

神戸長田トンネル換気設備の運転コスト削減

保全施設部 施設管理グループ 原 秀史
神戸管理部 施設保全グループ 松尾俊宏
阪神高速技術(株) 維持事業部 京橋事業所 弦巻 淳

要 旨

神戸市道高速道路 2 号線の神戸長田トンネルは、都市トンネルの問題とされる坑口部大気環境保全対策として坑口集中排気を設けるなど坑外環境の面で厳しい条件を持つトンネルである。特に南行線は約 3%の下り勾配となっておりトンネル内空気の坑外への持出しを抑制するため、蓮宮換気所の排風機の稼働率が高く、高い排気風量が維持された運用が行なわれている。この維持動力は電力料金に直結し、運転コストが嵩む要因となっている。

今回、南行線神戸長田出路の坑口部大気環境を保全する換気運用を行ないつつ、運転コストの削減を図る方策として、蓮宮換気所に加え中央換気所排風機を併用する運用方法について、検討結果を報告するものである。

キーワード:都市トンネル、坑口部の大気環境保全、坑口集中排気、運転コスト削減

はじめに

神戸市道高速道路 2 号線の神戸長田トンネルは暫定供用区間長が約 2.2km で南側端部に神戸長田入出路を持つ構造となっている (図-1 参照)。

このトンネルの換気方式は、渋滞時や火災などの非常時の排気及びトンネル内の排気ガスを含んだ空気の持出しによる坑口部の大気環境保全対策のため、蓮宮・中央・妙法寺の 3 換気所による横流換気方式に加え、両坑口での集中排気方式を併用している。

図-2、図-3 に神戸長田トンネル換気概略図を示す。

北行線のトンネル換気は主として、妙法寺換気所が受け持っており、通常は妙法寺換気所の坑口集中排気を主とした換気運転を行い、火災などの非常時には妙法寺・中央・蓮宮換気所で排煙運転を行なうこととしている。

一方、南行線のトンネル換気は、蓮宮・中央換気所が受け持っており、通常は蓮宮換気所の坑口集中排気を主とした換気運転を行い、神戸長田出路から本線にかけての渋滞時や火災などの非常時には蓮宮・中央換気所で換気又は排煙運転を行なうこととしている。

しかし、坑口集中排気運転は常に高風量を必要とするため換気設備の運転コストが嵩む要因となっている。特に南行線の神戸長田出路においては排気ダクトが坑口集中排気と横流排気を兼用しているため北行より圧力損失が高く風量の増加が顕著に現れている。

今般、神戸長田トンネル南行線について、坑口部の大気環境保全を考慮した上での運転コスト削減の方策として、渋滞や火災などの非常時に運転する中央換気所排風機と蓮宮換気所排風機との併用運転による坑口集中排気の可能性についての検証結果を報告する。

