

粉体の世界を科学する（仮題）

はじめに

粉体工業展の休憩コーナーで珈琲を飲んでいると、今年から粉体関連部署に配属されたらしい若い技術者の会話が耳に入った。

古奈（こな）：やー、津舞じゃないか久しぶりだな。

津舞（つぶ）：おー古奈か、元気そうだな。お前も粉工展を見に来たか？

古奈：あー、部長に言われてな。

津舞：俺もだよ。でも、かなり大きな展示会だな、こんなに大きいとは思わなかったよ。

古奈：いや本当だよ。それに展示してある技術は馴染みのないものがほとんどだから、正直戸惑っちゃうよね。

津舞：お前もか、安心したよ。しかし、部長にチンプンカンプンでした、なんて報告できんしな。

古奈：当たり前だよ、そんなことしたら飛ばされるよ。どうしてもそれらしい報告書を作らないと。

津舞：その通りだけど、報告書をそれらしくするには、それなりの専門知識が要るぞ。

古奈：そうだよな。実は、少し前から

分かりやすそうな専門書を買って勉強を始めてはみたんだけど、・・・なんだよ。

津舞：俺もだよ。粉体をトピックス的に紹介した本はそれなりに面白くページも進むんだが、本格的な専門書になると途端にペースが落ちて眠くなるんだよ。

古奈：そうだよな、粉体のイロハも知らないのに、いきなり各論を詳しく展開されても、とても追いていけないよ。

津舞：一冊読むと、粉体の全体像が何となくわかったような気になる本が欲しいよね。

古奈：そうだね、粉体の全体像がそれなりにイメージできれば、専門書の各論の位置づけもそれなりにできるだろうから、ハードルが下がるよね。

津舞：欲を言えば、できるだけ数式を使わずスラスラ読める本がいいな。

私もここ数年、そのような本の必要性を感じ構想を練っていたので、その構想に沿って二人に講義をしてみたのと提案したところ快諾を得たので早速始めることにする。

粒子と粉体の関係

古奈：先生，この本の題名は「粉体の世界を科学する」ですが，粉体っていうのは具体的には身近にある塩や砂糖，小麦粉，砂あたりをイメージすればいいんですか。

私：それらはもちろん粉体ですが，粉体の世界はもっと広いのでそれだけでは不十分です。

津舞：それだけでは不十分・・・？それじゃ，胡椒とかトナーとか粉薬とか・・・。

私：いやいやそういう意味ではありません。粉体工学用語辞典で「粉体」を引くと，「個体粒子の集合体」とあります。

津舞：それは，個体の粒子なら砂糖でも塩でトナーでもなんでも構わないから，粉体の種類を増やしても意味がないということですか。

私：そういうことです。

古奈：それじゃ，「個体粒子の集合体」の「集合体」に関係したことですか？

私：そうです。ここにはポイントが2つあって，一つは粒子が集合する雰囲気特定されていないことです。

津舞：ということは，大気中だけじゃなく水中や真空中の粒子集合体も粉体と呼ばれるということですか？

私：そうです。感覚的には違和感があ

るかもしれませんが，学問的にはどんな雰囲気であっても粒子が集合していれば粉体です。

古奈：で，もう一つのポイントは何か？

私：粒子の集合状態が特定されていないということです。

古奈：集合状態・・・？

私：そうです。皆さんがイメージした塩，砂糖，小麦粉は容器に入っていて，砂は野積みになっていませんか。

津舞：えーそうですが，容器にも入っていないくて野積みもされていない粉体なんてあるんですか。

私：あるんです。皆さんがイメージした粉体は粒子の堆積物で，粒子は必ず他の粒子に接していますが，粒子が他の粒子に接触せずバラバラに集合している状態も粉体として扱われています。

古奈：具体的には，大気中に浮遊する粉塵や水中に懸濁する粒子みたいなものですか。

私：そうです。

古奈：学問的に粉体を定義すると，粉体の世界は確かに広いんですね。

私：実はまだ終わらないんです。もう一つの集合状態があります。

津舞：えーっ，まだあるんですか？

私：この集合状態は実例を挙げれば，

直ぐ理解できると思います。

津舞：ということは身近に実例があるんですね。

私：そうです，パン生地です．パン生地は小麦粉に水を加えて練り上げて作ります．ですから，この状態の粉体は練粉（ねりこ）と呼ばれます．

古奈：確かに小麦粉とは違った粒子の集合状態ですね．

私：これで粒子の集合状態は出尽くしたので，表 0-1 にまとめてみました．

津舞：水中の練粉は字が小さいように見えますが，何か意味があるのですか？

私：水中で粉体を練粉状態にすることは可能ですが，そのような粉体技術を思いつかなかったので，控えめに字を小さくしました．

津舞：消さずに欄を残してあるということは，そのような技術が出てくる可能性があるということですか？

私：えーあると思います．道草コーナーで紹介しますが，粉体工学の主屋は，空気中の狭義の粉体だったのが，必要に迫られて建て増し建て増しを続けてきましたから，必要があれば水中練粉の建屋も立つと思います．

