

自動粉じん低減システム

粉じん見張り番

田 中 ゆう子

建設現場では、土砂の掘削や建築物の解体、工事車両の走行等に伴い粉じんが発生する場合があります。周辺環境への影響の回避・最小化が課題である。とくに、現場の風況は大きく変化することがあり、作業に伴って発生する粉じん拡散の変動に柔軟に対応することが求められる。このため、現地の粉じん拡散状況を風向風速計と粉じん計により常に監視し、必要に応じて自動的に散水する「自動粉じん低減システム」(以下「本システム」という)を開発した。

キーワード：粉じん、散水、掘削、解体

1. はじめに

近年、天気予報と並んで花粉情報やPM2.5情報がよく発信されている。これら大気中を移動する物質が私たちの生活に深くかわかり、関心を集めていることがよくわかる。

大気中の粒子状物質は、環境中での存在形態によって表一のように「降下ばいじん」と「浮遊粉じん」に大別される。「浮遊粉じん」は、さらに粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の「浮遊粒子状物質 (SPM)」とそれ以外に区別される。肺の奥深くまで入り込み、呼吸器系や循環器系への影響が心配される粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下 ($1\mu\text{m}$ は $1/1,000\text{mm}$)のPM2.5(髪の毛の太さの $1/30$ 程度)は、

表一中の「微小粒子状物質」に相当する。また、浮遊粒子状物質 (SPM) と微小粒子状物質には、人の健康の適切な保護を図るために維持されることが望ましい水準として「環境基準」が定められている。このような環境中での存在形態による分類に対し、発生由来などにより分類されたものが表二である。

大気汚染防止法では、粉じんを「物の破碎、選別その他の機械的処理、または堆積に伴い発生し、または飛散する物質」と定義し、石綿 (アスベスト) を対象とする「特定粉じん」と、特定粉じんを除く粉じんを対象とする「一般粉じん」に分けている。「特定粉じん」は工事または事業場の敷地の境界線における大気中の濃度の許容限度が定められ、規制されているが、「一

表一 大気中の粒子状物質の環境中における存在形態による分類

大気中の粒子状物質		環境中の存在形態	環境基準
降下ばいじん		地上に落ちてくる粒子状物質	
浮遊粉じん	浮遊粒子状物質 (SPM)	大気中に浮遊する粒子状物質のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以下のもの とくに粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下を「微小粒子状物質 (PM2.5)」とする	SPM：1時間値の1日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ1時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること PM2.5：1時間値の1日平均値が $15\mu\text{m}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ1時間値が $35\mu\text{m}/\text{m}^3$ 以下であること
	粒径が $10\mu\text{m}$ を超える浮遊粉じん		

表二 発生由来による粉じんの分類

分類	発生場所・発生原因
ばいじん	工場・事業場からの物の燃焼などによる排出
粉じん	物の破碎、選別による飛散など
粒子状物質 (PM)	自動車排出ガス (このうちディーゼル車からの排出：ディーゼル排気微粒子 (DEP))
二次生成粒子	大気中の反応で粒子に変化したもの

表一三 一般粉じん発生施設

	施設の種類	規模
1	コークス炉	原料処理能力 50 t/ 日以上
2	鉱物（コークスを含み、石綿を除く。以下同じ） または土石の堆積場	面積 1,000 m ² 以上
3	ベルトコンベアおよびバケットコンベア (鉱物, 土石, セメント用)	ベルト幅 75 cm 以上, またはバケットの内容積が 0.03 m ³ 以上
4	破碎機および摩砕機 (鉱物, 土石, セメント用)	原動機の定格出力 75 kW 以上
5	ふるい (鉱物, 土石, セメント用)	原動機の定格出力 15 kW 以上

一般粉じん」には排出規制はなく、一般粉じん発生施設について表一三のように構造・使用・管理基準を定めている。本開発では、この「一般粉じん」を対象とした対策技術の開発に取り組んだ。

