

新版・換気技術指針に対応した電気式集じん装置

FTE2400-E/FTE2700-E

平 孝 次・佐々木 勇 造・横 山 知 久

トンネル工事では平成9年から電気式の集じん装置が試験的に採用され始め、今日に至るまで15年余が経過した。その間、トンネル工事に用いられる電気集じん装置はめざましい進化を遂げた。平成20年10月には会計検査院より、イニシャルコスト・ランニングコスト共に経済的な電気式との比較検討を実施するよう是正要求がなされ、かつては「フィルタ式が当たり前」とされたトンネル工事業にあっては画期的な省エネ装置として置き換わるようになった。この動きはそもそも定置式の道路トンネル用から派生したもので、この分野では既に全てが電気式となっている。

平成24年3月「ずい道等建設工事における換気技術指針」が改正され、集じん装置の選定要件が強化された。その後、比較検討できる電気式が無い状態がしばらく続いたが、このたびに対応できる電気式集じん装置 FTE2400-E/FTE2700-E（以下「本装置」という）が普及してきたのでその現状を報告する。

キーワード：トンネル、集じん装置、換気技術指針、電気式、フィルタ式、CO₂、希釈封じ込め、吸引捕集

1. トンネル建設工事におけるじん肺の現状

わが国のじん肺は昭和47年の労働安全衛生法の制定と昭和53年のじん肺法の改正以降、減少傾向を示している。厚生労働省の安全衛生関係統計によると、かつて約59万人を占めていた粉じん作業員数は昭和60年から減少傾向となった。平成4年に入ってから粉じん作業員数は40～50万人で横ばいを示す一方、じん肺有所見者の発件数は昭和55年の6,842人から大きく減少し平成22年になると200人を下回るようになった。有所見率についても同じで、昭和57年には17.4%であったものが平成14年以降は5.0%を下回るようになり、平成25年には1.0%を達成した。今日でもなお産業全体の新規有所見者数が毎年200人程度で横ばいを示す中、トンネル建設工事業に限ってみれば平成20年にはゼロを達成、その後も2人以下を堅持している。

このように、建設業関係者による不断の努力や基準強化の効果もあって、産業全体の粉じん作業労働者数が減らない一方で、とりわけトンネル建設工事業にあっては際だった成果を挙げている。

2. 換気技術指針の概要

トンネル工事業ではこのような成果を示す中、一層

の作業環境改善を果たすため平成24年3月「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）が改定（以下「新指針」という）された。翌年2月には、「第8次粉じん障害防止総合対策の推進について」（厚生労働省労働基準局長）で本書について触れ、「必要に応じ、参照するよう」通知がなされ、現在では多くの現場でこれに基づき施工計画が立てられている。

ここで紹介する集じん装置に対する取扱い、新指針の「第2編 換気技術の設計」で詳述されている¹⁾。

本編を要約すると次の通りとなる。

(1) 換気方式

①換気方式はトンネルの大小（断面・延長）を問わず「吸引捕集方式を標準とすること」。

②吸引捕集方式としない時は「送風機^{a)}および集じん装置の容量^{b)}を1.5倍内外に引き上げること」。

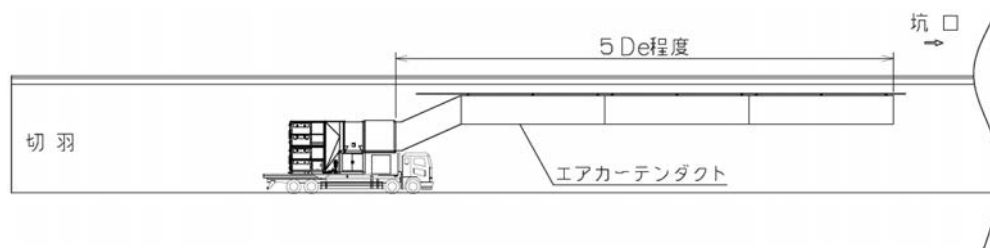
(a) 希釈封じ込め方式

従来通り台車等に集じん装置を搭載する方式（いわゆるトラックマウント方式）で、その吐出口（坑口側）にトンネル等価直径（De）の5倍程度^{c)}の長さのエアカーテンダクト等を設置する方式（図—1）。

