

氏 名	江 見 準 え み ひとし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 298 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 44 年 7 月 23 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	繊維充填層によるエアロゾルの濾過に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 岡 直 哉 教 授 井 伊 谷 鋼 一 教 授 平 岡 正 勝
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は繊維充填層を利用する濾過集塵装置の合理的な設計法を確立するために、充填層内部におけるエアロゾル粒子の捕集機構を、理論的実験的に種々の角度から検討した結果の報告であって、序論および六章からなっている。

エアロゾルの濾過に用いられる繊維として工業的に最も重要なものは硝子繊維であって、個々の繊維形状は円筒形であり、これが気流に直角方向に密に充填されて濾材を形成する。著者はこの繊維充填層によるエアロゾルの濾過をいわゆる単一円筒モデルを基礎として論じている。すなわち単一の円筒に直角に流れてくる気流中のエアロゾル粒子が円筒面へ種々の機概により衝突付着する現象の解析にもとづいて充填層の濾過効率を予測する方法を述べている。考慮されている捕集機構としては慣性による衝突、拡散、さえぎり、静電気力および重力による沈降作用である。

まず第一章においてはエアロゾル気流中に直角に張られた一本の針金上への粒子の付着状態の観測結果と、円筒まわりの流れの速度分布から計算される衝突粒子の理論値とを比較することにより、ポテンシャル流、慣性衝突支配域においての単一円筒捕集理論の妥当性を確認している。

第二章では単一円筒捕集理論を実際の繊維充填層に適用するために、工業的に最もよく使用される条件すなわち円筒まわりの流れの Re 数が 1 以下(粘性流)であって、粒子の円筒への付着が慣性とさえぎり作用に起因する場合についての理論効率を粒子の運動軌跡の計算から求めている。次にこれらの結果と $Re=10$ における Davies の計算値、およびポテンシャル流に対する理論値を総合して円筒まわりの Re 数が任意の値をもつ場合の理論捕集効率の実用的線図を作成した。これらの結果をステアリン酸、D.O.P. などの均一粒径エアロゾル粒子を用いた広範囲の条件下の濾過実験と比較し、十分な精度で一致することが確認された。次に拡散による捕集が有効な領域については過去の理論的研究と著者や他の研究者の行った実験結果との比較検討により Friedlander の半実験式の拡散項の採用が最も妥当であるとし、これを既述の慣性、さえぎりによる効率に加算することにより全操作条件についての充填層の濾過効率の推定が

可能であることをのべている。

第三章においてはエアロゾル粒子に電荷を与えて充填層濾過を行なった場合にどの程度の効率上昇が期待できるかについて、理論的実験的検討を行なっている。一般にエアロゾルの濾過において流速の大きいときは慣性による衝突が有効であり、流速の小さいときは拡散による捕収が有効に働く。その中間の領域（いわゆるさえぎり領域）では慣性も拡散も有効に働かず効率が極小値をとる。この領域での効率を上昇させる手段の一つとしてエアロゾル粒子に電荷を与えて濾過する方法につき解析を行ない荷電粒子と無荷電円筒との間に働く静電気力（主として映像力）による捕集効率を理論的に求めた。その結果この場合の効率に及ばず Re 数の影響は少なく、著者のいわゆる映像力パラメータ（映像力と流体抵抗の比をあらわす無次元数）によって決まることが明らかにされた。著者はこの結果を種々の電荷を与えた D.O.P. 粒子による実験結果と比較し、実験値の方がやや高い値を示すが理論との傾向がよく一致することを確かめている。

第四章においては通常エアロゾル濾過ではその効果が少ないとして無視されることの多い重力による捕集機構につき、これがどのような条件下で有力となり、どの程度効率に寄与するかを理論的実験的に検討している。すなわち流れの方向が水平および垂直のそれぞれの場合につき、円筒まわりの流れが粘性流とポテンシャル流の場合の重力沈降とさえぎり効果による捕集効率を計算し、さらに慣性をも同時に考慮した場合にこれを拡張した。単一円筒による実験値は理論と良好な一致を示したが、充填層の場合については検証はおこなわれていない。

