

広告

小麦粉、歯磨き粉、トナーなど、我々は粉に囲まれて生活しているが、粉は日常生活だけでなく、先端材料の製造プロセス中、資源のリサイクル過程など、あらゆる産業分野で活躍している。なぜ粉がそんなにもてるのかは昨年の六月十三日付、粉の性格・性質については昨年九月三十日付の口経産業新聞で紹介し、前回二月十三日付から、粉の作り方の話を始めた。今回は粉砕操作を取り上げ、粒子を壊すのに必要なエネルギーの話をしたので、今回は粒子をどこまで小さくできるかという話と、粉砕とは逆に分子を集めて粒子を作る技術を紹介したい。(名古屋大学教授 椿 淳一郎)

●粉砕条件の決め方

粉砕とは物体を多数の小片にしていくことである。最もポピュラーな粉砕機は、円筒容器の中にスチールやアルミなどのボール

小さくなるか

粉砕とは物体を多数の小片にしていくことである。最もポピュラーな粉砕機は、円筒容器の中にスチールやアルミなどのボールが詰まっていて、ボールが動かないから原料は粉砕されないと思われ。また粒子はボールとボールの衝突や摩擦によって粉砕されると思われ。少ないと思われてもいかなと思われ。そこでミルの半分程度までボールを入れることにする。原料粉体の量であるが、粉砕はボールとボールの衝突や摩擦によってなされる。ミルとボールが与えられたとすると、まず迷うのはボールの量と原料粉体の量である。ミルいっぱいにはボールが詰まっていて、ボールが動かないから原料は粉砕されないと思われ。また粒子はボールとボールの衝突や摩擦によって粉砕されると思われ。少ないと思われてもいかなと思われ。そこでミルの半分程度までボールを入れることにする。原料粉体の量であるが、粉砕はボールとボールの衝突や摩擦によってなされる。

ボールと粉体量を適度に

のだから、原料が多過ぎれば粉砕されにくくなるし、少なければボール同士が衝突することになり意味がない。そこで、ボールのすき間を満たす程度に入れることにする。次はボールと原料粉体を入れたミルを架台に載せて回転するわけだが、ここで問題になるのは回転速度である。回転速度が高いほどボールは激しく運動して良く粉砕されると考えられるが、回転速度を上げ過ぎると、遠心力でボールも原料粉体もミル壁へはばりつき粉砕は起きなくなるといえる。そこでボールや原料が壁

にへばりつき始める回転速度の、七八割程度の回転速度で回転することになる。

1998. 6. 11. (木)  
日経産業新聞

広告

△前ページから続く▽  
●粒子はどこまで小さくなるか

神保元二先生(現中部バウテックプラザ研究所長、名古屋大学名誉教授)の研究グループは、図①の実験も含め、ボール材質、ボール径、原料粉体を変えた一連の実験を行い、前ページの図②に示す興味深い結果を出している。図の横軸は、ボール一個に作用する遠心力で、ボール間の圧縮力を代表している。

現在の量産ベースなら

サブミクロンが限度

それ以上の粉砕を妨げると同時に、微粉体はボール衝突により圧密され、固い凝集体が形成されること明らかとなった。図①を見るとボールの大きさも、粉砕された粉体の粒子径に大きく影響していることが分かる。より微細な粉体を得るためには、できるだけ小さなボールを使えばよいことが分かる。現在は一ミルよりも小さなビーズも用いられている。

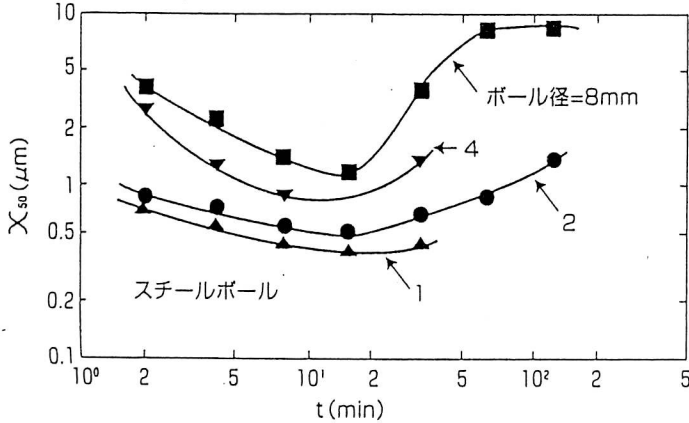
これら一連の研究から乾式でも湿式でも、粉砕によって生成された微粉体はボールの衝突に対してクッションとして働