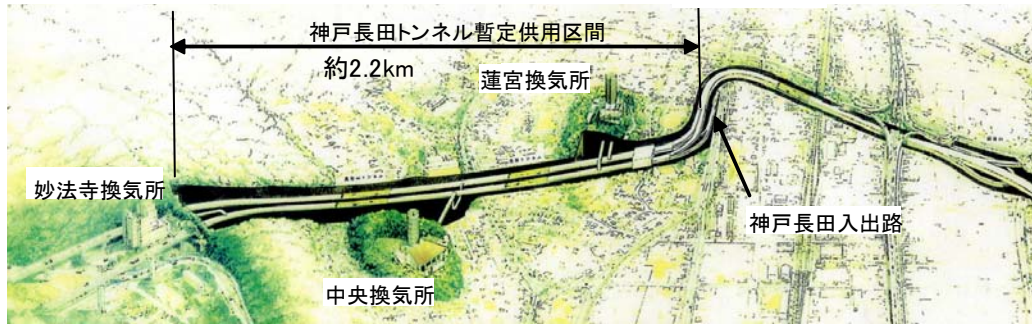


図-1 神戸長田トンネル概要図

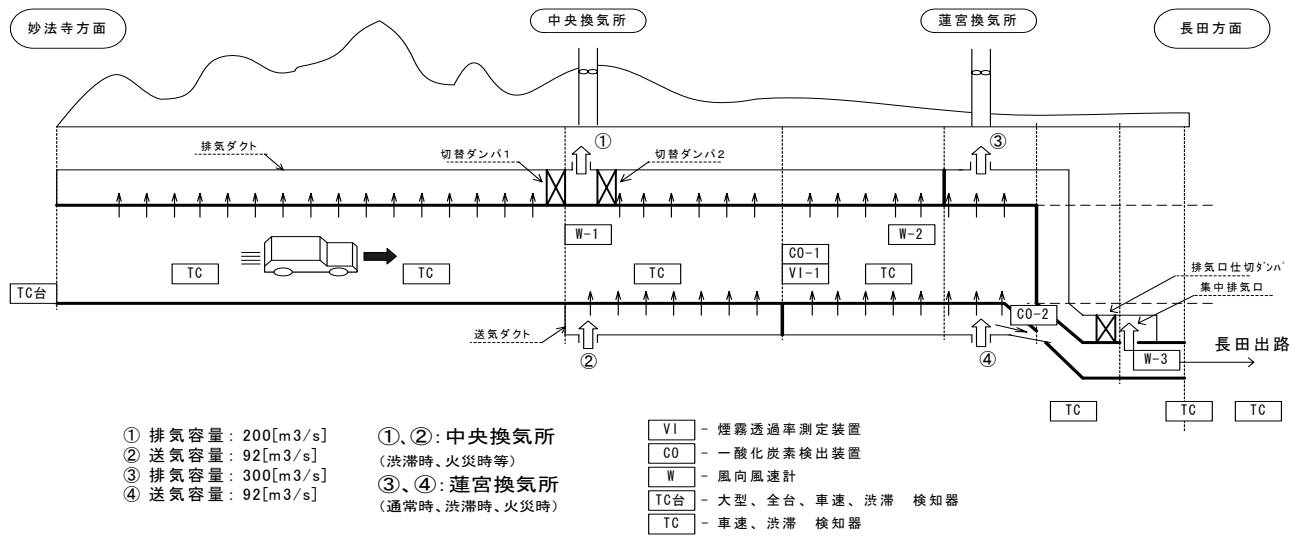


図-2 神戸長田トンネル換気概略図（南行線）

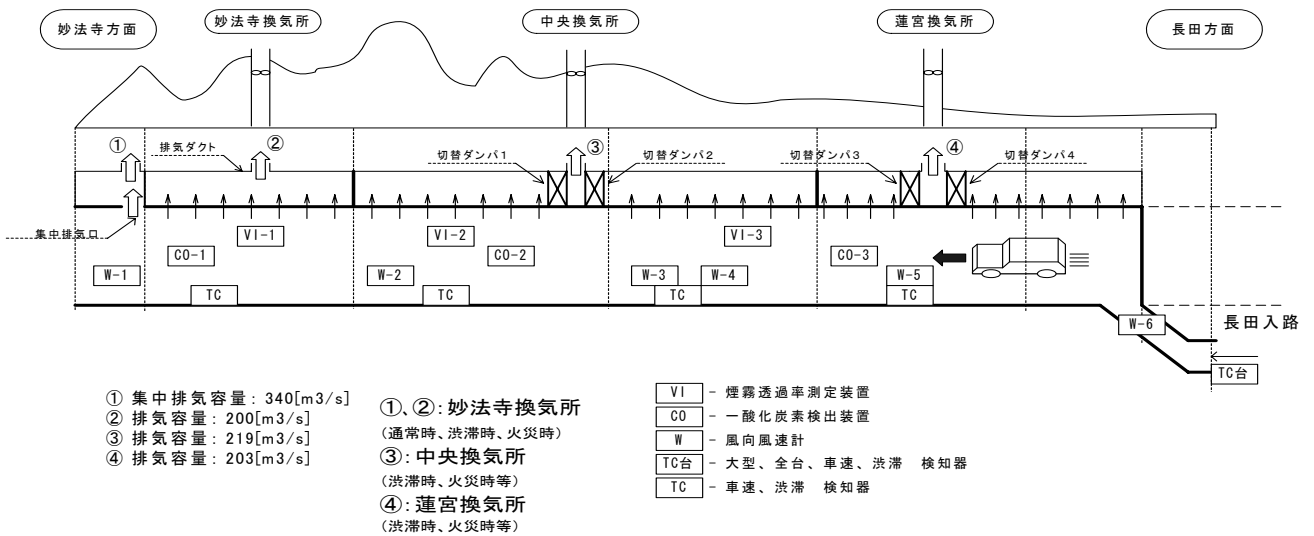


図-3 神戸長田トンネル換気概略図（北行線）

