

## 超音波による摩擦低減効果を利用した混合粉体の分級

## Classification of Mixed Powder Using Friction Reduction Effect by Ultrasonic Vibration

○稲葉 啓太<sup>1</sup> 島山 豊<sup>2</sup> 河府 賢治<sup>3</sup>  
\*Keita INABA<sup>1</sup>, Yutaka HATAKEYAMA<sup>2</sup>, Kenji KOFU<sup>3</sup>

The influence of acoustic pressure and flexural vibration on friction reduction effect by ultrasonic has been investigated in this study. It was found that the influence of acoustic pressure varies with the particle size, and the particle density is related to the effects of flexural vibration. Then the classification by making use of acoustic pressure effect was examined. As a result, each particle size was able to separate clearly.

## 1. 緒言

現在、超音波は様々な分野で用いられており、著者らは超音波による粉粒体の摩擦低減を利用した新しいレアメタルの分離法の確立を最終目標に研究している。超音波による粉粒体摩擦低減効果の要因にたわみ振動と音圧が考えられるが、各因子による摩擦低減効果及び粒子物性による効果の相違は明らかにされていない。本研究で音圧及びたわみ振動による摩擦低減効果の影響を調べ、粒子密度、粒径による相違を明らかにし、分級への応用を試みる。

## 2. 実験装置及び方法

Fig.1 に実験で使用した共振周波数  $f=20.5\text{kHz}$  の振動板およびその振動モードを示す。Fig.2 は超音波発生装置である。発振器により所定の周波数  $f[\text{kHz}]$  の電圧  $V[\text{V}]$  を発生させ板に超音波振動を発生させる。また、振動板振幅はレーザードップラー振動計 (LDV) により測定する。

## 2.1 摩擦低減効果の測定

各粒子を測定前に水分計により水分を 1%未満に乾燥させ、粘着の影響を取り除き測定する。Fig.1 の振動板上の原点付近に粒子を単層で散布する。以下の(1)~(2)の条件で、次の方法で摩擦係数を測定する。装置全体を角度  $\alpha$  傾け、振動板振幅  $A_m$  を徐々に大きくし、粒子が滑り出す  $A_m$  を各条件で 10 回測定する。この  $\alpha$  が摩擦係数  $\mu$  を意味する。

$$\mu = \tan \alpha \quad (1)$$

## (1) たわみ振動および音圧が無い場合

振動板に超音波を適用せず、装置を徐々に傾け粒子が動き出す角度を測定した。このときの  $\mu$  を  $\mu_0$  とした。つまり、 $\mu_0$  はたわみ振動および音圧の無い粒子固有の摩擦係数を表す。

## (2) 音圧のみの場合

Fig.2 において、超音波振動を上板に発生させ、下板上に散布された粒子が動き出す振幅を測定し  $\mu$  を得る。これを  $\mu_1$  とする。 $\mu_1$  は、音圧のみの影響を受けた摩擦係数を表す。なお(2)の条件は粒子固有の摩擦係数  $\mu_0$  を基準とし、これと各条件の摩擦係数  $\mu_i$  と

の比  $\mu_i/\mu_0$  が 0.05 刻みになる  $\alpha$  を設定して測定する。

## 2.2 音圧による分級

Table 1 に使用したガラス粒子と鉄粒子の粒径を示す。それをそれぞれ 10ml ずつ混ぜる。この混合粒子を Fig.2 の下側の板上に散布し装置全体を角度  $\alpha$  で固定し、上板に  $A_m$  の超音波振動を加える。板上から滑り落ちた粒子を  $A_m$  ごとに 1~3 とし、なお板上に残ったものを No.4 とする。その後、HORIBA 製レーザー回折/散乱式粒子粒径分布測定装置[LA-950V2]を用い、各粒子群の粒度分布を測定する。

Table 1 Particle property

Material	Particle diameter $d_p$ [ $\mu\text{m}$ ]	Particle density $\rho$ [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	Acoustic transmission coefficient $T$ [-]
Glass	60	2.45	0.994
	180		
	300		
	810		
Iron	297	7.83	0.787
	393		
	540		
	691		
	998		

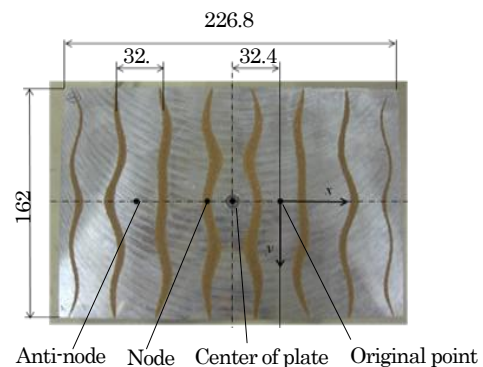


Fig.1 Vibration plate

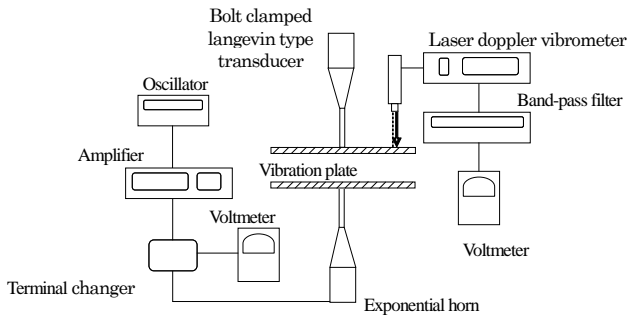


Fig.2 Experimental apparatus

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 摩擦低減効果の測定

##### 3.1.1 ガラス粒子

粒子径  $d_p$  の違いによる音圧の効果に関し、ガラス粒子の結果を Fig.3 に示す. Fig.3 から粒径が大きいほど小さい振幅で  $\mu_i/\mu_0$  が小さくなり、大きな摩擦低減効果が得られているのがわかる。つまり音圧による摩擦低減効果は粒径が関係していると言える。この結果から粒径による効果差を利用した分級が可能と言える。

