

北海道大学 工学部 (正) 船水尚行, (正) 高桑哲男

1. はじめに 演者らは沈降速度分布を持つ粒子群の干渉沈降現象の解析を進め、等密度で粒径の異なる場合について先に発表した。^{1)~3)}

今回は粒径と密度が異なる2種類の粒子を混合した2成分粒子群についての回分沈降実験結果を報告する。

2. 実験方法 密度 $\rho_A=1.189\text{g/cm}^3$, 平均径 $d_A=608.8\mu\text{m}$ のアクリル球A600と密度 $\rho_G=2.479\text{g/cm}^3$, 平均径 $d_G=86.8\mu\text{m}$ のガラス球G80を用い、粒子の存在割合の効果を検討するためにいくつかの混合比で混合して2成分粒子群とした。また二者の密度の違いによる影響を調べるためには濃度の異なるグリセリン水溶液を用いて懸濁媒体の密度 ρ_s を変化させた。本報告では二者の密度の違いを各粒子の懸濁媒体中の有効密度 $\rho_{eA}(\rho_A-\rho_s)$, $\rho_{eG}(\rho_G-\rho_s)$ の比 ρ_{eA}/ρ_{eG} で表現することにする。実験に用いた粒子群と懸濁媒体の組合せを表-1に示す。長さ約2m, 直径5cmのアクリル製沈降管に所定の初期濃度になるように表-1の粒子群を一緒に懸濁させ回分沈降実験を行った。実験では各界面の沈降速度, 体積濃度分布を測定し沈降フラックス G を求めた。A600, G80の絶対沈降速度 U_A, U_G は体積濃度を ϕ_A, ϕ_G とすると次式で計算される。

$$U_A = \frac{G_A}{\phi_A} + \frac{G_A + G_G}{1 - \phi_A - \phi_G}, \quad U_G = \frac{G_G}{\phi_G} + \frac{G_A + G_G}{1 - \phi_A - \phi_G} \quad (1)$$

3. 実験結果および考察 はじめにA600とG80を等体積で混合した2成分粒子群が $\phi_A=1.769\text{cp}$, $\rho_s=1.043\text{g/cm}^3$ のグリセリン水溶液中で回分沈降する場合の各界面の動きの例を図-1に示す。初期全濃度が0.075の場合A600の界面がG80よりも速く沈降している。 ϕ_T が0.15に増加すると両者の沈降速度の差がほとんどなくなり、沈降過程での分離が生じなくなる。 ϕ_T が0.185になると、界面の沈降速度が逆転し、G80の界面沈降速度がA600より大きくなる。 ϕ_T が0.26では0.185の場合と同様にG80の界面沈降速度がA600よりも大きく、加えて沈降管底部よりA600層の下部の界面の上昇が生じA600のみが沈降速度が負になっている。 ϕ_T が0.41ではA600の層の管底からの上昇速度が $\phi_T=0.26$ の場合より増加している。以上述べた各界面の沈降・上昇速度 V と ϕ_T の関係を整理して図-2に示す。図よりG80の界面の沈降速度は ϕ_T が増大してもほぼ一定の値を保っているのに対し、A600の界面の沈降速度は ϕ_T の増大によって著しく減少しA600とG80の界面の沈降速度の大小関係に逆転が生じている。また ϕ_T が約0.26におけるA600の底部からの上昇速度は ϕ_T の増大に伴い増加している。次に、有効密度比0.1の場合について、A600とG80の絶対沈降速度 U と ϕ_T の関係を図-3~5に示す。A600, G80の単粒子自由沈降速度 U_0 はそれぞれ約2.22cm/s, 0.54cm/sとA600のほうが大

きいにもかかわらず、全濃度が高くなると絶対沈降速度の大小関係に逆転が生じている。このような逆転が生じる ϕ_T はA600とG80の混合比が1:4のとき ϕ_T が約0.12, 1:1では ϕ_T が約0.225, 4:1では ϕ_T が約0.3であり、G80の存在割合が多いほど低い全濃度で速度の逆転が生じている。またA600の絶対沈降速度が負の値をとることから鉛直上

