

粉体・微粒子



上から:砂時計、あり地獄、小麦の陸揚げ、
黄砂(中国吉林省)、杉花粉

概要

粉は固体粒子の集合体で「産業の米」といわれ、ほぼあらゆる産業においてモノづくりの素材。新材料開発、宇宙開発などの先端分野から、化粧品、食品などの民生分野、環境・エネルギー分野など固体微粒子の集合体である「粉(こな)」は幅広い分野で使われている



図59-1 粉粒体の多様な形態 (フロント産業)

固体粒子群集合体を総称して「粉体」と呼ぶ。粉体は**粒体**、**微粉体**、**超微粒子**、**ナノ粒子**に区分される

最近、ナノ粒子に関心が集まっており、新機能性材料創生の研究が進展している。一般的に粒子の大きさが100nm以下のもの

粉体は製造、精製、輸送・貯蔵、計測、使用の各段階で種々の操作が行なわれ、それぞれの粉体の特性に合わせた機器、装置が使われる。粉粒体操作では粒子の性質、粉体(粒体)層の性質、粒子集合体の性質、粒子・流体系の性質、粒子の生成などが検討課題

表59-1 粉体に関係する産業とおもな粉体材料 ④

産業	業種	関連する粉体
工業	食品	穀物、化学調味料、粉乳、砂糖、塩、抹茶
	繊維、紙	糊材、染料、顔料、パルプ、のこくず、バインダ
	金属、機械	金属粉、研削剤、研磨剤、精鉱、鋳物砂
	電気、電子	蛍光材料、黒鉛、金属酸化物、導電塗料
	化学	岩塩、触媒、無機・有機薬品、肥料、火薬
	ゴム、高分子	カーバイト、ポリマー、充填剤、高分子ペレット
	窯業	粘土、マグネシア、陶土、珪砂、アルミナ、ガラスビーズ
	塗料	顔料、増粘剤、粉体塗料、トナー、印刷インキ
	医薬・化粧品	亜鉛華、タルク、錠剤、顆粒、歯磨き、白粉
資源	石炭、鉱業	石炭、精製炭、原鉱、粉鉱、浮選、炭塵、砂鉄
	農林	種子、土壌、農薬、飼料、木材チップ、花粉
インフラ	建設、建材	セメント、骨材、砂、碎石、土、充填剤、粉塵
	電力、ガス	フライアッシュ、粉炭、廃棄物、タールサンド

表59-2 粉体の代表的な操作 ⑧

粉碎
 分級、ふるい分け、分離、異物除去
 遠心分離、膜分離、ろ過
 攪拌、混合、混練、分散、乳化、凝集
 造粒、表面改質、マイクロパセル
 乾燥、冷却、焼却、焼成
 成形、打錠
 輸送
 定量供給、貯槽
 充填、袋詰、包装、開袋
 集塵、サイクロン、清掃、環境技術
 計量、計測、制御
 物性試験



図59-2 いろいろな物質(単体)の大きさ ③ (1A)

粉碎・解砕

粉碎は希望する粒度の粉体を得る手段で、固体に外力を加え細かい粉体を得る操作。この操作は、凝集粒子の解砕、数種類の粉体の混合・分散、粒子の表面改質または活性化を同時に行なうことが多い

粉体の製造；工業的な粉体製造には大きな塊を力学的に小さくしたり(=粉碎)、ガスや液体から粉体(超微粒子)を合成して目的に合った大きさや、必要な物理・化学的特性を持たせたりする

粉碎の目的

- 目的に合った大きさの粉体製造
- 粉体の表面積を大きくして活性化し、反応速度や物質移動速度を調整
- 有効成分分離のための前処理
- ハンドリング性の調整(充填性、スラリーでの流動性など)



a) 外力による圧縮、衝撃、せん断



b) 粒子自身の慣性による衝撃、摩擦

図59-3 粉碎の作用力 ②

表59-3 粉碎機の種類 ②

機 種	粉碎力	需要分野 例
クラッシャ	h, p	鉱山、土石
ボールミル	h, s, f	鉱山、土石、窯業
攪拌ミル	s, f	新素材、塗料
ローラミル	h, p, s, f	鉱業
高速回転ミル	h, p, s, f	樹脂、土石、トナー
ジェットミル	h, f	顔料、薬品、食品

注) 粉碎力—h: 衝撃, p: 圧縮, s: せん断, f: 摩擦

乾式粉碎と湿式粉碎：一般に粉碎初期では乾式の方が速いが、比較的短時間のうちにその進行速度は低下。湿式では粉碎の進行は長く継続し、到達粒度も乾式より細くなる ②

ビーズミル：素材の超微粒子化、ナノ粒子化を作る湿式媒体攪拌ミル。手段として、粉体を溶媒でスラリー化して粉碎室内で小さい玉(ビーズ)と一緒に攪拌して細分化する

超微粒子、ナノ粒子は化学的、電気的、電子的、磁氣的、光学的に従来の粒子にない新しい特性をもち、カーボンナノチューブ、光触媒、製薬、セラミックス等の多くの分野で新たな材料創出の可能性が大

微細化の壁：粉碎機中で粉碎された粒子の数がたいへん多くなると付着・凝集現象のために粉碎限界となる。乾式粉碎機では1~2 μm が限界。ボールミルで水やアルコールを溶媒として攪拌しながら粉碎すると一層微粒化が可能

物理蒸着/PVD法：プラズマにより超高温(~1万 $^{\circ}\text{C}$)の場をつくり、セラミックスなどを蒸発させた後急冷することにより数10nmの超微粒子を得る

