Effect of Reaction Temperature on the Neutralization Rate of Fatty Acid in a Coagulation Particle Made by the Seed Coagulation Method from Polymer Latex

Naoki Furukawa and Wataru Okada

Engineering Research Lab., Kaneka Corporation, Takasago 676

Key Words : Chemical Reaction, Coagulation, Polymer Latex, Neutralization, Reaction Temperature, Unreacted Core Model, Diffusion Coefficient, Pore Size Distribution

This study focuses on the effect of reaction temperature in the range from 343 to 368K on the neutralization rate of fatty acid in a coagulation particle made by the seed coagulation method from polymer latex.

It was confirmed that, as reported in the previous paper, the unreacted core model can be applied at 343~363K.

The diffusion coefficient of calcium hydroxide in the ash layer has a maximum value at about 363K.

This means that the diffusion of calcium hydroxide in the particle was hindered above 363K. This was thought to result from a decrease in porosity and pore diameter of the coagulation particle due to shrinkage of the coagulation particle by heat treatment.

高压気流の加速による凝集粒子の分散[†]

遠藤禎行・向阪保雄

大阪府立大学工学部 化学工学科^{††}

緒 言

気相中における凝集粒子の分散現象を明らかにするために、前報²⁾では気流の加速による凝集粒子の分散に着目し、分散器としてエジェクターを用いて臨界速度・臨界圧に達した気流によってPSL凝集粒子を分散し、1次粒子径5.2 μm のPSL凝集粒子がほとんど1次粒子にまで分散できることを確かめ、またそれが理論的に説明できることを確かめた。この場合、分散器内の気流の速度は臨界速度に達しているためこれ以上流速を速くすることはできないが、臨界圧に達している気流の圧力を高め流体の密度を大きくすれば、前報の理論²⁾から、凝集粒

子に働く分散力をさらに増大できる可能性があることに着目し、本研究では最大7.5MPaの窒素ガスを供給できるエジェクターを用いて実験と考察を行った。

1. 理論的考察

凝集粒子をFig. 1のような大小2個の粒子から成り立っているとモデル化すると、この粒子が一樣流れ場に瞬時に投入されたときの分散力 F_d は次式で与えられる²⁾。

$$F_d = \{0.119 \rho_f u_r^2 d_{VB}^2 D_v^2 (\kappa_A - D_v \kappa_B) + 2.07 (\eta \rho_f u_r^3 d_{VB}^3 D_v^3)^{1/2} (\kappa_A - D_v^{3/2} \kappa_B) + 9.05 \eta u_r d_{VB} D_v (\kappa_A - D_v^2 \kappa_B)\} / (D_v^3 + 1)$$
$$D_v \equiv d_{VA} / d_{VB} \leq 1 \quad (1)$$

ここで、 ρ_f は流体の密度、 u_r は粒子と流体間の相対速度、 d_v は等体積球相当径、 κ は動力学の形状係数、 η は流体の粘度、添字A, BはA, B 2つの粒子に関するもの

[†] 1992年1月31日受理

^{††} 〒593 堺市学園町 1-1

Fig. 1 Illustration of a model aggregate

である。

粒子まわりの流れがStokes域の場合、この分散力は単に粒子径に比例するだけであるが、遷移域～Newton域に入ると粒子径の1.5～2乗に比例するようになって、凝集粒子は分散しやすくなる。また、この式で流体の密度も関係するため、流速が臨界速度（音速）に達していても、本研究で使用するエジェクターのように、非常に狭い隙間に高圧の気体を送ることによって、すなわち臨界圧を高めることによって、流体の密度を高くすれば、より大きな分散力を得ることが期待できる。