2. 粉じんの影響と対策

建設工事において粉じんの発生量が多いと予想されるのは、表一四に示すように掘削工や構造物取り壊しなどである。粉じんの影響範囲を予測するためには、建設工事を行う周辺環境の特性を把握することがきわめて重要である。対象地域の(1)自然的条件(①気象の状況、地形の状況、地質の状況)や(2)社会的条件(①土地利用の状況、②学校や病院、環境保全の特に必要な施設および住宅の配置や状況、③環境保全に関する法令などで指定された地域の状況と規制の概要)などから、対象地域の特性を捉え、建設作業に伴う粉じんの影響を事前に予測する必要がある。そして、その対策を考える場合は、表一五に示すように粉じん被害の対象の状況に応じて、被害の回避や最小化を図る最適な方法を選定することが重要である。

散水は、これまでもさまざまな建設作業におい

表一四 粉じんの影響が大きいと予想される建設作業

種別	作業の内容・建設機械
掘削工	土砂掘削
	軟岩掘削
	硬岩掘削
固結工	粉体噴射攪拌
法面工	種子吹付
既設杭工	ディーゼルパイルハンマ
構造物取壊し工	コンクリート構造物取り壊し
	自走式破碎機による殻の破碎
コンクリート舗装工	路盤工(上層・下層路盤)

国土技術政策総合研究所 道路環境影響評価の技術手法(平成24年度版)より抜粋

表一五 粉じんの影響範囲と対策

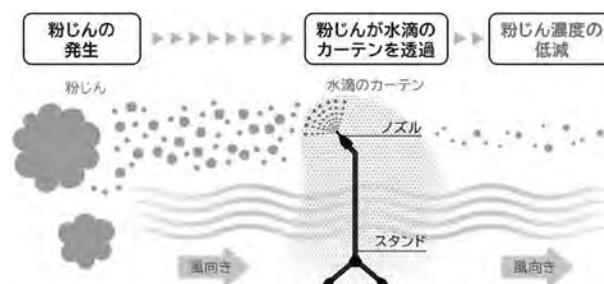
対策の分類	対策の考え方
間接防護	粉じんの被害を受ける施設等が特定される場合、被害が及ぶ家屋へ直接対策を講じる
直接防護	粉じんの影響が広範囲に及ぶ場合や発生源が特定しやすい場合は、①散水や②影響の少ない工法の選定、③仮囲いの設置、④建設機械の配置や⑤作業方法・作業時間への配慮などの対策が考えられる

て、粉じん対策として使用されており、効果を上げているが、工事現場の風況が急変して粉じんの拡散範囲が変わった場合にも、粉じん低減効果を維持でき、また、少ない水で効率よく粉じんを低減させる節水型が求められていた。

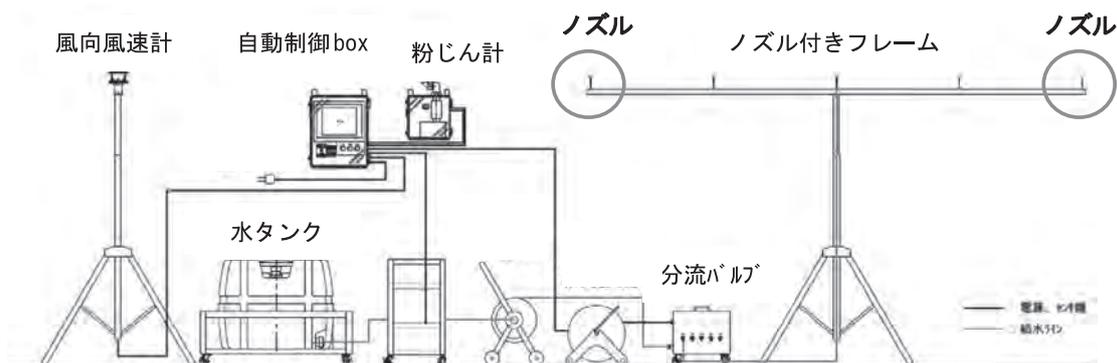
そこで本開発では、1基あたりの散水範囲を広くすることで、多様な方向へ変化する粉じんの拡散に柔軟に対応することを目指した。また、あらかじめ現場の粉じん特性を基に、散水が必要なタイミングを自動的に選定する節水型の本システムを開発した。