化学蒸着/CVD法：気体中の原子・分子を数100 $^{\circ}\text{C}$ の高温で化学反応させると、数10nmのTiO₂(光触媒)微細粒子を得る



図59-4 クラッシャー (マキノ)

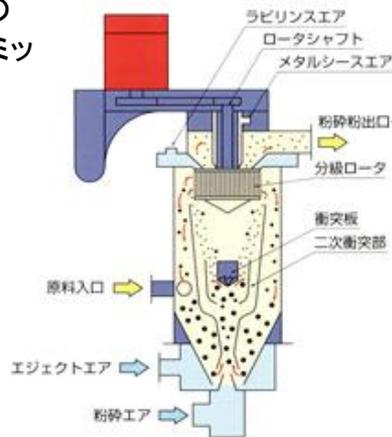


図59-5 ジェットミル (ホソカワミクロン)



分級

粉体の分級: 化学成分、粒子径、粒子形状、色、密度など粉体粒子の持つ特性によって分類すること。通常は同じ密度を持つ粉体の粒子径によって2つまたはそれ以上の粒子群に分ける操作

分級

流体分級—流体を介在させて分ける。使用流体により乾式(空気等)と湿式(水等)とがある。原理的には風力分級、水力分級、気泡分離、沈降分離、磁器分離、静電分離などがある

ふるい分け—篩網目により分ける。ろ過、フィルター、膜分離など

分級のメカニズム:

乾式—流体中での粒子の沈降速度の差、軌跡の差を利用。粒子に作用する力としては、抗力、浮力、重力、遠心力、慣性力、あるいはそれらの組合せ利用がある ②

重力分級: 粒子の落下速度の違いを利用

慣性分級: 粒子の慣性力を利用

自由渦式遠心分級: 渦による遠心力と空気抵抗のつりあいを利用

回転羽根付遠心分級: 回転羽根による遠心力を利用

湿式—基本原理は乾式分級と同じ。とくに、液体中における粒子の沈降速度が粒子の大きさ、比重、粒子形状などにより異なることを利用して区別する ②

- | | |
|----|---|
| 利点 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 気体中では分離しにくい粒子群でも、液体中では比較的容易に分散 2. 粒子の沈降速度が小さく、粒子群を狭い範囲に分級できる 3. 粒子群を希薄なスラリーで扱うため操作扱いトラブルが少ない 4. 発塵がない |
|----|---|

- | | |
|----|---|
| 欠点 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 分級後必要な乾燥工程にコストがかかる。乾燥時に固結の可能性 2. 沈降速度が気体中より小さいため、体積当たりの処理能力が小さい 3. 分散媒に溶解や変質するものには使えない |
|----|---|

ふるい分け装置: 篩網目を通過するものとしめないものに分ける操作。粒子1個ずつを大きさで分離するので、分離の信頼性も高い ②

粒子の流動からみて;**重力流動**、**機械的強制流動**、**振動流動**、**気流に伴われた流動**などの方式がある ⑤

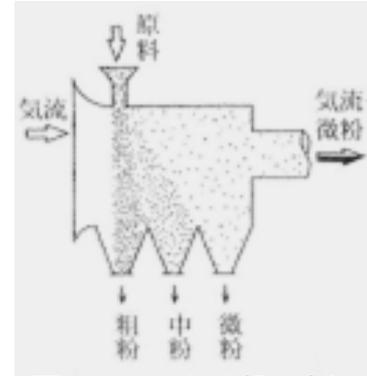


図59-6 風力分級の例 ①

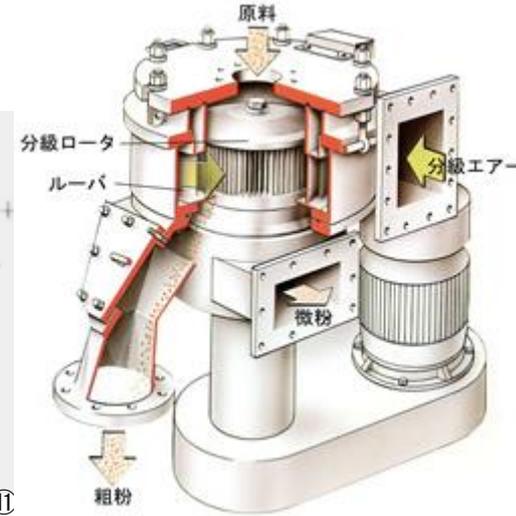


図59-7 微粉分級機 (ホソカワミクロン)



図59-9 円形振動ふるい (楨野産業)

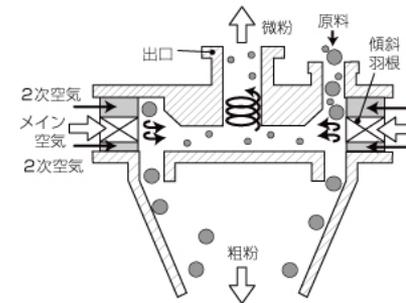


図59-8 自由渦式遠心分級 (日清エンジニアリング)

集塵

集塵は気体中の有用粒状物質を回収する技術、または汚染大気、IT製品製造工程や病院手術室で必要とする高潔浄空間の創成装置などでの微小粒子の分離技術として重要な操作。人の健康・安全確保のためnm・ μm の領域で粒子除去技術として必要性が高まっている