1. 南行線 現状換気運転状況

神戸長田トンネル南行線の換気運転状況について、表-1 に現状の換気量及びトンネル内環境データを説明する。

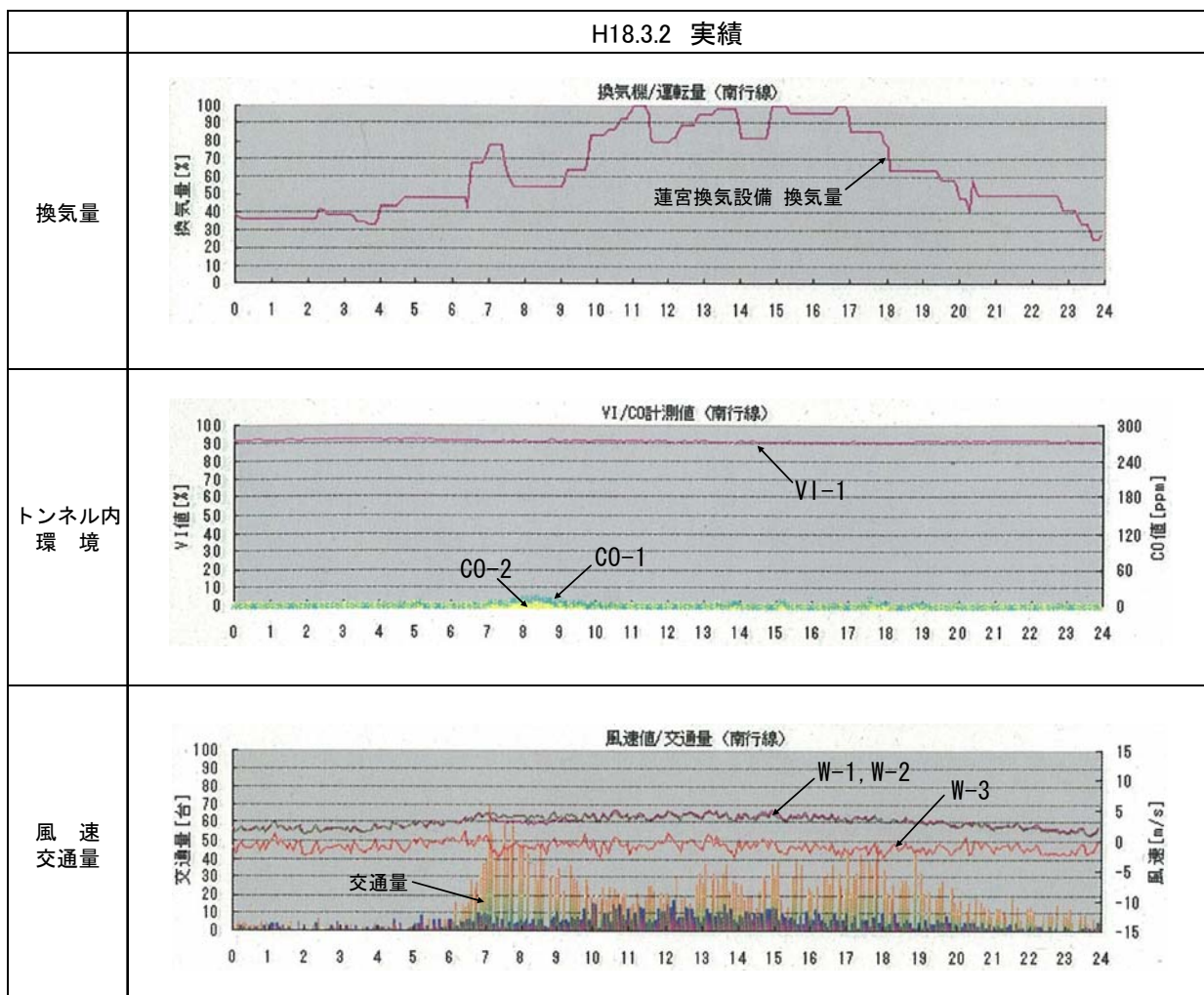
なお、図-2 の換気概略図内にトンネル内の煙霧透過率 (VI) 計・一酸化炭素濃度 (CO) 計・風向風速 (W) 計の設置位置を示す。