3. 本システムの概要

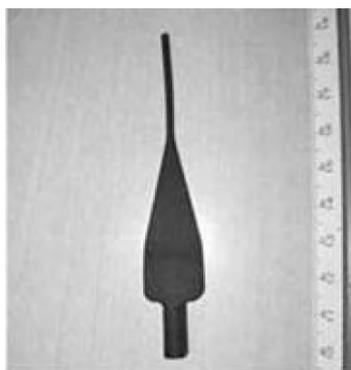
本システムの粉じん低減イメージを図一に示す。本システムは、現地の粉じん拡散状況を風向風速計、粉じん計により常に監視し、設定した風向・風速や粉じん濃度(管理基準値)に応じて自動的に散水するも



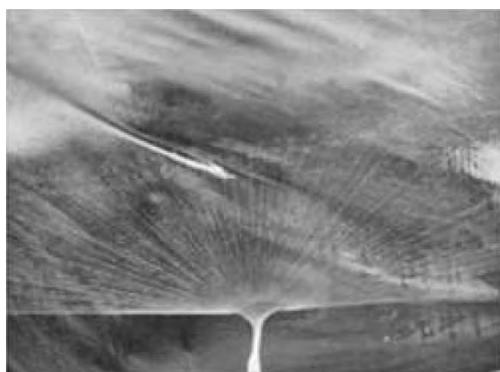
図一 本システムのイメージ



図一 本システムの構成



写真一 ノズル



写真二 ノズルからの散水状況



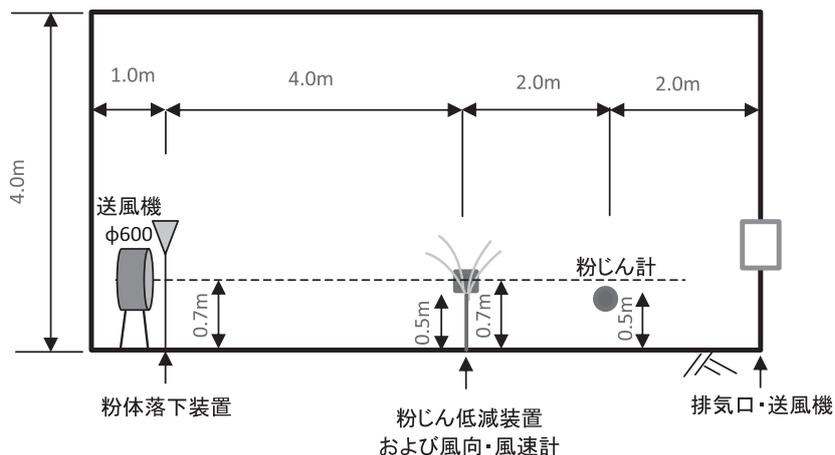
写真三 ノズル付きフレーム

4. 室内実験

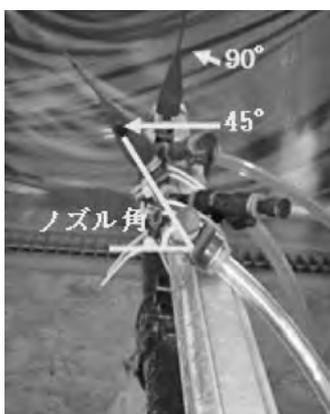
本システムにより最も効率よく粉じんを低減させる散水条件を確認するため、粉じんに対する散水角度に着目し、さまざまな条件下で室内実験を行った。室内実験の装置配置を図一3に示す。図一3の断面に示すように左端に設置した送風機により、定量の試験粉体・関東ローム7種に風速5 m/sおよび7 m/sの風を当てて粉じんを発生させた。この発生した粉じんに対して、図一3の中央に設置した本システムにより散水し、本システムよりも風下に粉じん計（柴田科学製LD-3K2）を設置し、粉じん濃度を計測した。写真一4のように、ここでは水平方向に対してノズルを傾ける角度をノズル角と定義する。ノズル角を45°および90°の2種類とし、それぞれの散水による粉じん低減率を比較した。図一4に粉じん濃度の時系列変化（風速5 m/s）を示す。

