

資源・材料とエネルギー 電池製造プロセスとレオロジー

工学研究科 応用化学専攻
菰田 悦之

前回の課題について…

粒子を分散させるには？

濃厚な混合物を作る
⇒練る
⇒希釈する

今の主流ではある
しかし、ベストではない

超音波

粒子分散には効果的

濾過する。篩で濾す

1ミクロンの粉は篩にかけられない

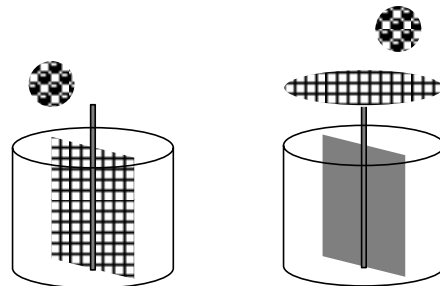
自然対流で均一になる

自然対流は非常に穏やか
→ 凝集体は破壊されない

高温、高速、高压

単に厳しい条件では粒子分散は不可能

目の細かい攪拌翼で混ぜる
or まず篩にかける



篩を用いた分級操作



→ 振動によって篩の効率はアップ。

JIS 試験篩いメッシュ換算表

目開き(μ)	メッシュ	目開き(μ)	
5.6mm	3.5	250 μ	
4.75mm	4	212 μ	
4.00mm	4.7	180 μ	
3.35mm	5.5	160 μ	
2.80mm	6.5	150 μ	
2.36mm	7.5	125 μ	
2.00mm	8.5	106 μ	
1.70mm	10	100 μ	
1.40mm	12	90 μ	
1.18mm	14	75 μ	
1.00mm	16	63 μ	235
850 μ	18	53 μ	280
710 μ	22	45 μ	330
600 μ	26	38 μ	390
500 μ	30	32 μ	440
425 μ	36	25 μ	500
355 μ	42	20 μ	635
300 μ	50		



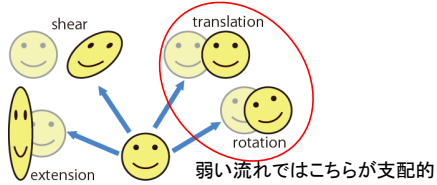
結論： 1ミクロンの穴の開いた攪拌翼は現実的でない。



対流で凝集体は破壊できるか？

自然対流は一般に穏やか

→ 凝集体を破壊する作用は殆どない



強制対流の強度は操作条件による

→ どのような流れなら凝集体は破壊されるか？
せん断(shear)や伸長(extension)が重要

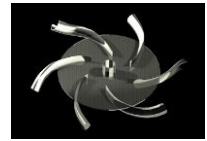


高圧, 高温, 高速は有効か？

高温 粘度は下がる → 分散は進む

高圧 高圧... 粘度増大(分子運動の抑制) → 分散し難い

高速 高速... 凝集体の破壊は進む？



小さな羽を高速回転
(140rpm)

<http://www.revolve-mixing.com>

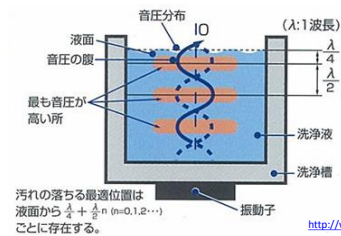


超音波による粒子分散



確かに、粒子は細かく分散されている

超音波とは？ ... 耳には聞こえない高い振動数をもつ音波



<http://www.honda-el.co.jp>

キャビテーション: 圧力差に起因する泡の発生と消滅

粒子加速度: 1MHz時の粒子加速度は100000G

直進流: 大エネルギー(>0.5W/cm²)で振動面からの直進流発生



練って, 希釈する

(リチウム・キャパシタ・燃料電池・太陽電池などの)
電極製造用スラリーの攪拌脱泡

<http://www.kurabo.co.jp>



(1) 電極材料の固練り

“粘度の高いものの方がせん断力はより強くなる。
そこで対象物の正規配合より液体分を減らし、固練りすることで粉体の凝集をほくことができる”



