

# 静止流体中を沈降する単一球に及ぼす壁面効果

## Wall Effect on a single sphere sinking in a Static Fluid

中村貴彦

NAKAMURA Takahiko

### 1. 目的

土粒子の粒度の測定には、剛体球であること、層流であること、および壁面効果がないことを仮定した Stokes の法則を適用した沈降速度式が利用されている。しかし実際の粒度分析の測定には、これら条件は明らかに満たされていない。著者はこれまで、このうちの壁面効果について実験的検討を行ってきた。本研究ではこれまで得られたデータと新しく得られた測定値をもとに、静止流体中を沈降する単一球に及ぼす壁面効果について検討を行った。

### 2. 沈降速度に及ぼす平面からの沈降位置の影響

単一平面からの距離  $L$  における半径  $a$  の球粒子の沈降時の、Stokes の法則の補正は次式のように導かれている<sup>1)</sup>。すなわち、 $\alpha$  を

$$\alpha = 1 - \left( \frac{9}{16} \right) \left( \frac{a}{L} \right) + \left( \frac{1}{8} \right) \left( \frac{a}{L} \right)^3 - \left( \frac{45}{236} \right) \left( \frac{a}{L} \right)^4 - \left( \frac{1}{16} \right) \left( \frac{a}{L} \right)^5 \tag{1}$$

として、Stokes の沈降速度は  $1/\alpha$  倍となる。補正後の速度  $U$  と理想的な値  $U_0$  との比  $U/U_0$  を、沈降位置  $a/L$  の関数としてプロットしたものが図 1 中の曲線 (H & B) である。

中村らは  $0.3 \times 3 \text{ mm}$  および  $0.5 \times 5 \text{ mm}$  断面のガラスセル内の水中を沈降する標準粒径  $20 \mu\text{m}$  のラテックス粒子の沈降速度の測定を行った<sup>2)</sup>。その結果を再整理したものを図 1 に示した。これより、沈降位置  $a/L < 0.2$  において(1)式とよい一致を示したものの、沈降位置が壁面に近くなると両者の違いが拡大することが明らかとなった。

これについてさらに検討するために、グリセリンを満たしたアクリル製の 1 辺が 65mm の角柱容器

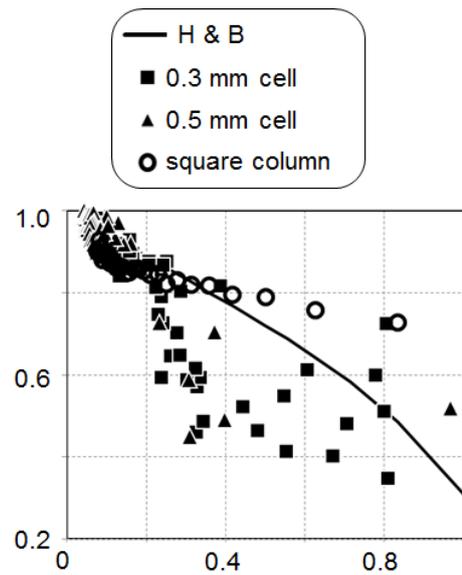


Fig.1.  $a/L$  vs  $U/U_0$  (y axis)

$a/L$	0.07	0.09	0.11	0.14	0.19	0.32
0.07	0.809					
0.09	0.817	0.824				
0.11	0.826	0.818	0.822			
0.14	0.820	0.818	0.804	0.799		
0.19	0.790	0.793	0.780	0.787	0.765	
0.32	0.694	0.710	0.690	0.647	0.681	0.570

Fig.2.  $U/U_0$  in the square column

東京農業大学地域環境科学部 Facul. Regional Environment Science, Tokyo Univ. Agriculture

キーワード: 沈降速度, Stokes の法則, 単一球, 壁面効果

断面内での沈降位置と、標準粒径 5mm のガラスビーズの沈降速度の関係を測定した。その結果(図 1)、ばらつきは小さく一定の関係があることが明らかとなったものの、(1)式による補正とは大きく異なることが明らかとなった。補正後の沈降速度は単一平面のみの影響が想定されているのに対し、ガラスセル、角柱ともに他の 3 平面からの影響も受ける。中央に近づくほど理論値よりも実験値は小さくなることが明らかとなった。しかしながら壁面に近づくほど理論値よりも大きく測定された。これについてはさらに検討を行う必要がある。

