルの採取状況



写真一3 出口サンプルの採取状況



写真一4 性能試験排ガス用の発電機設置状況



図一5 供用後の性能試験結果

性能試験の結果、所定の性能を満足することが確認できた。

4-2 供用後の性能試験結果

供用後、低濃度脱硝設備の性能を確認するため、本町換気所にて測定を実施した。結果を図一5に示す。

除去目標を満足し、良好な結果が得られた。

§ 5. 設置工事での創意工夫

本技術を用いた大規模な工事例は過去に無いため、計画、搬入設置、試運転等でさまざまな工夫を実施した。それぞれの段階における創意工夫を以下に示す。

5-1 計画時

(1) 再生液の水溶液での搬入

過去の実証実験では、再生液は亜硫酸ナトリウム粉末を水道水に溶かして作っていた。しかし、低濃度脱硝設備の大規模化に伴い大量消費には不向きであった。そこで、再生液を水溶液でタンクローリーにて搬入する方法に変更した。これにより、以下に示すとおり、原液槽を配置して、再生剤貯蔵庫、作液槽、新液槽およびこれらに付随するポンプ類を省略することができ、当初計画に比べて配置に余裕を持たせることができた。また、コストダウンに繋がった。

[計画時]

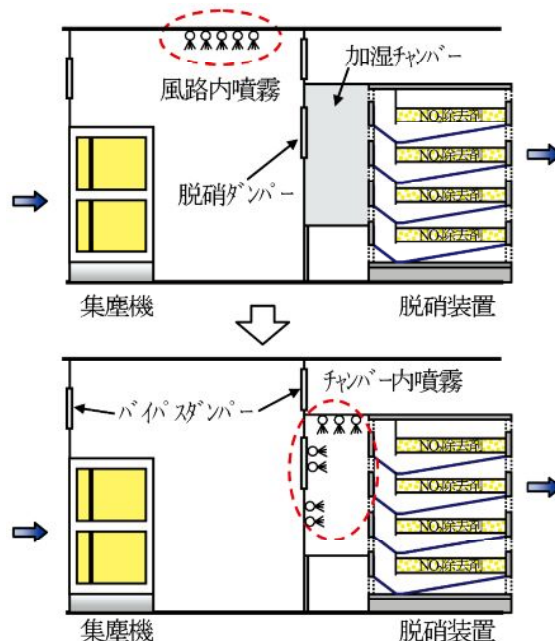
- 【再生剤貯蔵庫】
 - 【作液槽】
 - 【新液槽】
- ・再生剤貯蔵庫：粉末の貯蔵庫
 - ・作液槽：再生液を作る槽
 - ・新液槽：使用する再生液を貯める槽

[変更後]

- 【原液槽】
- ・原液槽：使用する再生液を10倍濃度で貯める槽

(2) 加湿装置の省スペース化

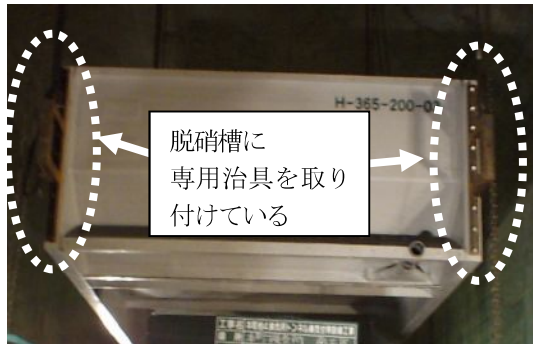
加湿装置は当初、電気集塵機と脱硝装置の間の風路で噴霧する予定であった(図一6参照)。しかし、設備全体の機器への影響とメンテナンス性を考慮して、チャンバー内に設置することとした。これにより、噴霧後の加湿水の循環利用、機器への影響を低減できた。



図一6 加湿装置の検討 (上: 変更前, 下: 変更後)

5-2 搬入設置時

設備搬入において、脱硝槽はFRP製のため撓みやすく、変形や割れなどの損傷が危惧された。そこで、専用の治具（写真—5）を製作し、使用することでこれらの問題の発生を回避することができた。