a) 本稿では送風機に対する検討を割愛する。

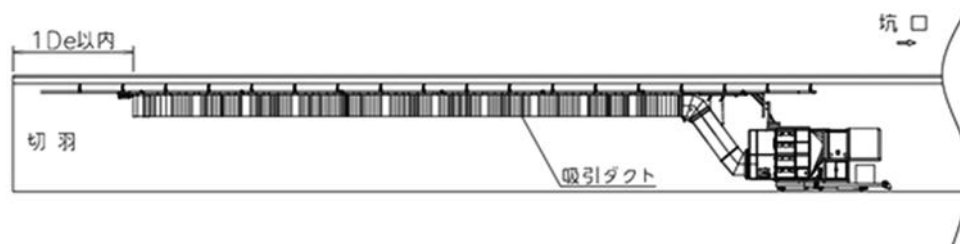
b) ろ布の目詰まり等により風量低下するなど一様でないため「定格風量」とする。

c) 一般的な道路トンネルでは50～60mとなる。



図一 希釈封じ込め方式の例

(上記 (a) 希釈封じ込め方式で示す「エアカーテンダクト等」はエアカーテンダクトに限定するものではないので、各社それぞれの対応で封じ込め効果を高めており、指針改定以後、実際にエアカーテンダクトを取り付けた例は確認できていない。



図二 吸引捕集方式の例

(b) 吸引捕集方式

集じん装置の吸込み口（切羽側）に吸引ダクト^{d)}を接続し、切羽近傍から直接発生した粉じんを吸引しようとする方式（図一2）。

(2) 換気方式による計算方法の変更

旧指針（平成17年3月）では、送風機等により強制的に換気する「風管換気法」を検討するに当たり、一つの式でトンネル断面積及び延長を考慮し集じん装置の容量を割り出していた。

新指針では「吸引捕集方式であるか否か」によって二つの式に使い分け、それぞれで装置の容量を割り出すこととした（詳細は後述 (6) 計算例を参照）。

(3) 所要換気量の算出基準を強化

希釈封じ込め方式で集じん装置の容量を求める場合、送風量決定の基となる「所要換気量」には以下を考慮することとした。

- ①粉じん発生量はコンクリート吹付機の吐出量で評価
- ②粉じん低減効果係数の基準を粉じん低減剤の種類によって厳格化
- ③外気の粉じん (0.07 mg/m³) を考慮する

即ち、集じん装置の選定はコンクリートの吹付量と低減剤によってのみ左右され、トンネルの断面や延長は考慮しなくて良いこととなった。

(4) 吸引捕集方式の場合は特定の粉じん作業を免除

吸引捕集方式は、吸引ダクトを用いれば粉じん発生

源から粉じんを捕集排除し清浄化することができるとしている。これを根拠として吸引捕集方式の所要換気量算出には、最も発生量が多いとされる「吹付作業時の粉じん」及び「発破粉じん」の検討を不要とし、これに伴う形で粉じん低減剤・SECコンクリートなどの「粉じん低減対策」も免除となった。

(5) 集じん効率は装置毎にメーカーが示した値を用いる

旧指針ではフィルタ式（ろ過集じん）の集じん効率は95%以上、電気式は70～90%とされていた。

新指針ではその集じん効率の採用に当たって「装置毎にメーカーが示した値を用いること」と改め、次のような事情に配慮した。

トンネル工事用集じん装置は短時間で膨大な風量を処理しなければならない。そのため一般的なフィルタ式は、ファンの動力が過大とならぬようろ布（フィルタ）の目開き（孔のサイズ）を大きく取り²⁾ 0.5μm×90%となるよう設定している。ところが、人体に有害とされる「吸入性粉じん」は微細（4.0μm以下が50%以上：特に0.2～5.0μmが有害とされている）であるため^{3)～4)}、公称の集じん効率（99%或いは95%）を満足するのはろ布が目詰まりし、一次ろ過層が形成された後のことである。使用済みの未整備品を転用すれば納入当初から吸入性粉じんに対する能力は発揮するが、その一方で実態の風量は20%強低下する（表一1）。この結果、新指針が要求する「定格処理風量時での集じん効率」が不明瞭となっていた。

