

## 新技術開発探訪

# 小幅トンネル清掃車の開発

## 1. はじめに

現在のトンネル清掃車は車道からアームをのばして清掃する方式（写真 1）であるが、歩道幅が3m以上のトンネルではアーム先端のブラシが届かないため清掃できない。トンネル清掃車を使用できない歩道幅の広いトンネルでは、人力清掃を行っているが、効率の悪さ、作業環境や苦渋性の問題がある。

「平成13年4月に歩行者、自転車の通行空間の確保について道路構造令が改正され、今後歩道幅の広いトンネルは増えることが予想される。」

また、作業にあたって車道を走行させるため、交通規制を行う必要があり、交通渋滞や交通事故の危険性等の問題を有している。

加えて、清掃に多量の洗浄水と洗剤を使用するため、環境面でも改善の余地がある。

本開発は、歩道幅の広いトンネルにおいて、歩道上を自走して清掃を行うことで車道の交通規制

をなくし、作業環境の改善とコスト縮減を目的とした小幅トンネル清掃車（写真 2）について開発を行ったものである。

## 2. 検討要素

- (1) 車体構造
  - ・歩道を自走して清掃するための、車幅1m程度の小幅な構造
  - ・低環境負荷型の動力の採用（コンパクト化とトンネル内の環境を考慮）
- (2) 清掃装置
  - ・清掃速度を改善（作業の効率化、作業コストの縮減を考慮）するための清掃方式・機構・構造
- (3) 洗浄水
  - ・使用水の種類および洗浄水量の省水化

## 3. 検討内容・結果

平成16年度に試験装置の設計・製作を行い、基



写真 1 トンネル清掃車（従来機）



写真 2 小幅トンネル清掃車（試作機）

礎試験を行った。

平成17年度には試作機を製作し、現場清掃試験を行い、その結果を基に実用機の詳細仕様を決定した。

(1) 車両構造

車両寸法は、歩道上を走行することを踏まえ、全幅1.0m、全長4.7m、全高2.45m程度を目標とした。従来機と同様にディーゼルエンジンと油圧ユニットを組み合わせる構造では広い車両スペースが必要となることから、動力にはマイクロガスタービン発電機を採用し、走行・作業装置類すべてを電動化することにより、設計目標寸法に納まるコンパクトな構造となった(写真 3)。

(2) 清掃装置

清掃装置は、現有機械と同様に湿式の回転ブラシを用いるが、電動モーター駆動方式を採用したことにより、軽量で高回転でのブラシ清掃機構を実現することができた。

(3) 洗浄水

洗浄に使用する水は水道水(常温・温水)、アルカリ電解水、磁気水について検討を行った。

① 水道水(常温・温水)

水道水は壁面の汚れ(主に油分)を軟化させることから温水が有効であり、洗浄効果として明度回復量が常温より1割程度高いことがわかった。

② アルカリ電解水

アルカリ電解水は水道水と比較し、洗浄能力(界面活性力)が高いことがわかったが、以下の要件から採用しなかった。

- ・洗浄能力は高いが撥水性があり、流れ落ちが水道水より弱く、水分とともに汚れが壁面に残

る。

- ・電解水生成機が高価であり設置スペースも必要となる。
- ・アルカリ電解水の生成に長時間を要する(アルカリ電解水500Lを生成するのに8時間必要)。
- ・塗装の劣化、アルミ・真鍮の腐食が懸念される。

③ 磁気水

磁気水は机上検討の段階で、洗浄力について科学的根拠に乏しく効果の検証が困難であることから採用しなかった。

以上の結果、洗浄力、コスト等を総合的に検討し、洗浄水には水道水(温水)を採用した。

従来は常温の水道水を使用していたが、マイクロガスタービン発電機の排熱を利用することで、常温+40(噴霧出口温度)の温水を容易に作り出すことができ、洗浄力を向上することができた。

4. 現地実証試験

平成17年度に、現地試験場所として2現場を選定し、試作機による清掃試験を実施した。

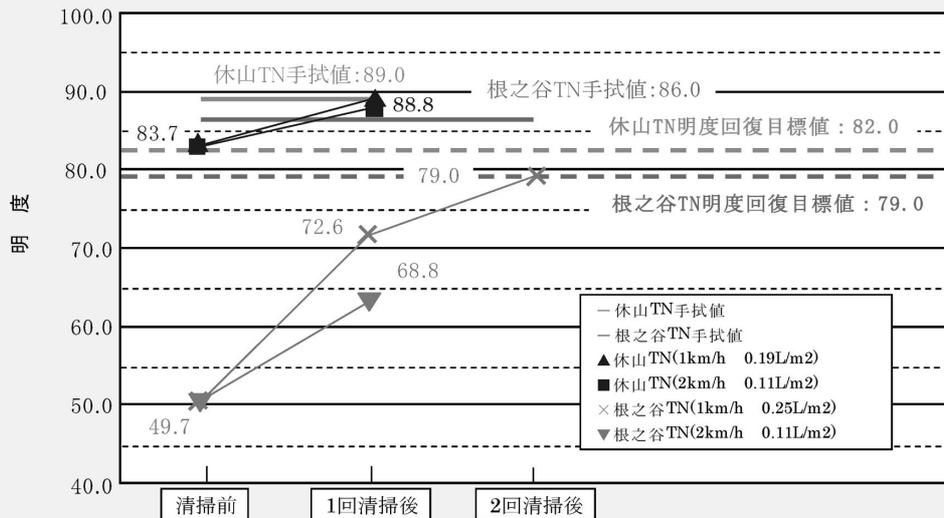
清掃効果は、対象壁面の明度回復量を判定基準とし、効果的な清掃速度と使用水量の関係について検証を行った(図 1参照)。

