

平成 29 年 4 月 25 日

トンネル建設工事の切羽付近における粉じん濃度測定の方法について

文責 明星敏彦

1) 粉じん濃度の測定方法に関するこれまでの検討状況

当委員会で今後実施する調査の方針を決めるにあたり、これまでの調査研究の状況を以下にまとめた。行政からの委託事業として過去に実施された調査で得られた結果もあるので、それを有効に活用しつつ議論を進めるのが良いと考える。

表 1 調査検討された測定方法

測定手法	建災防 委託調 査H10 -12	日測協 委託調 査H21 -22	本検討会
地下工事における粉じん測定の指針 (建災防指針)	実施	—	
作業者の個人曝露の測定	実施	実施	
トンネル内での広い領域での粉じん測 定(厚労省ガイドラインなど)	実施	実施	
5-25m点での連続測定	15m点 は有	—	
重機運転席での連続測定	—	—	

— : 未着手

建災防委託：労働省委託事業 平成 10 年から 12 年 建設業労働災害防止協会

日測協委託：厚生労働省委託事業 平成 20 年、21 年 (社) 日本作業環境測定協会

① 5 から 25 m 点での A 測定に準じた粉じん濃度計測 (建災防指針) や作業者の個人曝露の測定についてはすでに実施報告されている。その結果についてまず検討する。本委員会において昨年度に一部は検討済みである。

② 5 から 25 m 点 (建災防の 6 点) での連続測定は未実施である。現場の作業内容の記録は必要であるが、複数の粉じん計を準備すれば測定者が測定点にいる必要はない。建災防による調査 (平成 11 年 12 年) では 15 m から 50 m までの 3 点で同時連続測定を当時の新しい粉じん計 (LD-2 の原型) で行っている。その結果の抜粋を後に示す。測定結果の上に該当する作業を表示しており、それぞれの作業での粉じん濃度がわかる。

③ 重機運転席での連続測定は未着手である。これはオペレータの曝露に近いと考えられ、作業者の負担も少ない方法と考えられ調査検討に値する。その場合も作業ごとに重機が異なるので複数の粉じん計を該当する重機に設置し、また重機の稼働状況をモニターする必要がある。

本委員会のトンネル内粉じん計測としては、②と③の調査に注力することが適当であると考える。

2) 粉じん計

表2に各種の粉じん計のリストを示した。リストでは、粉じん計がメーカーと年代等でまとめられている。粉じん計は平成12年ころからデータを記録できる機構（データロガー）が付加されており、連続測定が可能で粉じん濃度の時間変化を得ることができる。

その後も粉じん計のモデルチェンジは続いており、今後、使用が検討される機種として、リストの最後にある柴田科学㈱のLD-5RやLD-5D、個人曝露測定用のLD-6Nが挙げられる。(写真添付)しかしながらこの型の粉じん計は入口に明確な吸入性粉じん分粒装置がなく、高濃度の環境では、大粒子の迷光などでK値の安定性（測定場所によって値が異なるなど）に問題を起こすことを心配する。一方、併行測定でのフィルタによる質量濃度測定は吸入性粉じん分粒装置を用いているため大粒子の影響は少ない。

現在、LD-5RのためのPM2.5の分粒装置（サイクロン）はオプションとして入手できるので吸入性粉じん用に別途作成して装着すれば、ある程度の時間連続して測定することが可能と思われる。また外国製のサイクロンであればLD-5Rの吸引流量（1.7L/min）に対応する吸入性粉じん用サイクロンは既に販売されている。