写真—5 専用治具使用状況

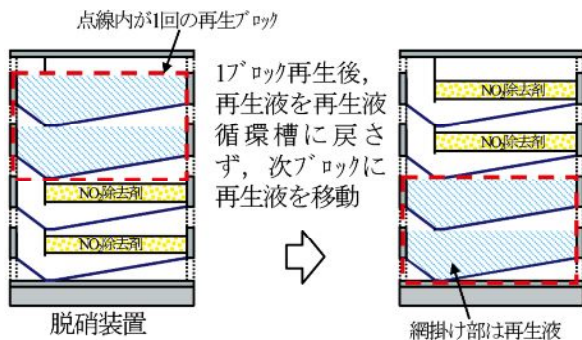
5-3 運転時

(1) NO_x 切替装置を利用した計測機器の共通化

使用する計測機器の台数が多くなると、機器相互の機差を考慮しなければならない。さらに、計測器メンテナンス時の欠測となる時間が増える。このため、NO_x 計測機器の共通化を図るために切替装置を設置し、測定したい風路に任意に切替可能な計測システムを採用した。

(2) 再生液循環フローの見直し

本設備は多くの脱硝設備機器から構成される。特に、脱硝装置における脱硝槽は最大処理風量に対応するため槽数が多い。当初 NO₂ 除去剤の再生時は、2~3 槽を 1 ブロックとして再生を考えていた。しかし、再生終了後の再生液を戻す時間も、脱硝性能が維持出来ない時間にカウントされる。このため、再生動作の効率化を検討し、1 ブロック再生後、続けて次のブロックへ再生液を移動させて連続再生を可能とし、再生時間を短縮した（図—7 参照）。



図—7 再生液の循環手順

(3) 換気ファンの運転を考慮した再生スケジュール

当初、本システムの再生のスケジュールは、換気ファンが24時間稼動していることを前提として計画を行った（再生スケジュールの固定）。しかし実際は、トンネル内の環境の変化により換気ファンの停止があるため、換気ファンの運転時間、トンネル内の排ガス濃度および処理風量を考慮し、任意に再生スケジュールを変更できるシステムとした。また、換気ファン停止時は再生および乾燥が終了しないと次の再生に移行できなかった。このため、再生と乾燥を分離し、換気ファン停止時も再生後に乾燥待ちが可能なシステムに変更した。これにより、ファン停止時も再生終了後、次の再生に移行できるシステムに改善できた。

§6. おわりに

今回、大規模の低濃度脱硝設備を本町換気所に設置、稼動したところ、当初計画に対し様々な改善点が得られた。今後はこれらの経験を残りの換気所にフィードバックし、更に効率的な低濃度脱硝設備になるよう努力して工事を進めたい。

施工にあたり、社内外から多くの方々、貴重なご意見、ご示唆、ご指導を頂戴した。この紙面を借りて関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 村上，西，伊藤，田中，浅井：西松式大気浄化システムの開発，土木学会第58回年次学術講演会（第Ⅶ部門），2003. 9，pp. 513-514.
- 2) 村上，西，伊藤，田中：西松式大気浄化システムにおける情報の管理について，土木学会第28回土木情報利用技術講演集，VOL. 28，2003. 10，pp. 33-36.
- 3) 村上，西，伊藤：トンネル向け大気浄化システムの開発，土木学会第59回年次学術講演会（第Ⅶ部門），2004. 9，pp. 371-372.
- 4) 伊藤：大気浄化システムの開発—沿道実ガスによる1年間の実証実験結果—，電力土木，No. 314，2004. 11，pp. 115-119.
- 5) 村上，西，伊藤，田中：西松式大気浄化システムの開発（その3），西松建設技報，VOL. 28，2005. 6，pp. 7-12.
- 6) 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について，建設の施工企画，2005. 7，pp. 22-26.
- 7) 村上，森田，田中，西：大気浄化システムの開発と実施例，西松建設技報，VOL. 30，2007. 6，pp. 51-56.