(1) 根之谷トンネル(広島県広島市 国道54号)

根之谷トンネル(写真 4)は他のトンネルと比較して汚れが明度で25ポイント程度高く清掃速度2km/hでは十分な結果が得られなかったが、清掃速度を1km/hに落としブラシの接触時間を長くすることで明度を23ポイント程度回復するこ



写真 3 小径トンネル清掃車試作機(従来機との比較(合成写真))



明度回復量(目標値)の根拠  
 過去に土木研究所の示した指標(トンネル壁面の汚れについて測定した明度が元の明度の-7.0以下の場合に清掃の必要性を感じる)から清掃出来形を元の壁面の持つ明度(今回の場合手拭き値とする)から-7.0以上を目標値として設定した。

図 1 清掃試験結果 (明度回復量)



写真 4 根之谷トンネル清掃試験状況



写真 5 休山トンネル清掃試験状況

とができた。また、2回清掃を行うことでさらに8ポイント程度回復量が向上した。

(2) 休山トンネル(広島県呉市 国道185号)

休山トンネル(写真 5)は、壁面がタイル貼り(表面が平滑で汚れが落ちやすい)であり、汚れの程度も少ない状況であったため、1回の清掃で元の明度と同程度まで回復し、清掃試験結果は良好であった。また、省水化に関する使用水量の下限値の見極めを行った結果、下限値は0.19L/m<sup>2</sup>であった。

車両寸法については、車幅1.0m、全長4.7mと現有機械(4~6tベース車両:全幅2.3m程度、全長7.0m程度)より大幅にコンパクトな構造とすることができた。また、マイクロガスタービン発電機を採用したことで、排気ガス排出基準を1/2~1/4と大きく下回る排気ガス濃度となり環境負荷の軽減を実現することができた。

省水化については、温水使用による洗浄効果向上と、散水ノズルを霧状とすることで実現できた。

現地試験の結果からトンネル清掃1km当たりの使用水量を算出した結果は表1のとおりであり、現有機械の1/7程度の水量で壁面清掃を行うことが可能となった。

また、省水化による給水回数の低減と、無給水での施工延長の延伸も図っている。

## 5. まとめ

小幅トンネル清掃車の開発において、設計検討および要素試験結果から以下のとおり実現できた。

作業速度は現地清掃試験の結果から 2 km/h を上回る速度では、前方と壁面を同時に確認しながらの運転操作はオペレーターへの負担となり危険を伴うため、2 km/h を最大値とすることが得策であると判断した。

表 2 は現地清掃試験の結果からトンネル清掃 1 km 当たりの時間を算出したものであるが、現有機械が洗浄と清掃で合計 3 回走行を行うのに対し、試作機は洗浄と清掃を併せて 1 回の走行（洗剤の無使用により効率化）で完了することから作業効率の向上を図ることができると考える。

## 6. おわりに

小幅トンネル清掃車の開発に関して、当初目標のとおり、車幅 1 m の自走式清掃機械の開発および省水化、環境への配慮についておおむね良好な成果が得られた。また、現有機械に比べ作業効率が向上し、コスト縮減が期待できるものと考えられる。

表 1 トンネル清掃 1 km 当たりの水の使用量比較

現有トンネル清掃車（標準歩掛）	3,000L
小幅トンネル清掃車（試作機）	420L

表 2 トンネル清掃 1 km 当たりの清掃時間比較  
現有トンネル清掃車（標準歩掛）

	速度	時間/回	回数	時間
洗浄	3.3km/h	0.3h	2	0.6h
清掃	1.7km/h	0.6h	1	0.6h
給水		0.3h	1	0.3h
合計				1.5h

小幅トンネル清掃車（試作機）

	速度	時間/回	回数	時間
洗浄 清掃 給水	2 km/h	0.5h	1	0.5h
合計				0.5h

今後は、実現場への導入を図り、清掃実績データの収集、現場適用性の向上のための調査を実施する予定である。

## 技術の視点

### 開発のコンセプト

- ・ 清掃コスト縮減、交通規制による渋滞の削減を目的とした車体構造、清掃装置構造および機構の検討。
- ・ 環境低負荷（排出ガス、清掃排水）に関する検討。

### 開発で苦労した点

- ・ 要素試験では三つの要素（清掃速度、ブラシ回転速度、使用水量）の最適化を検討してきたが、トンネルによって壁面の汚れ量が異なり三つの要素がバランスしない事象が発生し、汚れ具合や壁面の材質によって個々の設定を変えなければならなかった（主に清掃速度と使用水量）。
- ・ 目標とするサイズに装置すべてを収めると同時に車体重心を極力下げるための機器配置および水槽容量の確保が困難であった。

国土交通省中国技術事務所 機械課長 山根圭太郎  
 （元）専門員 川西範幸  
 （現：広島国道事務所 機械課 計画係長）