吸入性粉じん用サイクロンを装着した粉じん計を使用することを検討したい。

表2 各種粉じん計の一覧

作業環境測定ガイドブック 鉱物性粉じん・石綿（平成24年版）

表II.2 作業環境測定に使用可能な各種粉じん計

形式	販売期間 (年～年)	感度 1CPM当たり (mg/m ³)	測定範囲 (mg/m ³)	精度 (%)	検出部	光源	電源	測定値の表示方法	本体重量 [kg]	備考
P-5 H	1978～1980	0.001	0.001～10	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
P-5 L	1978～1980	0.01	0.01～100	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
P-5 H ₂	1980～1995	0.001	0.001～10	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
P-5 L ₂	1980～1995	0.01	0.01～100	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
P-5 H ₃	1995～2004	0.001	0.001～10	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
P-5 L ₃	1995～2004	0.01	0.01～100	±10	光電子増倍管	白色光	単2乾電池9本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	3.4	タイマー
PCD-1	1986～2000	0.001	0.001～ 9,999	±10	光電子増倍管	白色光	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 カウント、瞬時値 (cpm)	3.6	タイマー データロガ機能
LD-1 H	1989～2001	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	単3乾電池8本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	1.5	タイマー
LD-1 L	1989～2001	0.01	0.01～100	±10	フォトダイオード	レーザー光	単3乾電池8本 ACアダプター	液晶、レートメータ カウント、瞬時値 (cpm)	1.5	タイマー
LD-3 K	2000～2004	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	単3乾電池8本 ACアダプター	液晶、濃度バー表示可 カウント、瞬時値 (cpm)	1.5	タイマー データロガ機能
LD-3K2	2004～	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	単3乾電池8本 ACアダプター	液晶、濃度バー表示可 カウント、瞬時値 (cpm)	1.5	タイマー データロガ機能
LD-2	2003～	0.001	0.001～100	±10	フォトダイオード	レーザー光	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 瞬時値、平均値 (mg/m ³)	0.75	タイマー データロガ機能
3511	1982～2005	0.02	0.02～10	±10	圧電結晶振動素子	—	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 瞬時値、平均値 (mg/m ³)	約4	タイマー
3411	1983～2004	0.01	0.01～99.99	±10	フォトダイオード	白色光	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 カウント、瞬時値 (cpm)	約3	タイマー
3423	1995～	0.001	0.001～4	±10	フォトダイオード	レーザー光	単2乾電池6本 ACアダプター	カウント、瞬時値 (cpm) 相対質量濃度換算値 (mg/m ³)	約2	タイマー
3442	2009～	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	リチウムイオン電池 ACアダプター	液晶、 カウント (cpm) 相対質量濃度換算値 (mg/m ³)	1.3	タイマー データロガ機能 通信機能
3451	1998～2005	0.01	0.001～100	±10	フォトダイオード	レーザー光	乾電池 ACアダプター	液晶、 瞬時値、平均値 (mg/m ³)	1.5	タイマー データロガ機能
3521	2005～	0.01	0.01～5	±10	圧電結晶振動素子	—	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 瞬時値、平均値 (mg/m ³)	1.75	タイマー データロガ機能
PDS-2	2003～	0.001	0.001～100	±10	フォトダイオード	レーザー光	ニッケル水素電池 ACアダプター	液晶、 瞬時値、平均値 (mg/m ³)	0.8	タイマー データロガ機能
LD-5 D	2004～	0.001	0.001～100	±10	フォトダイオード	レーザー光	単2乾電池8本 ACアダプター	液晶、 濃度バー表示可能 カウント、瞬時値 (cpm)	2.88	タイマー データロガ機能
LD-5	2006～	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	単3乾電池8本 ACアダプター	液晶、 濃度バー表示可能 カウント、瞬時値 (cpm)	1.7	タイマー データロガ機能
LD-6 N	2009～	0.001	0.001～10	±10	フォトダイオード	レーザー光	NI水素電池 ACアダプター	液晶、 カウント、瞬時値 (cpm)	0.7	

50 II 1001 空気中の土石、岩石、鉱物、生塵または灰塵の粉じんの濃度の測定

最近の粉じん計の例



粉じん計 柴田科学 LD-5R PM2.5サイクロンの有(上)無(下)



個人曝露測定用粉じん計 柴田科学 LD6N

現状では粉じん計の吸引ポンプの力が弱くサイクロンの装着は難しい。または別途吸引ポンプを準備して併行測定も同時に行う方法もある。

以下は建災防委託：労働省委託事業 平成 11 年建設業労働災害防止協会中間報告書から抜粋より詳細はH12 報告書にあり。

H11 建災防 中間報告書

2. 調査結果

本年度は、委員会で提案した測定方法を確認するため、3 現場について実地調査を行ったが、次年度も引き続き、同一測定方法による実地調査を行い収集を行う必要がある。

調査結果については、全ての実地調査が終了した時点で、詳細にデータ整理を行い、最終報告書においてまとめることとするので、本報告書では、3 現場の粉じん濃度測定結果のみ掲載する。

