

トンネル建設工事における粉じん濃度、換気能力等に係る
アンケート調査の分析結果

令和2年1月

厚生労働省労働基準局安全衛生部
化学物質対策課環境改善室

目次

1. 調査概要	
(1) 調査目的	1
(2) 調査対象	1
(3) 調査期間	1
(4) 回答数	1
2. 集計分析方法	1
3. 調査の結果概要 (A 票)	1
4. 調査の結果概要 (B 票)	1
5. 調査の結果 (A 票)	3
(1) 粉じん発生源対策	3
(2) 呼吸用保護具	4
(3) 粉じん濃度目標レベル	4
6. 調査の結果 (B 票)	5
(1) トンネル概要	5
(2) 工事概要	6
(3) 粉じん発生源対策	7
(4) 換気計画	9
(5) 換気量	9
(6) 集じん機	10
(7) 粉じん濃度測定	12
(8) 呼吸用保護具	14
(9) 清掃作業日について	16
(10) 粉じん濃度目標	16
(11) 自由意見 (換気関係の効果や問題点等)	18
7. 参考	
(1) 調査票 A (本社用)	19
(2) 調査票 B (作業所、現場事務所)	22

1. 調査概要

(1) 調査目的

このアンケートは、「トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討会」において、「粉じん濃度目標レベル」を実現可能な範囲でできるだけ低い値とするための検討を行うにあたって、現状のトンネル建設工事における粉じん濃度、換気装置の能力や低粉じん吹付剤等の取り入れ状況等を調査したものである。

(2) 調査対象

トンネル建設工事を請け負っている元請け事業場（28社）及び、当該事業場が実施又は直前まで実施していた現場（1社につき3現場※）についてアンケート調査を依頼。

※各社3現場を抽出して各現場ごとに回答を依頼した。施工中の現場が3現場以下の場合はずべてを選び、3現場を超える場合は、大断面トンネル（40㎡以上）、中小断面トンネル（40㎡未満）を最低1現場ずつ選び（中小断面がない場合は、大断面のみで3現場）。また、原則としてトンネル延長が長いものをから順番に選んだ。

(3) 調査期間

令和元年9月～10月

(4) 回答数

本社には別添A票、施工現場には別添B票を送付し、アンケート調査を実施。それぞれの回収率は、A票100%（28社）、B票78.6%（66現場）

2. 集計・分析方法

提出のあった全ての事業場A票（本社28事業場）、B票（施工現場66事業場）について、主な事項を集計・分析したものである。

なお、自由記載の集計にあたっては回答結果を分類して集計している。

3. 調査の結果概要（A票）

- 粉じん発生源対策については、現場の判断に任せられている割合が高く（96.2%、図1）、コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策としては、吹き付け材料の改良等による対策及び集じん技術による対策がとられている割合が高い（54%～83%、図2）。また、粉じん低減対策を採用しない理由としてはコストの問題をあげる割合が高い（33%～75%、図4）。
- 呼吸用保護具の選定については現場の判断に任せられている割合が高く（92.5%、図5）、フィルタの捕集効率の等級（38.1%）、重量や使いやすさ（33.3%）を重視する傾向が高い（図6）。
- 粉じん濃度目標レベルについては、「引き下げ可能」、「引き下げ不可能」が同数であった（図7）。また、引き下げ可能な粉じん濃度の範囲は、1.5～2.5mgで7割に達した（図8）。引き下げ不可能な理由としては、「技術的な面」と「各現場で状況が異なるため」が7割に達した。（図9）

4. 調査の結果概要（B票）

- 調査の対象となったトンネル工事の目的については「道路」、受注形態としては「JV」が6割を占めた（図10、図11）。

- 工事の概要については、トンネル掘削延長が1 kmから3 kmが55%を占め（図12）、大断面トンネル（40 m²以上）が90%を占めた（図13）。また、掘削方式は発破が6割（図14）、掘削工法は導坑先進工法が7割を占め（図15）、支保方式は吹付けを使用しない現場が多い（96%、図16）。ずり出し方式はタイヤ方式が57.4%を占め（図17）、施工先の主な地質は中硬岩（48%）、軟岩（39.0%）が9割を占めた。（図18）
- 粉じん発生源対策については、作業所自らが粉じん発生源対策について選定している割合が高く（98.5%、図19）、コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策としては、吹き付け材料の改良等による対策（3%～41%）及び集じん技術による対策（18%～47%）がとられているが、本社調査と比較して3割程度低い（図20）。また、粉じん低減対策を採用しない理由としてはコストの問題をあげる割合が高い（23%～40%、図22）
- 換気計画については、粉じん目標値を3 mg/m³と定めている現場が97%を占め（図24）、「ずい道等建設工事における換気技術指針」（建災防）に基づき（図23）、坑内風速や内燃機関に配慮して換気計画を定めている割合が高い（63%、図27）。また、採用されている換気方式としては、吸引捕集方式（51.5%）が最も多い（図26）。
- 換気量については1,000～2,000（m³/分）が最も多かった（30%、図28）。拡散希釈方式における風管先端位置（切羽からの離れ）は30m以上60m未満（90%、図30）、吸引捕集方式におけるファン設置位置は30m以上50m未満（28.6%、図31）が多かった。また、伸縮・移動風管については、未使用が53.1%であった（図32）。
- 集じん機については、フィルター集塵機の使用が7割を占め（図33）、集じん機の容量は2,000～2,500（m³/分）が6割を占めた（図34）。また、設置場所については切羽から50≦～<100（m）が全体の5割を占め（図35）、出口清浄度（集じん機の出口の粉じん濃度）は0.1≦～<0.5（mg/m³）が5割を占めている（図36）。
- 粉じん濃度測定については、ガイドラインどおり切羽から50mの位置での3点測定が9割を占め（図38）、ガイドラインで掲げるK値が73%で使用されている（表4）。また、測定結果は2.0mg/m³前後であったとする現場が最多となり、2.0mg/m³以下が5割を占めた（図48）。測定濃度が目標値を上回った場合に対策を実施している作業所は6割に留まった（図49）。
- 呼吸用保護具については、ほとんどの現場が呼吸用保護具を自ら選定するか選定に参与している（図50）。選定にあたっては、重量・使いやすさ（49.5%）、フィルタの捕集効率の等級（23.2%）を重視する傾向が高く、価格の重視は14%に過ぎない（図51）。
- 清掃作業日については、9割以上の作業所が週1回又は月に1回以上清掃を実施しており（図57）、また、7割の作業所が清掃を一斉に実施している（図58）。
- 粉じん濃度目標レベルについては、6割の現場が「引き下げ不可能」と回答（図59）。引き下げ可能な粉じん濃度は、1.5～2.5mgで8割に達した（図60）。また、引き下げが困難な理由としては、「技術的な面」をあげる作業所が多く（36.6%）、続いて小断面トンネルのため（24.4%）となっている（図61）。

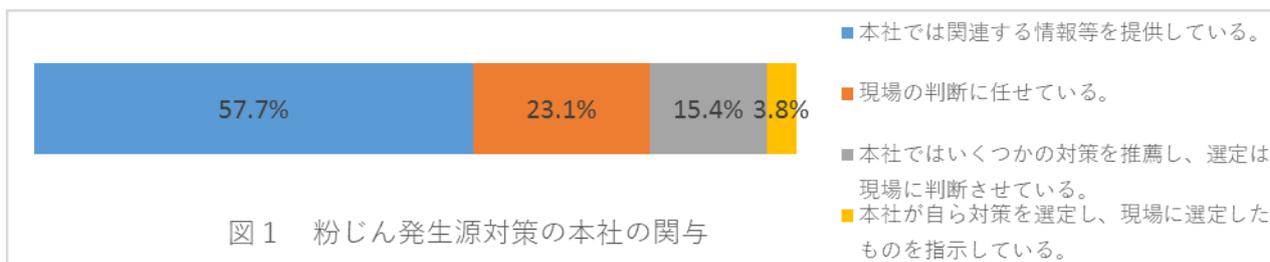
5. 調査の結果 (A 票)

(1) 粉じん発生源対策

現場の判断に任せられている割合が高く (96.2%)、コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策としては、吹き付け材料の改良等による対策及び集じん技術による対策がとられている割合が高い (54%~83%)。また、粉じん低減対策を採用しない理由としてはコストの問題をあげる割合が高い (33%~75%)。

