

# トンネル工事用の集塵強制換気システム

辰巳勇司・沖田拓也・阪本誠蔵

トンネル内で使用されるトンネル集塵機は、近年、坑内環境の改善をめざして換気方式の一翼を担う形になってきている。トンネル坑内では掘削施工方法に起因する発破の後ガス、粉塵、排気ガスやその他の有害ガスが坑内環境に負荷をかけ、その対策のため種々の研究開発等がなされ今日一定の方向づけのもとに換気システムが採用されている。近年、ANFO（硝安油剤爆薬）を使用するトンネルが多くなっているが、この発破の後ガスやその他の有害ガス等の対策として湿式集塵機とある種の活性炭を用いた集塵強制換気システムを完成した。本報文では湿式集塵機の開発経緯と捕集性能について報告する。

キーワード：トンネル、湿式集塵機、活性炭

## 1. はじめに

近年、トンネルにおける換気システムは大容量集塵機が出現し、それにより坑内の環境を大幅に改善することが可能になった。その方式は、トンネル切羽で発生した発破の後ガス、粉塵、排気ガス等を近傍に設置した集塵機によって除塵し、リフレッシュエアを坑内に送り出す方式が一般的になっている。

しかし、トンネルの長大、大型化からくる施工効率の面からタイヤ工法による搬出方式が主流となり、それに対応すべき重機車両等の大型化によるディーゼル機関の排気ガスが、特に坑口～切羽間における覆工等の後向き作業の作業環境を阻害している。

他方、発破の後ガスについては含水爆薬が現在主流となっているが、将来においては、導火管付き雷管（非電気式雷管）によるANFO（硝安油剤爆薬）による発破方式が増えるものと思われる。因みに2001年の日本における爆薬の製造量の比率はダイナマイトが6%程度、含水爆薬が20%程度及びANFOが74%程度になっている。

特に今までANFOの後ガスについては、他の爆薬に比べて有害ガスの発生量がきわめて大きいとトンネル内で使用することが望ましくないと考えられていたがアンモニアガス対策がとれば使用についての障壁が緩和されるので集塵機によって発生ガス量を抑える方法を検討した。

## 2. 湿式集塵機の基本的構造

集塵機は大きく分けて乾式と湿式に分類されるが、現在乾式が圧倒的に採用されている。しかし、発生ガス対策をより効率的におこなうならば水噴射（シャワに接触させ捕捉させる）方式によって捕集促進すべくある種の活性炭をタンク内に循環使用する水中に混入しておき、フィルタ材を透過させガス等を浄化させるのを基本とした。

切羽付近の汚染した空気を集塵機に効果的に吸引させるため、風管によって強制的に集塵機に集めるようにした。除塵浄化したリフレッシュエアは送気用のコントラファンを通じて切羽に送られる。

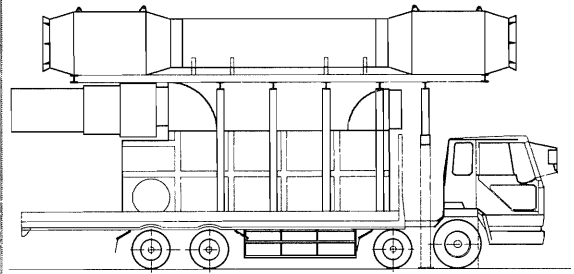
開発にあたり次の項目を満足できる集塵機をめざした。

- ① 吸入性粉塵の粒径  $7.07 \mu\text{m}$  以下の粉塵の捕集効率がよいこと。
- ② ガスの捕集効率がよいこと。
- ③ 構造が簡単でメンテナンスフリーであること。
- ④ ランニングコストが低いこと。