さて実際に繊維充填層で長時間濾過を行なうと、充填層は初期の清浄な状態から、粒子が繊維表面へ堆積した状態へと移行し、効率、および圧損失は時間とともに増大する。第五章ではこのような非定常濾過における実験データの解析により、任意の時間、層厚さにおける層捕集効率および圧損失を、上述の単一円筒捕集効率および初期の圧損失をもとにして推定する方法を明らかにしている。

このように静置式の繊維充填層は実用上の見地から判断したとき、操作条件によっては閉塞をおこし、長時間の連続運転ができない。第六章に示した回転充填層型スクラバーは充填層を円筒形にしてこれを回転し洗滌水とガスを遠心力下に向流接触させて、捕集粒子を水により洗滌除去し、連続運転を可能にしたもので、著者はこの装置について既述の諸理論を応用し、その性能を明らかにし、設計法を考察している。

論文審査の結果の要旨

気流中に含まれる一ミクロン前後の微小な粒子を完全に近い程度までに分離することは、原子力、醗酵、写真工業などの過程においてしばしば重要な問題となる。この目的を達するための一つの方法は気体を硝子繊維などの細い繊維を密に充填した層（繊維充填層）に通してこれを濾過する方法である。このような方法は現在前記の各方面で工業的に実施されているが、粒子側の条件、充填層の条件および運転条件が与えられたときにどの程度の捕集効率が期待できるかを確実に推定する方法、したがって充填層型濾過装置の合理的な設計法が未だ確立しておらない。このことはエアロゾル粒子の粒度分布、使用する繊維の直径、気流の通過速度などによって、粒子が繊維に衝突付着する機構が種々に変化し、これらを総合的に

理論とむすびつけてまとめることが困難であったことによるものと考えられる。

本論文の著者は上記の点に着目し、エアロゾロ粒子の繊維層による捕集機構の主なるものとして、慣性衝突、拡散、さえぎり作用、重用および静電気力による沈降をとりあげ、それらの機構が単独にまた複合して作用したときの粒子の捕集効率を理論と実験の両面より詳細に検討している。著者はまず一本の円筒に直角に気体の流れが流れて来时、その気流中に含まれる微粒子が慣性の作用より気流の流れ線（円筒まわりの Re 数により変わる）から偏倚して画く飛跡を計算し、これにもとづいて種々の条件下の単一円筒捕集効率を求めている。充填層全体としての捕集効率はこの単一円筒の効率から推定される。

第一章および第二章において著者は上記の手法を用いて慣性およびさえぎり作用による捕集効率の理論値を任意の Re 数に対して推定する方法を明らかにし、次に拡散効果が有効な範囲にまでこれを拡張して任意の操作条件範囲に対して効率を推定する方法を提案している。またこの結果を広範囲にわたる実験によって確認している。

第三章では上記の作用の上にさらに粒子が電荷をもつときの影響につき検討を加えかつこれを実験的に確認している。

第四章では通常のエアロゾルの濾過ではその効果が少ないものとして無視されている重力による捕集につき、これがどのような条件下で有力となり、どの程度効率に寄与するかを理論と実験の両面から検討している。

第五章では充填層による濾過が長時間間継続したときの捕集粒子の蓄積が、濾過効率および圧損失に及ぼす影響を論じ、充填層の濾材として寿命の決定法の基礎を与えている。

第六章では著者らの考案した回転充填層型スクラバーについて上記の所論を利用してその性能を論じ、設計法を明らかにしている。

以上要するに本論文は従来主として経験的に計画されることの多かった繊維充填層型のエアロゾル濾過装置について、単一円筒モデルにもとづいて広い条件下における捕集効率を推定する方法を提案し、また広い条件下において多数の実験を自ら実施することによってその妥当性を確認し、この種装置の合理的設計法を明らかにしたものであって、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。