

VII-270

空気自吸式エアレーターによるカオリンとセメントの水中捕集に関する研究

宮崎大学工学部

学生員 小椋 直樹

正会員 丸山 俊朗

正会員 鈴木 祥広

1. 背景

トンネル建設にはナトム工法が採用される例が多く、セメント吹き付け時と掘削時に多量の粉塵を排出する。また、多くの重機械が使用され排気ガスを排出する。このような環境下で作業員の健康が阻害される可能性が高く、早急な環境改善が望まれている。現在の対策は、巨大ダクトによる空気の供給と排気、山頂に向けた縦坑による排気などが行われている。また、現在の道路トンネルでも空気の浄化問題があるとされている。現在、電気集塵機やろ過集塵機による除塵が行われている。これらの方法はコストや手間がかかり、簡単で維持管理の容易な除塵方法が求められている。

2. 目的

粉塵等汚染物質を水に捕集できれば、高濃度に濃縮した水を処理すればよく、装置の維持管理も極めて容易になると考えられる。そこで、本研究では空気を吸引して微細気泡を水中に供給できるよう新しく開発された空気自吸式エアレーターを除塵を目的として応用した場合、トンネル建設工事で対象となる物質として、カオリンとセメントを水中に捕集できるか否か明らかにし、適切な捕集条件を見出すことを目的とした。

3. 装置と方法

本実験で用いる粉塵等の水中捕集装置は、汚染空気を吸引し、微細気泡として水中に分散する機能を持つので、汚染物質を水中に捕集できる可能性が高い。図1に空気吸引装置図を、図2に実験装置の概要を示す。羽根を回転させると、その背部が負圧になって空気を吸引し、回転する羽根と水とによってせん断されて微細気泡が水中に供給される。気泡の運動速度と気泡中の粉塵の運動速度に差があるため、粉塵は気液界面に衝突して液中に捕集される。

粉塵の捕集には、大量の汚染空気を処理しなければならず、空気吸引量を大きくする諸条件を求める必要がある。そのため羽根上縁から水面の距離（羽根水深と呼ぶ）、羽根の回転数を変えるための周波数、羽根の直径を変量とした空気吸引量、電力消費量との関係を調べた。それにより求められた空気最大吸引量を示した羽根を用いてセメントと岩石屑のモデル粒子としてカオリンについて実験した。集塵率¹⁾と排出された粉塵の重量濃度で粉塵捕集性能を表した。

$$\eta = \frac{S_c}{S} \times 100 = \frac{S - S_o}{S} \times 100$$

η ：集塵率 (%)

S_c ：装置内で捕集された粉塵流量 (kg/h)

S ：装置内に流入した粉塵流量 (kg/h)

S_o ：装置から流出した粉塵流量 (kg/h)

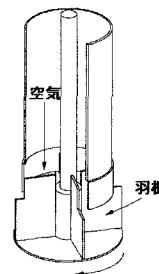


図1 空気吸引装置図

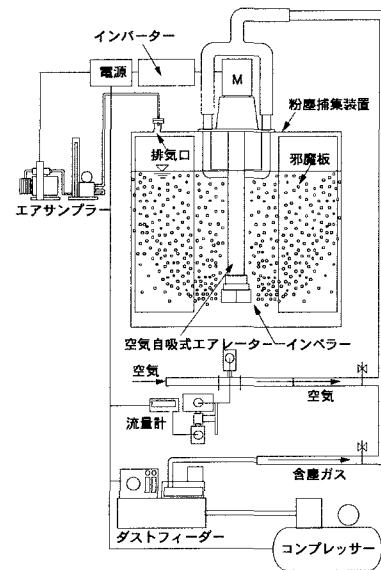


図2 実験装置の概要

4. 結果

図3に羽根水深をパラメータとした羽根の直径と空気吸引量との関係を示した。羽根の直径を大きくすれば空気吸引量が

増加することができる。しかし、羽根の直径を大きくすることでモーターの定格を越えないことが条件となる。また、羽根水深が小さいほど水圧が低いため空気吸引量が多くなる。しかし、羽根水深が小さすぎると集塵率が低下する可能性がある。図4には羽根水深をバラメーターとした羽根の直径と単位電力当たりの空気吸引量との関係を示した。単位電力当たりの空気吸引量は、羽根の直径が大きく、羽根水深が小さいほど大きい。気泡中の粉塵は、気液界面に衝突し水中に捕集されると考えられ、気液界面に衝突する機会が多いほど捕集性能がよいと考えられる。そこで、気泡が水中に長く滞留する条件、つまり羽根水深が大きい条件では、羽根の直径が140mmのとき単位電力消費量当たりの空気吸引量が最大になっている。

