

# 学位論文概要

題目 Internal flow of twin-fluid atomizer and breakup behavior of liquid jet injected into crossflow  
(二流体噴射弁の内部流動と横風中に噴射した液体噴流の分裂挙動)

氏名 XING Wenjing

本研究では、火力発電用大型ガスタービン燃焼器における液体燃料の微粒化特性改善を目的とし、従来は液体のみを液柱として横風中に噴射していた噴射法に対し、噴射弁内で微粒化用空気を液中に作用させる新しく二流体噴射法を提案した。実験に数値解析を援用しながら、二流体噴射弁の内部流動と静止気体中における液体噴流の分裂形態と微粒化特性を明らかにした。さらに、横風中における液体噴流の分裂挙動と噴霧液滴群の分散状態を詳細に調べた。多くの視点から評価を行い、本研究で提案した二流体微粒化の優位性が揺るぎないものであることを実証した。以上の研究を行っている過程で、二流体噴射弁の出口近傍では液膜が著しく不安定であることを発見し、混合孔の長さが異なる三種類の噴射弁を作成し、最適長さが存在するメカニズムを提唱した。さらに、安定な液膜噴流と不安定な液膜噴流に横風を当てて、不安定な液膜の方が圧倒的に微粒化が優れていることを明示した。本論文は7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と課題、そして研究目的を述べた。

第2章では、実験装置と方法、数値解析方法について説明した。

第3章では、中間的長さの二流体噴射弁を用いて、実験と数値解析により、噴射弁の内部流れと液体噴流の挙動を明らかにした。また、内部流れと液体噴流の分裂挙動に対して、液体流量と微粒化用空気流量のマップ上で現象の分類を行った。

第4章では、横風中における液体のみ噴射と二流体噴射の両噴流を比較し、まず両噴流の分裂形態の相違を論じた。次いで噴霧流の軌跡や広がりを独自に開発した画像処理法を応用して比較するとともに、微粒化特性も調べた。二流体噴射法が総合的に微粒化に優れていることを明らかにした。また、無次元評価法を用いて、二流体噴射法を実機ガスタービンに適用した場合の微粒化特性を予測した。液体のみの噴射では、噴流の軌跡が横風速度に応じて一義的に決定されるが、二流体噴射では、微粒化用空気流量により噴霧流の軌跡をコントロールできることを見出した。さらに液体のみ噴射と二流体噴射の両噴流における壁面衝突現象を比較した。液体のみ噴射では、太いリガメントや粗い液滴が壁面に衝突するが、二流体噴射では、衝突領域が横風に対して直角方向に広がり、小さいリガメントや細かい液滴の衝突が多いことがわかった。

第5章では、二流体噴射法における液体微粒化のメカニズムについて論じた。二流体噴射弁の混合孔出口において、厚さに偏りがあることがあって、その偏りが高速で変動する不安定な環状液膜流が生じていることを明らかにした。また、数値解析と実験により、混合孔内部に生じる液柱が微粒化用空気の影響で激しく乱れて混合孔の内壁に衝突し、混合孔出口近くにおいて激しい変動を伴う液膜に変化していくプロセスを調べた。さらに、従来の液体のみ噴射つまり液柱と不安定液膜に横風を当てて、噴流の軌跡、分裂長さなどを求めた。以上の結果から混合孔出口で液膜が変動する現象は、二流体微粒化における微粒化状態を支配する主要因のひとつであると考察した。

第6章では、混合孔の長さが不安定液膜に及ぼす影響を調べた。混合孔が長くなるとともに、混合孔出口で変形した液柱、激しい変動を伴う液膜、及び分裂しにくい環状液膜が生じることを示した。また、変動を伴う液膜を横風中に噴出させた場合と、分裂しにくい環状液膜を横風中に噴出させた場合の、噴流の広がり幅、分裂長さ及び液滴径など求めた。混合孔出口近傍において液膜が最も激しく変動する中間的長さの混合孔が液体噴流の微粒化に最適であることを示し、これが混合孔に最適長さが存在するメカニズムであることを示した。

さらに、変動する液膜の厚さの変化比や変動周波数を用いた液体の分裂特性の無次元パラメータを考案し、二流体微粒化の性能を評価する新しい手法を示した。この手法は、本研究の二流体噴射弁のみならずタイプの異なる二流体アトマイザの特性をも包括的に予測できる可能性がある。

第7章は本研究の総括であり、主要な成果をまとめた。また残された課題について述べ、今後の研究の展望を示した。