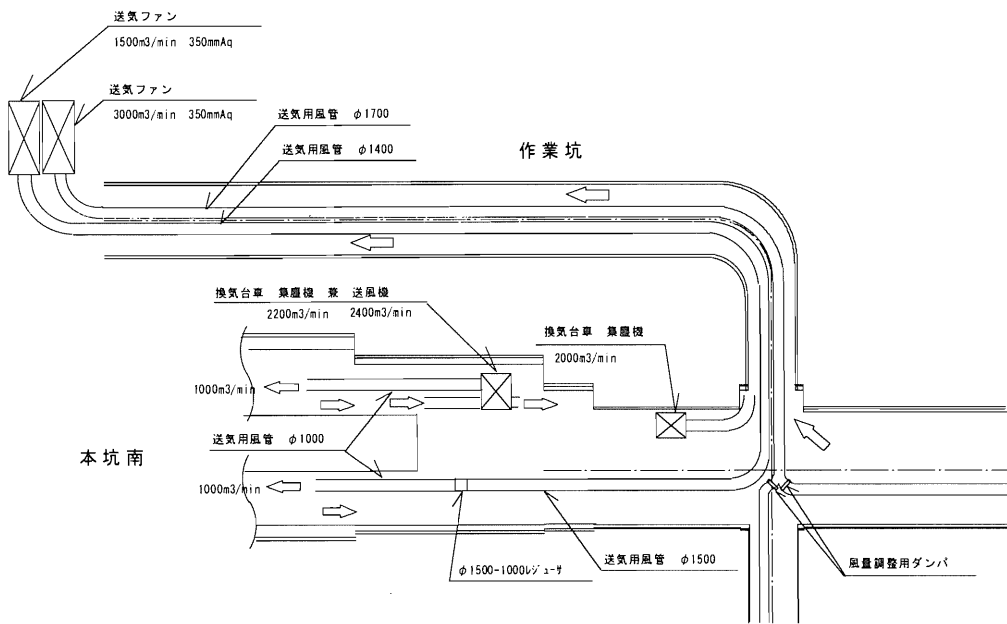
## 3. 大断面部での導坑換気方式

換気方式は坑口から送気方式で大断面部 ( $A=231 \text{ m}^2$ ) に送り、左右導坑 ( $A=75 \text{ m}^2$ ) の掘削に伴い導坑坑口部に湿式集塵機を設置した。

写真-1 に集塵機システム、図-1 に換気系統図を示す。



写真—1 集塵機システム



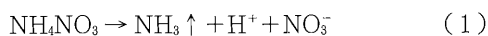
図—1 換気系統図

#### 4. 集塵機の性能測定

集塵機の性能をみるため、集塵機の吸入口と排気口において表—1 における測定法で測定を実施した。

ANFO（硝安油剤爆薬）は切羽における吹付けコンクリートと反応し、アンモニアガスを発生する。

ANFO（硝安油剤爆薬）に含まれる硝酸アンモニウムはイオン解離する。



表—1 測定法

測定項目	測定法	測定・分析機器	
粉塵	濾過捕集法	吸入性粉塵	多段階分粒装置 ロウボリュウムサンプラー
		総粉塵	ロウボリュウムサンプラー
	重量分析法	電子秤	
	相対濃度指示法	レーザー粉塵計	
アンモニア 一酸化炭素 窒素酸化物	検知管法	北川式検知管	
黒鉛	濾過捕集法	ロウボリュウムサンプラー	
	重量分析法	電子秤	

吹付けコンクリートが水と反応しアルカリ性に

表—2 有害物質捕集効率一覧表

(a) 質量濃度変換係数の決定

	相対濃度(cpm)	質量濃度(mg/m <sup>3</sup> )	変換係数(mg/m <sup>3</sup> /cpm)
吸入性粉塵	100.7	0.297	0.0029
総粉塵	100.7	1.207	0.012

ここで変換係数は、質量濃度/相対濃度、で表現する。

(b) 集塵効率

集塵機稼働状況	吸入口		排気口		集塵効率
	相対濃度(cpm)	吸入性粉塵濃度(総粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> ))	相対濃度(cpm)	吸入性粉塵濃度(総粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> ))	
30%	714	2.07 (8.57)	125	0.363 (1.50)	82%
50%	681	1.97 (8.17)	89	0.258 (1.07)	87%
80%	490	1.42 (5.88)	69	0.200 (0.828)	86%
Max	356	1.03 (4.27)	132	0.363 (1.58)	63%

(c) アンモニア

稼働状況	吸入口(ppm)	排気口(ppm)	捕集効率
50%	120	2	98%

(d) 一酸化炭素 (CO)

稼働状況	吸入口(ppm)	排気口(ppm)	捕集効率
80%-アイドリング	40	10	75%
80%-3,000 rpm	180	50	72%

(e) 窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)

稼働状況	吸入口(ppm)	排気口(ppm)	捕集効率
80%-アイドリング	40	3	93%
80%-3,000 rpm	90	13	86%

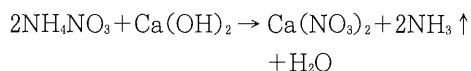
(f) 黒煙

吸入口			排気口			捕集効率
採塵量(mg)	採気量(m <sup>3</sup> )	重量濃度(mg/m <sup>3</sup> )	採塵量(mg)	採気量(m <sup>3</sup> )	重量濃度(mg/m <sup>3</sup> )	
4.042	0.5	8.1	0.766	0.5	1.5	81%