Fig. 2(a)は、一例として3個の1次粒子からなる凝集粒子(triplet)が1個と2個とに分散するときのEq. (1)から得られる分散力 F_d (図の曲線)を示したものである。図中の P_1 は後述する実験に用いたエジェクターに供給する窒素ガスの初期の圧力であり、 ρ_f はエジェクターのど部における窒素ガスの密度で、臨界圧に達したところでの密度である。一方、図中の直線は粒子間付着力 F_a として、PSL粒子同士のHamaker定数を文献値¹⁾($6.2 \sim 16.8 \times 10^{-20}$ J)の平均的な値 1×10^{-19} Jおよび粒子間距離を $4 \text{ \AA}$ と仮定したときのvan der Waals力 F_a を示したものである。この F_a は、分離時の粒子同士の接触点の数によって F_{a1} , $2F_{a1}$, ... と変わる。たとえば、この図の3個凝集粒子(triplet)で $P_1 = 7 \text{ MPa, abs.}$ の場合、(1)1次粒子径 $2 \mu\text{m}$ の粒子では、分散力 F_d が粒子間付着力 $2F_{a1}$ を上回り、ほとんど分散する、(2)1次粒子径 $1 \mu\text{m}$ の粒子では、分散力 F_d が粒子間付着力 $2F_{a1}$ よりわずかに大きく、ある程度分散する、(3)1次粒子径 $0.5 \mu\text{m}$ では、分散力 F_d が粒子間付着力 F_{a1} と $2F_{a1}$ の間にあり、一部が分散すると予想できる。

次に、Fig. 2(b)は窒素ガス供給圧力 P_1 が 7.5 MPa, abs. のときの2～5個の1次粒子から構成される凝集粒子の分散力 F_d と粒子間付着力 F_a を示したものである。Eq. (1)から理論的に分散されにくいと考えられる2個凝集粒子(doublet)を除き、3～5個の1次粒子から構成される凝集粒子の分散力 F_d は $0.5 \mu\text{m}$ 以上ではほぼ同じ値となり、分散力 F_d はFig. 2(a)と同じように粒子間付着力 F_a を上回ることがわかる。なお、doubletが等径2球であればEq. (1)に示した分散力が $F_d = 0$ となるので分散

Fig. 2(a) Calculated results of dispersion and adhesion force (triplet)

Fig. 2(b) Calculated results of dispersion and adhesion force (aggregates consisting of N primary particles)

Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus

しないことになるため、前報²⁾と同じく Fig. 2(b)では2粒子の大きさに $d_{VA}/d_{VB}=0.9$ の違いがあると仮定した doublet の分散力を示した。

2. 実験装置および方法

実験装置は前報²⁾と同じで、その概要を Fig. 3 に示す。実験に使用した乾燥 PSL 粒子は日本合成ゴム製で、凍結乾燥した $2\mu\text{m}$ の粒子、および恒温恒湿器 (298K, 40% RH) で PSL 粒子懸濁液を 48 時間乾燥させた $0.493\mu\text{m}$ と $1.096\mu\text{m}$ の粒子である。供給粒子は、それぞれこの単分散 1 次粒子から構成された乾燥粉体で、エジェクターに高圧窒素ガス (Fig. 3 の P_1 は max 7.5MPa, abs.) を送ることによってエジェクターのど部の負圧を利用してステンレス製細管 (内径 ϕ 0.2mm) を通してこの粒子を約 10 mg/s で吸引し、のど部の高速気流 (粒子基準 Re 数が max 1500) で加速分散させ、試料採取容器に導く。この容器底にあらかじめ置いたスライドガラス上に全粒子が自然沈降によって沈着した後、光学顕微鏡によって約 1000 個の粒子について分散状態を観察した。

3. 実験結果および考察

Fig. 4 に実験結果を示す。この図の縦軸は、分散後の単一粒子を含む全凝集粒子数に対する N 個 ($N=1$ を含む) の 1 次粒子から構成される凝集粒子数の割合を示す。窒素圧力 P_1 が 7.5MPa, abs. のとき、粒径 $2\mu\text{m}$ の PSL 粒子は約 90%、粒径 $1.096\mu\text{m}$ では約 70%、粒径 $0.493\mu\text{m}$ では約 65% が 1 次粒子 ($N=1$) にまで分散しており、 P_1 が 1.1MPa, abs. の場合に比べてかなり分散効果のよいことがわかる。また、窒素圧力 P_1 が 6.5MPa, abs. のときも粒径の小さい $0.493\mu\text{m}$ では分散効果がわずかに低いものの、ほぼ同じ結果が得られている。

このように粒径 $2\mu\text{m}$ の PSL 粒子がほとんど 1 次粒子にまで分散し、粒径が小さくなるとともに分散されにくくなったことは、乾燥 PSL 粒子の粒子間付着力を van der Waals 力と考えれば、Fig. 2 で理論的に考察した結果とよく一致しており、気流の加速による凝集粒子の分散力が遷移域～Newton 域 (粒子基準 Re 数が 50～1500)