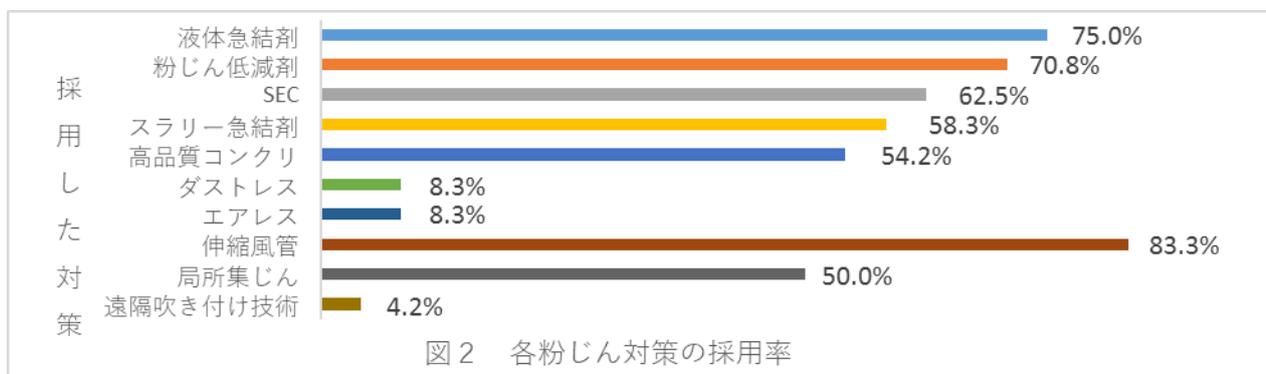
(a) 粉じん発生源対策の本社の関与

- 粉じん発生源対策について、本社の関与は情報の提供等にとどまり、本社自らが対策を選定する社は 3.8% にすぎない。



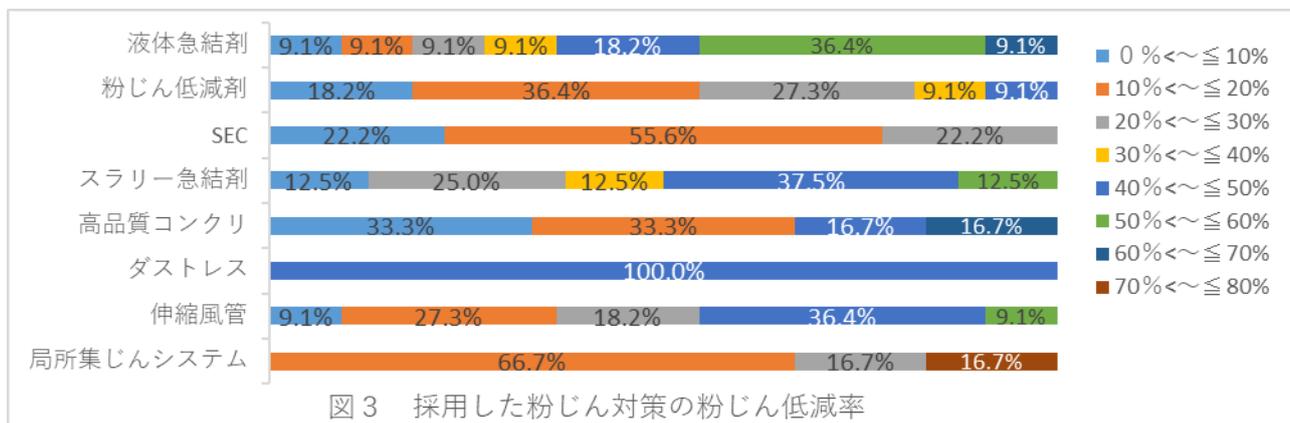
(b) コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策として採用している対策

- 液体急結剤が 75.0%、粉じん低減剤が 70.8% などコンクリート吹付剤への対策の採用率は 5 割を超えている。一方で、ダストレス、エアレス吹き付けの採用率はいずれも 8.3% にとどまる。換気設備の強化については、伸縮風管の採用率が 83.3%、局所集じん装置が 50.0% であった。



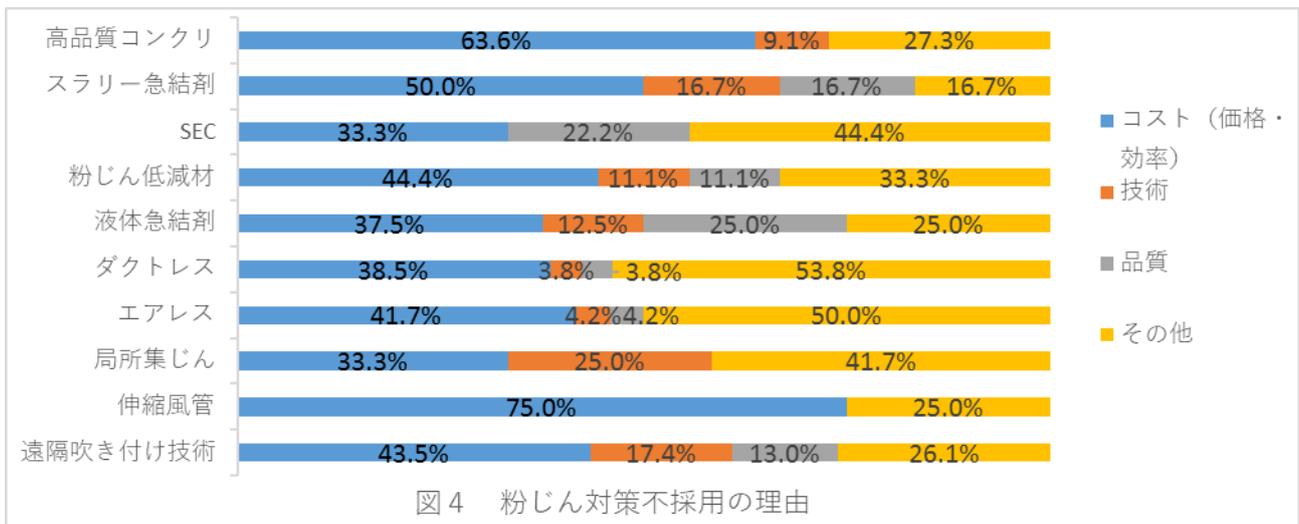
(c) 採用した粉じん対策の低減率

- 対策の効果は、対策によって異なるが、おおむね 8 割程度が 10% 以上の低減率となった。対策によっては、50% を超える低減率を達成したのものもあった。



(d) 粉じん対策不採用の理由

- 不採用の理由としては、コスト（価格・効率）が、（33%～75%）、技術的な課題（0%～25%）、品質（0%～25%）よりも割合が高かった。

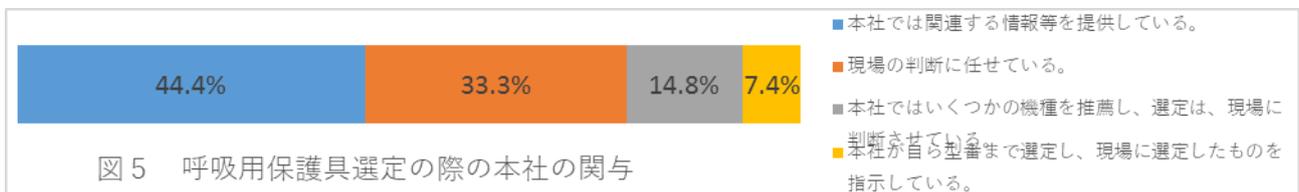


(2) 呼吸用保護具

選定については現場の判断に任せられている割合が高く（92.5%）、フィルタの捕集効率の等級（38.1%）、重量や使いやすさ（33.3%）を重視する傾向が高い。

(a) 呼吸用保護具選定の際の本社の関与

- 本社の関与は情報の提供等にとどまり、本社自らが選定する社は7.4%にすぎない。



(b) 保護具の選定にあたって重視している主な項目

- フィルタの捕集効率の等級（38.1%）、重量・使いやすさ（33.3%）を重視する傾向が高い。価格の重視は5%に過ぎない。



(3) 粉じん濃度目標レベルについて

「引き下げ可能」、「引き下げ不可能」が同数であった。また、引き下げ可能な粉じん濃度の範囲は、1.5～2.5mgで7割に達した。引き下げ不可能な理由としては、「技術的な面」と「各現場で状況が異なるため」が7割に達した。

(a)粉じん濃度の引き下げについて

- 可能、不可能が同数であった。



(b)引き下げが可能な粉じん濃度レベル

- 引き下げ可能なレベルは、1.5<~≦2.0mg/m³の範囲が43%で最も高かった。



(c)引き下げが困難な理由

- 「技術的な面」と「各現場で状況が異なるため」で7割に達した。



(d)引き下げが困難な主な理由

主な理由を項目ごとに以下に示す。

表1 粉じん濃度の引き下げが困難な理由（本社）	
1. 技術的な面	
・現状の資機材の能力では限界がある。	
・コンクリート及び吹付設備が現行の3mg/m ³ に対応しており、更なる技術開発が必要。	
2. 各現場で状況が異なるため	
・現場条件（断面、延長、坑内環境、吹付けコンクリートの性状等）により粉塵の発生量は異なる。	
3. 積算への反映など費用の面	
・物理的には引き下げは可能であると考えるが、資機材のコストアップやトンネル掘削サイクルダウンによるコストアップなどについて発注者の認識・対応（工期・工事価格）が必須。	

5 調査の結果（B票）

（1）トンネル概要

トンネル工事の目的については「道路」、受注形態としては「JV」が6割を占めた。

(a)工事の目的

- トンネル工事の目的については「道路」が6割を占めた。



(b)受注形態

- 受注の形態は「JV」が6割を占めた。

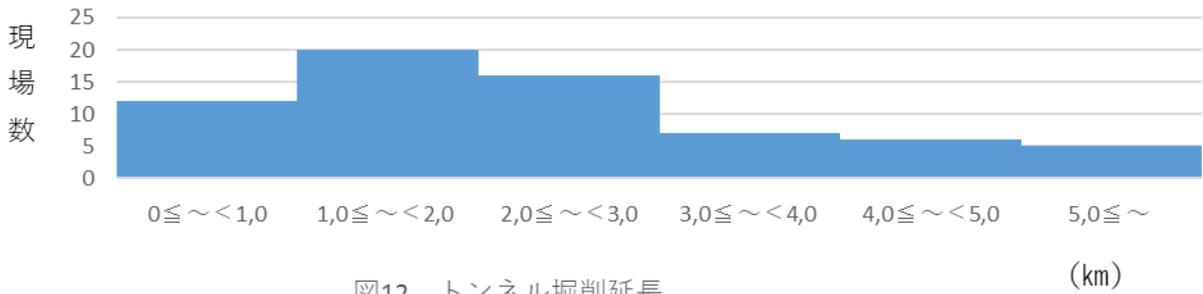


(2) 工事概要

トンネル掘削延長は1 kmから3 kmが55%を占め、大断面トンネル（40 m²以上）が90%を占めた。また、掘削方式は発破が6割、掘削工法は導坑先進工法が7割を占め、支保方式は吹付けを使用しない現場が多い（96%）。ずり出し方式はタイヤ方式が57.4%を占め、施工先の主な地質は中硬岩（48.%）、軟岩（39.0%）が9割を占めた。