表-1 粒子群と懸濁媒体

存在割合 A600 : G80	粘度 (cp)	密度 (g/cm ³)	有効密度比 (-)
0.20 : 0.80	1.769	1.043	0.10
0.33 : 0.67			
0.50 : 0.50			
0.67 : 0.33			
0.80 : 0.20	1.141	1.00	0.12
0.50 : 0.50			
0.50 : 0.50			
0.50 : 0.50			
0.50 : 0.50	2.684	1.076	0.08
0.50 : 0.50	4.272	1.107	0.06
0.50 : 0.50	7.00	1.136	0.04

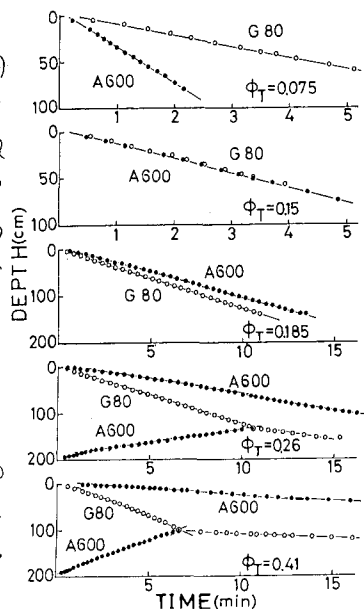


図-1 界面沈降パターン

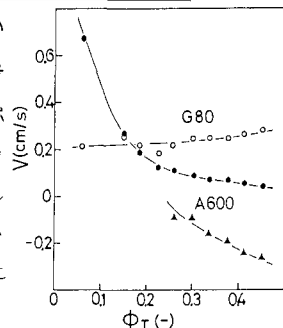


図-2 界面沈降速度の変化

向きに力をうけていることがわかる。そこで A 600 と G80 の受ける鉛直方向の力 F_{gA} , F_{gB} を懸濁液全体の密度 $\rho_g = \rho_A \phi_A + \rho_B \phi_B + \rho_g(1 - \phi_A - \phi_B)$ を用いた次式で計算し、 ϕ_B に対する関係として図-6 に示す。

$$F_{gA} = \frac{\pi}{6} d_A^3 g (\rho_A - \rho_g), F_{gB} = \frac{\pi}{6} d_B^3 g (\rho_B - \rho_g) \quad (2)$$

図-6 では F_g の値を単粒子自由沈降時に受ける力 F_{g0} に対する比と示した。A600 では ϕ_B の増加に伴う F_{gA} の減少が G80 と比較して顕著で、A600 の存在割合が小さいほど F_{gA} の値の減少が著しい。また F_{gB} の値が正から負に変化する付近の濃度で A

600 の絶対沈降速度の値も正から負に変化していることがわかる。図-7 に有効密度比が 0.1 の場合について A600 と G80 の存在割合と各成分の絶対沈降速度の関係を示す。A600, G80 とともに A

600 の存在割合の増加に伴い絶対沈降速度が増加している。次に A600 と G80 を等体積で混合した場合について、両者の密度の違いと絶対沈降速度の関係を図-8 に示す。A600, G80 の絶対沈降速度の絶対値は両者の密度の違いが大きくなるほど (図中では有効密度比の値が小さくなる

ほど) 増加していることがわかる。この絶対沈降速度の絶対値の増加は全濃度が高いほど顕著である。最後に先に提案した多成分粒子群の沈降速度式を本実験の粒子群に適用してみる。A600, G80 の絶対沈降速度 U_A , U_B は次式のように書かれる。

$$U_A = U_{0A} \cdot \frac{1 - \phi_T}{(1 + \phi_T^*) \exp(\frac{5}{3} \frac{\phi_A^*}{1 - \phi_T})} \cdot \left[1 + \frac{(\rho_A - \rho_B) \phi_B}{(\rho_A - \rho_B)(1 - \phi_T)} \right]$$

$$U_B = U_{0B} \cdot \frac{1 - \phi_T}{(1 + \phi_T^*) \exp(\frac{5}{3} \frac{\phi_B^*}{1 - \phi_T})} \cdot \left[1 + \frac{(\rho_B - \rho_A) \phi_A}{(\rho_B - \rho_A)(1 - \phi_T)} \right] \quad (3)$$

$$\phi_A^* = \phi_A + (d_A/d_B)^3 \phi_B, \quad \phi_B^* = \phi_B + (d_B/d_A)^3 \phi_A$$