図5には羽根水深の変化に伴う処理前後の空気中の粉塵重量濃度と集塵率の関係を示す。羽根水深を大きくすれば処理空气中のカオリンの重量濃度は減少し、集塵率は増加する。日本産業衛生学会による許容濃度(2.0 mg/m^3)²⁾は羽根水深15cmで達成できる。実際の某トンネル建設工事現場において、最も清浄な坑口での粉塵重量濃度が 0.523 mg/m^3 であった。羽根水深35cmで同濃度まで除去可能であり、この傾向から羽根水深50cm以上では100%の集塵率を得られると予想される。

5. 結論

空気自吸式エアレーターを集塵に応用することを想定した実験より、以下の結論が得られた。

- (1) 空気吸引量を増加させるには、羽根の直径を大きくすること、羽根水深を小さくすること、周波数を増加させることが有効である。
- (2) 粉塵捕集は、羽根水深が大きい程集塵率が高い。原空気の粉塵重量濃度が $1130\sim1409 \text{ mg/m}^3$ の場合、これを許容濃度の 2.0 mg/m^3 以下まで除去するには羽根水深を15cmにするとよい。羽根水深50cm以上で100%の集塵率を得られると予想される。
- (3) 本実験で用いた400Wのモーターでは、空気吸引量が少なく、ブロワーを併用するなど、空気吸引量を増加させるための改良が必要である。

以上の結果より、本実験で用いた粉塵等の水中捕集装置は優れた性能を持つばかりでなく、他の装置よりも単純でメンテナンスフリーの集塵装置であるといえるが、今後の課題として空気吸引量を増加させる必要がある。

参考文献

- 1) 荒木峻、沼田眞、和田攻、環境科学辞典、東京化学同人、pp360、(1985), 2) 荒木峻、沼田眞、和田攻、環境科学辞典、東京化学同人、pp715、(1985)

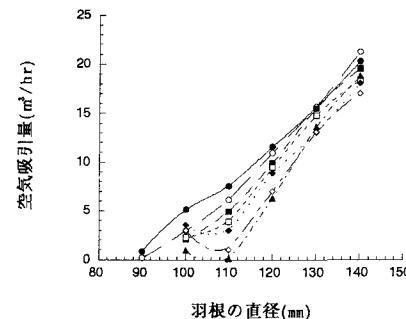


図3 羽根水深をバラメーターとした
羽根の直径と空気吸引量との関係

[記号説明] : ●: 羽根水深:15cm, ◆: 35cm,
○: 20cm, □: 40cm,
■: 25cm, ▲: 45cm,
□: 30cm.
[実験条件] : 周波数: 50Hz

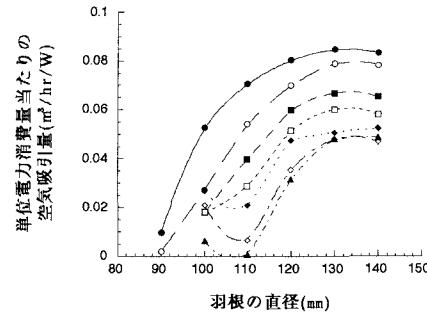


図4 羽根水深をバラメーターとした羽根の直径と
単位電力当たりの空気吸引量との関係

[記号説明] : ●: 羽根水深:15cm, ◆: 35cm,
○: 20cm, □: 40cm,
■: 25cm, ▲: 45cm,
□: 30cm.
[実験条件] : 周波数: 50Hz

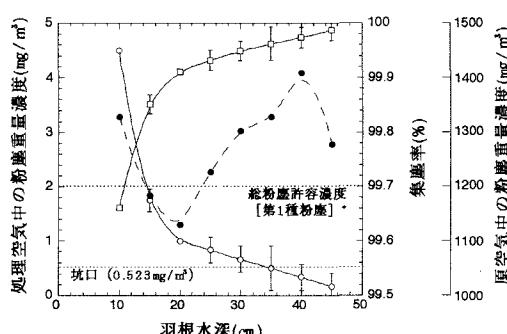


図5 羽根水深の変化に伴う処理前後の
空気中の粉塵重量濃度と集塵率の関係

[記号説明] : ○: 重量濃度(mg/m³)

□: 集塵率(%)

○: 原空気中の粉塵重量濃度(mg/m³)

[実験条件] : 羽根の直径:140mm, 周波数:50Hz, n=3

粉塵モデル粒子:カオリン,

粉塵吸引速度:400mg/min,

日本産業衛生学会による (2.0 mg/m³)