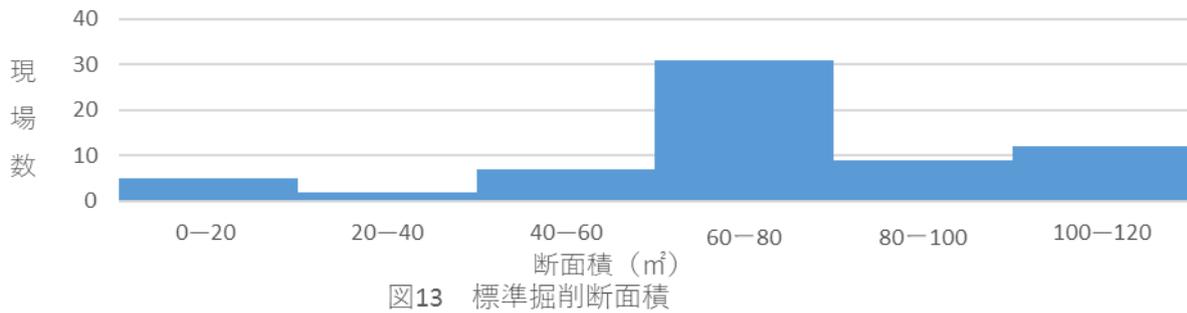
(a) トンネル掘削延長

- 1.0 km～3.0 kmが55%を占めた。



(b) 標準掘削断面積

- 大断面トンネル（40 m²以上）が90%であり、60～80 m²が最も多かった。



(c) 掘削方式

- 施工方法は発破が最も多く（62.7%）、機械（23.9%）、発破機械併用（13.4%）の順であった。



(d) 掘削工法

- 掘削工法は導坑先進工法が主であった。



(e) 支保方式

- 支保方式は吹付けを使用しない現場が大半を占めた。



(f) ずり出し方式

- ずり出しの方法としては、タイヤ方式が最も多く（57.4%）、連続ベルコン（35.3%）、レール方式（7.4%）の順であった。



(g) 主な地質

- 施工場所の主な地質は、中硬岩（48.0%）、軟岩（39.0%）の順であった。

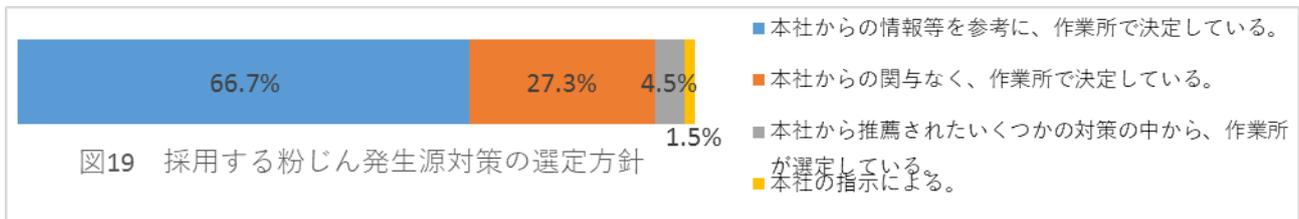


(3) 粉じん発生源対策

作業所自らが粉じん発生源対策について選定している割合が高く（98.5%）、コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策としては、吹き付け材料の改良等による対策（3%～41%）及び集じん技術による対策（18%～47%）がとられているが、本社調査と比較して3割程度低い。また、粉じん低減対策を採用しない理由としてはコストの問題をあげる割合が高い（23%～40%）。

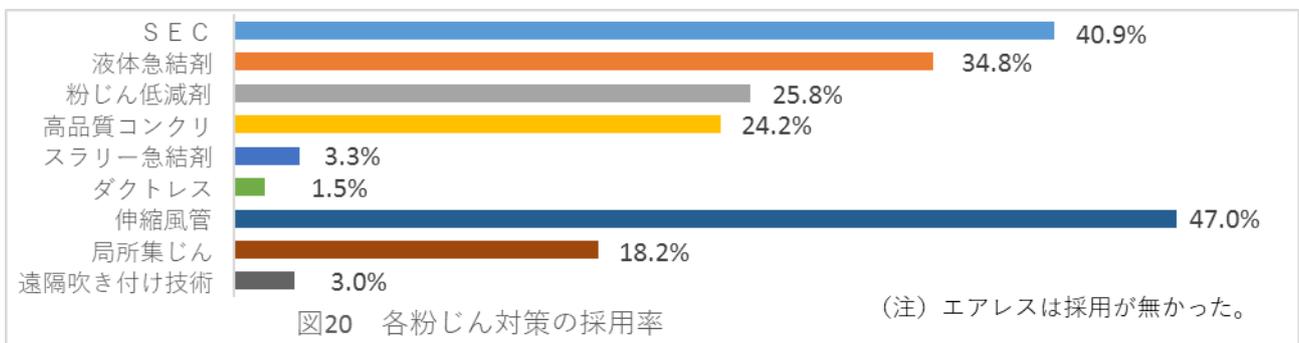
(a) 粉じん発生源対策の選定方針

- 本社からの情報等を参考に作業所で決定している割合が高い（66.7%）。



(b) コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策として採用している対策

- 各粉じん対策の採用率は、液体急結剤が34.8%、粉じん低減剤が25.8%など、コンクリートへの低粉じん化対策の採用率はいずれも本社調査と比較して3割程度低い。ダストレス（1.5%）の採用率も低かった。換気設備の強化については、伸縮風管の採用率が47%、局所集じん装置が18.2%であった。



(c)採用した粉じん対策の低減率

- 対策の効果は、対策によって異なるが、おおむね8割程度が10%以上の低減率となった。対策によっては、50%を超える低減率を達成したものもあった。

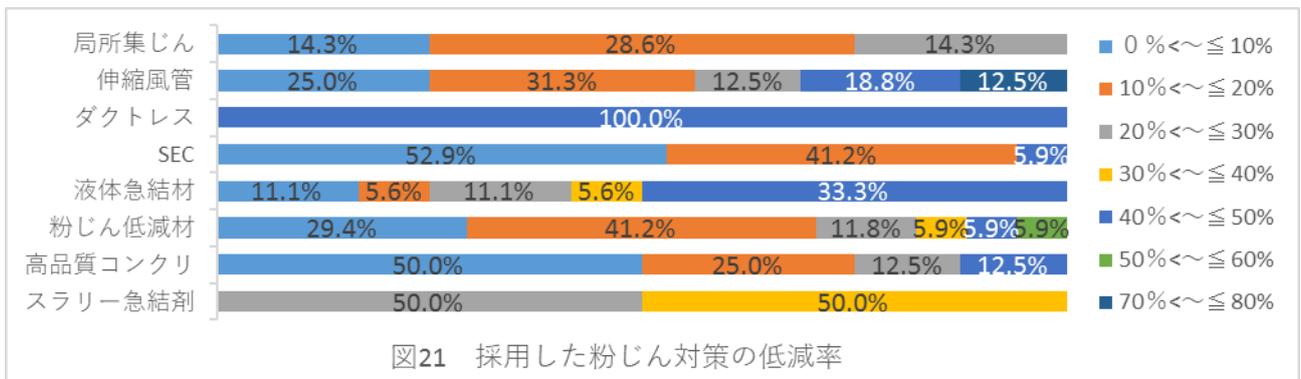


図21 採用した粉じん対策の低減率

(d)粉じん対策不採用の理由

- 不採用の理由としては、コスト（23%～40%）、技術（2%～20%）、品質（0%～8%）他の低減技術を利用（10%～49%）、その他（20%～35%）となっている。

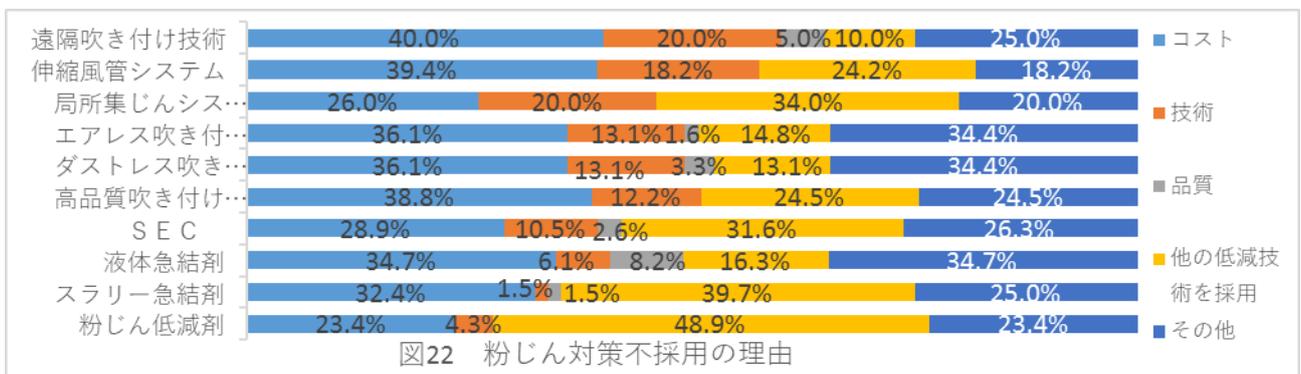


図22 粉じん対策不採用の理由

(4) 換気計画

粉じん目標値を 3 mg/m^3 と定めている現場が 97% を占め、「ずい道等建設工事における換気技術指針」（建災防）に基づき坑内風速や内燃機関に配慮して換気計画を定めている割合が高い（63%）。また、採用されている換気方式としては、吸引捕集方式（51.5%）が最も多い。

(a)換気計画策定の基準について

- 建災防の「ずい道等建設工事による換気技術指針」が 97% を占めた。



図23 換気計画策定の基準

(b)粉じん濃度の目標値

- 3 mg/m^3 が 96.6% を占めた。



図24 粉じん濃度の目標値

(c)目標値に基づく換気計画の基本方針を作成する主体

- 現場が97%を占めた。



(d)換気方式（建災防「ずい道等建設工事における換気技術指針による」

- 吸引捕集方式が51.5%と最も多く、希釈封じ込め方式が39.4%であった。



(e)吸引捕集方式を選択しなかった主な理由

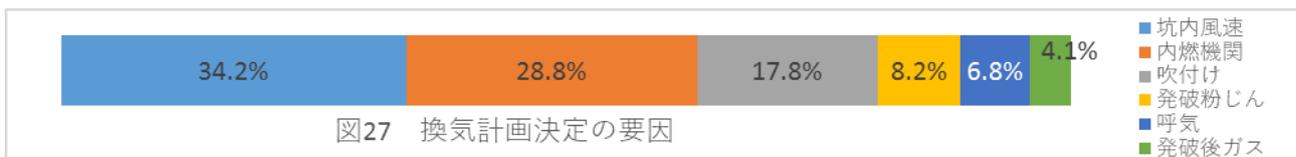
- 発注者の積算方式（設計）が吸引方式ではなかったが最多であった。

表2 吸引捕集方式を選択しなかった主な理由

発注者の積算方式（設計）が吸引捕集方式ではない	10現場
施工断面及び掘削延長などとの関係で吸引捕集方式に関する設備の設置が難しい	8現場
吸引捕集方式に関する設備の設置に伴い、坑内スペースが少なくなるため施工性が悪い	4現場