神戸長田トンネル南行線は、約 3% の下り勾配のため、トンネル内の煤煙発生量は少なく、VI 値及びCO 値は、交通量の多少に関わらずトンネル内環境が良好であることが分かる。また、神戸

長田出路は1車線のオフランプのためトンネル断面が小さく、通過車両のピストン効果により、トンネル内空気の持出しが発生しやすい状況となっている。

そのため、坑口からのトンネル内空気の持出しを抑制するため、神戸長田出路の風向風速計 (W-3) の計測値が $-1.0\text{m/s} \pm 1.0\text{m/s}$ の $0 \sim -2.0\text{m/s}$ (負は坑口からトンネル内への風向で車両進行方向と逆向き) の範囲内になるように換気運用されており、蓮宮換気所排風機は常時稼働している。特に朝方～夕方までの交通量の多い時間帯では高排気風量で稼働している状況にある。

表-1 現状 換気量及びトンネル内環境データ(単独運転時)



2. 換気運用方法の改善

2-1 蓮宮・中央換気所排風機風量と動力特性

運転コストが高くなる要因として、蓮宮換気所排風機風量と動力特性の関係が挙げられる。蓮宮換気所排風機は最大 300m³/s の能力を有しており、**図-4** に示すとおり昼間帯の排気風量のレベルでは必要動力量は風量 10m³/s 毎に約 80kw 増加することとなる。

また、中央換気所排風機は火災時の排煙に対応

できるよう最大 200m³/s の能力を有しているが、除塵設備が渋滞時に必要な最大風量 100m³/s 程度の処理能力であるため低風量域での運転となる。低風量時における必要動力量は**図-5** に示すとおり 10m³/s 毎に約 20kw 程度しか増加しないことから、これらの動力特性を利用し、蓮宮換気所と中央換気所の排風機を併用することで、坑口からのトンネル内空気の出出しを抑制しながら、トータル換気動力の低減を図ることとした。