集塵装置の種類: 粒子分離の概念から以下の3種類に分類

1. **流通型**—重力、遠心力、静電気力等の外力を空気流に直交する方向に作用させて気流の系外に移動させて分離
2. **障害物型**—気流中に設置した障害物/捕集体や流路変化により粒子を分離
3. **隔壁型**—ろ布や多孔質体のなど粒子捕集体(隔壁)を流路内に配置して粒子を分離 ⑬

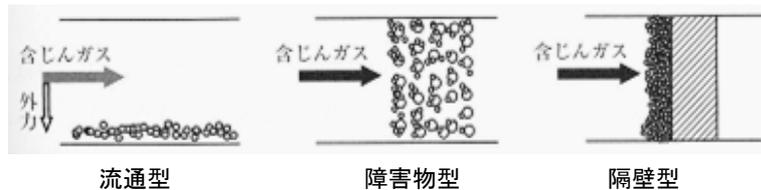


図59-10 集塵方式 ⑬

表59-4 各種集塵装置の実用範

集塵方式			分離 粒子径 μm	圧力 損失 Pa	基本流 速max m/s
流通型	重力式	沈降室	20	150	2
	遠心力式	サイクロン	10	2000	20
	電気式	湿式・乾式	0.02	300	13
障害物型	慣性力式	ルーバー	10	3000	15
	洗浄	ジェットスクラバ	0.2	1500	20
	エアフィルタ	高性能型	0.01	500	0.05
	粒子充填	フィルタ	2	—	2
隔壁型	パグフィルタ	織布	0.01	2000	0.03
	セラミックフィルタ	焼結体	0.01	10000	0.05

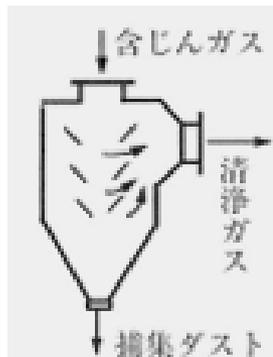


図59-11 慣性力集塵装置の構造例 ⑬

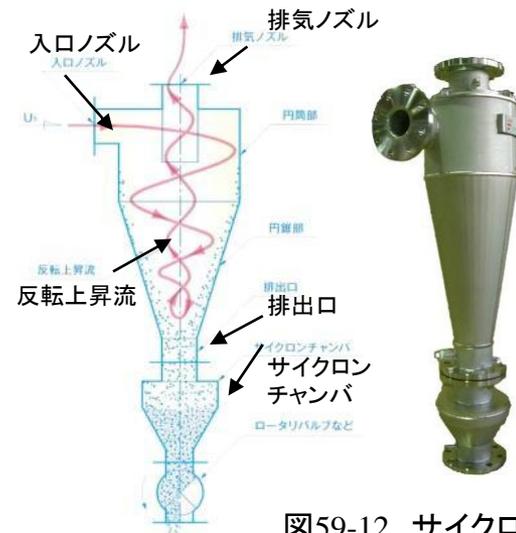


図59-12 サイクロン (フルード工業)

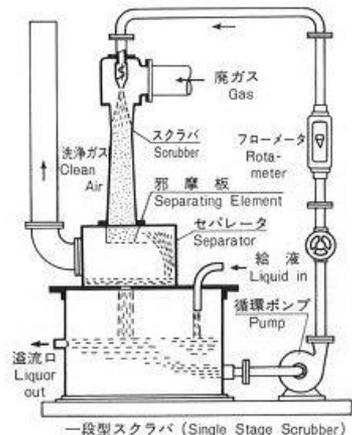


図59-13 ジェットスクラバ (nitinan)

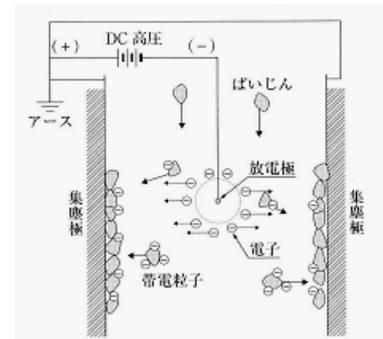


図59-14 電気集塵器の仕組み ⑬

近年、PM2.5など微粒子による環境影響が注目され、またナノテクの発展とともに微粒子の分離、回収技術の確立が不可欠となっている

水中浮遊物(SS)の分離についてはSFI#14を参照

測定

粉体操作に影響を及ぼす因子として幾何学的特性(粒度、粒子形状など)、力学的・物理的特性(密度、帯電量分布、比表面積、流動性など)、化学的特性(粉体の平均的挙動、粒子表面の性状)などが測定される

粒度: 粒の大きさは寸法(おもに粒子径)のほか表面積、体積が対象。これらを総称して「粒度」という

粒子形状: 粒子はその生成過程で自然と形づくられた形状と使用目的に合わせて人為的につくられる形状がある。形状は単純・定量的に表現できない。測定は 1.直接測定法(顕微鏡の画像)、2.間接法(粒子の物理的特性を利用—沈降特性、付着特性、ふるい通過特性、転がり特性など)がある。沈降速度、散乱等では基準の球状粒子との対比で定量されるが、その測定原理で測定値は変わる

粒子径: 1.顕微鏡で測定、2.液体中での粒子の移動速度から換算、3.光と粉との相互作用量から換算(レーザ光を当てて散乱パターンを観る)、等の方法がある。粒子径の表示には平均系と分布の広がり重要 ③