(f)換気計画の決定要因

- 坑内風速（34.2%）、内燃機関（28.8%）の順となっている。

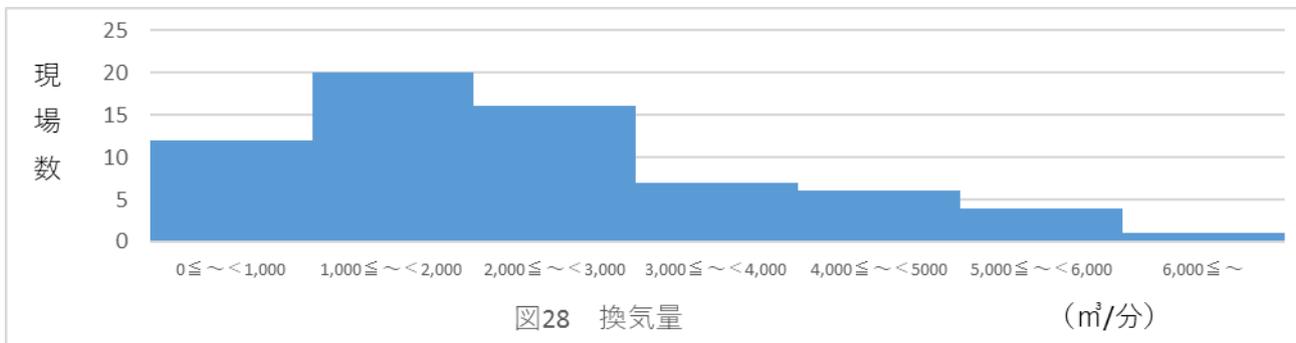


(5) 換気量

換気量については、1,000～2,000（m³/分）が最も多かった（30%）。拡散希釈方式における風管先端位置（切羽からの離れ）は30m以上60m未満（90%）、吸引捕集方式におけるファン設置位置は30m以上50m未満（28.6%）が多かった。また、伸縮・移動風管については、未使用が53.1%であった。

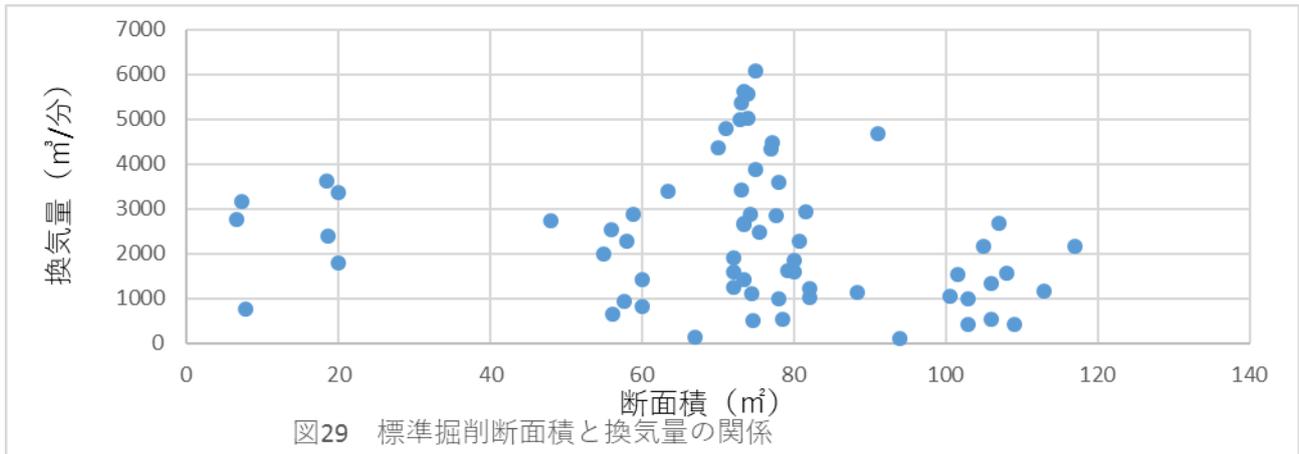
(a)換気量

- 1,000～2,000（m³/分）が全体の30%と最も多かった。



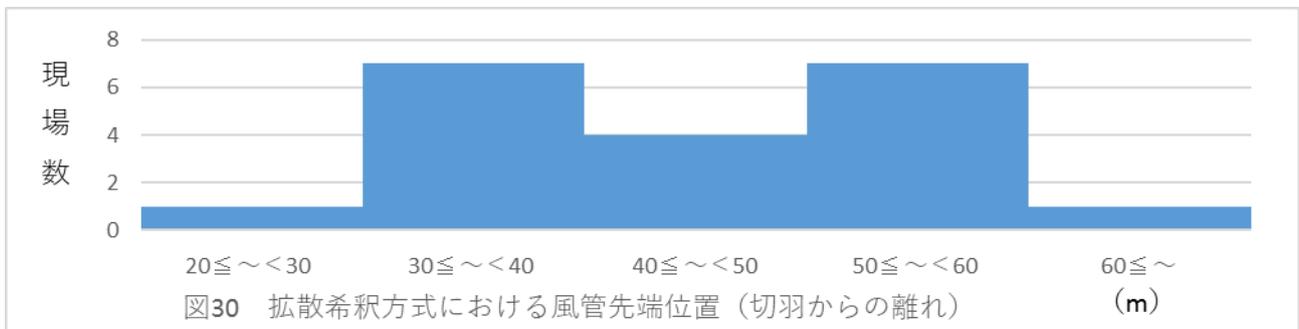
(b)標準掘削断面積と換気量の関係

- 換気量と断面積には明確な関連は見られなかった。



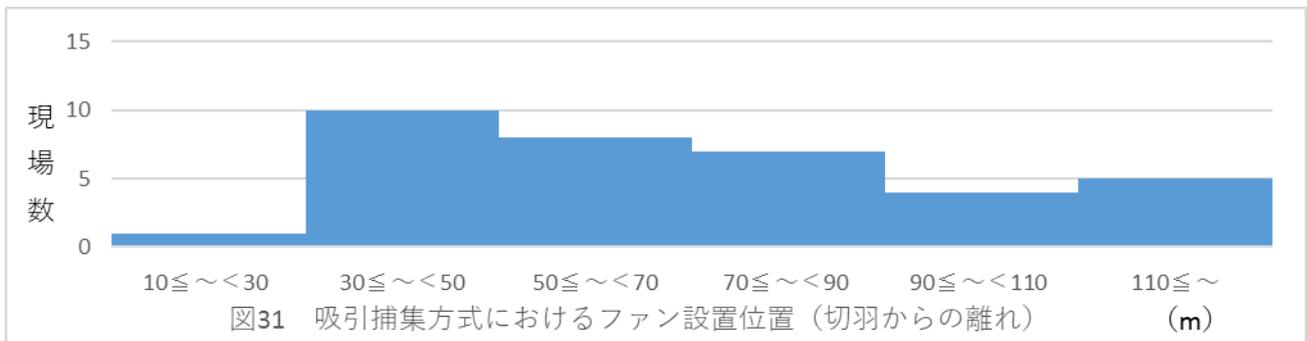
(c)拡散希釈方式における風管先端位置（切羽からの離れ）

- 30m以上 60m未満の場所に 90%が設置されている。



(d)吸引捕集方式におけるファン設置位置

- 30m以上 50m未満が最も多かった（28.6%）。



(e)伸縮・移動風管の使用について

- 未使用が 53.1%であった。



(6) 集じん機

フィルター集塵機の使用が7割を占め、集じん機の容量は2,000~2,500 (m³/分) が6割を占めた。また、設置場所については切羽から 50 ≤ ~ < 100 (m) が全体の5割を占め、出口清浄度（集じん機の出口の粉じん濃度）は 0.1 ≤ ~ < 0.5 (mg/m³) が5割を占めている。