なる。



(1), (2) の反応で生じた水酸基 (OH) により硝酸アンモニウムが分解しアンモニアガス (NH<sub>3</sub>) が発生する。



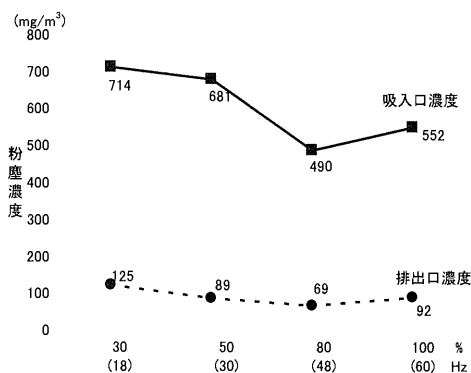
今回開発した集塵機に適用した活性炭の品質規格を表—3 に示す。

表—3 活性炭品質規格

項目	規格値	試験法
充填密度 (g/ml)	0.40~0.50	JIS K-1474
粒度 (%)	95 以上	JIS K-1474
硬度 (%)	95 以上	JIS K-1474
ベンゼン吸着力 (%)	95 以上	JIS K-1474

## 5. 今後の課題

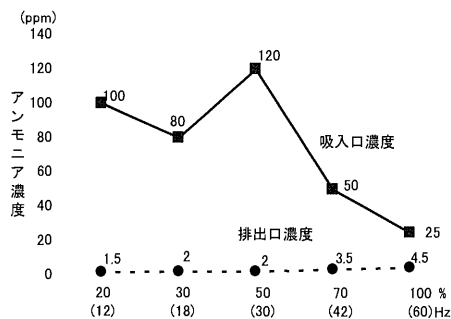
従来の集塵機にない型の集塵機を目差して開発を試みたが、当初考えていた以上に有害物質の捕集効率は高く十分満足できるものであった(表—2(a), (b), 図—2 参照)。



図—2 粉塵濃度

### (1) アンモニア

アンモニアは吸入口で 120 ppm を測定したが、排出口では 2 ppm と捕集効率が 98% となった(表—2(c), 図—3 参照)。



図—3 アンモニア濃度

### (2) 一酸化炭素

一酸化炭素はアイドリング状況で吸入口 40

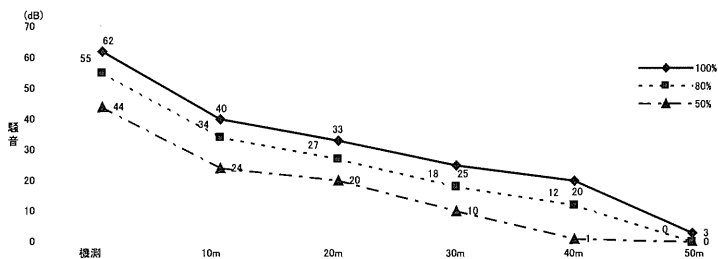


図-5 集塵機回転比率別騒音

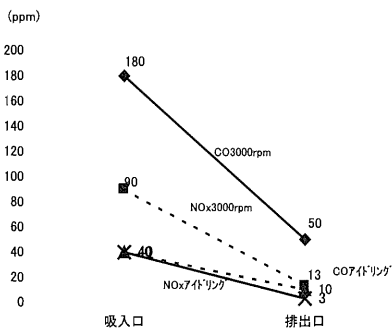


図-4 CO及びNOx濃度

ppmを測定したが、排気口で10ppmと捕集効率が75%であり、同様に3,000rpmでは吸入口180ppm、排気口で50ppmの捕集効率が72%を得た(表-2(d), 図-4実線参照)。

(3) 窒素酸化物

窒素酸化物はアイドリング状態で吸入口40ppmを測定したが、排気口で3ppmと捕集効率が93%であり、同様に3000rpmでは吸入口90ppm、排気口で13ppmの捕集効率が86%を得た(表-2(e), 図-4破線参照)。

(4) 黒鉛

黒鉛は吸入口での採塵量4.042mg、排気口での採塵量0.766mgで捕集効率81%を得た(表-2(f)参照)。

(5) 騒音

集塵機から発生する騒音については、作業環境を良好に維持するために集塵機の回転比率を変えて騒音の変化を測定した。

集塵機側の測定では、回転比率100%、80%及び50%でそれぞれ62dB、55dB、44dBになっ

た(図-5参照)。

6. おわりに

今回は、ANFO(硝安油剤爆薬)の発破時のアンモニアの臭いを除去しようとの意図のもとにトンネル集塵機の開発をスタートしたが、その過程で発破の後ガスやその他の有害ガス等の有害物質をできるだけ捕集し、坑内環境の改善を目標に掲げた。その結果、活性炭を使うことによってある程度の捕集効率を上げることができた。

数種類もある活性炭から、今回は1種類のもので試行したが今後まだまだ未知の部分が残っているので、機会があれば改善に向かって挑戦をおこなうつもりである。



[筆者紹介]

辰巳 勇司(たつみ ゆうじ)  
株式会社熊谷組  
関西支社  
箕面トンネル南工区作業所  
工事課長



沖田 拓也(おきた たくや)  
株式会社熊谷組  
関西支社  
箕面トンネル南工区作業所  
機電主任



阪本 誠蔵(さかもと せいぞう)  
株式会社阪本商会  
副社長