d) 特定業者が特許取得済みの製品名。

表一 1 処理風量の実態

	フィルタ式 (従来技術) (RE-1500P)		電気式 本装置 (FTE2400-E)	
処理風量	定格風量	1,800 m ³ /min	定格風量	2,400 m ³ /min
	現場実測 (増減率)	1,408 m ³ /min ▲ 21.78 %	現場実測 (増減率)	2,601 m ³ /min 8.38 %
設備動力及び消費電力	設備動力	113.7 kW	設備動力	40.5 kW
	消費電力	88.1 kW	消費電力	31.3 kW
集じん性能	集じん機前 (A)	7.30 mg/m ³	集じん機前 (A)	7.440 mg/m ³
	集じん機後 (B)	1.82 mg/m ³	集じん機後 (B)	0.844 mg/m ³
	現場集じん効率 (1-A/B)	75.1 %	現場集じん効率 (1-A/B)	88.7 %
	機器定格	99 %	機器定格	95 %

従来技術データは参考文献5) より転載

一方の電気式にあっては、断線トラブルが課題とされた「線の放電電極」は解消し、現在製造されているものは全て断線トラブルの無い「板の電極 (ブレード式電極等)」へと置き換わっている。これに連動する形で各電気式の集じん効率は大きく向上した。

(6) 実際の計算例

施工条件として、断面積 60 m² 程度の一般的な道路トンネルを想定した。

(a) 希釈封じ込め方式の場合の計算例

① 粉じん発生量

$$F_0 = 360 \times 22 (P)^e \times 0.75 (\alpha)^f = 5,940 \text{ (mg/min)}$$

② 所要換気量

②-1. 吹付け粉じんに対する換気量

$$Q_{4a} = 5,940 (F_0) / (3.0 (G_a) - 0.07 (G_0)) = 2,027 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

②-2. 坑内作業員に対する換気量

$$Q_p = 3.0 (q) \times 20 (n) = 60 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

②-3. 所要換気量

通常は $Q_{max} = Q_{4a}$ (吹付け粉じんに対する換気量) となるので、所要換気量は

$$Q_a = 60 (Q_p) + 2,027 (Q_{max}) = 2,087 \text{ (m}^3/\text{min}) \text{ となる。}$$

但し、

- F_0 : 吹付コンクリート作業時の粉じん発生量 (mg/min)
- 360 : 定数 (定格吐出量の場合)
- P : 吹付機定格吐出量 (m³/h)
- α : 粉じん発生量低減対策による低減効果係数
 $\alpha = 1$ 対策なし
 $\alpha = 0.75$ 粉じん低減剤・SEC コンクリート・

e) 国土交通省 標準積算基準書に基づく。

f) $\alpha = 0.6$ や 0.4 は取扱いが難しい、入手困難など現実的でないため 0.75 とした。

微粒分混入

Q_{4a} : 所要風量 (m³/min)

G_a : 粉じん濃度目標レベル 3.0 mg/m³ 以下

G_0 : 拡散希釈に用いる空気の濃度 (mg/m³)
(送気式 (外気) : 0.07 mg/m³)

Q_p : 坑内作業員に対する換気量 (m³/min)

q : 作業員 1 人当り所要換気量 (3.0 m³/min)

n : 作業員の坑内最大人員 (人)

Q_{max} : 工種ごとの換気量のうち最大値 (m³/min)

Q_a : 所要換気量 (m³/min)

③ 集じん装置の選定

よって、集じん装置の容量は

$$Q_s = 1.2 (K_e) \times 2,087 (Q_a) / 0.93 (\eta_D)^g = 2,693 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

但し、

Q_s : 集じん装置の容量 (m³/min)

K_e : エアカーテンの効果係数 (1.2)

Q_a : 所要換気量 (m³/min)