古奈：粉体の分類はわかったような気になりましたが，どんな粒子でも望み通りの集合状態を実現できるのです

か？

私：その問いに答えることが，この本の大きなテーマですが，主題に入る前に粉体を構成する粒子について考えてみましょう．

津舞：まず大事なのは粒子の大きさだと思うのですが，どんな大きさなのでしょう？

私：一口に言うと，実用に供されている粒子は数十 nm から数 mm ぐらいでしょう？

津舞：すみません，mm は分かりませんが，nm って何ですか？

私：そうですね，nm とか μm はこれから頻繁に出てきますから，少し説明しておきましょう．

津舞：初めて聞いたので，是非お願いします．

私：mm， μm ，nm の後ろの m は説明するまでもなく長さの単位のメートルですね．前の m， μ ，n はミリ，マイクロ，ナノと呼んで， 10^{-3} （千分の一）， 10^{-6} （百万分の一）， 10^{-9} （十億分の一）と言う意味です．国際規格では接頭語と呼ばれています．よく使われるものを表 0-2 にまとめておきました．

古奈：と言うことは，数十 nm は数 10^{-8}m で数 mm は数 10^{-3}m だから．粒子の大きさの下限と上限では，5 桁違うと言うことですね．

私：そうですね。では、5桁の違いを実感できますか？

古奈：・・・・、いや目に見えない極微の世界なのでピンときません。

私：じゃ、目に見える大きさを5桁の違いを実感してみましよう。例えば1mmを下限とすると上限は 10^5 mmです。

古奈： 10^3 mmが1mだから 10^5 mmは100mですか。

私：そうです。つまり粉体工学というのはチョットとした高層ビルからその玄関を動き回っている蟻までを扱う学問なんです。

津舞：粉体工学の守備範囲はそんなに広いんですか。この守備範囲は今後広がって行くんですか？

私：私がこの世界に入った1970年の頃は、 $10\mu\text{m}$ ぐらいが下限でしたね。ですから50年の間に3桁ぐらい小さくなりました。

津舞：なぜ小さくなったんですか？

私：興味あるところですが、ちょっと横道にそれますので、道草コーナーで話しましょう。それで、えーと・・・・？

私：あつ、守備範囲でしたね。下限値は下がってももう1桁、つまり数nmが限界だと思います。

古奈：どうしてですか？

私：物質をドンドン細かくしていくと

どうなりますか？

古奈：原子・分子になります。

私：そうですね。じゃ、1個の水分子は水ですか？

古奈：いや水分子は水ではないですね。

私：じゃ、どうすれば水分子は水になりますか？

古奈：水分子が凝縮して水滴とか水膜にならないと水とは呼べないですね。

私：そうですね。物質を細かくしていくと確かに原子・分子になりますが、それは元の物質とは違うものですね。

津舞：ということは、物質の性質を失わずに小さくできるところが、粒子の下限値となるわけですか。

私：そうです。その大きさが数nmぐらいです。

古奈：なるほど。じゃ、大きい方、上限はどうなんですか？

私：上限の決め方は、下限の決め方とだいぶ趣が違います。

古奈：趣が違う・・・・？

私：「粉体」の定義は「個体粒子の集合体」でしたが、粒子が大きくなると粒子を集合体としてではなく、粒子を個々にも扱うことが容易になりますので、その辺の大きさが上限になります。

古奈・津舞：・・・・？

私：1mmより小さい粒子、例えば食卓

塩の塩を一粒ずつ振りかけることはなく、粒子の集合体すなわち粉体の状態でサッサと振りかけますね。

津舞：えー，勿論です。

私：じゃ，数 mm のザラメ砂糖はどうでしょう？

津舞：つまめますけど，スプーンですくいます。

私：つまり粉体として扱いますね。それじゃ，数 mm の真珠はどうでしょう？

津舞：真珠はスプーンですくうこともありますが，品定めをするときは一粒々々丁寧に検査するでしょうね。

私：それじゃ，数 cm の栗やジャガイモはどうでしょう？

津舞：皮を剥いたり切ったりしますから一つ一つ取り扱います。なるほど，数 cm になると取り扱いが個々になりますね。

古奈：だから上限が数 mm なんですね。

私：そうなのですが，数 cm の粒子とか固体もその集合体は粉体として挙動するのです。

古奈・津舞：・・・・？

私：石炭や鉱石は数 cm ぐらいの大きさに粉碎されて輸入されますが，それを貯蔵するサイロとかビンと呼ばれる容器の大きさは，直径 40~50m で高さが 100m 近くあります。

古奈：つまり，その中には無数の粒子があって集合体として挙動するので粉体だということですね。

津舞：なるほど，粒子の集合体が粉体で，その粒子の大きさは数十 nm から数 mm 程度だということは分かった気になりましたが，大きさが 5 桁も違う粒子の振る舞いを同じとみなせるんですか？

私：そのまま本論の入口になるような質問が出ましたから，そろそろ本論に入りましょう。