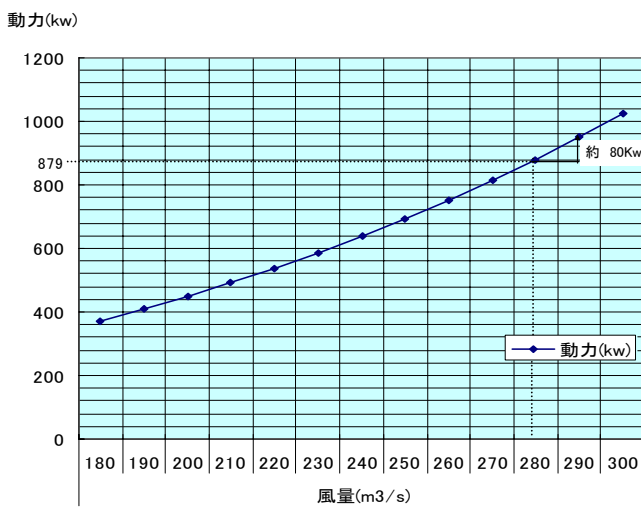


図-4 蓮宮換気所排風機風量と動力の関係

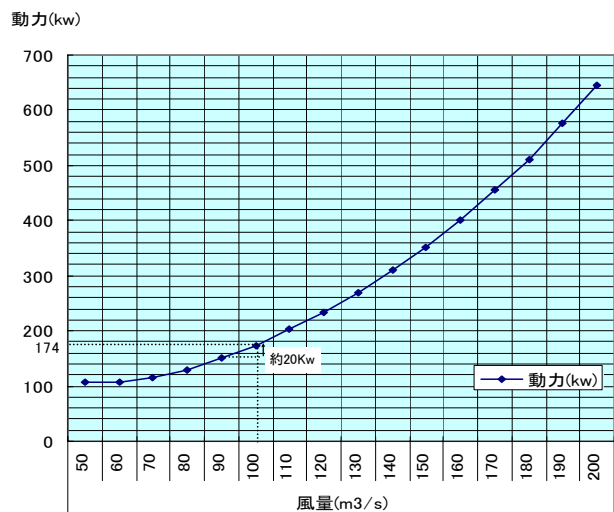


図-5 中央換気所排風機風量と動力の関係

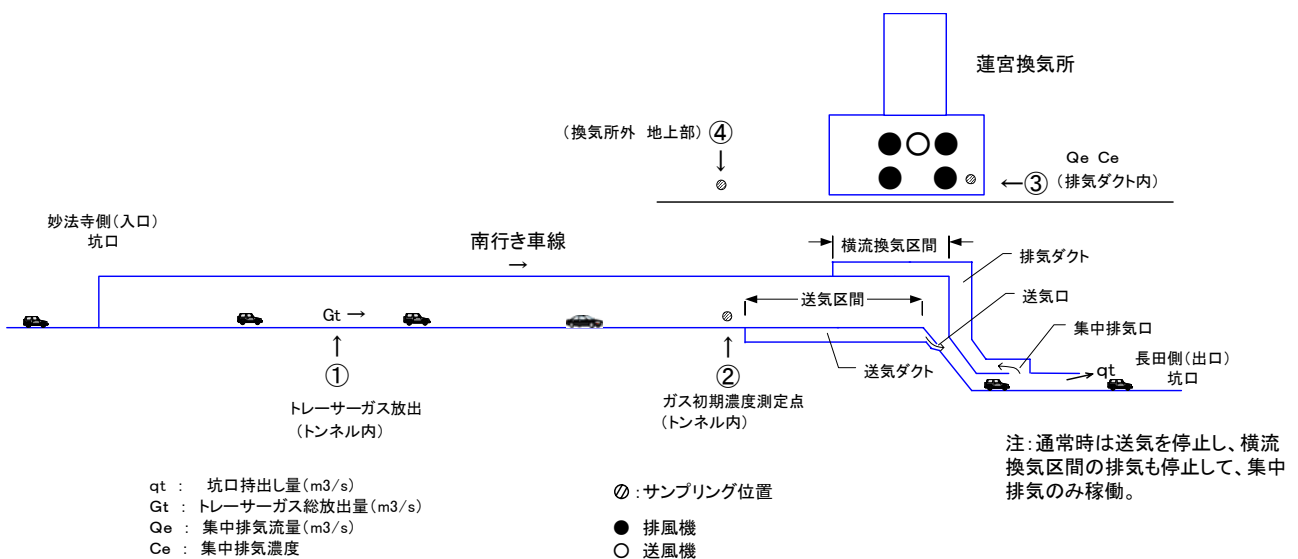


図-6 トレーサーガス拡散実験模式図

2-2 坑口部の大気環境保全

平成 16 年度に神戸長田トンネル南行線において風量分布及び出路からのトンネル内空気の持出し特性の調査を目的として図-6 に示すようなトレーサーガスによる拡散実験を行ない図-7「坑口風速と坑口持出し率の関係」を得ている。

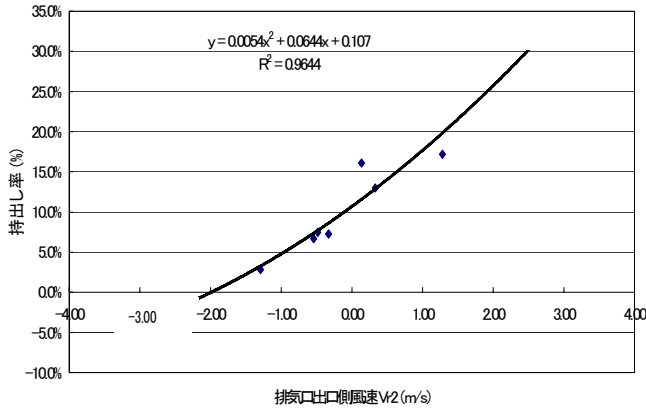


図-7 坑口風速と持出し率の関係

なお、排気濃度および排気流量などを用いて持出し率を以下のように定義する。

$$E_t = (q_t / G_t) \times 100 \quad [\%]$$

ここに、 $q_t = G_t - Q_e \cdot C_e$

ここで、 E_t : 坑口持出し率 [%]

q_t : 坑口持出し量 [m³/s]

G_t : トレーサーガス総放出量 [m³/s]

Q_e : 集中排気流量 [m³/s]

C_e : 集中排気濃度

その結果から坑口風速 $V_{r2}=0 \sim -2.0$ m/s の域で持出し率 $E_t=10 \sim 0\%$ 程度であるということが確認された。また、坑口周辺の大気環境には影響を及ぼしていないことから、坑口部の大気環境を保全しながら運転コストの削減を行なうには、坑口風速を $0 \sim -1.0$ m/s に維持することが必要である。