η_D : 集じん効率

となり、2,700 m³/min 級以上の集じん装置が必要となる。

(b) 吸引捕集方式の場合の計算例

集じん装置の容量は

$$Q_s = 60 (A_t) \times 0.4 (V_c) \times 60 / 0.95 (\eta_D)^g = 1,516 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

となり、1,800 m³/min 以下の集じん装置でも対応が可能となる。

但し、

Q_s : 集じん装置の容量 (m³/min)

A_t : トンネル断面積 (m²)

V_c : 制御風速 (0.4 m/s)

η_D : 集じん効率

g) 電気集じん装置の特性として、風量 (風速) を下げた時は集じん効率が向上する。

上述のケースでは、希釈封じ込めの「集じん装置の容量」は、 $2,693 \text{ m}^3/\text{min}$ 必要なのに対し、吸引捕集方式では、 $1,516 \text{ m}^3/\text{min}$ で済むため1.8倍程度の開きが出る。

つまり、吸引ダクトの対価を負担しても経済的にコスト安となる価値が生まれるケースが多くなる。なお、この方式は延長100m程度の短いトンネルであっても同様の傾向がある。

3. 昨今の換気設備市況

指針改定以前（平成23年度まで）の吸引ダクト納入実績について述べる（表一2）。表からも明らかのように、吸引ダクトの実績は例年10件以下のペースが続いていた。実際に採用された例は総合評価落札方式による技術提案など用途が限定的で、供給も限られていた。

希釈封じ込め方式における送風機や集じん装置についても同様で、片側3車線ある第二東名高速道路など特殊な場合を除けば、送風機は $2,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 級、集じん装置は $2,400 \text{ m}^3/\text{min}$ 級まであれば十分とされていたため、希釈封じ込め方式で計画するとしてもこれを超える集じん装置の供給は限られていた。

この様な事情から、新指針に対応できる集じん装置の開発が望まれていた。

4. 電気集じんのメカニズム

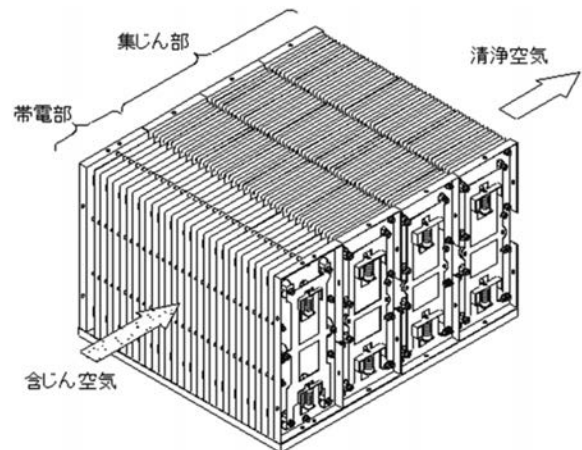
(1) 電気集じん法の原理

後段の説明をするに当たり、電気集じん法の原理について解説する。

電気集じん法とは、平行に置かれた集じん電極間に放電電極を配置し、これに直流高電圧を荷電し、放電電極の表面でコロナ放電を発生させて集じんする方法である（図一3）。

マイナスの直流高電圧を荷電した方がプラスの直流高電圧よりもコロナ放電が安定するので、マイナスの直流高電圧が一般的に使われている。放電電極にマイナスの直流高電圧を荷電すると、コロナ放電でできた正イオンはすぐ近くの放電電極に吸引されて荷電を失うが、負イオンは集じん電極に向かって移動する。従って、空間の大部分は、集じん電極に向かって走行する負イオンの流れで満たされる。この空間に含じんガスを導入すると、ガス中の粉じんには負イオンが衝突附着して負の電荷を持った粉じんとなる。負の電荷を持った粉じんは、静電気力により、集じん電極の表面に引きつけられて集じんされる。