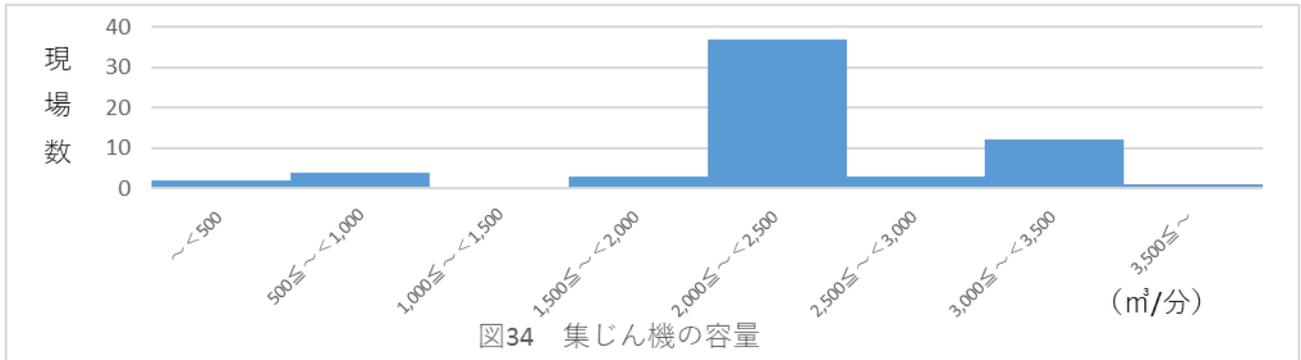
(a)集じん機の種別

- フィルター集塵機が7割を占めた。



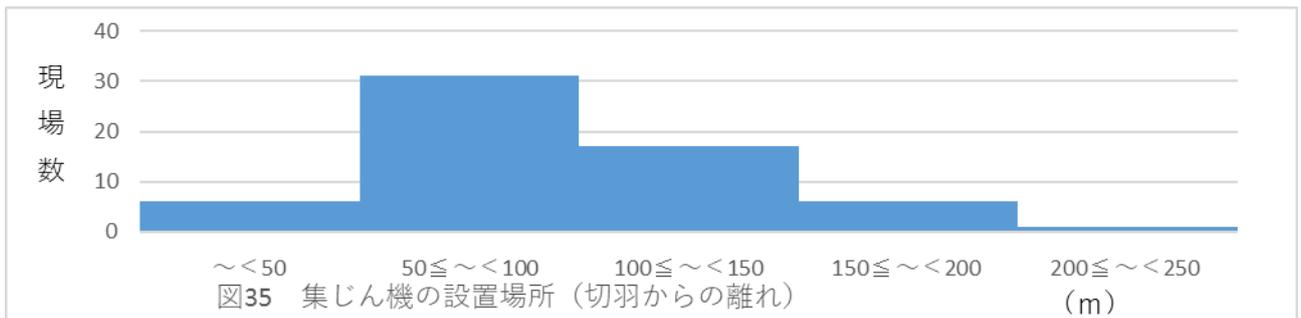
(b)集じん機の容量

- 2,000~2,500 (m³/分) が6割を占めた。



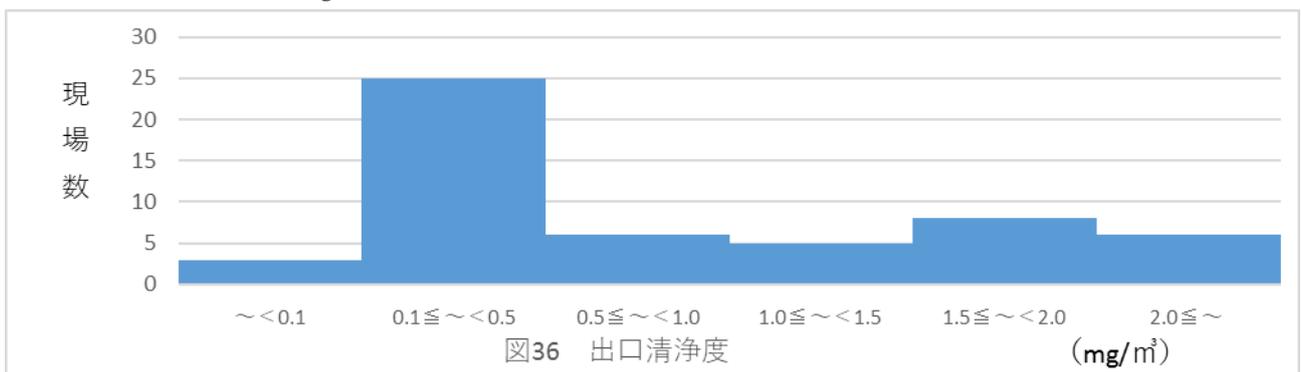
(c)集じん機の設置場所 (切羽からの離れ)

- 50 ≤ <100 (m) が全体の5割を占めた。



(d)出口清浄度 ※集じん機の出口の粉じん濃度。測定方法は通常の粉じん測定と同じ。

- 0.1 ≤ <0.5 (mg/m³) が5割を占めた。



(e)エアカーテン係数(Ke)

- Ke=1.2 が8割を占めた。



(7) 粉じん濃度測定

ガイドラインどおり切羽から 50m の位置での 3 点測定が 9 割を占め、ガイドラインで掲げる K 値が 73% で使用されている。また、測定結果は 2.0m g /m³前後であったとする現場が最多となり、2.0m g /m³以下が 5 割を占めた。測定濃度が目標値を上回った場合に対策を実施している作業所は 6 割に留まった。

(a)測定の基準

66 現場全てが行政通達「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」(平成 12 年 12 月 26 日付基発 768 号の 2) であった。

(b)測定位置 (切羽からの距離)

● 93.9%が現行のガイドラインどおり、切羽から 50m の地点で測定を実施。



(c)測定点の数

● ガイドラインどおり 3 箇所での測定が 97%を占めた。



(d)測定頻度 (〇日に一回)

● 15 日に 1 回が 84.6%を占めた。



(e)測定時間

● 10 分間又は 30 分間 (10 分間× 3 箇所) が 7 割を占めたが、1 分間などの回答も 6 %あった。



(f)測定時間帯の作業内容

●吹き付け作業時が 7 割を占めた。



(g)測定法

●相対濃度法が 96%を占めた。



(h)遊離けい酸含有率% (Q 値) の測定について

- 行ったことがない作業所が大半を占めた。



図44 遊離けい酸含有率 (%) (Q値)の測定

※Q 値測定時に掘削をしていた主要な岩石及び Q 値について

主要な岩石の種類	石英	石英
Q 値 (%)	3	13

(i)粉じん濃度測定 (相対濃度法) 時に使用する測定機器及び使用する質量濃度変換係数 (K 値)

- 73%が現行のガイドラインで掲げる K 値を使用している。

表4 粉じん濃度測定 (相対濃度法) 時に使用する測定機器及び使用する質量濃度変換係数 (K 値)

型式	ガイドラインどおりのK値 (現場数)	ガイドライン以外の値 (現場数)	備考 ガイドライン以外のK値
LD-3K2	29 【0.002 (mg/m ³ /cpm)】	9	・0.001 (6現場) ・0.001426 (1現場) ・0.003 (2現場)
LD-5R	7 【0.002 (mg/m ³ /cpm)】	4	・0.001 (4現場)
LD-3K	3 【0.002 (mg/m ³ /cpm)】	1	・0.003 (1現場)
LD-5	2 【0.002 (mg/m ³ /cpm)】	1	・0.001 (1現場)
P-5L3	1 【0.04 (mg/m ³ /cpm)】	—	—
3442	3 【0.003 (mg/m ³)】	2	・0.00096 (1現場) ・0.002 (1現場)
3423	1 【0.003 (mg/m ³)】	—	—
合計	46	17	

※並行測定を実施している現場も含む

(j)粉じん測定の実施者

- 元請けの社員が 98.5%を占めた。



図45 粉じん測定の実施者

(k)粉じん測定実施者への教育

- 行っているが 72.3%を占めた。



図46 粉じん測定実施者への教育

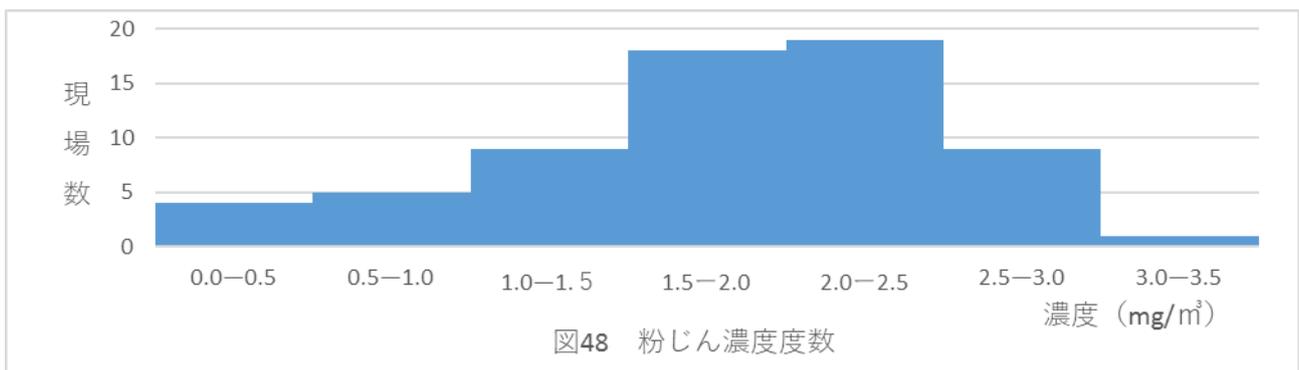
(l) 粉じん測定実施者への教育内容

● 粉じん作業特別教育とガイドラインで5割を占めた。



(m) 粉じん濃度測定結果

● 各現場の粉じん濃度の平均値は、2mg/m³前後であったとする現場が最も多く、2mg/m³以下が過半数(55%)を占めた。



(n) 粉じん測定結果が目標値を上回った場合の対策の有無

● 対策を行っている事業所は6割に留まった。



(o) 粉じん測定結果が目標値を上回った場合の主な対策の内容

● 送気(換気)量の調整が最多であった。

対策の内容	現場数
送気(換気)量の調整	16現場
集じん機の設置位置の調整または出力調整	9現場
風管の設置位置の調整	6現場
散水	5現場
堆積粉じんの除去	2現場

(8) 呼吸用保護具

ほとんどの現場が呼吸用保護具を自ら選定するか選定に関与している。選定にあたっては、重量・使いやすさ(49.5%)、フィルタの捕集効率の等級(23.2%)を重視する傾向が高く、価格の重視は14%に過ぎない。

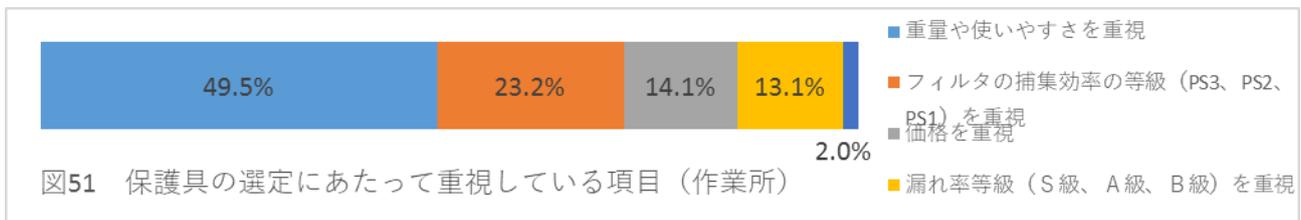
(a) 呼吸用保護具の選定方針(作業所)