密度: 単位体積当たりの質量。粉体の基礎物性のひとつで、粒子径や空隙率の測定にも欠かせない物性値

標準粉体: 一般に粉体の物性は真密度、粒度分布、粒子形状、化学成分の4要素で表す。この4要素または「形状」を除く要素で、つねに安定供給が求められる。(社)日本粉体工業技術協会では、基準粉体(石松子、極微粒タルク、ガラスビーズ等)、基礎物性用標準粉体、試験用ダスト(JIS Z 8901)を製造販売している ⑤

付着力: 微小粉体は付着力が大きくなり、取り扱いには特別の注意が必要。要因は; 1.分子内力、2.静電気付着力、3.液架橋力(粒子間に凝縮した水分の表面張力と液面の曲率によって生じる付着力) ③

計量: 粉粒体製品の取引上計量は重要な作業。粉体の重量または容積を連続的あるいはバッチ式で計量

表59-5 実用的粒子径 ④

名称	測定法	測定量
ふるい径	ふるい分け	重量
幾何学径	画像解析	長さ、面積
体積球相当径	電気的検知帯法	電気抵抗
ストークス径	沈降天秤法	重量、差圧
同上	遠心沈降光透過法	透過光量
同上	光子相関法	光子数変動
光散乱径	回析・散乱法	回析・散乱パターン
音波散乱径	超音波減衰分光法	超音波減衰スペクトル

注) ストークス径=液体中をゆっくり移動する粒子の終末沈降速度から計算される粒子径



測定範囲0.05~3000 μm (=3mm) 金属、鉱物、薬品、化学、環境、河川管理、防災、土木、建築、農業、土壌などの分野で利用可能

図59-15 粒子径分布測定装置 (島津製作所)

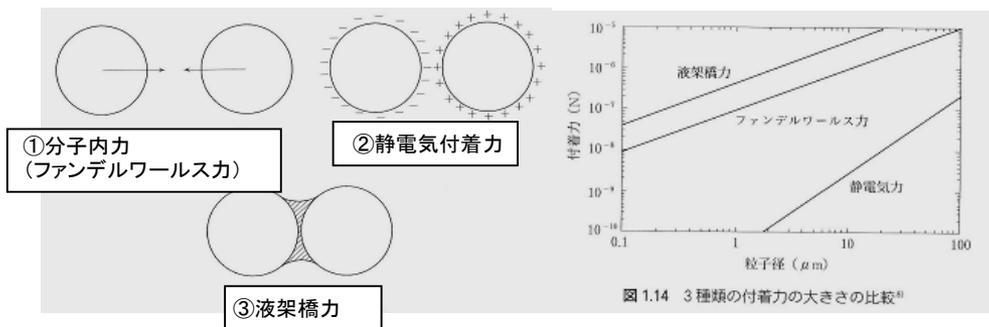


図 1.14 3種類の付着力の大きさの比較⁹⁾

図59-16 2粒子間に働く力(凝集力) ⑪

粉体材料

粉体材料は粉碎して細かくしたり、分子を集めて大きくしたりして作成。大きさの単位は μm または nm 。粉体材料は多様化、複雑化しており、利用目的に合った粉をどのようなスペックで、どのように作るかは難しい課題

表59-6 流動現象の様式 ①

重力流動	ホッパ、容器回転型混合機
機械的強制流動	粉体攪拌、スクリュウコンベア、ロータリフィーダ、テーブルフィーダ
振動流動	振動フィーダ、振動コンベア
圧縮流動	圧縮成形、打錠
流動化流動	流動層、空気コンベア、通気攪拌

特性: 粉体の特性と使用目的を考えて材料を選択する ①

1. 付着と凝集性: 粒子間で相互に及ぼし合う力。操作性に影響
2. 充填性: 粉体を貯槽、容器、型枠などに充填する場合の指標は空隙率
3. 流動性: 気体、液体とは異なる特性がある。5つの様式—重力流動、機械的強制流動、振動流動、圧縮流動、流動化流動

電気・磁気用: 電子コピーは静電気現象を応用。トナーは大きさ $10\mu\text{m}$ 前後の高性能複合微粒子。フラットディスプレイは数 μm の均一サイズのポリスチレン球形粉体粒子を2枚のガラス基板の間にスペーサとして充填し、一定間隔を保つ ③

機械用: 環境汚染物質となる有機溶剤の塗料に代わって粉体塗料が注目されている。合成樹脂、顔料等で構成された粉体状の塗料で、道路標示の塗装、自動車塗装の中塗りなどに適用

光学用: 道路のロードマークは粒子径が数 $100\mu\text{m}$ のガラスビーズを道路表面に張付けたもので、光の屈折、反射を利用 ③

化学用: プラスチックの素材はウレタン、ポリエチレン等の粒形高分子材料から成形。粒径は $0.5\sim 100\mu\text{m}$ 。光触媒の TiO_2 は接触して滅菌作用の効果を出すため、微粒化して表面積を高め、母材の表面に装着

金属粉末射出成型(MIM/ Metal Injection Molding): 金属粉末と樹脂およびワックスなどのバインダを混合・混練して、金型内に射出成形し、バインダを脱脂した後に、焼結して金属部品を製造する。切削加工が困難な難加工材(超硬金属・チタン・タングステン等)で複雑な三次元形状の製品を大量生産できる

微粉炭: 粒度が非常に細かい石炭—1.採炭から選炭、輸送の過程で粉化により生ずるもの。石炭取引上 2mm 以下を微粉とし、石炭中に微粉が多いと水分を包蔵しやすくして輸送、貯蔵のとき付着によるトラブルを起こしやすい。2.ボイラ燃焼用など粉碎して作るもの