トンネル工事のようにコンパクトかつ大風量を要求する場合は2段荷電方式とするのが妥当なため、帯

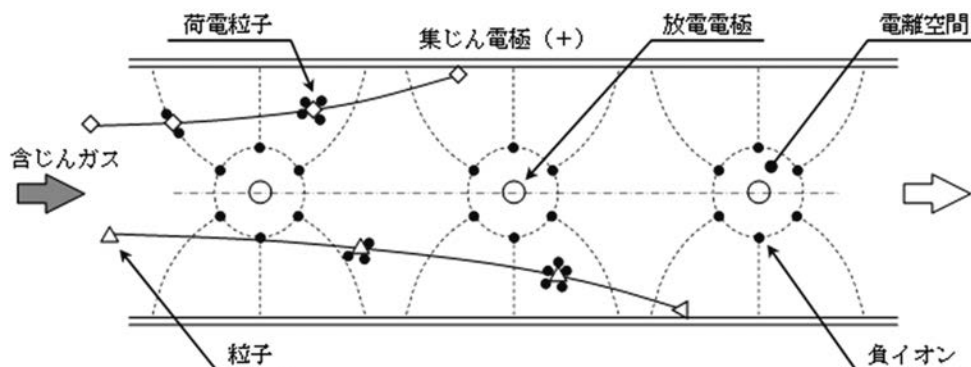


図一4 電極ユニット

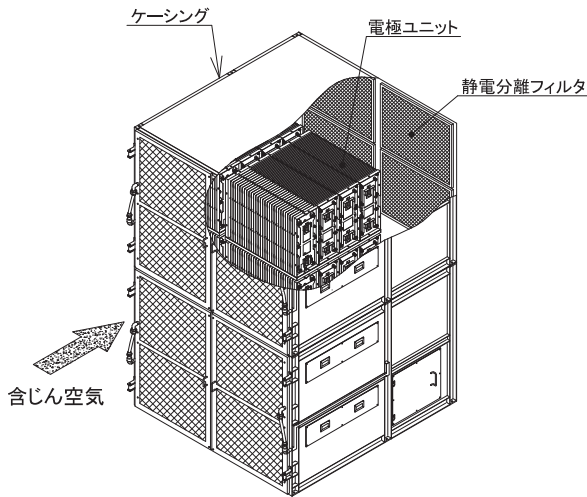
表一2 吸引ダクト納入実績（ダクト吸引方式を含む）

平成12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
1	3	3	7	5	7	5	4	6	8	4	10

(件)



図一3 電気集じん法の原理



図—5 電気集じん装置本体

電させることを目的とする「帯電部」と集じんさせることを目的とする「集じん部」とに分けている（図—4）。帯電部と集じん部を分離する事で、コロナ放電に最適な電極構造と静電気力による捕集に最適な電極構造とを使い分けている。

(2) 電気集じんの特長

図—4 に示すとおり、電極ユニットは帯電を目的とする帯電部と、捕集を目的とする集じん部により構成されている。トンネル工事用としてはこの電極ユニットを8組集成し断面積を確保することで、トンネル内で発生した多量の粉じんを一度に処理することを

可能とした（図—5）。

電気集じん装置は空気の流れを阻害しない。つまり、ろ布に含じん空気を通過させ目詰まりさせて捕集する原理（フィルタ式）と異なるため、次のような特長を持つ。

- ①動力が小さく、同じ処理風量でフィルタ式の1/4～1/5となる。
- ②ろ布の目をすり抜ける微細な吸入性粉じんに対し、効果を発揮する（図—6）^{6)～8)}。
- ③電力負荷低減に伴うCO₂削減が図れる。
- ④処理風量の低下が無く、いつでも仕様通りの風量が確保できる。