2-3 換気設備運用改善案の検証

現状交通量（時間交通量 $N=650$ 台/h）および交通量増大時（現状より約 2 割増想定：時間交通量 $N=800$ 台/h）を対象に、蓮宮換気所排風機の単独運転時と、中央換気所排風機の併用運転時の換気動力について、検証した結果を表-2、表-3 に示す。なお、換気計算に際しての条件は次の通りである。

- ① トンネル内自然風 $V_v=0$ m/s
- ② 走行速度は本線 60km/h・出路 40km/h
- ③ 中央換気所排風機併用運転は昼間帯のみ

その結果、中央換気所排風機を併用することにより、トータル換気動力を 2 割程度削減できる可能性が確認できた。

次に、トンネルにおいて、実際に朝～夕方までの昼間帯に中央換気所排風機の併用運転を行ない、シミュレーションした結果を試験することとした。

表-2 現状交通量に対する換気運用案 $N=650$ (台/h)・大型 20%

運用案	換気概念図	排気風量(m ³ /s)		換気動力(kw)
現状 (蓮宮のみ)		蓮宮排気	280	879
		中央排気	0	0
		計	280	879(1.00)
		神戸長田出路風速 $V=-0.9$ m/s		
改善案 蓮宮・中央 併用運転		蓮宮排気	220	538
		中央排気	100	174
		計	320	712(0.81)
		神戸長田出路風速 $V=-0.9$ m/s		

表-3 交通量増大時に対する換気運用案N=800(台/h)・大型20%

運用案	換気概念図	排気風量(m ³ /s)	換気動力(kw)	
現状 (蓮宮のみ)		蓮宮排気	300	1,026
		中央排気	0	
		計	300	1,026(1.00)
		神戸長田出路風速V=-0.9m/s		
改善案 蓮宮・中央 併用運転		蓮宮排気	240	637
		中央排気	100	
		計	340	811(0.79)
		神戸長田出路風速V=-0.9m/s		