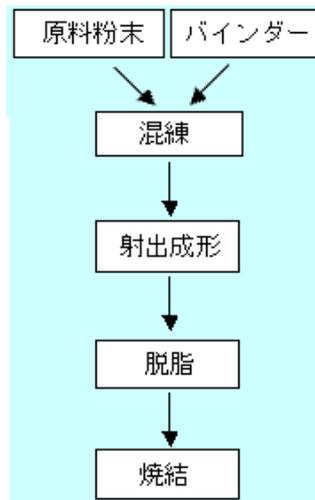


図59-17 MIMの基本工程 (日立金属)



図59-18 MIMの用途例 (住友金属鉱山)

改質

無機質、有機、金属の粉体をベースにした新素材の開発では、「単体」の粉体よりも、他の素材との「化合物」、「複合体」、数種類を「混成化」した形のものが増えてきている

混合: 2種類あるいはそれ以上の粉体をかき混ぜて均質な混合物にする
 操作目的-(1)成分を均一にする、(2)密度を上げる

複合粒子: 医薬品、化粧品、食品、農薬、粉末冶金、窯業などでは2種類以上の原料粉末を混合して、単一の素材にはない特徴が得られる。**複合化**には2つの形態がある;

- (1) 核となる粒子表面に異種素材を複合化した被覆型複合粒子
- (2) 粒子内部に異種素材を複合化した内部分散型複合粒子

造粒: 細かくした粉体を混合して、以下の目的で粒を大きくすること。目的は;

- 1)流動性向上-供給、包装の自動化など
- 2)環境汚染防止-輸送等で飛散を防ぐ
- 3)粉体の偏析防止-成分、大きさ等のバラツキを防ぐ
- 4)気体の通気抵抗減少-乾燥の容易化
- 5)容器への付着防止-粒子凝集性を下げる
- 6)かさ密度の調整-混合で均一性を向上

表59-7 造粒物の呼称例 ⑬

業種	造粒法	呼称
医薬・農薬	押出し、 砕解、打錠	顆粒 錠剤
	製丸	丸薬、顆粒
飼料	押出し	ペレット
触媒・プラスチック	押出し	ペレット
セメント	転動	クリンカ
固体燃料	圧縮	ブリケット
食品(角型)	圧縮	キューブ
鉱石	焼結、 噴霧乾燥	焼結鉱 ビーズ
洗剤		

表59-8 粉体塗料の長短 ⑬

長所	短所
<ul style="list-style-type: none"> ・VOCがほぼ0% ・非危険物 ・1回塗り可能 ・厚膜塗装可能 ・回収粉の利用可能 ・強靱な塗膜 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗膜外観性(ゆず肌) ・専用塗装設備必要 ・色替えが面倒 ・小量多品種生産に不向き ・調色が難しい

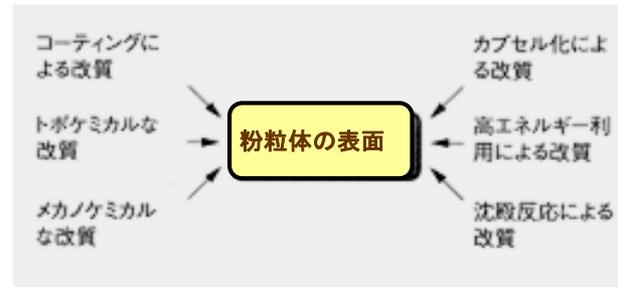


図59-19 各種の粒子表面改質法 ⑤

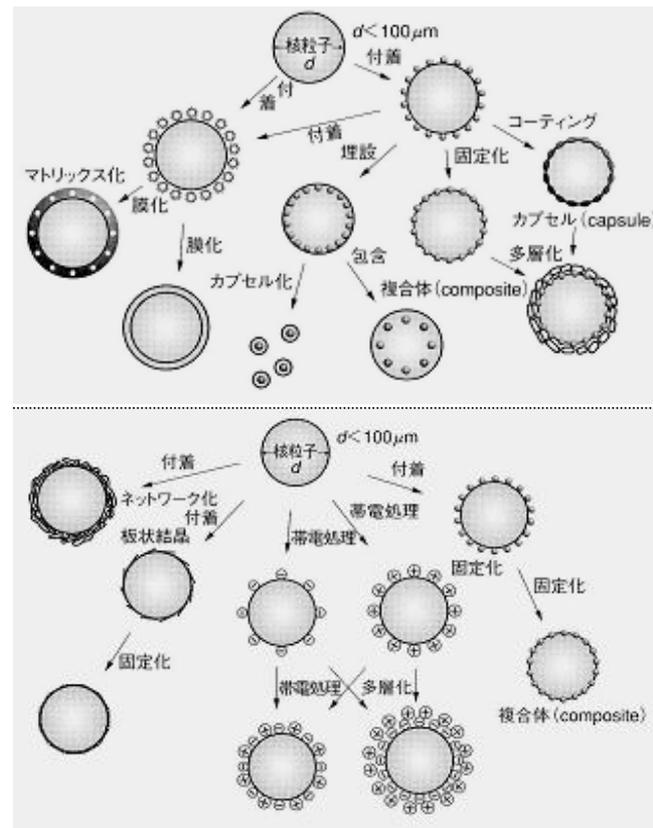


図59-20 粉体/粉体系における複合化プロセスの例 ⑤

Ni超微粒子、**Cu超微粒子**: 前者(Ni)は酸化物コート粉として磁性材料、電池材料、積層セラミックコンデンサに利用。後者(Cu)は粉末冶金用、電子材料用に用いる