実験の結果、散水ありの場合は、散水なしの場合と比べて、明らかな粉じん濃度の低下が確認された。また、ノズルの角度別に比較をすると、粉じん低減率がノズル角45°で62.6～76.6%、ノズル角90°で61.0～

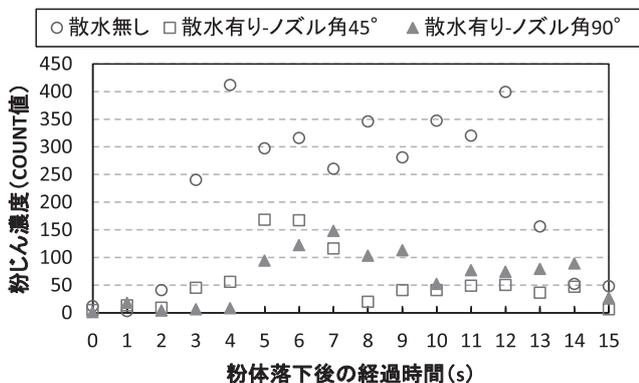
のである（図一2）。散水が必要な状況になると、シリコン製のノズル（写真一1）が水圧により高速で左右に繰り返し振動しながら水を散布することで、面状に水滴（ ϕ 約1～2 mm）のカーテン（写真二）を形成してその面を透過する粉じんを低減する。ノズルの大きさは90 mm程度である。現場の状況に応じて散水されるため、節水ができ、タンクへの給水作業や経済的な現場の負担が軽減される。ノズルから散水される水量は、最大0.5 l/minである。写真一3はノズル付きのフレームであり、フレームを支えるスタンドは、粉じんの発生源に応じて、簡単に配置を変更できるものである。



図一3 室内実験装置の配置断面図



写真一4 ノズル角



図一4 ノズル角別粉じん濃度の時系列変化

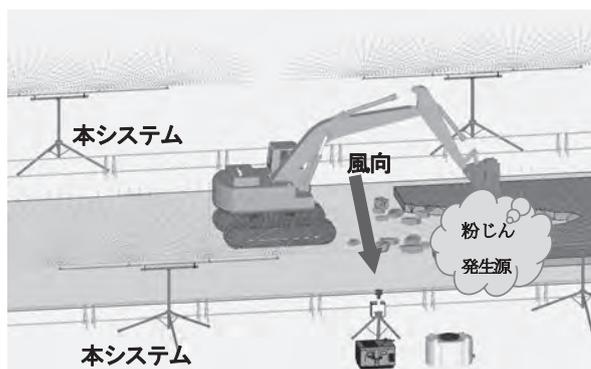
70.4%となった。さらに、ノズル角 45°はノズル角 90°に比べて散水高さはやや低下するものの、水滴のカーテンが風上側へ形成され、ノズル角 90°に比べより風上側で粉じんと接する様子が確認された。また、風速別に比較をすると、粉じん低減率は風速 5 m/s で 70.4 ~ 76.6%，風速 7 m/s で 61.0 ~ 62.6%となった。以上から風速が大きいほど粉じん低減率が低下するものの、いずれの風速においても 60%以上の低減効果があることが捉えられた。また、ノズル角 45°ケースの方がノズル角 90°のケースよりも若干ではあるが、粉

じん低減率が大きくなる傾向がみられたのは、ノズル角 45°ではノズル角 90°に比べて水滴のカーテンがより風上側に形成されることから、相対的に粉じんが拡散する早い段階で粉じん低減効果が発揮されたことが要因の1つと考えられた。