式(3)による計算結果を図-3~5, 7, 8 中の実線を示す。これにより式(3)では高密度粒子側の絶対沈降速度を十分に表現できないことがわかる。

4. おわりに 密度と粒径の異なる粒子群の絶対沈降速度を表現する沈降速度式の導出が今後の課題として残された。本研究を行うにあたり本

学大学院生岩田新晃の協力と、文部省科研一般研究(C)の援助を受けた。記して謝意を表す。

(参考文献) 1) 高桑ら、第38回環状会年講、第50、9、2) 船水ら、第38回工本会年講、3) 船水ら、化工第49年会、昭和49、4

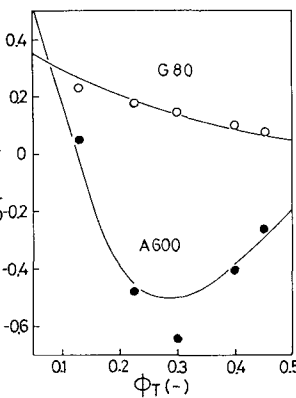


図-3 Uの変化(A600(1)+G80(4))

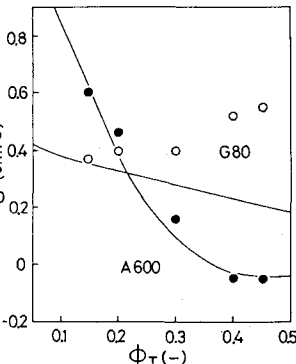


図-4 Uの変化(A600(1)+G80(1))

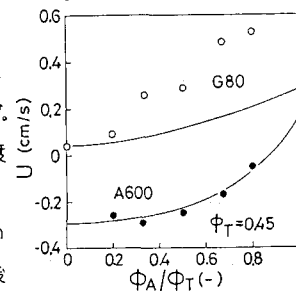
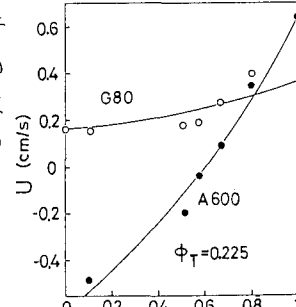


図-7 混合比とUの関係

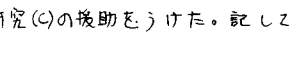


図-8 有効密度比とUの関係

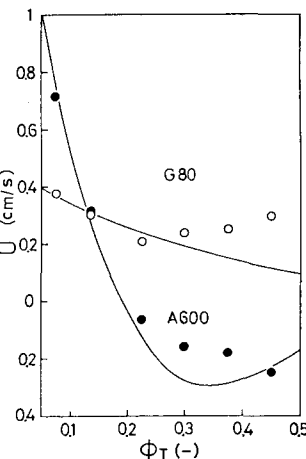


図-9 Uの変化(A600(1)+G80(1))

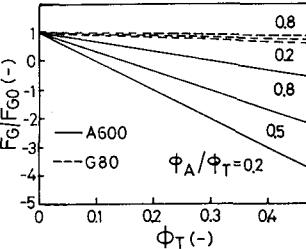


図-10 F_gとphi_Tの関係

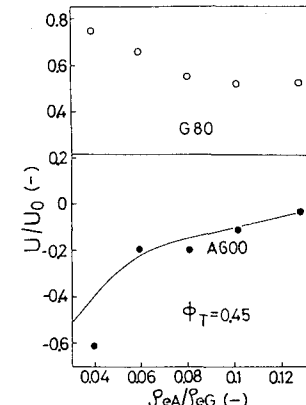
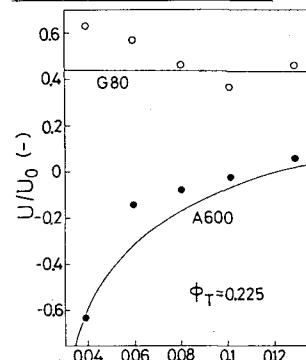


図-12 有効密度比とUの関係