(2) 電極材料のペースト化

固練りした材料が正規配合になるよう液体分を投入し、再度攪拌する。液体分の投入を数回に分けて、徐々にペースト化(希釈)することが有効。

(3) 脱泡

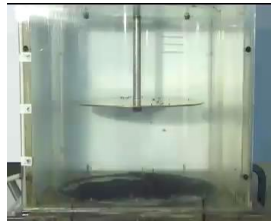
ペースト化した際に脱泡できている場合もある

混ぜ方入門2

粒子を均一に混ぜる(懸濁する)



小型翼の一例

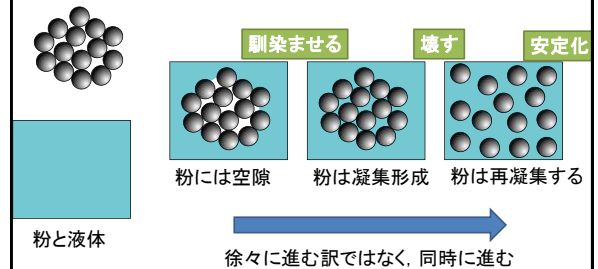


振動操作

粒子は全体に存在しているが、凝集体はあまり破壊されない

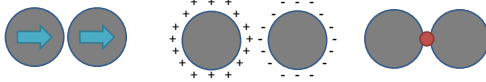
粒子を均一に混ぜる(分散する)

粒子を液体中に分散させる3ステップ



なぜ、微粒子は分散されにくいのか？

微粒子の凝集メカニズム (in 気体)



Van der Waals 引力

静電引力

液架橋力 or
固体架橋力

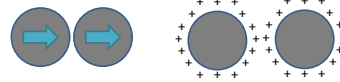
粒子が小さいと...
粒子数が多い → 比表面積大きい
→ 粒子結合点が多い → 全体の結合強度UP



粉体は空気を含むので、粒子表面は固気界面(疎水性)

液中で分散させるためには？

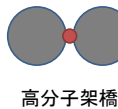
微粒子の分散・凝集メカニズム (in 液体)



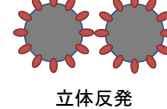
Van der Waals 引力

静電斥力

← pH & 塩濃度

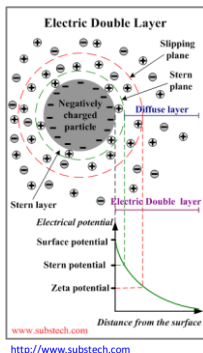


高分子架橋



立体反発

pHや塩濃度と静電斥力の関係



pHとは

[H⁺] (水素イオン濃度) の指標
⇒ 帯電の大きさを示す
⇒ 帯電が見かけ上ゼロなら凝集
絶対値が大きくなると反発

塩とは

塩とはプラスとマイナスイオンの結合
⇒ 溶けるとイオンが増える

塩濃度が高い

⇒ 粒子周りにイオンが集まる
⇒ 帯電効果が粒子近くに限られる
⇒ 凝集しやすい

電池電極用スラリーを混ぜるために

電極用スラリーの組成

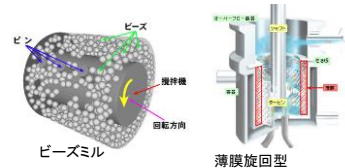
- ・導電材料 ... 粒子
- ・分散媒 ... 水 or 有機溶媒
- ・高分子 ... 粒子結合剤

機械的エネルギーを効率的に
利用して粒子分散を行う

⇒ 効率的にせん断もしくは伸長変形を与える

⇒ 粒子の分散安定化にも寄与する

溶媒の電気的性質によって分散安定性が変化する



本日のまとめ

粒子を懸濁できても、分散できるとは限らない

粒子分散には、粒子の濡れ性向上、凝集体の破壊、そして安定化が必要である

気体と液体中での粒子凝集メカニズムおよび粒子表面状態の違い、そして粒子径の小ささが粒子分散を困難にしている

通常の攪拌操作では、粒子に対して効果的に力を加えることができないため効率的に粒子分散させることができない

課題 (2013.5.29)

学籍番号

氏名

○ 固練りと希釈を経て、微粒子凝集体を液中に分散させたい。これらの操作を連続的に行う(粉と液を供給すると、分散液が排出される)工業プロセスを考え、図と文章で説明しなさい。