##### 3.1.2 鉄粒子

粒子径  $d_p$  の違いによる音圧の効果に関し、鉄粒子の結果を Fig.4 に示す. Fig.4 より  $d_p=998\mu\text{m}$  において  $\mu_i/\mu_0$  の減少量が小さく、これ以外の粒径粒子においても  $\mu_i/\mu_0$  と  $d_p$  との相関が見られないことがわかる。この要因として、粒子形状が考えられる。長短度が大きく、板状での配向状態により音波の受け方が大きく変わるためと考えられる。

#### 3.2 音圧による分級

##### 3.2.1 ガラス粒子

音圧効果を利用し、ガラス粒子で分級を行った結果を Fig.5 に示す。累積通過分布曲線の立ち上がり位置が条件により異なり、分級に成功したと言える。これより、超音波音圧による摩擦低減効果を利用した分級が可能である。

##### 3.2.2 鉄粒子

鉄粒子の音圧による分級の結果を Fig.6 に示す。Fig.6 よりすべての曲線で立ち上がり位置が同じであり分級はできていないと言える。これは前述の通り粒子形状の影響が考えられる。

### 4. 結言

本実験では、超音波による摩擦低減効果の要因である音圧による影響を粒径の異なるガラス粒子と鉄粒子を利用し明らかにした。

- (1) ガラス粒子の場合、音圧による摩擦低減効果は粒子径により異なっており、これを利用することにより、分級が可能である。
- (2) 鉄粒子の場合、長短度が大きいいため、音圧による摩擦低減効果は粒子径により異なっておらず、分級が不可能である。

### 5. 参考文献

- (1) Hideto YOSHIDA, Yuki HAYASE, Kunihiro FUKUI, Tetsuya YAMAMOTO: "Effect of conical length on separation performance of sub-micron particles by electrical hydro-cyclone", Powder Technology,

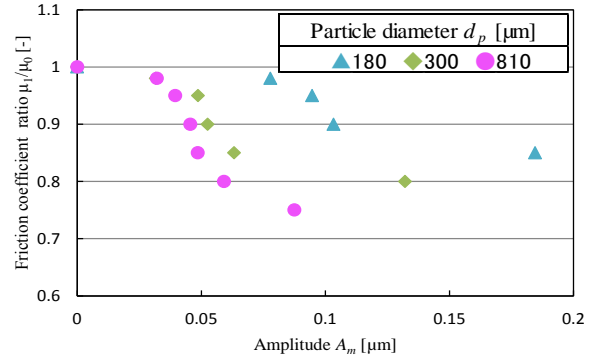


Fig.3 Influence of acoustic pressure[Glass]

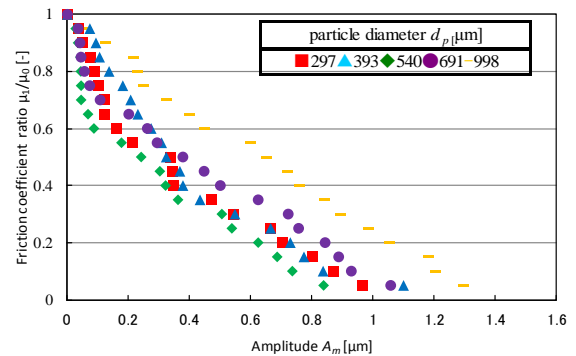


Fig.4 Influence of acoustic pressure[Iron]

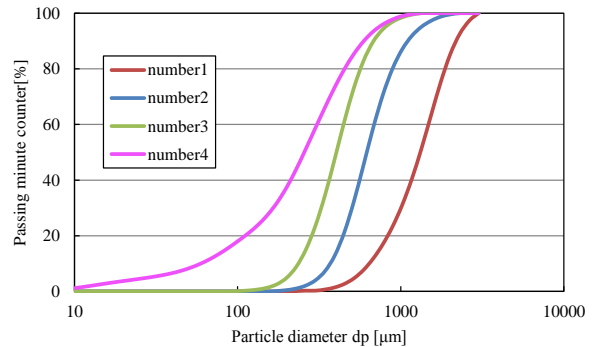


Fig.5 Result of classification[Glass]

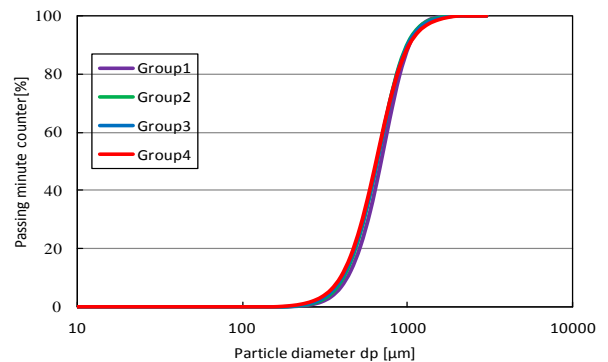


Fig.6 Result of classification[Iron]