● 現場の判断で選定している作業所が多く(54.5%)、次に本社の指導や推薦に沿って選定する(33.3%)であった。



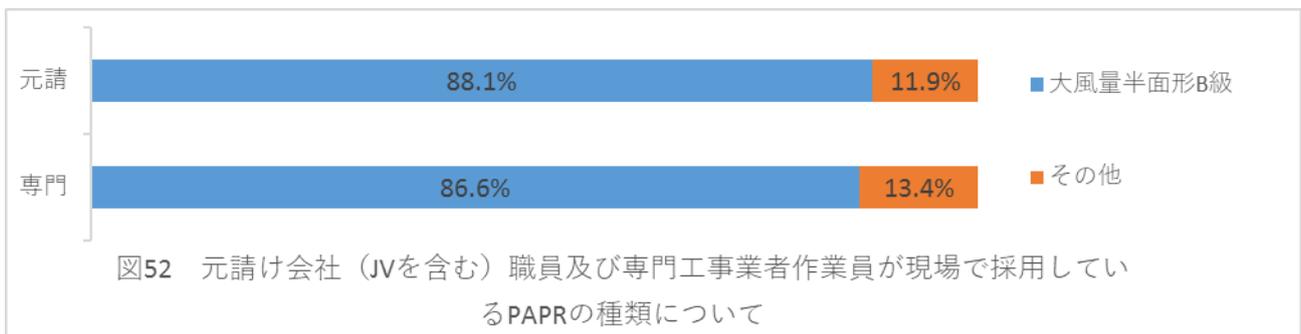
(b) 保護具の選定にあたって重視している主な項目（作業所）

- 重量・使いやすさ(50%)、フィルタの捕集効率の等級（23%）を重視する傾向が高い。価格の重視は14%に過ぎない



(c) 元請け会社（JVを含む）職員及び専門工事業者作業員が現場で採用している電動ファン付き呼吸用保護具（PAPR）の種類について

- 大風量半面形B級の採用が多い。



(d) 保護具着用管理責任者について

全作業所(66現場)が選任していた。

(e) 選択、使用及び保守管理に関する方法に並びにフィルタの交換基準

- 大部分（94%）の作業所が定めていた。



(f) 呼吸用保護具のフィルタの交換日等を記録する台帳について

回答のあった64作業所全てにおいて整備されている。

(g)呼吸用保護具を使用する際の顔面への密着性の確認について

- 大部分の作業所（96%）が確認している。



(h)備え付けている呼吸用保護具の数

- 大部分の作業所（99%）が同時に就業する労働者の人数と同数以上備えていた。



(i)清潔の保持

回答のあった66作業所全てにおいて、常時、有効かつ清潔に保持されている。

(j) 専門業者に対する使用方法などについての教育や指導について

● 大部分の作業所（88%）が専門業者に対して使用方法などの教育や指導を行っていた。

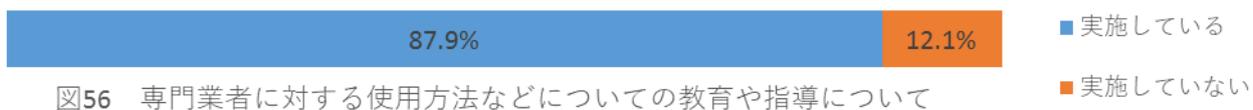


図56 専門業者に対する使用方法などについての教育や指導について

(k) 専門工事業者に対する呼吸用保護具の使用方法などに関する主な教育や指導の内容

● 安全教育時に指導を行っているが最多であった。

表6 専門工事業者に対する呼吸用保護具の使用方法などに関する主な教育や指導の内容

安全教育時に、使用方法、点検方法、フィルター交換基準などについて指導	36現場
製造メーカーによる着用方法、メンテナンスなどに関する教育	3現場
ポスター、関係資料の掲示	3現場
現場巡視時に着用方法などについて個別指導	2現場

(9) 清掃作業日について

9割以上の作業所が週1回又は月に1回以上清掃を実施しており、また、7割の作業所が清掃を一斉に実施している。

(a) 専門工事業者へ周知している清掃作業の回数

● 週1回以上が47%、月1回以上が44%であった。



図57 専門工事業者へ周知している清掃作業の回数

(b) 専門工事業者へ周知している清掃作業日

● 73%の作業所が一斉に実施している。



図58 専門工事業者へ周知している清掃作業日

(10) 粉じん濃度目標レベル

6割の現場が「引き下げ不可能」と回答。引き下げ可能な粉じん濃度は、1.5~2.5mgで8割に達した。また、引き下げが困難な理由としては、「技術的な面」をあげる作業所が多く（36.6%）、続いて小断面トンネルのため（24.4%）となっている。

(a) 粉じん濃度目標レベルの引き下げについて

● 4割が引き下げは可能と回答。

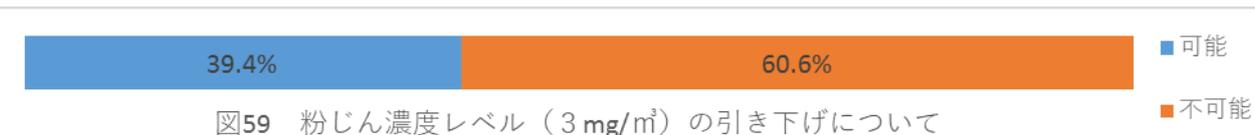


図59 粉じん濃度レベル（3 mg/m³）の引き下げについて

(b) 引き下げが可能な粉じん濃度レベル

●引き下げ可能な粉じん濃度は、 $2.0 < \sim \leq 2.5 \text{mg}$ の範囲が 65% を占めた。



図60 引き下げ可能な粉じん濃度レベル (mg/m³)

(c) 引き下げが困難な理由

● 「技術的な面」と「小断面トンネル」で 7 割に達した。



図61 粉じん濃度目標レベル引き下げが困難な理由

(d) 引き下げが困難な主な理由

主な理由を項目ごとに以下に示す。

表7 粉じん濃度の引き下げが困難な理由

項目	理由
1. 技術的な面	<ul style="list-style-type: none"> ・粉体急結剤の仕様が変更され、新しくなった粉体急結剤では粉じん濃度が上がっているため。 ・ベルコン等を使用するため送風機先端部と集塵機先端部の距離位置が切羽から離れていくため。 ・液体急結剤やエアレス吹付機等の開発で粉じんの発生量も抑制されるが、現状は品質面や施工性、経済性、機械メンテナンス等に多くの問題を抱えており、直ぐにその技術が普及するとは思えない。 ・換気容量を増加し、目標値を引き下げる場合、風管径が大きくなりセントル通過が困難。 ・吹付粉塵は下げることが可能だが、機械掘削の粉塵を下げることは困難。 ・換気・集じん設備が過大になりすぎる。
2. 小断面トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の大型化が困難。 ・換気設備や吹付設備の改善が難しい。 ・トンネル施工のための重機・設備等、換気を妨げる要因が大きく影響すると思われるため。
3. 各現場で岩石などの状況が異なるため	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削する地山の岩種、強度及び湧水状況により粉塵発生量が変わるため。 ・気象状況であったり、地山の状況が一定ではないので、定期的に管理することは困難と思われる。
4. コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・費用と運用にかかるコストをかければ引き下げは可能と思うが、実際は難しい。 ・換気容量を増加させずに目標値を引き下げる場合、内燃機関の稼働を減少させる必要があるため、ダンプトラック等の台数制限または電氣化等の大幅な設計の変更が必要であり、現状の設計積算では不可能。
5. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・目標レベルの数値ばかりが先走って、実際の現場が対応できない状況が容易に想定される。

(11) 自由意見（換気関係の効果や問題点等）

自由意見に記された主な意見を項目ごとに以下に示す。

表 8 自由意見（換気関係の効果や問題点等）

1. 換気計画に関する意見
・換気計画の作成は非常に難解で、誰でもすぐに出来る訳では無いので、計算方法等、簡単に出来る方法を編み出しで欲しい。
・発注者によっては、換気機械（能力ほか）が指定されている。指定なしで受注者が決定できるとよい。
・設計段階で過大設計をしているため、同等規格以上の設備を準備しなければならなかった。現場にしわ寄せが来てしまう。積算上問題がある。
・受注時に、発注者側で概略計画・検討がなされているが、検討内容(粉じん発生量、使用機械の仕様、台数、管理目標濃度等)を充分確認し、最適な設備への見直し、検討を実施している。
2. 換気設備に関する意見
・粉じん濃度目標を下げる場合、風管径が大きくなるが、セントル通過が不可能となる可能性が大きい。
・雨期になると湿度の高い空気が風管を通り、覆工完了区間で空気が冷やされ、風管内に水が溜まってしまう。これにより風管の垂れ下がりが生じ、車両通行時に車両との引っ掛かりによって風管が破れてしまう。
・断面の小さいトンネルでは、設備配置等の制約が生じる。材料等の改善を行うにも、発注者の積算価格が変わらなければ、企業努力でするしかない。
・住宅密集地で工事を行うには、送風機の騒音対策が必要とされるので、極低騒音タイプの送風機があれば良い。
・換気・集塵設備の大型化で坑内環境は、格段に良化した但、設備のランニングコストも比例して掛かるようになった。更なる設備の開発をお願いしたい。
3. 集じん機に関する意見
・発注者の積算にない。
・積算基準により安価な電気式集塵機が計上されているが、効果の高い機械式集塵機に変更して欲しい。
・伸縮風管システムを採用し効果はあったが、発注者が積算の見直し（変更等）などで粉塵低減効果の期待できる設備・材料等認めるようになれば粉塵濃度の値はもっと減少出来ると思う。
・大型フィルター集塵機に伸縮風管を組合せるとモーター容量が大きく、電力デマンド制限がある現場だと採用が難しい。

調査票A（本社用）

厚生労働省においては、トンネル建設工事の作業環境を将来にわたってよりよいものとする観点から、最新の技術的な知見等に基づき、簡便かつ負担の少ない正確なトンネル切羽付近の粉じん濃度測定・評価方法について検討し、作業環境を把握するためのより適切な手法を確立し、作業環境管理及び健康障害防止に繋げることを目的として、「トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討会」において検討を行っています。

