

氏 名	北 村 吉 朗
	きた むら よし ろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 872 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 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	異相系における液柱の挙動と滴生成に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 江 口 彌 教 授 吉 岡 直 哉 教 授 水 科 篤 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は気液及び液液接触装置内での滴生成機構を明らかにして生成滴の大きさの推算法を確立することを目的として、液柱の挙動と液柱からの滴生成に関する理論的並びに実験的研究の結果をまとめたもので、序論、3編8章と結言から構成されている。

序論は既往の研究の概要と本研究の目的を述べている。種々の装置内の滴生成の状況について整理し、液柱からの滴生成が液柱表面の流体力学的安定性と関連することを述べている。

第1編は、空気中での液柱の挙動と滴生成について論じている。

第1章では、ノズルから垂直下方に流出する液柱が重力によって縮流することを考慮して層流液柱長さとして生成滴径について理論的解析を行い、縮流する層流液柱長さは縮流のない円柱状液柱を仮定した場合よりも長くなり、生成滴径は液物性のほかにノズル径とノズル内流速の影響を大きくうけることを明らかにしている。

第2章では物性の異なる数種の液を種々の径のノズルから流出させたときの液柱長さ及び生成滴径を実測して理論値と比較している。実測値の諸変数による変化は理論値から予測される傾向とよく一致することを示し、液柱長さ及び滴径を理論的に推算するために必要なパラメータの値を液物性とノズル径を含む無次元数を用いて実験的に相関している。さらに、提出された理論式が適用できる操作範囲、すなわち層流液柱の形成される流速範囲を実験式で相関している。

第3章では、液柱の中心軸に直角な方向の気流が存在するときの液柱の安定性を理論的に解析して実験値と比較している。気流をポテンシャル流と仮定した理論解析により示された空気側のウエーバー数の増大により液柱が不安定になるという結論が実験結果と一致することが確かめられている。

第2編は異相液液系における液柱の挙動と滴生成について論じている。

第4章では、両相の慣性力及び粘性力効果が共に無視できない一般的な系について、液柱表面の微小乱れの成長速度に対する友近の解を数値計算法で計算し、その結果が周囲流体の慣性力を無視したときの成

長速度と粘性力を無視したときの成長速度とを用いて近似的に表わしうることを示して、近似解によって両流体の密度比と粘度比が液柱の安定性に及ぼす影響を明らかにしている。

第5章は種々の液液系について行った液柱の挙動と滴生成の実験結果である。液性の挙動は両相粘度比が1の前後で異った様子を示すが、流出流体粘度が周囲流体粘度より低い範囲において4章で導いた表面乱れの成長速度に対する半理論近似式によって層流液柱長さが相関できることを明らかにしている。また、層流液柱の形成される条件を実験式で相関すると共に、比較的安定な液柱が形成されるときには滴径の実測値は理論値と一致することを確かめている。

第3編では回転ノズル及び回転円板の遠心力により生ずる液柱からの滴生成についての実験的研究の結果をまとめている。

第6章は回転ノズルから流出する液柱の安定性と滴生成に関する理論的並びに実験的研究結果である。遠心力場における液柱からの滴生成は遠心力による縮流と液流に対する周囲気流の効果を考慮すれば第1章及び第3章で得た理論を適用できることが示されている。

第7章では液の微粒化装置として用いられる回転円板に生ずる液柱からの滴生成について述べている。円板周辺から規則的に生成する液柱の数を液物性と円板の径と回転数を変数として実験式で相関して、円板周辺に等間隔に仮想ノズルが配置されていると考えることにより、第6章の結果を適用して計算される液柱長さ及び生成滴径が実測値とよく一致することを示している。

第8章は液液抽出に用いられる遠心式液液接触装置内での滴生成についての実験結果であり、液柱の挙動及び滴生成機構は遠心力場の気液系のそれに類似であるとして近似解析を行い、生成滴径を相関する実験式を得ている。

結論は本論文の各編、各章で得た結論を要約してまとめたもので、種々の場合の液柱からの滴生成機構は本質的に同じ現象であり、液柱表面の流体力学的安定性理論が適用される条件を明らかにしたことにより、液柱の挙動及び生成滴径の予測が可能になったと結論している。

論文審査の結果の要旨

気体あるいは異相液体中へ液体を滴化分散接触させて行う操作は、化学工業に広く利用されている。これらの操作に用いられる装置内で生成する液滴の大きさを予測することは、装置設計の基本事項として重要である。本研究は滴化過程の中で最も基礎的な現象である液柱からの滴化に関して、重力場及び遠心力場における液柱の流体力学的安定性を解析して、液柱の挙動と液柱からの滴化機構を明らかにすると共に、滴径の合理的推算方法を確立しようとしたもので、得られた主な成果は次の通りである。

(1) 重力場において重力の影響をうけて縮流する層流液柱の表面乱れの安定性を解析して、層流液柱が崩壊に至るまでの長さや液柱先端より生成する液滴径に対する液物性と操作条件の影響を明らかにした。従来の研究では円柱状液柱を仮想して、液柱径を基準にして理論的取扱いがなされているが、著者はノズル径とノズル内の平均流速に基づいた相関式を提出してノズル設計の便宜を計っている。

(2) 既往の研究では、液柱表面乱れの初期振幅は液物性に無関係に液柱径により定まる一定値であると報告されているが、著者はオーネズル数数の小さい範囲では上述の結果が成立しないことを実験から見出

し、液柱表面乱れの初期振幅を実験式で相関した。著者の提出した実験式を利用することにより、研究者により異なる見解が示されていた液柱長さに対する液物性の影響が説明された。

(3) 液柱軸に対して直角な方向の気流が存在するときの液柱の安定性は、ガス基準のウェバー数を考慮することにより評価できることが示された。

(4) 回転ノズルから流出する層流液柱の挙動と生成滴径は、重力に代る遠心力による縮流効果と(3)で述べた液柱に対する気流抵抗を考慮することにより、重力場における滴生成機構と全く類似に、安定性理論を適用して考察できることが示された。

(5) 回転円板から規則的に発生する ligaments と呼ばれる液柱の挙動と滴生成機構は、回転円板の周辺に等間隔に配置された仮想ノズルを考えることにより理論的に取扱いうることを示し、仮想ノズルの径と数とを液物性及び操作条件と関係づけている。

(6) 異相液液系における液柱表面乱れの最大成長速度は周囲流体の慣性力を無視したときの解と粘性力を無視したときの解とで関係づけられると仮定して最大成長速度を求め、その結果が友近の厳密解と数値的によく一致することを示した。著者の提案した方法は計算が容易であるばかりでなく、液物性や操作条件の影響を簡単に把握する上で便利である。

(7) 重力場及び遠心力場における異相液液系の安定な層流液柱の挙動と生成滴径は安定性理論に基づいて計算される値とよく一致することが示され、また層流液柱形成の操作条件が実験的に明らかにされた。

以上を要するに、本論文は異相流体中へ液を流出させたときに形成される液柱の挙動と滴生成について種々の条件下で理論的、実験的に研究し、それらが本質的には同じ現象であり、液柱表面の流体力学的安定性理論を適用してノズルの設計及び接触界面積の推算が可能であることを示したものであり、学術上はもとより工業的にも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。