### 3. 沈降速度に及ぼす 4 平面の存在の影響

複数の平面からの影響を受ける場合の定量化は、65mm 角柱で、グリセリンと 5mm ガラスビーズを使用して行った。断面内の沈降速度の分布は図 2 に示す通りである。図の左上が正方形断面の中央部で、右下が角柱の角部を表している。その結果、中央部( $a/L = 0.15$ 、 $U/U_0 = 0.81$ )よりも、少しずれた位置で最大の沈降速度を示す( $a/L \approx 0.2$ 、 $U/U_0 \approx 0.83$ )ことが明らかとなった。これは円柱の場合には見られない傾向であった(図 3)。

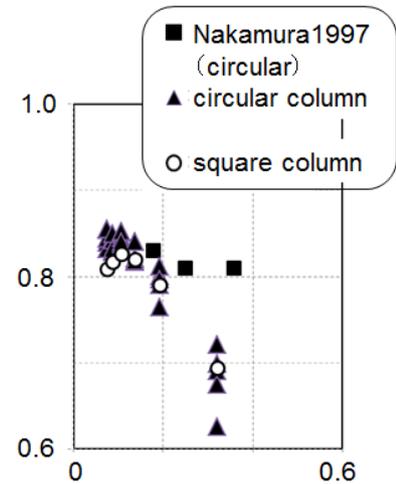


Fig.3.  $a/L$  vs  $U/U_0$  (y axis)

### 4. 円管中央部を沈降する場合の沈降速度の管径の影響

管径  $R$  の円管の中央での沈降速度  $U/U_0$  と  $a/R$  との関係は図 4 の曲線で表されることが既に得られている<sup>1)</sup>。中村が報告した結果<sup>3)</sup>とこの関係式を比較した結果、両者はよい一致を示すことが明らかとなった。しかしながら本研究において得られた結果は、 $a/R$  が小さい場合、曲線からずれることが明らかとなった。これについてはさらに検討が必要である。

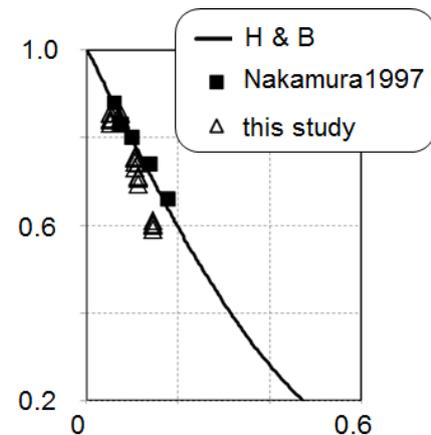


Fig.4.  $a/R$  vs  $U/U_0$  (y axis)

### 5. 沈降速度に及ぼす曲率の増加の影響

5mm のガラスビーズが壁面から 16.5mm の位置を沈降する場合の、円管の曲率の増加と沈降速度との関係を図 5 に示した。曲率 0 は平面を表しており、このときの沈降速度は単一平面からの理論値を用いた。曲率 0.06 は円管の中央部であり、曲率が小さくなるにつれて沈降速度は大きくなる傾向は確認できた。

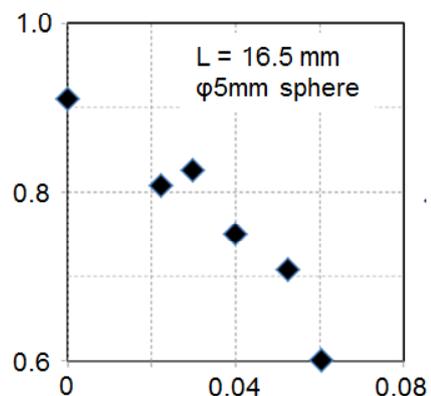


Fig.5. Curvature (x axis) vs  $U/U_0$

引用文献 1) Happel and Brenner (1983):

Low Reynolds Number Hydrodynamics

2) 中村ら(1997): 農土論集、187 号

3) 中村(1997): 農土学会全国大会講演会