本アンケート調査は、「粉じん濃度目標レベル」を実現可能な範囲でできるだけ低い値とするため、現状のトンネル建設工事における粉じん濃度、換気装置の能力や低粉じん吹付剤等の取り入れ状況等を調査するものです。

本アンケート調査への御協力をお願いします。

- ファイル名 メールで返送する場合、提出時のファイル名は「会社名」として下さい。
例) ○○建設、△△組など
- 記入要領  黄色欄は選択肢より選んだ番号を記入して下さい。
 複数回答の場合は、○、○と（カンマ）を入れて下さい。
 水色欄は文章等を120字以内で簡潔に記入して下さい。

設問 1. 記入者

- 1.1 会社名
- 1.2 所属
- 1.3 氏名
- 1.4 TEL
- 1.5 mail







設問 2. 粉じん発生源対策

- 2.1 粉じん発生源対策の選定について、現場を指導する際の本社の関わりの状況を下記のうちから一つ選んでください。

-  1：本社が自ら対策を選定し、現場に選定したものを指示している。
2：本社ではいくつかの対策を推薦し、選定は、現場に判断させている。
3：本社では関連する情報等を提供している。
4：現場の判断に任せている。
5：その他。

本社の方針として、コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策技術についてお尋ねします。次の各項目について、採用した対策の有無を教えてください（1：採用 2：不採用）。採用した対策の効果について粉じんの低減率を％で記入してください（10％単位で記入）採用しなかった対策については、支障となる理由を教えてください（例：資材単価が高い。品質への懸念。作業効率が落ちる。など）。

大分類	小分類	採用の有無	粉じん低減率 (10%単位程度で記入)	この対策を採らなかった理由
2.2.1	吹き付け材料の改良等 による低減技術	粉じん低減剤		
2.2.2		スラリー急結剤		
2.2.3		液体急結剤		
2.2.4		SEC		
2.2.5		高品質吹き付けコンクリート		

2.2.6	吹き付け機械による低減技術	ダストレス吹き付け機械			
2.2.7		エアレス吹き付け機械			
2.2.8	集じん技術	局所集じんシステム			
2.2.9		伸縮風管システム			
2.2.10	遠隔操作	遠隔吹き付け技術			

(対策の概要)

吹き付け材料の改良等による低減技術	粉じん低減剤	粉じん低減剤を添付したベースコンクリートに粉体急結剤の添加して、粉塵の発生を低減する方法
	スラリー急結剤	粉体急結剤をスラリー状にしてベースコンクリートに添付し、粉じんの発生を低減する方法
	液体急結剤	ベースコンクリートに液体急結剤を添加して、粉じんの発生を抑制する方法
	SEC	SEC（分割練混ぜ）により製造したベースコンクリートに粉体急結剤を添加して、粉じんの発生を低減する方法
	高品質吹き付けコンクリート	シリカヒュームや石灰石微粉末を加えたベースコンクリートに粉体急結剤を添加して粉じんの発生を低減する方法
吹き付け機械による低減技術	ダストレス吹き付け機械	ほぐしエアを用いずにベースコンクリートに液体急結剤を添加して回転力で吹き付け、粉じんの発生を低減する方法
	エアレス吹き付け機械	ほぐしエアを用いずにベースコンクリートに液体急結剤を添加して回転力で吹き付け、粉じんを抑制する方法、または、液体急結剤をスラリー上にしてベースコンクリートに添加し回転力で吹き付け、粉じんの発生を低減する方法
集じん技術	局所集じんシステム	小型の局所集塵機を切羽付近に配置して粉じんを除去する方法
	伸縮風管システム	大型集じん機から伸縮風管を切羽付近まで伸ばして粉じんを除去する方法
遠隔操作	遠隔吹き付け技術	吹き付け機にネットワークカメラを搭載し、作業員は、切羽から離れた場所に設置する移動式の操作室内部から、モニタ映像を見ながら吹き付け機のリモコンボックスを操作する方法。

設問3. 呼吸用保護具の選定

3.1 使用する呼吸用保護具の選定について、現場を指導する際の本社の関わりの状況を下記のうちから一つ選んでください。

- 1：本社が自ら型番まで選定し、現場に選定したものを指示している。
 2：本社ではいくつかの機種を推薦し、選定は、現場に判断させている。
 3：本社では関連する情報等を提供している。
 4：現場の判断に任せている。
 5：その他。

3.2 設問3.1で（5：その他）を選んだ人は簡単に状況を記述してください。

3.3 設問3.1で（1または2）を選んだ人は、呼吸用保護具を選定にあたって重視している
主な項目を選んでください（複数回答可）。

- 1：漏れ率等級（S級、A級、B級）を重視
 2：フィルタの捕集効率の等級（PS3（99.97%）、PS2（99.0%）、PS1（95.0%））を重視
 3：価格を重視
 4：重量や使いやすさを重視
 5：その他

設問4. 意見

4.1 粉じん濃度目標レベルについて、現在の $3\text{mg}/\text{m}^3$ から引き下げることは可能ですか。

- 1：可能 2：困難

4.2 設問4.1で（1：可能）を選んだ人は、どれぐらいまで引き下げが可能ですか。

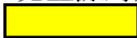
mg/m^3

4.3 設問4.1で（2：困難）を選んだ人は、引き下げが困難な理由を教えてください。

ご協力ありがとうございました。

設問4. 粉じん発生源対策

4.1 粉じん発生源対策について、作業所の選定方針を教えてください。



- 1：本社の指示による。
- 2：本社から推薦されたいくつかの対策の中から、作業所が選定している。
- 3：本社からの情報等を参考に、作業所で決定している。
- 4：本社からの関与なく、作業所で決定している。
- 5：その他。

コンクリート吹き付け時の粉じん低減対策技術についてお尋ねします。
 次の各項目について、採用した対策の有無を教えてください（1：採用 2：不採用）。
 採用した対策の効果について粉じんの低減率を%で記入してください（10%単位で記入）
 採用しなかった対策については、支障となる理由を教えてください（例：資材単価が高い。
 品質への懸念。作業効率が落ちる。 など）。

大分類	小分類	採用の有無	粉じん低減率 (10%単位程度で記入)	この対策を採らなかった理由
4.2.1 吹き付け材料の改良等	粉じん低減剤			
	スラリー急結剤			
	液体急結剤			
	S E C			
	高品質吹き付けコンクリート			
4.2.6 吹き付け機械	ダストレス吹き付け機械			
	エアレス吹き付け機械			
4.2.8 集じん技術	局所集じんシステム			
	伸縮風管システム			
4.2.10 遠隔操作	遠隔吹き付け技術			

(対策の概要)

吹き付け材料の改良等	粉じん低減剤	粉じん低減剤を添付したベースコンクリートに粉体急結剤の添加して、粉塵の発生を低減する方法
	スラリー急結剤	粉体急結剤をスラリー状にしてベースコンクリートに添付し、粉じんの発生を低減する方法
	液体急結剤	ベースコンクリートに液体急結剤を添加して、粉じんの発生を抑制する方法
	S E C	S E C (分割練混ぜ) により製造したベースコンクリートに粉体急結剤を添加して、粉じんの発生を低減する方法
	高品質吹き付けコンクリート	シリカヒュームや石灰石微粉末を加えたベースコンクリートに粉体急結剤を添加して粉じんの発生を低減する方法

吹き付け機による低減技術	ダストレス吹き付け機械	ほぐしエアを用いずにベースコンクリートに液体急結剤を添加して回転力で吹き付け、粉じんの発生を低減する方法
	エアレス吹き付け機械	ほぐしエアを用いずにベースコンクリートに液体急結剤を添加して回転力で吹き付け、粉じんを抑制する方法、または、液体急結剤をスラリー上にしてベースコンクリートに添加し回転力で吹き付け、粉じんの発生を低減する方法
集じん技術	局所集じんシステム	小型の局所集塵機を切羽付近に配置して粉じんを除去する方法
	伸縮風管システム	大型集じん機から伸縮風管を切羽付近まで伸ばして粉じんを除去する方法
遠隔操作	遠隔吹き付け技術	吹き付け機にネットワークカメラを搭載し、作業員は、切羽から離れた場所に設置する移動式の操作室内部から、モニタ映像を見ながら吹き付け機のリモコンボックスを操作する方法。

設問5. 換気

換気計画

5.1.1 計画策定の基準は何ですか

- 1 : 建災防の「ずい道等建設工事における換気技術指針」による。
 2 : 社内基準による
 3 : 発注者の積算基準による
 4 : その他

5.1.2 (4 : その他) を選択した人は、その基準にしたものを簡単に記述してください。

5.2 粉じん濃度の目標値はいくつですか

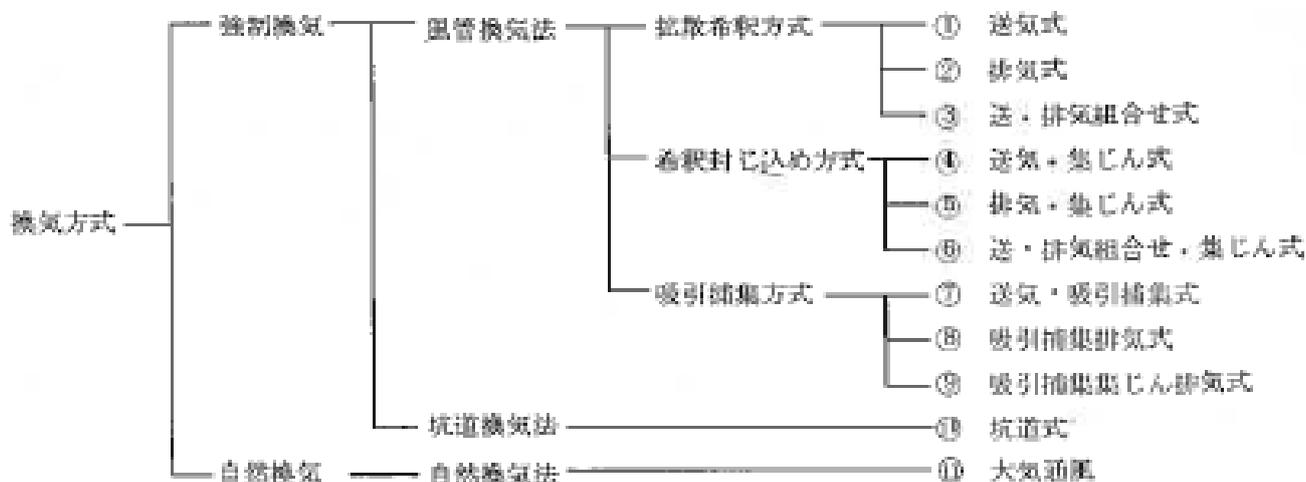
目標数値を記入してください。単位は mg/m^3

5.3 目標値に基づく換気計画の基本方針を作成する主体はどこですか。

- 1 : 本社 2 : 現場

5.4.1 換気方式 (建災防の「ずい道等建設工事における換気技術指針」の64ページによる)

