トンネル建設現場における簡易粉じん濃度測定器の適用

山口大学大学院　学生会員　○掛谷　幸士朗
山口大学大学院　正会員　林　久資
山口大学大学院　フェロー会員　進士　正人

1. はじめに

山岳トンネル建設現場では，発破や機械掘削および吹付けコンクリート作業等で坑内に浮遊粉じんが発生する．浮遊粉じんは作業効率の低下を招くとともに，肺機能障害の原因のひとつと言われている．そのため，トンネル建設時の粉じんの飛散を低減する坑内換気が重要視されており，換気効果を確認する定期的な粉じん濃度測定が義務化されている[1)]．通常，濃度測定にはデジタル粉じん計が用いられるが，近年，施工方法や換気方式の変化により粉じんの発生・飛散状態が多様化していることから，トンネル坑内の粉じんの飛散状況を坑内全域で把握する必要性が提言されている[2)]．しかし，現状の粉じん測定器であるデジタル粉じん計は高価であり，かつ大型であることから複数機による同時多点測定や作業者が携帯して随時坑内の換気状況を簡便に把握するといった計測システムは現状では見られない．

本研究では，空気清浄機のセンサを応用し光散乱方式を測定原理とした簡易粉じん濃度測定器（以下，「簡易測定器」と称す）を製作し，トンネル坑内の粉じん濃度測定の可能性を検討する．そのために，デジタル粉じん計との比較実験を行い，簡易測定器をトンネル坑内の粉じん濃度測定に適用できるかについて検討した．

2. トンネル粉じん測定のための簡易測定器の改良

2.1　トンネル坑内粉じん濃度への測定器の適応

適用にあたり，簡易測定器はきわめて感度が高く，トンネル坑内の粉じん濃度目標レベル[3)]の3mg/m³まで測定ができないことが分かった．そこで，簡易測定器の電気回路を改良し，22kΩの抵抗を回路に追加することで，測定器の発光部から照射される赤外発光ダイオードの光量を低下させ，測定器の感度を下げることができることを見つけた．反応感度を下げることで，3mg/m³の測定を可能にし，出力される電圧値を対応する粉じん濃度に換算した．

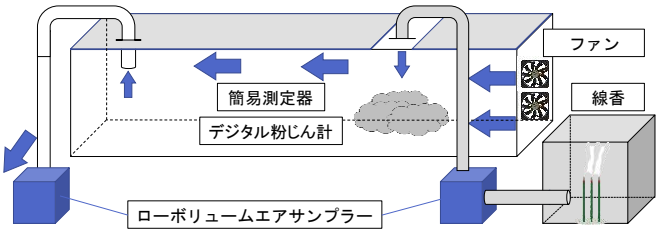

図-1　線香を用いた実験装置

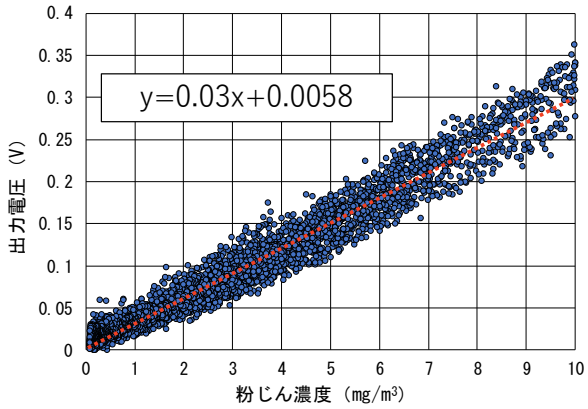

図-2　出力電圧と粉じん濃度の関係

2.2　改良した測定器の校正

出力される電圧を粉じん濃度に換算するために，センサから出力される電圧と粉じん濃度を関係付ける校正を実施した．校正は**図-1**に示す実験装置で行い，模擬粉じんには線香を用いた．**図-2**に測定器から出力される電圧とデジタル粉じん計で得られた粉じん濃度の関係図を示す．この校正より得られた近似式を用いて，粉じん濃度を算定する式(1)を求めた．

$$y = 0.03x + 0.0058 \cdots\cdots (1)$$

y：出力電圧（V）

x：粉じん濃度（mg/m³）とする．

式（1）を用いることによって，簡易測定器から得られる出力電圧より粉じん濃度を導出することができた．

キーワード　トンネル，粉じん，簡易粉じん濃度測定器
連絡先　〒755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科　進士研究室　TEL0836-85-9332

3. 粉じん測定比較実験の概要

ここでは，測定器2機を同一環境下に設置し，模擬粉じんを発生させ，測定値を比較する．実験には模擬粉じんとして線香およびセメントを用いた実験を行たが，本報告では線香の実験装置のみ示す（**図-1**）．