接点が増える分ボールの数が減る。粉砕がより多くの場所で行われることになる。同時に、ボール間に存在する粉体の量も減少するので、クッションング効果も妨げられるわけである。

粉体技術

では結論としてどこまで粒子を小さくできるか。数十ナノ(十億分の一)以下まで粉砕できたという報告もあるが、現在のところ、量産ベースではサブミクロン辺りに限界があるようだ。

図1 珪砂の水中粉碎における碎成物平均径の時間的变化におよぼすボール径の影響



(横山、谷山、神保、趙：粉体工学会誌、28、751<1991>)

# 粉体 粒子はどこまで

● 粉碎中に粒子が大きくなる？

次は粉碎時間とともにどこまで粒子は小さくなるのか、期待と興味を持って時々ミルを止めて、中の粉体をサンプリングし粒子径分布を測定してみる。  
初めは期待通り粒子径は時間とともに小さくなり、粉碎が進行していることが分かる。さらに粉碎を続けると、粒子径は粉碎時間を延ばしても変化しなくなり、ある種の平衡状態に達したかのよつみに見える。それでも構わずさらにミルを

回し続けると、今度は逆に粒子径が大きくなり、いわゆる逆粉碎と呼ばれる現象が起きる。

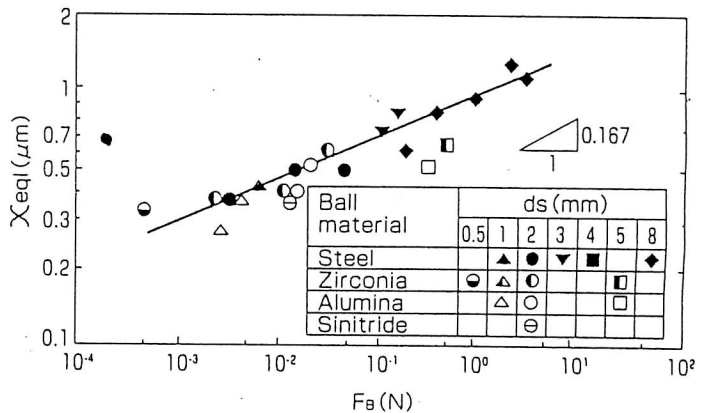
そこで粒子径だけでなく、粉体一々当たりの表面積（比表面積）も気体吸着法によって測定してみる。気体吸着法は、固体表面に窒素分子を、層だけ吸着さ

## 粒子のクッション効果で 一見、逆粉碎的な現象に

せて、その吸着量から表面積を求める方法である。

粒子径を測定すると、ミルを回しているにもかかわらず、ある時間で粒子径は増大し出すが、比表面積を測定してみると、比表面積は一貫して増大し続ける。このことから、粒子径が大きくなっても、粉体の内部には新しい表面が生成され続けている、すなわち粉碎は進行していることが分かる。

図2 ボール1個に作用する最大遠心力と粉碎平衡径との関係（珪砂の水中粉碎）



(横山、谷山、神保、趙：粉体工学会誌、28、751<1991>)

広告

なぜ粒子径が増大するのはどうか。水の中なら水分子が物体の表面のキズに入り込み、くさびの働きをするので粒子は粉碎されやすくなるし、また界面化学的手法で粒子の凝集を防ぐことも空気中よりは楽である。図①は、ボールミルの一種で粉碎速度がきわめて大きな遊星ミルで珪砂（けいさ）を粉碎した場合の、五〇％粒子径の経時変化を表したものであるが、水中においてもやはりいわゆる逆粉碎現象が現れている。△次ページへ続く▽