Fig. 4 Experimental results of dispersion of dry PSL aggregate particles

において Eq. (1) で表せることを示している。

結 言

エジェクター分散器を用いて粒子基準 Re 数が 50～1500 の範囲で、高圧窒素ガス気流の加速による PSL 凝集粒子の分散実験を行い、次のことがわかった。

1) 気流が臨界速度 (音速) に達してしまっても、気流の臨界圧を高めてガス密度を増大させてやれば、10 気圧程度では期待できなかった微小粒子の分散が可能となった。

2) このような実験結果は、前報の理論²⁾、つまり凝集粒子に働く分散力と van der Waals 力による粒子間付着力の値を比較することで、ほぼ説明づけることができた。

Nomenclature

A	= Hamaker constant	[J]
D_V	= diameter ratio ($=d_{VA}/d_{VB}$)	[-]
d_V	= equivalent volume diameter	[m]
d_{p1}	= primary particle diameter	[m]
F_a	= adhesion force	[N]
F_d	= dispersion force	[N]
h	= separation distance between two spherical primary particles	[m]
N	= number of primary particles consisting of an aggregate	[-]
P_1	= pressure at ejector inlet	[Pa]
Re_p	= Reynolds number ($=\rho_f u_r d_V / \eta$)	[-]
u_r	= relative velocity of a particles to fluid	[m·s ⁻¹]
κ	= dynamic shape factor	[-]
η	= viscosity of fluid	[Pa·s]
ρ_f	= density of fluid	[kg·m ⁻³]

<Subscripts>

A = particle A shown in Fig. 1

B = particle B shown in Fig. 1

Literature cited

- 1) Chem. Soc. of Japan (ed.): "Kagaku Benran Kishoten II", p.100, Maruzen, Tokyo (1984)
- 2) Kousaka, Y., Y. Endo, T. Horiuchi and T. Niida : *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, 18, 233 (1992)

Dispersion of Aggregate Particles by Acceleration in a High-Pressure Air Steam

Yoshiyuki Endo and Yasuo Kousaka

Dept. of Chem. Eng., Univ. of Osaka Pref., Sakai 593

Key Words : Mono-Dispersed Aerosol, Dispersion, Aggregate Particles, Adhesive Force, Ejector

Dispersion of aggregate particles consisting of mono-dispersed PSL (polystyrene latex) particles of 0.5, 1 and 2 μm in diameter has been examined by use of an ejector to which high-pressure N_2 gas (max. 7.5 MPa) is supplied. Enhancement of dispersion of aggregates was observed as the critical pressure at the ejector throat outlet was increased. This is caused by the effect of increase in gas density at the ejector throat, which is expected from a theoretical analysis.

クロレラの酸素発生速度および酸素消費速度の簡便な測定法とその応用[†]

松本曠世・浜崎彰弘

三菱重工業(株) 高砂研究所^{††}

佐藤 秀一

三菱重工業(株) 神戸造船所^{†††}

微細藻類は宇宙閉鎖生態系生命維持システム(Closed Ecological Life Support System, CELSS)への利用など新しい研究の動きが始まっている。これらの利用に関しては、簡便、迅速でかつ装置設計に適用できる藻体特性測定法が必要である。藻体の特性測定法に対するアプローチは、古くはTamiyaら⁶⁾が基礎的な研究を行っているが、この方法は測定に長時間を要する等の問題があ

り、一般的にはあまり利用されていない。装置化の問題に対しては、Iwamura¹⁾がTamiyaら⁶⁾が測定した藻体(*Chlorella ellipsoidea*-Tamiya's strain)の特性値を使用し、微細藻類のCELSSへの適応性に関してフィージビリティスタディを行っているが、適用した設計法に対する実験的な裏付けがなされていない。著者らはTamiya, Iwamuraの方法に注目し、藻体の特性測定方法の改良とその酸素発生装置設計への適用性確認を行った。

[†] 1992年2月4日受理

^{††} 〒676 高砂市荒井町新浜2-1-1

^{†††} 〒652 神戸市兵庫区和田崎町1-1-1