- 1 : 拡散希釈方式
 2 : 希釈封じ込め方式
 3 : 吸引捕集方式
 4 : その他



5.4.2 (3：吸引捕集方式) を選択しなかった人は、その理由を簡単に記述してください。

5.4.3 (4：その他) を選択した人は、その換気方式を簡単に記述してください。

5.5 所要換気量の計算根拠を教えてください。 所要換気量の単位はm³/分

対象	所要換気量	備考
5.5.1 発破後ガス		換気時間 (分)
5.5.2 発破粉じん		換気時間 (分)
5.5.3 内燃機関		1：一次規制 2:二次規制 3：機械ごとに算出
5.5.4 吹付け粉じん		粉じん抑制剤を使用した場合の低減効果係数α値
5.5.6 呼気		
5.5.7 坑内風速		
5.5.8 その他		

5.6 上記の計算に基づいてきめた換気についてお尋ねします。

5.6.1 対象 計画の決定要因を以下のうちから1つ選んでください

1：発破後ガス 2：発破粉じん 3：内燃機関 4：吹付け
5：呼気 6：坑内風速 7：その他

5.6.2 換気量 m³/分

設備ファンの仕様

	目的	風管径	風量	全圧	電動機	台数
		mm	m ³ /分	k Pa	kW	
5.7.1	送気					
5.7.2	排気					
5.7.3	局所					

ファン等の設置位置

5.7.4 設問5.4.1で(1：拡散希釈方式) 選択した人におたずねします。

風管の先端位置は切羽にどれくらい近づけていますか(単位m)

5.7.5 設問5.4.1で(3：吸引捕集方式) を選択した人におたずねします。

ファン設置位置の切羽からはなれは平均どの程度ですか(単位m)

5.7.6 伸縮・移動風管を使用していますか(1：使用 2：未使用)

5.8.1 集じん機

種別 1:湿式集塵機 2:電気集塵機 3:フィルター集塵機 4:その他

5.8.2 容量 集じん機の風量を記入してください(単位m³/分)

5.8.3 出口清浄度※1 測定値を記入。単位mg/m³

5.8.4 エアーカーテン係数※2 計画に使用した値を記入

5.8.5 設置場所 切羽からの平均的な設置距離を記入(m)

※1 集じん機の出口の粉じん濃度。測定方法は通常の粉じん測定と同じ。粉じん作業時(コンクリート吹付け時等)の測定値を記入してください。

※2 送気・集じん式の場合は、集じん装置の容量を決める以下の式のうち、計画時に採用したKeの値。

$$Q_s = K_e \cdot Q_a \cdot (1 / \eta_D)$$

Q_s: 集塵機の容量 m³/分

K_e: エアーカーテン係数

Q_a: 所要換気量 m³/分

η_D: 集塵効率

送気・集じん式以外の場合は、「ずい道等建設工事における換気技術指針」建設業労働災害防止協会の4.3.2 集じん装置の容量(p174~175)を参照

設問6. 粉じん濃度測定

6.1.1 測定方法の基準は何ですか

1:行政通達「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」(平成12年12月26日付基発768号の2)による。

2:その他

6.1.2 (2:その他)を選択した人はその基準にしたものを簡単に記述してください。

測定位置について教えてください。

6.2.1 測定位置(切羽からの距離) m

6.2.2 測定点の数 箇所

6.2.3 測定頻度 日に1回

6.2.4 測定時間 分

6.2.5 測定時間帯の作業の内容 1:掘削 2:ずり積み及びずり運搬
3:ロックボルト 4:吹き付け

6.3.1 測定方法について教えてください。

1:相対濃度法 2:質量濃度法 3:個人サンプラー

6.3.2 6.3.1で(1:相対濃度法)と回答した人は、使用しているデジタル粉じん計について教えてください。

メーカー	型式	質量濃度換算係数(K値)	K値の根拠(1 並行測定、2 ガイドライン)	分粒装置の使用の有無(1:有、2:無)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6.3.3 6.3.1で（2：質量濃度法）と回答した人は、サンプリング条件について教えてください。

サンプラーの 名称及び型式	分流装置の 名称及び型式	吸引流量 (L/min)	捕集時間 (分)

6.3.4 6.3.1で（3：個人サンプラー）と回答した人は、測定機器の内容について教えてください。

6.4.1 測定結果（直近の6回分）について教えてください。

時期	直近	2回前	3回前	4回前	5回前	6回前
濃度 (mg/m ³)						

6.4.2 遊離けい酸含有率（%）（Q値）の測定を行ったことがありますか。

- 1：行ったことがある。
 2：行ったことはない。

6.4.3 6.4.2で（1：行ったことがある。）と回答した人は、遊離けい酸含有率（%）（Q値）、測定時に掘削をしていた主要な岩石の種類を教えてください。

測定年月日			
Q値（%）			
主要な岩石の 種類			

6.5.1 粉じん測定を行っている者についてあてはまるものを選んでください。

- 1：元請の社員
 2：協力会社の社員
 3：作業環境測定機関
 4：その他

6.5.2 6.5.1で（4：その他）と回答した人は、どのような者か教えてください。

6.5.3 6.5.1で（1又は2）を選んだ人にお尋ねします。
 粉じん測定を行っている者に対して教育を実施していますか。

- 1：行っている。
 2：行っていない。

6.5.4 6.5.3で（1：行っている）を選んだ人にお尋ねします。
 粉じん測定を行っている者に対して教育内容や実施時期を教えてください。

6.6.1 粉じん測定結果が目標値を上回った場合、換気方法や粉じん低減措置の見直しを行っていますか。

- 1：行っている。
 2：行っていない。

6.6.2 6.6.1で（1：行っている）を選んだ人にお尋ねします。
 見直しなどの内容を教えてください。

6.7 効果・問題点等自由意見

換気関係の効果や問題点等について意見等がありましたら記述してください
 項目欄は以下の数値で記入。 1：換気計画 2：換気設備 3：集塵機

項目	自由意見

設問7. 呼吸用保護具

呼吸用保護具について、作業所の選定方針を教えてください。

- 7.1 選定方法 1：本社の指示による。
 2：本社の指導や推薦により作業所が選定する。
 3：現場で判断する。
 4：専門工事業者と相談する。
 5：専門工事業者が選定する。

7.2 設問7.1で（2、3または4）を選んだ人は、呼吸用保護具を選定にあたって重視している
 主な項目を選んでください（複数回答可）。

- 1：漏れ率等級（S級、A級、B級）を重視
 2：フィルタの捕集効率の等級（PS3（99.97%）、PS2（99.0%）、PS1（95.0%））を重視
 3：価格を重視
 4：重量や使いやすさを重視
 5：その他

7.3 現在の現場で使用している電動ファン付き呼吸用保護具（PAPR）の使用状況について教えてください。

7.3.1 元請け会社（JVを含む）職員用

風量	面体	漏れ率	個数
通常風量	半面形	S級	
		A級	
		B級	
	全面形	S級	
		A級	
		B級	
大風量	半面形	S級	
		A級	
		B級	
	全面形	S級	
		A級	
		B級	

7.3.2 専門工事業者の作業員用

風量	面体	漏れ率	個数
通常風量	半面形	S級	
		A級	
		B級	
	全面形	S級	
		A級	
		B級	
大風量	半面形	S級	
		A級	
		B級	
	全面形	S級	
		A級	
		B級	

7.4.1 呼吸用保護具について、保護具着用管理責任者を選任していますか。

1：している 2：していない

7.4.2 呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理に関する方法に並びにフィルタの交換の基準を定めていますか。

1：している 2：していない

7.4.3 呼吸用保護具のフィルタの交換日等を記録する台帳を整備していますか。

1：している 2：していない

7.4.4 呼吸用保護具を使用する際には、労働者に顔面への密着性について確認させていますか。

1：している 2：していない

7.4.5 呼吸用保護具については、同時に就業する労働者の人数と同数以上を備えていますか。

1：している 2：していない

7.4.6 呼吸用保護具については、常時、有効かつ清潔に保持していますか。

1：している 2：していない

7.5.1 粉じん作業における呼吸用保護具の使用方法などについて、教育や指導などを専門工事業者にしていますか。

1 : している 2 : していない

7.5.2 7.5.1で（1 : している）を選択した人は、どのように行っているか記述してください。

設問8. 清掃作業日の統一と専門工事業者への周知

専門工事業者へ周知している清掃作業日についてお尋ねします

8.1 回数について 1 : 1回/週以上 2 : 1回/月以上 3 : 1回/月以下 4 : 不定期

8.2 作業日について 1 : トンネル内一斉 2 : 作業日は工種又は業者ごとに設定

設問9. 意見

9.1 粉じん濃度目標レベルについて、現在 $3\text{mg}/\text{m}^3$ から引き下げることは可能ですか。

1 : 可能 2 : 困難

9.2 設問9.1で（1 : 可能）を選んだ人は、どれぐらいまで引き下げが可能でしょうか。。

mg/m^3

9.3 設問9.1で（2 : 困難）を選んだ人は、引き下げが困難な理由を教えてください。

ご協力ありがとうございました。