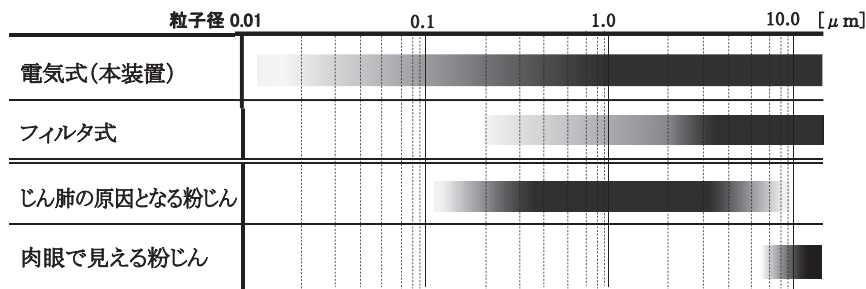
5. 新指針に対応した電気式集じん装置

電気集じん法はトンネル工事でも取り入れられており、既に新指針に対応できる機種が多く現場で活用されている。

(1) 希釈封じ込め方式への対応

前述 2. (6) 計算例の通り、希釈封じ込め方式で集じん装置を選定する際はトンネル断面や延長に左右されない。換言すれば、一定の風量さえ満たせば全てのトンネルで適用が可能となる（写真—1）。

新指針に対応できるフィルタ式と電気式との仕様比較を表—3 に示す。



図—6 捕集できる粒径範囲

表—3 仕様比較表（希釈封じ込め対応機種）

	フィルタ式 (RE-3000P2) ^{h)}		電気式 本装置 (FTE2700-E)	
処理風量	定格風量	3,000 m ³ /min	定格風量	2,700 m ³ /min
	現場実測 (増減率)	不明 m ³ /min (%)	現場実測 (増減率)	2,771 m ³ /min (2.6%)
ファン静圧	定格	1,500 Pa	定格	570 Pa
設備動力及び消費電力	設備動力	153.7 kW	設備動力	46.0 kW
	消費電力	不明 kW	消費電力	39.8 kW (フル運転時)
集じん性能	機器定格	99 %	機器定格	93 % ⁱ⁾

h) メーカー公表のカタログ諸元表より。

i) 第三者計量機関による新指針が定める試験方法に基づく値。

表—4 損料表の損率にて換算

種類	規 格			基礎価格 (千円)	運転1日当たり		供用1日当たり		供用1日当たり 換算値		燃料 消費量 (kWh/h)
	諸元	機関出力 (kW)	機械質量 (t)		損料率 ($\times 10^{-6}$)	損料 (円)	損料率 ($\times 10^{-6}$)	損料 (円)	損料率 ($\times 10^{-6}$)	損料 (円)	
フィルタ式	3,000 m ³ /min 級	150	15.5	87,800	837	73,500	741	65,100	1,299	114,000	E 110
【新技術の集塵装置】											
電気式 本装置 (FTE2700-E)	2,700 m ³ /min 級	46	11	75,500 ^{j)}	837	63,200	741	55,900	1,299	98,100	E 41

j) メーカー公表の見積価格より。



写真—1 希釈封じ込め方式への対応 (電気式)

新指針に対応可能となった電気式を「平成 27 年度版 建設機械等損料表」に当てはめ換算すると表—4 の通りとなる。

上記からも新指針に対応できる電気式は、省エネルギー、経済性いずれも優位性が認められる。

(2) 吸引捕集方式への対応

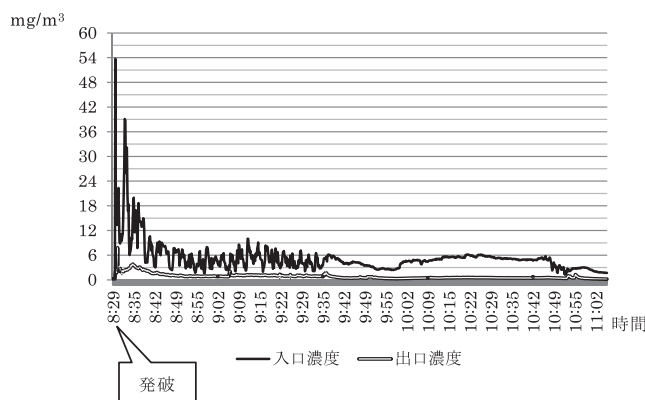
これまで「電気式は吸引捕集方式に対応できない」と認識されてきた。しかしながら、最近ではダクトと本体との間に接続部 (入口ダクト) を設け流れ込む空気の整流を行うことで、対応可能となっている (写真—2)。



写真—2 吸引捕集方式への対応 (電気式)