4. 比較実験結果と考察

実験結果を縦軸に粉じん濃度，横軸に測定時間として整理し，**図-3**に線香，**図-4**にセメントを用いた場合の結果を示す．両図とも粉じんを発生させた直後から粉じん濃度が増加し，徐々に減少していく傾向が見られる．また，適用範囲である3mg/m³以上の値を取得できており，簡易測定器でも3mg/m³を超えるか否かの測定が可能であることがわかる．さらにデジタル粉じん計とほぼ同様の反応を簡易測定器がすることが確認できた．**図-5**に線香，**図-6**にセメントを用いた場合の簡易測定器とデジタル粉じん計の粉じん濃度の相関図を示す．どちらも高い相関があり，線香を用いた場合の相関係数は0.97，セメントを用いた場合の相関係数は0.99となった．また，両測定器の平均絶対誤差も，評価値の3mg/m³に対して10%程度の誤差であることも分かった．これらより，簡易測定器は，従来の粉じん濃度測定器であるデジタル粉じん計とほぼ同様に測定が行えることが確認できた．以上より，簡易測定器によってトンネル坑内での粉じん濃度測定を行うことは十分可能であるといえる．

5. まとめ

抵抗を回路に追加し，照射光の光量を低下させ，感度を下げることで簡易測定器がデジタル粉じん計とほぼ同等な測定が行えることが分かった．今後は，簡易測定器をトンネル建設現場に導入し比較実験を行う予定である．そのため，さらなる精度向上や耐久性について検討する必要がある．また，簡易測定器を用いたトンネル坑内での全域測定等，用途についても検討したい

参考文献

1) 建設労働災害防止協会：ずい道等建設工事におけるガイドライン，pp.8-14，2008.

2) 労働安全衛生総合研究所：「トンネル建設工事の切羽付近における粉じん濃度測定に関する研究」報告書，p.1，2018.

3) 建設労働災害防止協会：新版 ずい道等建設工事における換気技術指針，pp.7-10，2012.

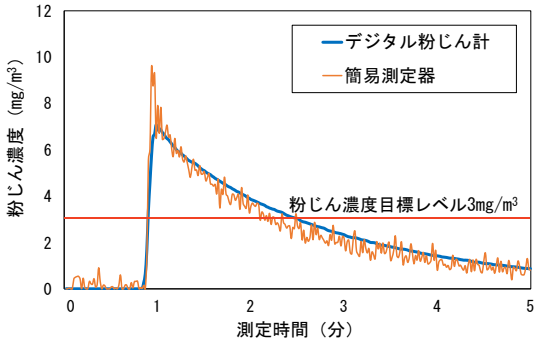

図-3　線香を用いた場合の測定値の時間経過

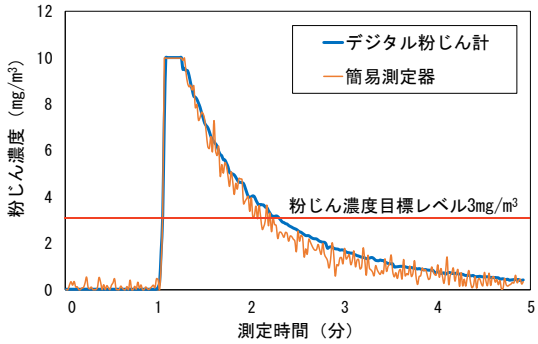

図-4　セメントを用いた場合の測定値の時間経過

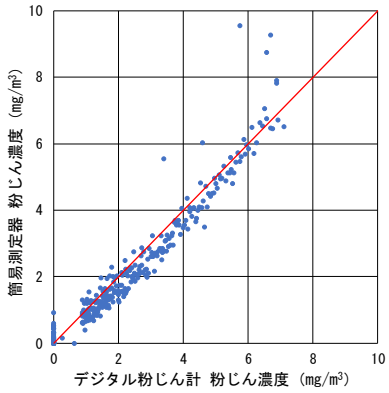

図-5　線香を用いた場合の相関図

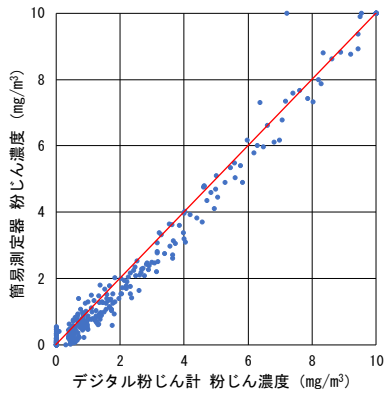

図-6　セメントを用いた場合の相関図