粉体の活用

粉体は粒子形態、粒子径とその分布、表面状態、内部構造などにより機能、特性は無限に広がっており、その利用分野は、自動車、船舶、電子・情報、家電・コンピュータ、バイオ・医療、航空・宇宙、環境・エネルギー、産業機械等あらゆる産業に及んでいる

粉体の利用面からの分類

1. それ自体を直接利用するもの(蛍光体、離型剤)
2. 複数の物質を分散、混合した状態(化粧品の乳液)
3. 顆粒体
4. 成形体(医薬品としての錠剤)
5. 粉を成形、焼成した焼結体(ファインセラミックス)
6. 電子部品
7. 超硬合金

固相法	原料粉体調整→配合・混合→成形→乾燥・脱脂 →焼成(焼結)→加工・接合・・・ファインセラミックス(焼結体) 陶磁器、耐火物 →焼成→粉碎→成形水和・・・セメント
液相法	原料調整→配合・混合→熔融→鑄造→加工・・・ガラス ↓ 溶融・急冷・粉碎→塗布→溶融・・・ほうろう・釉・厚膜 ↳成形・・・ガラス、溶融耐火物 ↳飛散・・・繊維、粒子、溶射
気相法	気化→蒸着、CVD、真空蒸着、スパッタリング、プラズマ・・・薄膜、単結晶

図59-21 セラミックスの製造法 ④

セラミックス: 粘度など非金属性無機材料の粉体を数種類混合・焼成して、陶磁器、ガラスなどに成形。ファインセラミックスは原料粉体の精度を精密に調整し、性状や組織を高度に精製した原材料を使用

粉末冶金: W、Moなど高融点材は鑄造、鍛造が難しく、粉末にして成形。原料の金属粉→成形→溶融温度以下で焼結

原料の金属粉→成形→溶融温度以下で焼結

加圧乾式成形法(金型やラバー型に粉体を充填)と**湿式成形法**(スラリー等を用いて成形)がある

OA機器: ブラウン管内部のRGB三原色蛍光体粉末、蛍光体隙間の黒鉛微粉体、液晶モニタの針状粒子とスペーサ用球状粒子、プリンターのトナーその他多様な用途がある

セメント: 水と反応することにより硬化する無機系の結合剤。水和物の粒子が生成され、この粒子が互いに凝集し、分子間力、化学的結合力が非常に強く、機械的強度を発揮。主原料は石灰石、粘度、ケイ石、酸化鉄で、1500~600℃で焼成

家庭用品: 長期に人体に接触して使用されるので安全、安定性を重視。**化粧品**、**洗剤**(イオン界面活性剤)、**歯磨き**など。ファンデーションはタルク(さらりとした感触)、マイカ(白い色を強調)、シリカ(増粘剤、安定剤)、酸化鉄(耐光、耐熱)、プラスチック球形粒子(すべり改善)などの混合物

食品: 粒子径20~30μm以上では舌触りにばらつき感が出る。小麦粉、粉乳、調味料(グルタミン酸ソーダ)、香辛料など

医薬品: 賦形剤、結合剤、崩壊剤などの添加剤とともに調合製剤。錠剤、カプセル剤、顆粒剤、丸剤、散剤などがある。ナノ粒子(1μm以下の粒子)を用いたDDSは薬物の治療効果を高め、副作用を少なくするための工夫

農薬: 生産される農薬の7割が粉体または粒体の固形剤。粉剤では主薬の濃度は通常1~5%で、カオリナ、タルクなどを担体として用いる

その他: **炭酸カルシウム**はゴム、プラスチック、紙、塗料、インキ等の充填剤や化粧品、食品、医薬品、飼料などの添加剤として広く使われており、**シリカ**は樹脂の補強・増粘、粉末の流動化、紙の改質、研磨剤、断熱材などの添加剤として使われる



図59-22 粉末冶金製機械部品の例(ダイヤモンド)

安全・環境

粉体は健康・安全・環境へのマイナスの影響と、環境浄化、科学技術の利便性向上のプラス要素の両面を備えている。負の要因を抑えつつ、有効な活用方法を見出すことが求められる



1878年 ミネアポリスのワッシュバーン製粉所の事故で18名が死亡 (Wikipedia)

図59-23 小麦粉による粉塵爆発

ディーゼル排気微粒子 (DEP): DEPは煤を中心とした有機可溶成分、硫酸塩、水分から成り、 $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子大気汚染物質。ディーゼル排気除去フィルタ(DPF)で除去

粉塵爆発: 可燃物が微細化 ($<200\mu\text{m}$)して表面積が増大し、それが空气中に分散・浮遊した浮遊粒子の**濃度**が爆発限界(上限と下限)内にあり、そこに**着火源**があると(静電気にも注意)爆発する。最小**着火エネルギー**は粉塵粒子の微細化に比例して小さくなる。炭鉱、穀物サイロ、Al、Mgなどの金属粉の取扱施設での爆発例などあり。爆発防止の事前評価項目は、1.爆発のしやすさ、2.爆発の激しさ、3.着火のしやすさ

ナノ粒子のリスク: 粉体材料は高機能化に伴い微細化が進み、環境、健康、何らかの社会的リスク等の危険性が高まっている。ナノ粒子は生産工程から消費に至るまでの各段階で曝露の可能性はある。例;呼吸(経気道曝露)、化粧品(経皮曝露)、食物(経口曝露)など