また、次年度では実地調査結果を踏まえ、さらにトンネル施工技術の進展に伴う粉じん発生態様の多様化に対応する換気技術について検討することとしている。

トンネル内粉じん濃度測定結果

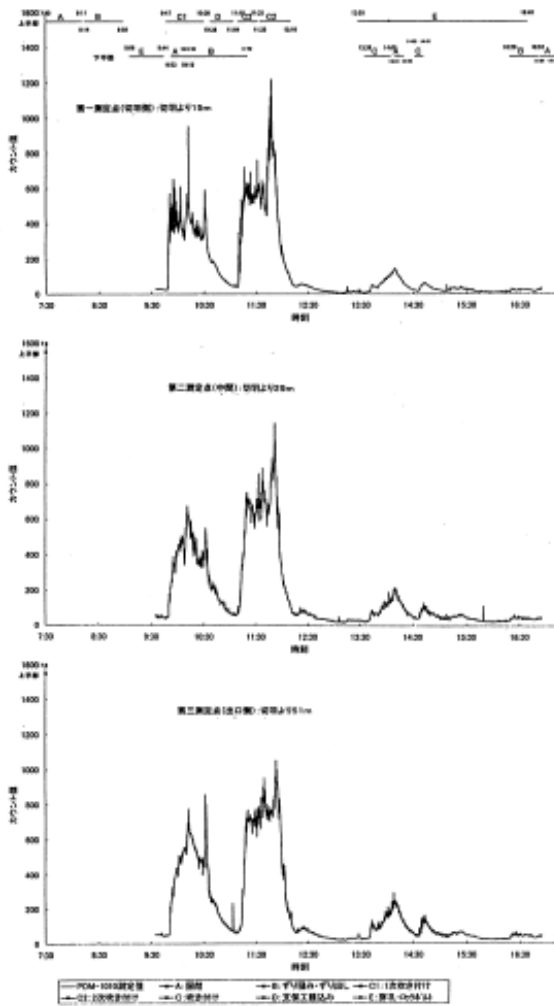
(単位：mg/m³)

作業区分	測定点	トンネル			
		A	B	C	
掘削	①-①	1.3	0.8	—	
	㍷ 1	—	0.6	—	
	㍷ 2	—	0.9	—	
	㍷ 3	—	0.9	—	
ザリ積み ザリ出し	①-①	2.4	0.5	1.6	
	㍷ 1	—	1.5	1.1	
	㍷ 2	—	1.9	2.3	
	㍷ 3	—	1.8	1.8	
支保工 建て込み	①-①	—	—	0.5	
	㍷ 1	5.6	—	0.9	
	㍷ 2	7.3	—	2.5	
	㍷ 3	8.2	—	1.7	
吹き付け	①-①	9.8	15.8	3.3	6.4
	㍷ 1	10.5	13.8	4.2	5.9
	㍷ 2	10.8	14.4	5.3	7.5
	㍷ 3	12.3	14.8	4.4	7.2
ロック ボルト	①-①	0.8	0.5	0.7	
	㍷ 1	0.7	0.6	0.4	
	㍷ 2	1.3	1.0	1.0	
	㍷ 3	1.5	0.9	0.7	
穿孔・ 装薬	①-①	—	—	0.4	
	㍷ 1	—	—	0.5	
	㍷ 2	—	—	2.1	
	㍷ 3	—	—	1.3	

①-①：掘削機前部付近の測定点

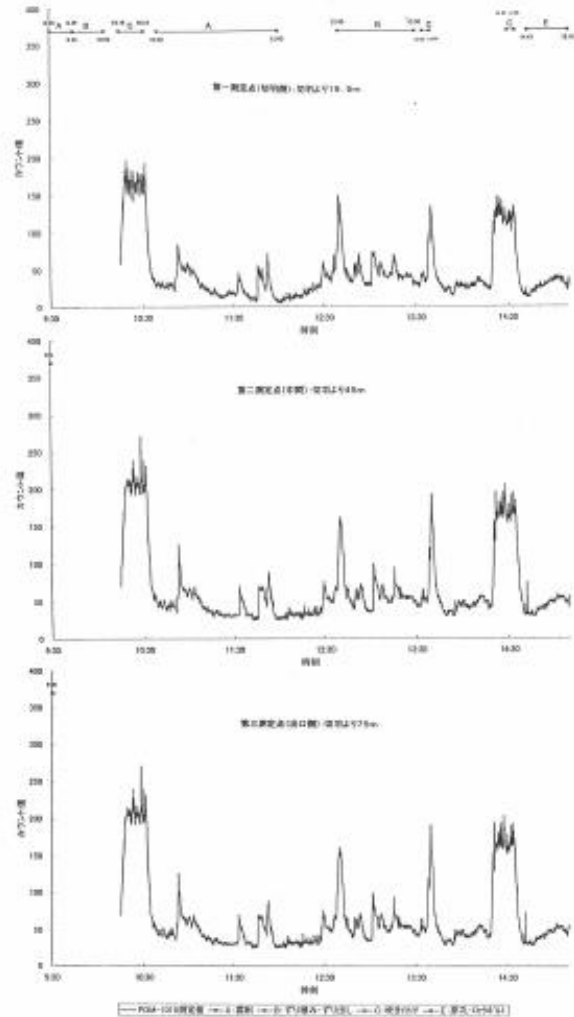
㍷ 1、㍷ 2、㍷ 3：PDMC13の測定点

Aトンネル連続測定結果



- 15 -

Bトンネル連続測定結果



- 16 -

— PDM-1010測定値	— A:掘削	— B:ずり積み・ずり出し	— C1:1次吹き付け
— C2:2次吹き付け	— C:吹き付け	— D:支保工撤込み	— E:穿孔・ロックボルト

左のAトンネル、上から切羽より15m、29m、51m 濃度の高い時間帯はコンクリート吹付け
 右のBトンネル、上から切羽より19m、45m、75m 同上、途中のピークはずり出し作業