石炭火力発電を支える粉体技術

プロセスを連続化

処理能力の大幅アップ

粉体技術は様々な産業分野で重要な役割を果たしているが、前回六月十九日付では、原子力発電を支える粉体技術の活躍ぶりを紹介した。そこで今回は、火力発電と粉体技術のかかわりについて考えてみよう。例によって、質問者は津部（つぶ）記者、答えるのは小菜（こな）博士である。

（名古屋大学教授　椿　淳一郎）

津部　前回の取材では、原子力燃料ペレットの製造に活躍する粉体技術の世界を紹介してもらったのですが、今日お聞きする石炭火力発電の世界ではどんな問題があるのでしょうか。

小菜博士　火力発電の世界では「量との戦い」とでも言うのでしょうか、原子力とはまた違った意味の大変さがあります。

津部　「量との戦い」と言うのは？

小菜博士　原子力燃料のウラン235の一㌘は石炭約三・三㌧のエネルギー量に相当します。グラムとトンでは百万倍の違いです。ですからウランはエネルギー密度が高い分、あらゆる面で厳しい精度が要求されたわけです。

津部　逆に石炭の場合は、精度は百万分の一で済む代わりに、百万倍の処理能力が要求される。すると要求される粉体技術も、セラミックスの場合とはだいぶ違うのでしょうね。

小菜博士　ま、大雑把に言えばその通りです。最近は粉体技術の世界でも、製剤や機能材料プロセスが注目を集めていますが、粉体技術の歴史から言うと、粉体を大量に処理する技術、こちらが本流なんです。

津部　粉体の大量処理となると、プロセスを連続化することが技術の特徴になるのでしょうか。

小菜博士　そうです。粉体を流体のように扱えれば、プロセスの連続化は容易になりますね。この考え方の行き着くところは、石炭のガス化や液化と言うことになります。

津部　なるほど。石炭が石油に取って代わられた原因は、その辺にあったわけですからね。具体的にはどんな技術でしょうか、例を挙げていただけませんか。

小菜博士　地下に眠る石炭を掘り出し、燃焼してエネルギーを取り出し、灰を処理するまでがすべて粉体技術で、そのいずれもが連続化につながる技術ですが、燃焼炉を例にとってみましょう。

〈次ページへ続く〉

増える流動層燃焼方式

伝熱効果高く、脱硫も容易に

小菜博士　微粉炭燃焼炉と流動層燃焼炉は熱回収が優れているんで、石炭火力に使われているのですが、いまの疑問に答えるためには、炉の構造を少し説明する必要があります。ストーカー炉は火格子の上に石炭や薪（まき）などを入れて、下から上がってくる空気で燃やし灰を火格子の下に落とす構造。ですから、このタイプは燃えるものなら何でもかまいませんし、大小不ぞろいがあったって気にする必要はありません。

津部　なるほど、それで雑多なものが混じってるゴミに向いているわけですか。で、他の二つのタイプは？

小菜博士　流動層燃焼炉は、数㍉㍍の石炭の充塡（てん）層に空気を流して充塡層を流動化し、石炭を燃焼するわけです。

津部　流動化というのは、地震の時によく耳にする液状化と同じ現象ですね。このタイプも工夫をすればゴミの燃焼に使えそうですね。

小菜博士　その通りで、石灰石やシリカ砂、石炭灰などを流動媒体としたこのタイプのゴミ焼却炉が増えてきています。もう一つの微粉炭燃焼炉と言うのは、数十㍍㍍まで粉砕した石炭を、重油バーナーのように、空気と一緒にノズルから吹き出して燃やすわけです。

津部　数十㍍㍍と言うと、かなり細かいですね。なるほど生ゴミなどが混じったゴミを数十㍍㍍まで粉砕するというのは難しそうですね。燃焼炉のタイプが大体分かりましたが、流動層燃焼炉と微粉炭燃焼炉ではどちらが石炭火力に向いているのですか。

小菜博士　微粉炭燃焼炉の方が古くから使われていたのですが、最近は流動層燃焼炉の方が増えてきているようです。

津部　流動層燃焼炉の方が優れている点は。

小菜博士　いろいろありますが、まずは伝熱効率が良いので炉を小さくできることでしょうか。石灰石を混入すれば脱硫も同時にできますし、燃焼温度を低くできるため窒素酸化物の発生を抑えることもできます。それと石炭粒子の大きさが、微粉炭燃焼に比べると大きいこともありますね。