集じん性能について、実際の工事現場で得られたデータの一例を図—7 に示す。

図から出口側粉じん濃度は、発破 4 分後からガイドライン (平成 23 年 3 月) に示す目標レベル 3 mg/m³



図—7 吸引捕集方式での粉じん濃度推移 (電気式)

以下をキープしていることが分かる。吸引ダクト (または同等品) は、格納状態から切羽に到達させるまで最低 3 ~ 4 分要することから、吸込口の切羽到達直後から清浄化されていることが分かる。

6. 換気現場の現状

新指針では、希釈封じ込め方式に対し集じん装置が無いものとみなし、送風量だけでも 3 mg/m³ 以下となるよう基準を定めている。一方で吸引捕集方式ならば、コンクリート吹付時における集じん容量は問わないこととしている。両者の取扱いに極端な開きがあるため、より現実的な視点に立った多様な意見があるので以下に紹介する。

- ① 吸引ダクトで吸引できなかった粉じんに対して、より大人数が控える後方作業員の粉じん暴露に配慮すべきであろう⁹⁾。
- ② 集じん容量の大型化について、工法次第では風量を一定以上引き上げても粉じん低減の効果 (清浄化の程度) に与える影響は小さいのではないかと^{9)~10)}。
- ③ 機械掘削現場は全て「吸引捕集方式が望ましい」とされているが、吸引捕集方式には新鮮空気で粉じん濃度を薄める概念がないため、捕集する前にまず新鮮空気で希釈すべきではないか。
- ④ フィルタ式は動力負担が過大であるため、濃度が

3 mg/m³ 以下になると粉じん作業中であるか否かを問わず自動的に停止、或いは処理量を低下させるよう制御している。このような「3 mg/m³を少しでも下回れば良しとする経済合理性を優先した考え方」に対する指摘がある¹⁾。具体的には、運転時間と使用電力の報告を求めるとの意見がある（本稿紹介の装置は、タッチパネルによる運転状況の可視化や常時監視が可能）。

7. わが国が直面する環境問題

昨年末採択された温暖化対策の新たな国際ルール「パリ協定」へ向け、政府は地球温暖化対策推進法に基づき「地球温暖化対策計画」を閣議決定としている（本稿執筆時点）。温暖化ガスを中期目標としては30年に26%減、長期目標では50年に現在よりも80%減として国際社会に示す見通しだ。これにはまず排出量の4割を占める発電部門への対策が不可欠だが、当の原発再稼働については直下に活断層が認められるなど先行き不透明な状況が続いている。このままでは発電部門でまかないきれず、省エネ機器の普及へ振り向けられるのは必至の状況だ。

トンネル工事にあっても、本装置を用いることで多少とも貢献することができる。1台をフルに活用するだけでCO₂削減量は519 t-CO₂/年にもなり、一般家庭でおおよそ200世帯の年間消費量に充当することが出来る。トンネル工事用集じん装置は、国内で常時100台以上が稼働している。これを電気式に置き換えることで20,000世帯もの消費量を削減させる計算となる。

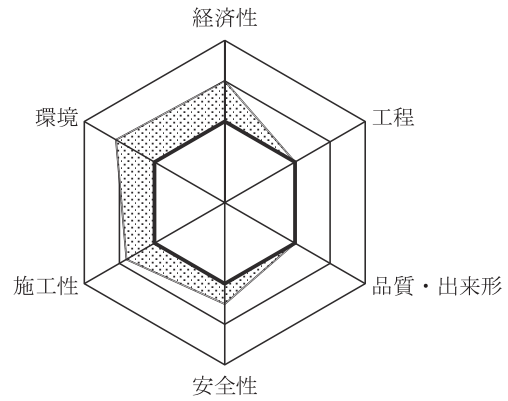
8. 新技術の活用

(1) 新技術情報提供システム (NETIS) の位置づけ

国土交通省では新技術情報提供システム (NETIS) に登録された技術について、経済性や安全性、環境面といった六つの視点から、画期的若しくは独創的、又は国際的に先端を行く若しくは先進諸国への技術展開が期待される等の評価を行っている。また、このような技術の積極活用に対しては①総合評価方式の技術提案の審査において、また②「施工者希望型」の工事成績評定において、加点を行っている。