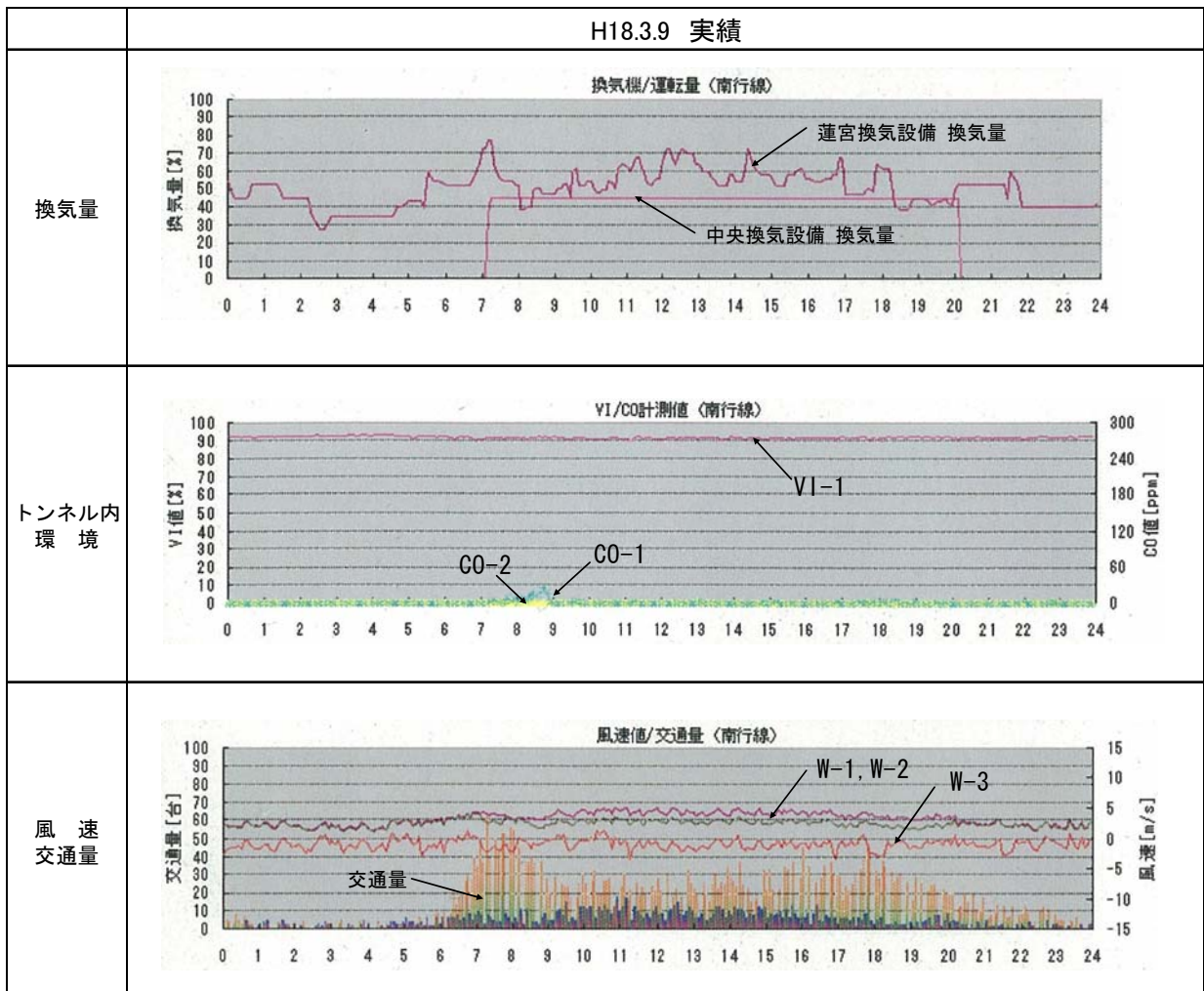
2-4 実トンネルにおける併用運転試験結果

坑口風速を維持するため、蓮宮換気所排風機の風量を低下させると同時に中央換気所排風機を強制的に併用運転させ、トータル運転コスト削減の実証試験を行った。表-4 に併用運転時の換気量及びトンネル内環境データ、図-8 に単独運転時