リスク低減措置: 製造装置の密閉化、マニュアル整備、教育訓練、防塵マスク等

球状活性炭: 直径 $1\sim 4\text{mm}$ の真球に近い活性炭で、空気や水の浄化に用いられる吸着剤

微小粒子状物質 (PM_{2.5}): 大気中に浮遊している $2.5\mu\text{m}$ 以下の小さな粒子のことで、従来から環境基準を定めて対策を進めてきた浮遊粒子状物質。肺の奥深くまで入りやすく、呼吸系、循環器系への影響が心配される。中国での大規模発生が大問題

光触媒: TiO_2 粒子を造花等に溶射・塗布した器物は居住空間の滅菌効果がある

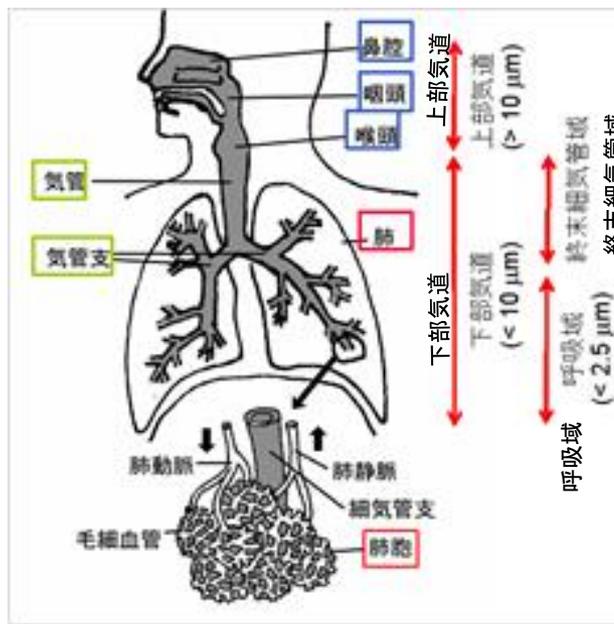


図59-24 人の呼吸器と微粒子の沈着領域(概念図) (Wikipedia)

表59-9 粉塵爆発の事故統計(46年間)

種類	負傷者	死者
石炭	41	7
金属	158	42
農産物	111	17
化学合成品	62	6
有機化学薬品	68	13
繊維	94	8
その他	25	7

事故件数281、負傷者587人、死者110人

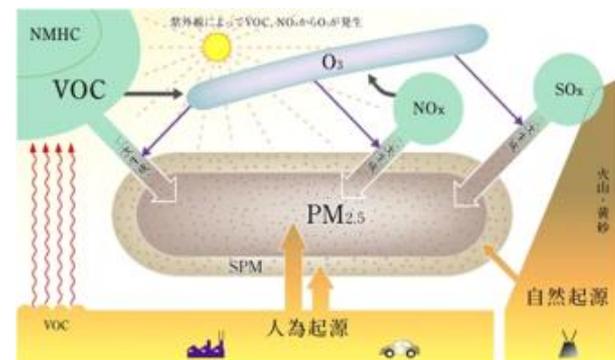


図59-25 PM_{2.5}発生のメカニズム

超微粒子

粉碎のサイズがナノの領域になると、通常の固体とは異なる特異な挙動を示す。ナノサイズ粒子の形も多様に制御することにより、新しい機能の発現や、革新的な応用展開が拓けてくる

ナノテクノロジー: 物質をナノレベルで制御することにより、機能・特性の飛躍的な向上、大幅な省エネルギー化、環境負荷低減など、広範な産業技術分野に革新的な発展をもたらし得るキーテクノロジー ⑧

マイクロカプセル: 微小容器として機能性内包物の保護、被覆層(膜、粒子層)を有効活用して機能性物質を放出等が目的。液体、気体物質を内包し、機能を発現するものもある。例、複写・記録・表示、接着、断熱・冷暖調温、吸湿・調湿など ⑧

ナノカプセル: 高分子あるいは脂質の隔壁膜を有しており、カプセル内部は数~数十nmの膜により外部と隔てられている。医療におけるDDSの重要な手段

超微粒子の製造法: 粉碎による**トップダウン方式**より、合成や成長による**ボトムアップ方式**が一般的。粒子の大きさ、形を制御しやすく高純度のものが得られる。ファインセラミックス分野では対象素材を微粒化することによって電磁気的な特性の向上や構造用材料としての力学的強度の改善という試みがなされている。製造は固体をガス化するPVD(物理蒸着法)や化学反応を利用するCVD(化学蒸着法)。例: TiO₂光触媒の製造 ③

コロイド: 直径1~500nmの粒子が媒質中に分散しているもの(牛乳、石鹸水、でんぷん水溶液など)。光の道筋が見えるチンダル現象、透析(ろ過)はコロイド特有の性質。

ゾルは液体コロイド、**エアロゾル**は気体コロイドの別名。**ゲル**: 高濃度コロイドで半凝固状態のもの(寒天、豆腐、こんにやく等)

NEDOナノ粒子プロジェクト(H13~17年度): 各種の気相法、液相法の合成技術が開発された ③

1. シングルナノ粒子の高速合成技術、
2. シングルナノ粒子の表面修復・薄膜化技術、
3. シングルナノ粒子を用いた機能素子の作成と機能評価、
4. ナノ粒子合成と機能化技術の体系化