(2) 評価結果

本装置は平成22年度に開発されたもので、上記NETISにおける評価済み技術 (TH-100024-VE) となっている。



	1	2	3	4	5	6	7	8	平均	従来技術
経済性	C	B	B	B	B	B	B	A	B	C
工程	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
品質・出来形	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
安全性	C	C	C	B	B	B	B	C	C	C
施工性	B	C	C	B	B	B	B	A	B	C
環境	B	B	B	B	B	B	B	A	B	C
総合評価点	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C

A：従来技術より極めて優れる
 B：従来技術より優れる
 C：従来技術と同等
 D：従来技術より劣る

図-8 NETIS 事後評価結果^{k)}
 k) 国土交通省新技術情報システムより。

評価結果から分かる通り、本装置はフィルタ式（従来技術）と同等以上の安全性確保はもちろんのこと、経済性や施工性、環境面では「従来技術より優れる」と位置づけられている。「今後も是非活用したい」「活用を検討したい」は全体の9割以上¹⁾を占め、劣るとされる点は見受けられない（図-8）。

このたび国内の評価が確定したことで、本装置は今後、鉄道を始めわが国の土木技術の海外展開に伴い「日本固有の技術」として広く国際社会に貢献してゆくものと期待される。

9. おわりに

換気技術指針の改正以後4年の歳月を経て、高い省エネ性を有するゆえに永らく期待された電気集じん装置が新指針に対応できるようになり、普及してきたのでここに報告する。今後も、わが国や工事関係者の利益や安全と健康に貢献できるよう環境イノベーションに邁進していく所存である。

JCMIA

1) 全体で83%提出されている内の75%を占める。

《参考文献》

- 1) 建設業労働災害防止協会, 新版 ずい道等建設工事における換気技術指針, 建設業労働災害防止協会, 平成 24 年 3 月
- 2) 平孝次・小峰新平, 新しい高効率電気集じん器, 建設の施工企画, 第 741 号, 日本建設機械化協会, 2011 年 11 月
- 3) 白谷三郎・橋本康孝・友田孝, トンネル工事の衛生と環境保全, 土木工学者, 1982 年 8 月
- 4) 建設業における粉じんによる疾病の防止, 建設業労働災害防止協会, 2008 年 8 月
- 5) 新谷義行・藤内 隆, トンネル工事における集じん機の比較検討, 《一般国道 229 号 岩内トンネル》, トンネルと地下, Vol.33 No.9, 土木工学会, 2002 年 9 月
- 6) 松本俊次, 電気集塵機の計画・選定と評価, (株)アイピーシー, 1980 年 3 月
- 7) 橋本清隆・谷口 堯, 電気集塵装置の理論と実際, (株)電気書院, 1965 年 10 月
- 8) 狩郷修, ゴミ焼却炉選定の技術的評価, 工業出版社, 1979 年 2 月
- 9) 山下信一・荒川晃士・小林誠・中村亮・宮ノ原隆一・小林雅彦, 発破現場対応「トラベルクリーンカーテン」(トンネル坑内の粉じん低減工法)の適用, 2014 トンネル技術研究発表会 論文集, 北海道土木技術会トンネル研究委員会, 2014 年 2 月
- 10) 前田全規・真下義章・田中誠, エアカーテンを用いたトンネル新換気システムによる高濃度掘削粉じん対策, 平成 26 年度全国大会 第 69 回年次学術講演会, 土木学会, 2014 年 9 月
- 11) 西村章, 進化するトンネル換気技術, 建設の施工企画, 第 727 号, 日本建設機械化協会, 2010 年 9 月

[筆者紹介]

平 孝次 (たいら こうじ)
古河産機システムズ(株)
小山栃木工場 設計部
技師長



佐々木 勇造 (ささき ゆうぞう)
古河産機システムズ(株)
小山栃木工場 設計部
主任技師



横山 知久 (よこやま ともひさ)
古河産機システムズ(株)
営業本部 第三営業部
参与

