

氏 名	田 中 善 之 助 た なか ぜん の すけ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 472 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	粉体の乾式粒度分級に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教授 井伊谷鋼一 教授 吉岡直哉 教授 水科篤郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は粉体を粒子径の大きさにより分離する乾式粒度分級に関する研究をまとめたもので、緒論、6章および結論からなっている。

緒論ではまず従来の乾式粒度分級法の現状およびその研究結果の概要をのべ、サブミクロン領域の粒度分級法を理論的および実験的に検討し、この領域の乾式粒度測定器の開発を試みるという本研究の目的について説明している。

第1章においては分級効率の表示法についてのべ分級結果の評価法を検討している。まず従来の色々な分級効率の長短を比較し、それらは不十分であることを指摘している。これらの欠点を補うために分級効率を2つの成分(粗粉側と細粉側)で示す表示法を提案し、つぎに分離限界粒子径の定め方についてのべ平衡粒子径を用いれば従来の効率および量的な関係が簡単に1つの図上で与えられる分級効率線図を示している。さらに3次元で図示すれば分級機性能も表示できることをのべている。

第2章においては流体の流れによって重力または遠心力を用いて固体粒子を分級する場合、流体の速度分布が粒子の部分分離効率に及ぼす影響について検討し、円管、スリット、および環状部における粒子の分級機構を理論計算と、単分散ガラス球を用いた水流実験によって明確にしている。理論と実験はよい一致を示し、流れを利用する分級方法では理想的分級が得られないことを証明している。

第3章においては遠心力の場における粒子の運動に関する理論の展望と検討を行っている。まず粒子の運動を理論的に解析するのに必要な球形粒子の抵抗係数に関して従来の式とくらべて精度および適用範囲のすぐれた対数の2次方程式を用いる近似式を提案している。つぎに気体分子の平均自由行程と粒子径が比較しうる程度になると粒子と気体の間に迂りが生じ抵抗が減少することがわかっているが、その補正係数について過去の研究をまとめて検討している。さらに抵抗係数、上記のカンニンガムの補正係数、および非定常運動による積分項を含めた遠心力の場における粒子の運動に関する理論式を与えて、2, 3の数値計算を行い簡単な理論式の結果と比較検討している。

第4章においては粒子が粒子径の大きさの順に遠心機のローターの円周壁に沈降堆積する新しい分級法を減圧領域で実施することを試み実験結果と理論計算の良好な一致がえられたことを論じている。これによって従来困難であった1ミクロン前後からサブシーブ領域における理想的乾式分級が可能になると共に、前記カンニンガムの迂り補正係数の汎用性について確認がえられたことを示している。

また理論計算における前記積分項の影響はこの場合小さいことも数値計算によって示している。

第5章においては減圧乾式遠心機による粒度測定法の開発についてのべている。前章と同様に粒子径の順に円周壁上に粒度スペクトルが生じることを利用した方法は従来の他の測定法と比較して実用上すぐれていることを示している。減圧によって測定対象の粒子径がすべてストークス域に入り、円周堆積角とある無次元パラメーターとが十分な精度で相関をもつことを理論的に示している。また遠心機の運転条件および粒子径をきめる計算を簡単にグラフによって行う方法をのべると共に、強制回転の場で粒子角速度は気流角速度よりもおそい一定値に近づくことと、粒子の中心軸よりの供給時における初速が大きな影響を堆積角に与えることを示している。

第6章においては強制回転の場における気体と粒子の角速度および半径方向速度について理論的検討を行い、従来の簡単な計算法との比較を行っている。その結果従来予想していた値とはかなりの相違があることが判明し、それが従来の理論値と実験値の不一致の原因の一つであることをのべている。

結論においては以上各章において示した理論的および実験の結果を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

粉体粒子の粒度による乾式分級は篩分けの困難な50ミクロン以下においては、主として遠心力と流体抵抗の釣合いを利用して行われているが、性能のすぐれた分級装置はまだ開発されていない。一方乾式粒度測定装置も上記のサブシーブ領域では2, 3の製品が市販されてはいるものの、その分析性能は不充分でよりよい方法の開発が研究上も実用面からも要望されている。また分級性能の表示法に対しては従来種々の定義が用いられ概念が不明確であったため統一的総合的表現が必要とされていた。

本論文はこのような見地から従来の方法の検討と新しい方式の開発を理論的解析と実験的検証の両面から行ってつぎに列記するような成果をえている。

1. 従来の分級効率は1つの数値で示そうとしたことに無理があったので、これを粗粉と細粉の2つの効率すなわち直交座標系の1点であらわし、その図上での簡単な作図によって各種の分級効率と共に量的関係をも容易に与えることのできる新しい便利な分級効率線図を提案している。

2. 従来の粒子による流体抵抗を利用した粒度分級機は分級精度がよくなかったが、その原因として流速分布の存在をあげ、理論計算および実験結果によってこれを立証確認している。これによって従来の流れ形式の分級機ではある程度以上の分級精度をうることは不可能であることが判明した。

3. サブシーブ領域の遠心力場における粒子の運動を正確に解析した例はないので、抵抗係数のより正確な近似式を提案し、カンニンガムの補正係数の減圧下における検討を行い、さらに積分項を含めた厳密な運動方程式を用いて、その数値計算を行っている。これより積分項の影響は小さく、カンニンガムの補正は減圧下において大きな影響をもつことが判明した。

4. 従来の遠心分級法とは全く異なる原理にもとづく強制回転場における円周方向粒子おくれ角を利用した新しい方法について、理論計算と試作高速減圧遠心機による実験を行い両者の一致を確認している。これによってサブミュー領域の新しい乾式分級法が確立され、将来の工業的開発への可能性を与えている。

5. 前項の方法を乾式粒度測定法として実用化するための解析と実験を行って、20 mmHg 以下の減圧にすることによって、強制回転場におけるサブミュー領域の粒子の運動は常にストークス領域となるため簡単な計算図表を用いておくれ堆積角の測定から容易に粒度分布が求められることを示している。これによって従来は困難であった数ミクロン程度の乾式粒度測定法の新形式が開発されたと言える。

6. 最後に強制回転遠心力場における粒子の回転角速度が気体よりおくれてほぼ一定となる事実より、その仮定の下に角速度と半径方向速度の近似理論解を求め分級限界粒子径を算出すると、従来の簡単な終末沈降速度式から求めた限界径とは大きく異なり、分級精度もわるくなることを見出している。これは従来の理論計算結果の不完全な理由を明らかにしているものである。

以上要するに本論文は従来明確でなかった粒度分級に関する諸問題を解決すると共に、乾式強制回転遠心力場における粒子の円周方向おくれ堆積角を利用したサブミュー領域の新しい粒度分級法および粒度測定法を理論的ならびに実験的に完成したものであって、学術上工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。