5. 現地実験

(1) 掘削工における粉じん対策

室内実験の結果を踏まえ、次に実際に本システムを建設工事現場で使用し、散水による効果の定量的な評価を行った。最初に掘削・仮置きを行っている現場において、ノズル 1 基あたりの散水範囲とその効果を確認した。図一5に現地実験のイメージ図を示す。粉じんの発生源に対してその風下に本システムを設置し、発生源側の風向風速計および粉じん濃度に反応して自動的に散水を行い、本システムの風下に位置する粉じん計の値により粉じん低減効果を評価した。散水フレームのノズル相互の距離は、事前の室内実験の計測結果を踏まえ、① 6 m，② 7 m，③ 8 m の3段階に設定した。なお、ノズル角は室内実験の結果を受けて、いずれのケースも 45°に設定した。



図一5 掘削工における現地実験イメージ

計測の結果、平均粉じん低減率は、ノズル間隔①6mで約45%、②7mで約84%、③8mで約65%となった。ノズル間隔の条件②7mおよび③8mの結果をそれぞれ図-6、7に示す。現地の風速が1~2m/sと比較的小さかったが、少なくともノズルを中心として水平方向に8m離れた地点においても低減効果が及ぶと推察された。

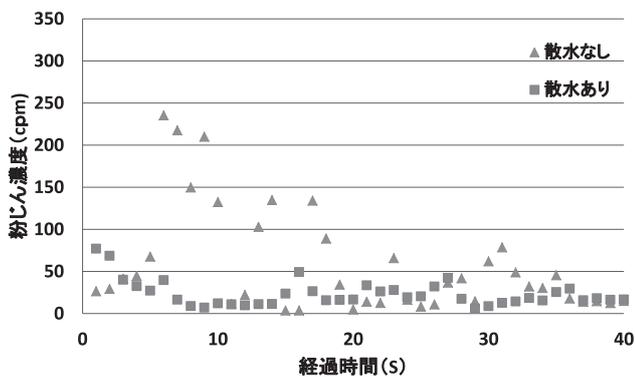


図-6 ノズル間隔7mの粉じん濃度の変化

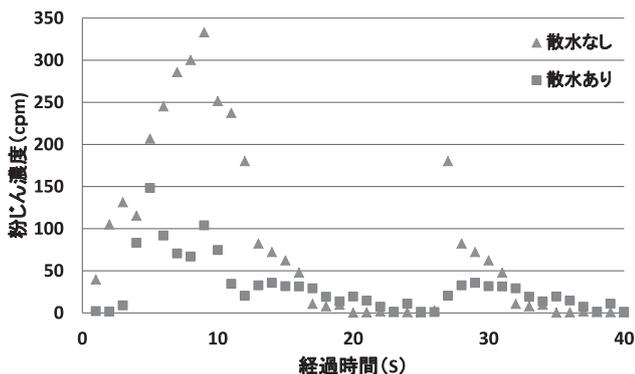


図-7 ノズル間隔8mの粉じん濃度の変化

(2) 工事用車両の走行時の粉じん対策

工事用車両の走行に伴う粉じん対策としては、仮舗装や敷鉄板、車両の洗浄、走行速度の抑制、ダンプの荷台をシートで覆うなどと併せて、工事用道路への散水もよく行われる。現地実験として続いて車両走行に伴う粉じんを発生源として本システムの粉じん低減効果を計測した。図-8に現地実験のイメージ図を示す。図-8に示すように車両走行路の風下に本システムを設置し、発生源側の風向風速計および粉じん濃度の値に反応して自動的に散水を行い、本システムの風下に位置する粉じん計の値により粉じん低減効果を評価した。ヤードの関係でノズル間隔は6mとした。その結果の一例が図-9である。計測の結果、37~56%（現地の風速は5~7m/s）、の粉じん低減率が得られ、平均約50%の粉じん低減が確認された。