と併用運転時の換気電力量の比較を示す。

その結果、検証と同様に、実トンネルにおいても坑口風速を維持することにより坑口部の大気環境を保全しながら、トータル運転コストを2割程度削減できることを確認できた。

表-4 併用運転時 換気量及びトンネル内環境データ



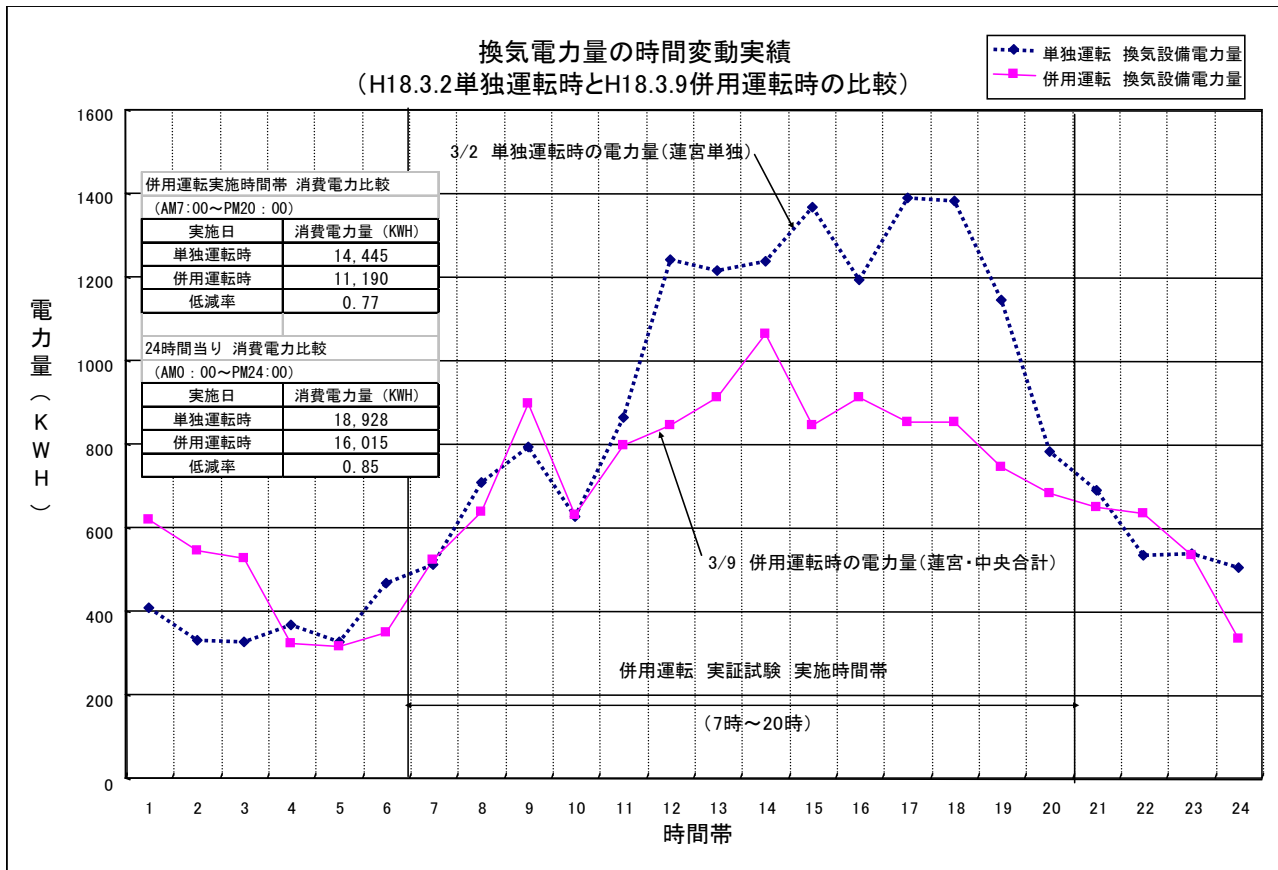


図-8 換気電力量の比較（単独運転：併用運転）

3. 今後の課題

中央換気所排風機の併用運転を行った場合、トンネル内において蓮宮と中央換気所のダクトの境界付近に排気中性点（風速がほぼ零となる地点）が発生し、局部的にV I値やCO値の極端な悪化が懸念されたが、先の試験において排気中性点が発生すると予想される付近のV I値やCO値の悪化は見受けられなかった。但し、交通量の増大等条件によってはトンネル内環境が排気中性点付近で悪化することも想定されるが、V I値およびCO値の換気自動制御プログラム上の設定値を定め、その値以上になることが予測されれば中央換気所排風機を停止し、中央換気所送風機を稼働させ、新鮮空気をトンネル内に送気することにより、トンネル内環境の悪化は未然に防止できるものと考えられる。

4. まとめ

神戸長田トンネル南行線において、神戸長田出路の坑口部の大気環境を保全しながら換気設備のトータル運転コスト削減を図る方策として、中央換気所排風機を蓮宮換気所排風機と併用運転することにより、トンネル内空気の持出し抑制を維持したまま2割程度の電力費低減が可能であることが確認できた。今後、換気自動制御プログラムの各種設定値を見直すなど更なる運転コスト削減方法を検討していく方針である。

現在、中央換気所排風機を自動的に併用運転できるように換気自動制御装置の改修工事を行っており、本年度中の運用開始を目指しているところである。

謝辞：本稿は「トンネル換気設備改修工事（16-山）」における提案を検証し、とりまとめたものであり関係各位のご尽力に感謝いたします。

参考文献

- 1) トンネル換気設備改修工事（16-山）阪神高速道路公団神戸管理部

OPERATION COST REDUCTION OF THE KOBE NAGATA TUNNEL
VENTILATION EQUIPMENT

Hidefumi HARA, Toshihiro MATSUO and Atsushi TSURUMAKI

The Kobe Nagata Tunnel on Kobe Municipal Highway 2 was built as an urban road tunnel complying with strict requirements for its external environment. Installation of central exhaust systems was one of the air pollution control measures for its portal areas. The operating rate of exhaust fans is particularly high in the Hasumiya ventilation station because the release of tunnel air from the portals is controlled on the southbound lanes. Such operation with constantly large volumes of air extraction results in high power consumption which means increased operation costs.

This study examined new operation scheme using exhaust fans of the Chuo ventilation station in addition to those of the Hasumiya ventilation station, as a way to reduce the operation cost while observing the requirements for air pollution control at the portals of the southbound Kobe Nagata exit.

原 秀史



阪神高速道路株式会社
保全施設部 施設管理グループ
Hidefumi Hara

松尾 俊宏



阪神高速道路株式会社
神戸管理部 施設保全グループ
Toshihiro Matsuo

弦巻 淳



阪神高速技術株式会社
維持事業部京橋事業所
Atsushi Tsurumaki