

ヨーロッパの粉体工学の動向

Particle Technology in Europe

山本英夫*

Hideo YAMAMOTO

1. はじめに

筆者は生産技術研究奨励会より三好研究助成金の御援助をいただき約2週間余りの日程で、国際共同研究の打ち合わせ、ならびにヨーロッパにおける粉体工学の現状と今後の動向について調査する機会を得ました。

今回は、以前、約1年3ヶ月留学していたオランダ王国のデルフト工科大(Technische Universiteit Delft)を基点として、TNO(The Netherlands Central Organization for Applied Scientific Research)、英国のサンプトン大学(University of Southampton)の電気工学科、西ドイツのクラウシュタル工科大学(Technische Universität Clausthal)などを訪問し、粉体工学の現状と今後の課題、特に粉体材料の微細化が進む中で、New Technologyとして粉体操作への応用が期待されている静電気工学に関して意見交換をしてきた。

2. Delft工科大学(TU Delft)

デルフト工科大学は1842年創立のオランダでは最も古い工科大学で、ヨーロッパでも有数の設備とスタッフを誇る大学である。化学工学(Scheikundige Technologie)をはじめ14学科からなり、オランダの干拓事業を支えてきた水理工学研究所など7研究所が付属されている。筆者がお世話になったのは化学工学科(Chemical Technology and Material Scienceと最近、名称を変えた)の中のProf. Scarlettが主宰する粉体工学研究室である。

かつて、ヨーロッパの粉体工学の主流は西ドイツのカールスルーエ工科大学(Technische Universität Karlsruhe)のProf. Rumpfの研究室であったが、彼の逝去後は、流れがデルフト工科大学に移ってきているように思える。というのも、オランダという国は基本的には酪農を中心とした農業国でありながら、歴史的経緯およびヨーロッパの中心に位置する地の利を生かした貿易立国で、外国に対して極めてオープンな国であり、また、フィリップス、ロイヤル・ダッチ・シェル、ユニ・リーバといった国際的巨大大企業に代表される近代工業国で、情報

の集積度がかなり高いからであろう。

Scarlett教授の研究室の主テーマは粉体物性であるが、石炭のガス化、高温集塵、粉碎、流動層、混合、粉塵爆発等々から新しい粉体材料開発まで、幅広く手がけており、ECから相当の研究費を受けているようである。特に大きなプロジェクトは石炭のガス化で、ベルギーからオランダの全土にわたって、地下数千メートルあたりに厚み数メートルの石炭の薄層が有り、これを地中でガス化して取り出そうというものである。現在、実験室規模の実験を終え、パイロット・プラントの段階に入るところである。

さて、筆者はこの研究室と、粉体材料の最も基本的な物性である「粒度測定技術」および、「高温場における微粒子(サブミクロン以下)の静電捕集」に関して共同研究を進めている。今回の訪問の主目的もこの点に関する情報の交換ならびに相互のデータの検討であった。

3. サブミクロン粒度測定技術の現状

粒子材料の微細化、精密化、高機能化が進むなかで、その最も基本的な物性評価の一つである粒度測定はますます厳密さを要求されている。特にサブミクロン(0.1~1ミクロン)以下の領域に要求が高い。この領域の粒度測定を可能にする原理は光(レーザー)散乱法、遠心沈降・光またはX線透過法、クロマトグラフィ法(FFF**法やCHDC***法)、光子相関法などがある。現在、これらの原理に基づいた粒度測定装置が種々開発され、市販されている。しかし、それぞれの原理、装置から得られるデータ間の整合性はあまりないのが現状である。

もともと、球形粒子以外、粒度は定義できても本当の粒径(長さの単位)は絶対に「わからない」、というよりも「ない」のであるが、いかにも真の粒径が測定できるかのような錯覚を持たれながら、各装置が種々の分野で一人歩きをはじめているのが現状である。したがって、

**Field Flow Fractionation

***Capillary Hydrodynamic Chromatography

*東京大学生産技術研究所 第4部

これら原理、装置間の系統的、総合的検討を早急に行わなければならない、というのがヨーロッパをはじめとした世界の粉体工学者の共通の認識である。アメリカではデュボン社のコンサルティング・グループが中心になって、ヨーロッパではScarlett教授および英国のラフボロ工科大学(University of Technology Loughborough)が中心になって総合的な検討が始まっている。日本でも、粉体工学会に「サブミクロン粒度測定グループ会」が設置され、50余りの大学・研究所、民間ユーザー、装置メーカー・ディーラーが参加し、筆者の研究室がキー・ステーションとなって総合的な検討を開始した。

Scarlett教授の研究室にはレーザー回折散乱法の“CILAS HR850”や“MALVERN MASTER SIZER”をはじめとして、“COULTER COUNTER MULTSIZER”, SF³(Sedimentation Field Flow Fractionation)など10機種以上の装置がそろっていた。なかには日本で開発された島津やセイシン企業の装置もあった。これらの大半は各メーカー、ディーラーからの無償提供であるとのことである。