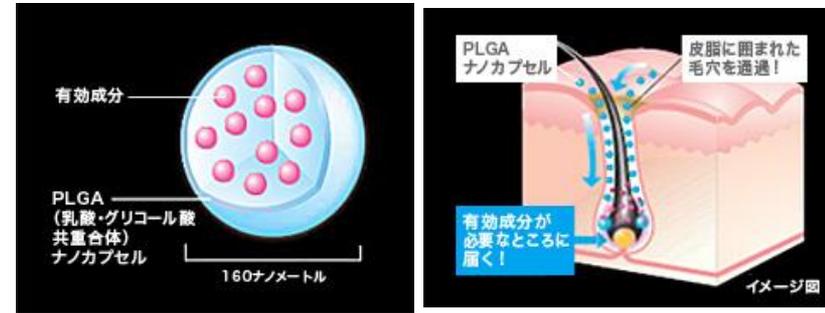


図59-26 ナノカプセルの化粧分野への利用 (ホソカワミクロン)

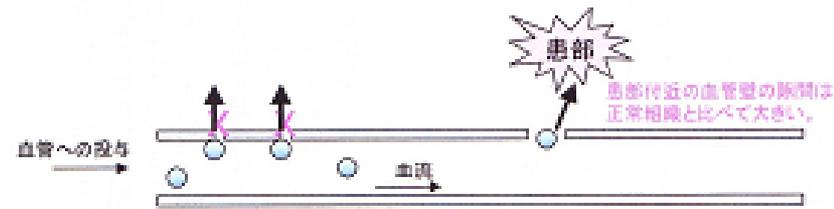


図59-27 DDSの働き (Sigma-Aldrich)

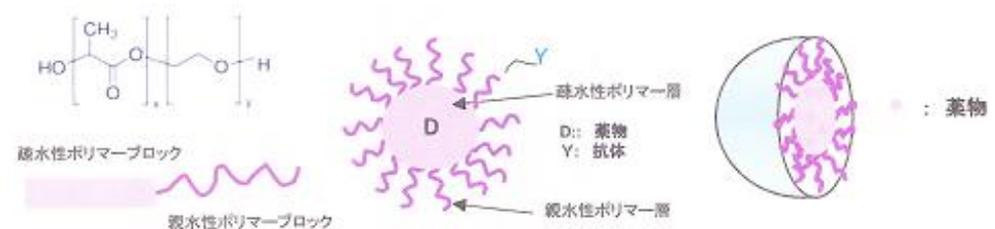


図59-28 高分子ミセル薬物伝達システム (Sigma-Aldrich)

高分子ミセル: 親水基と親油基を持ち親水基は外に、親油基は中に凝集体をつくる

課題

重厚長大的課題	粉体技術はファインテクノロジーの開発に定着してきているが、従来の大型設備にも新たな適用が注目。例、1.環境対策—ごみの固形燃料化(RDF)、集塵技術とダイオキシン対策、複合材料廃棄物の破碎など、2.資源エネルギー—石炭ガス化などの流動層、高温集塵技術、サイクロンの見直しなど、3.金属破碎・成形—電池材料の粉末金属 ⑪
ナノ粒子の安全性	ナノ粒子の特性、暴露試験、細胞毒性、捕集、食物連鎖、環境動態等が議題。工業生産、ナノ材料のリスク問題・評価、光化学大気汚染研究、健康影響、酸化チタンの生体内分布、量子ドットの毒性等の検討が必要 ⑧
口腔内崩壊錠	薬剤の飲用に関して高齢者など服用するも者の抵抗感を和らげる錠剤の開発が注目されている。ラムネ菓子のように水がなくても唾液のみで崩れて容易に服用でき、さらには1つの錠剤で複数の薬効成分を入れて服用することにより薬の数を減らす工夫も追及されている 日刊工業新聞 2011.6.22
粉体製造の低コスト化	粉体の新しい分野への適用に関して、粒子製作・分散、造粒、成形、焼成などで目的とする材料を作るための粉体設計が重要で、従来の多段プロセスから、低コスト、省エネ、低環境負荷のワンステッププロセスへの転換が重要 日刊工業新聞 2012.22.21
粉体塗料の低温焼付け	粉体塗料は1回塗装で厚膜が得られ、付着しなかった分の回収・再利用が可能というメリットで使用が拡大。近年では低温焼付けによる省エネ化(燃料費節減)、脱VOCに注目。屋内使用で120℃まで低温化を可能にしたエポキシタイプ(神東塗料、関西ペイント等)が開発されている 日刊工業新聞 2011.11.29 & 2012.11.26

キーワード

流動層	多孔板の底を持つ容器に粒径20 μm ~2mmの粒子を入れ、流体を底板から流すと、その固体粒子を流体中に懸濁浮遊させ、全体が均一の流体のように挙動させることができる。粉体の流動性、混合性が向上。焼却炉・ボイラの燃焼、水処理、乾溜、造粒などに応用される
スラリー(泥漿)	おもに工業分野で用いられる言葉で、固体粒子が液体の中に懸濁している流動体。スラリーの性質は構成要素の液体と粒子の性質による。薬液、鉱業などで粉粒体の移送の手段として使われる。CMP(化学・機械研磨)では、研磨用スラリーが商品として販売されており、半導体デバイス製造では重要なもの
ボールミル	細粒を得るための粉碎機の代表的なもの。少し傾いて、または水平に回転するシリンダーの中に、砂か金属のボールを詰め、ボールとの衝突や摩擦によって粉碎が行われる。シリンダーの一方から粉碎したい物体を入れ、もう一方から粉碎されたものが排出される。ボールミルはポルトランドセメントを製造するのに一般的に用いられる