なお、本システムは写真-3のようなスタンドタ

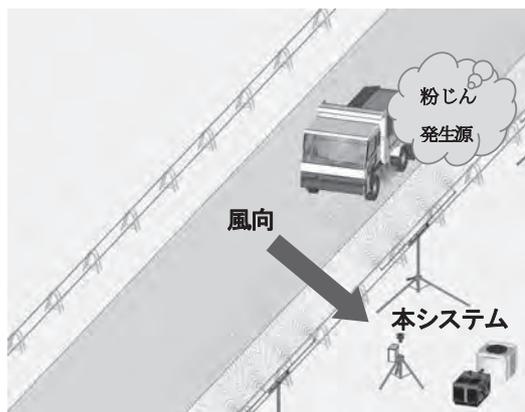


図-8 車両走行時の現地実験イメージ

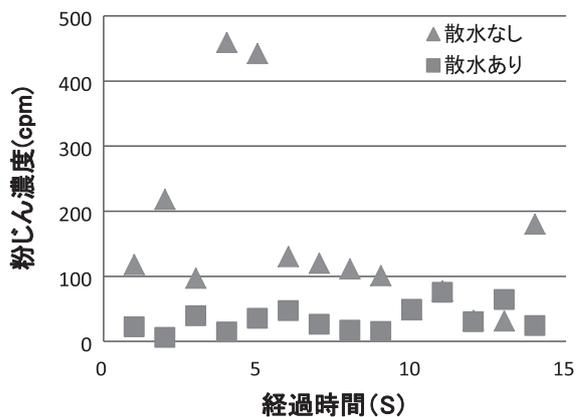


図-9 車両走行に対する粉じん濃度の比較



写真-5 万能塀に固定するタイプ

タイプの散水方法の他、写真-5のように万能塀に固定することもできる。このため、たとえばノズル付きフレームの位置を高さ3m付近に設置した場合、水がノズルから1m~2m程度高い位置に放出されたのち落下するため、高さ4m~5m付近から水滴のカーテンが形成され、ノズルの位置よりも高い位置の粉じんの抑制にも対応できる。このため、防塵ネットなどを高く設置できない現場でも、本システムであれば視界を遮ることなく、粉じんの抑制が可能である。

6. おわりに

本システム自動粉じん低減システム「粉じん見張り番」は、(株)テクノコアと共同開発したものである。本システムの特長をまとめると、以下ようになる。なお、使用に当たっては、前述したように現地の風況や発生源の粉体の質などの影響に十分配慮する必要がある。

- ① 現地の粉じん拡散状況を風向風速計と粉じん計により常に監視し、必要に応じて自動的に散水する。
- ② ノズルが水圧により高速で左右に振動しながら水を散布することで、面状に水滴のカーテンを形成してその面を透過する粉じんを低減する。
- ③ 散水は必要な状況にのみ自動的に行われるため、節水型であり、タンクへの給水作業等の負担が軽減される。
- ④ 現場の条件や影響を受ける対象に応じて、自立式タイプと万能塀等に固定するタイプを使い分けできる。

- ⑤ 車両走行に伴って発生する粉じんに対して本システムを適用した結果、平均約 50% (現地風速 5 ~ 7 m/s) の低減効果が得られた。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 「道路環境影響評価の技術手法 (平成 24 年度版)」, 2-3-27, (2012)
- 2) 社団法人地盤工学会 「建設工事における環境保全技術」, pp.208-209, (2009)
- 3) 池上布美子: 人工降雨システム「レインカーテン」による自然雨の再現とその活用, 日本冷凍空調学会「冷凍」, 2012 年 10 月号
- 4) 五十嵐・田中・替場・石川, 「人工降雨システムを用いた粉じん低減装置の開発」土木学会 第 70 回年次学術講演会 pp.513-514, (2015)

【筆者紹介】

田中 ゆう子 (たなか ゆうこ)
東亜建設工業(株)
海の相談室
室長