レーザー散乱法による測定装置が操作も簡単だし、迅速に測れるので、ヨーロッパでは最も普及しているようであるが、この原理により得られる測定値の物理的意味は明確ではない。しかも、データは出てくるものの、ハード、ソフトの両方がブラック・ボックス化されているので何が測られているかわからず、いちばん問題であるとの認識で一致した。また、元来、測定原理が異なればそこで定義される粒度の物理的意味が違うので、粒径に換算されて出てくるデータ間に整合性がないのは当然であるが、一般のユーザーの便宜を図るためには原理間の相関係数のようなものを見いだす必要があるとの意見で一致した。そのために、お互いに、共通試料による共同測定を実施し、データの交換・検討から着手することになった。とりあえず、1991年に開かれるPSA(Particle Size Analysis 1991; Loughborough, UK)を目指して5種類程度の試料の測定をすることになった。

4. 高温場での微粒子捕集

気相中からの微粒子分離(集塵も含めて)技術の研究動向は、現在、高温、高圧あるいは複雑な組成のガス中などの特殊環境下で、しかも、サブミクロン以下の微粒子を対象とした分離技術の開発に努力が向けられている。DelftでもPFBC(Pressurized Fluidized Bed Combuster)から排出される高温高圧(～1000°C, ～10bar)ガス中のサブミクロン粒子の捕集技術の開発を行っている。

このような過酷な環境下でガス中粒子の分離を可能にする方法はセラミックメディアのフィルター、高速サイクロン、静電集塵がある。しかし、いずれの場合も、サブミクロン領域以下の微粒子を効率良く分離するには、

静電気力を補助手段として利用するのが最も有効であると考えられる。しかし、複雑な組成のガス中では従来の直流コロナ放電による粒子荷電は不可能であり、新しい荷電装置の開発が急務である(この点については、後述する西ドイツ・Clausthal大学のLeschonski教授の静電分級装置の開発においてもネックになっていた)。

Scarlett教授は粒子充填層に交流電界を印加し、帯電粒子の交流場振動で粒子拡散係数を増大させ、充填層粒子(一種のフィルター)への衝突(接触)確率を大きくし、捕集効率を改善するというアイデアを持っていたが、やはり、FPBC排ガスのような過酷な条件下での粒子荷電がキー・ポイントであった。そこで、筆者らの研究室で開発した交流方式の荷電装置をスケールアップして実機規模のPFBC(デルフト工大に建設中)でテストすることになった。

5. その他の訪問先

TNO

TNOは、オランダ語でDe Nederlandse Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoekの略称で7つのDivisionに分かれてオランダの各地に研究センターがある。全面的な官制ではないが、日本の工業技術院の研究所に似ている。筆者が訪問したのはDelft工科大学の隣にあるプラスチック・ゴム研究所(Kunststoffen en Rubber Instituut TNO; 略称KRIキリ)のApplied Electrostaticsの研究室である。ガスクリーニング、フライアッシュのフィルトレーション、液滴のスプレイングなど、いずれも静電気力を利用した研究であった。説明してくれたBouwma博士もやはり、今後の方向として高温静電場を想定していると語っていた。目についたのは、コンダクティビティをはじめとした粉体粒子の物性の高温下における測定手法であった。

Clausthal工科大学(西ドイツ)

化学工学科(Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Umweltverfahrenstechnik)のLeschonski教授の研究室を訪問した。Leschonski教授は故Rumpf教授の弟子で、Karlsruhe大学のLöffler教授と西ドイツの粉体工学会を二分している。彼の研究は乾式分級が中心でそのための評価方法である微粒子の新しい粒度測定装置を開発し、工業見本市などで自ら展示ブースを設けて売り込みをしているらしく、お国柄であろうかと感心した。現在は、DMA(Differential Mobility Analyzer)を応用した工業微粉用静電分級機の開発に力を入れているが、0.1ミクロン以下の微粒子に効率よく電荷を与えることが最大のキー・ポイントであると語っていた。

Southampton大学(英国)

電気工学科(Electrical Engineering)の、Applied Electrostaticsの研究室を訪問した。この研究室は静電気

の大御所, 故Bill Bright教授の冠が付いており, 現在はBailey教授が主宰している。ここでは粉体ないし液滴の静電スプレイングをはじめ, 高分子などの絶縁体粒子の空気輸送における帯電現象の解明, 静電集塵機の捕集効率を上げるための微粒子の静電凝集などを手がけている。特に, 高分子の帯電現象の基礎的な解明をするためには, 従来のような粒子を集団で扱ってはいは本質的な解明は出来ないとの認識に立ち, 1個1個の粒子の帯電量測定を試みていた。装置は筆者がDelftに留学していたときに開発したもののデッドコピーであった。この研究は大変地味であるが多くのマンパワーによる膨大なデータの蓄積が必要であるとの認識で一致し, 筆者の研究室

との共同研究を申し込まれた。

6. お わ り に

今回のヨーロッパ訪問で粉体工学および静電気工学関係の大学・研究所をいくつか訪問し, 素材革命が世界的に進展しているなかで, 粉体工学が(特に微粒子の分野で)果たす役割がますます大きくなっていくであろうことを強く感じた。そのための, ブレイク・スルーの一つが静電気利用であるとの認識を新たにした旅であった。

最後に, 旅費の大半を援助していただいた生産技術研究奨励会三好財団に心からの感謝をいたす次第である。

(三好研究助成報告書 1990年2月27日受理)