津部　心臓部の粉体技術を説明していただきましたが、そのほかはいかがでしょうか。

小菜博士　集塵（じん）と貯槽技術でしょうか。

津部　集塵は分かりますね。灰の量も大量で温度も高いでしょうから、それなりの技術が要求されるでしょうが、貯槽と言うのは、排出口の付いた大きな容器に貯めておくだけではないんですか。

小菜博士　水ならそれで問題ないのですが、粉体だと様々な問題を引き起こします。最悪の場合は、排出口を開けても粉体が流れ落ちてきません。粉体を入れる容器はサイロとかバンカーとかホッパーと呼ばれますが、石炭サイロの大きさは高さも径も何十㍍ですから、それが詰まったとなると大事です。

津部　どうしてそんなことが起きるのですか。水ならありの一穴から堤防が決壊するように、穴さえ空いていれば必ず流れ出すのに……。

〈次ページへ続く〉

広　告

省エネ・小型化可能に

粉体技術

集塵・貯槽技術も重要

粉体技術

〈前ページから続く〉

小菜博士　圧力が違います。微小平面に作用する力を水中と粉体層中で測定すると、面の向きによらず、水中では深さに比例した面に垂直な力、いわゆる静水圧が働きます。それに対して粉体層中では、微小平面が水平か鉛直になっている場合は、垂直な力だけが働きますが、それ以外の向きでは、剪（せん）断力も働きます。垂直力と剪断力の大きさは、面の向きに応じて変わりますので、剪断力と垂直力の比も面の向きで変わります。その比が静摩擦係数よりも大きくなる向きがあると、その向きの面内で滑りが起きるわけです。

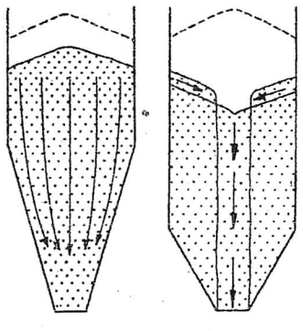
津部　海辺で砂を足で押したりした時に、ひび割れというか何か筋のようなものが表れるのがそれですか。滑りと言えば、地滑りを思い出しますが……。

小菜博士　その通りです。水も粉もともに流れますが、水の流れは変形で、粉の流れは滑りですから、流れる機構は全く違うわけです。

粉体の特性に合わせ デッドゾーンを解消

小菜博士　それは水が粘性体で粉体は塑性体だからです。粘性体の代表は水で、塑性体の代表は粘土です。粘土は自立できますが、水はできません。つまり水はゼロでない力が作用すれば必ず変形しますが、粘土を変形するにはある大きさ以上の力を加えないと変形しません。

津部　なるほどサイロの排出口を開けた時に、その「ある大きさ以上の力」が石炭に働いていないと、流れ出してくれないわけですね。そうするとサイロと言うのは水槽とはだいぶ様子が違うみたいですね。ほかに何が違うんですか。



サイロからの粉体の流出パターン

津部　流れる機構が違えば、流れ方もだいぶ違うのでしょうか。

小菜博士　図を見てもらえば分かりますが、同じ粉でもだいぶ違います。左側はサイロの下部から順に排出されますが、右側ではサイロの上部から先に排出されます。左側のような流れをマスフロー、右側のような流れをファネルフローと呼びます。

津部　ファネルフローでは先に入れた粉が、最後に出てくることになりますね。石炭の場合はさほど影響ないかもしれませんが、穀物などの食品では大問題になりかねませんね。

小菜博士　その通りです。順序が後先になっても、すべて排出されるうちは良いのですが、湿度が上がったりすると、サイロの中にデッドゾーンと呼ばれる排出されない部分が残ります。食品や姿質しやすい物質だと大問題です。

津部　こういったトラブルを避けるにはどうすれば良いのですか。

小菜博士　粉体との摩擦が少ない材料でサイロを作り、下部の円錐（すい）部を長くとり出口径を大きくとることです。

津部　円錐部をどんどん長くし出口径を大きくしたら、最後は単なる円筒になってしまいますね。円筒でしかも壁面摩擦が小さければ、確かに詰まりようがありませんね。ところで、粉体の方はどんな特性が影響するのでしょうか。先ほどの話だと、粉体の流れは滑りだとのことでしたから、摩擦係数か何かを測るのでしょうか。

小菜博士　その通りです。内部摩擦係数と呼ばれる粉体同士の摩擦係数と、壁と粉体の摩擦係数である壁面摩擦係数を測って、円錐部の長さと出口径を決めます。

津部　いや、粉体を貯えると言う技術が、こんなに奥深いものだとは知りませんでした。どうもありがとうございました。

広　告

企画・制作＝日本経済新聞社広告局