

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	加藤 由幹
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目 曲がり管内脈動乱流の流動構造が壁面对流熱伝達に及ぼす影響 (Effect of Flow Structure of Pulsating Turbulent Flow in a Curved Duct on Convective Heat Transfer at the Wall)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	尾形 陽一	
審査委員	教 授	三好 明	
審査委員	教 授	陸田 秀実	
審査委員	教 授	鈴木 康浩	
審査委員	准教授	下栗 大右	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文（本研究）は、直管および曲り管路内での定常・脈動乱流場における強制対流壁面熱伝達の特徴およびメカニズムについて論ずるものである。工学的応用事例として、複雑な曲り形状を有する自動車用エキゾーストマニホールド内の吸排気流れといった、流速脈動周期が短く、脈動振幅が中程度の壁面熱伝達メカニズムの解明、および冷却損失の低減・制御に繋がる研究であり、実験的・数値的研究の両面から、曲り管内脈動乱流構造と壁面熱伝達の新たな知見について論じられている。</p> <p>第 1 章では、自動車用排気ガス起因の環境問題解決に向けた、直管および曲がり管内定常・脈動乱流の流動・伝熱特性についての記述と、本研究に関連する実験・シミュレーションの既往研究レビューを行っている。直管の定常・脈動場における対流熱伝達は多くの研究があるが、本論の二重曲り管内高周波脈動乱流と壁面熱伝達の相関メカニズムは研究例が少なく、自動車および様々な工学的応用における本研究の意義を説明している。</p> <p>第 2 章では「二重曲がり管内定常流」の流速・温度場・壁温計測および Conjugate Heat Transfer (CHT) シミュレーションを用いた熱流動特性の研究結果が議論されている。</p> <p>直管と二重曲がり管全体の各空間平均ヌセルト (Nu) 数を評価し、曲がり管で生じる二次流れなどの流動構造の変化と伝熱特性から熱伝達メカニズムを明らかにしている。他先行研究と同様に曲がり管のヌセルト数が大きく、管の曲がりによる伝熱促進が確認できた。主に第一曲がりで生じる Dean 渦等により、曲がり外側での渦拡散による乱流熱流束の増加、および曲がり外側は内側よりも伝熱面積が大きいことから放熱量も大きくなり、伝熱促進が生じる。一方、第二曲がりでは第一曲がりの大きな Dean 渦と第二曲がりによる Lyne 渦が混在し渦促進が小さくなることで、伝熱促進が小さくなる機構が明らかとなった。</p> <p>第 3 章では、「直管内脈動流の熱流動特性」について、ヌセルト数の評価、非定常流動場・温度場の相関の議論がされている。脈動周波数を無次元数の Womersley 数 (Wo) で整理</p>			

し、 $Wo=42-49$ で Nu 数がピークを持ち、伝熱促進が生じることが分かった。この結果は準定常理論では予測出来ず、壁面近傍の流速場を時系列 PIV で調べた結果、 $Wo=33$ では減速時に壁面近傍の乱れが極端に小さくなる再層流化とみられる現象が観測された。 $Wo=42-49$ でも同様の現象が観測されたが、高速時に生じる大きな乱れが減速時に残留し長時間続くことから、 $Wo=42-49$ で乱流混合が促進され、伝熱も促進されたと考えられる。一方、 $Wo=65$ 以上では小さい速度振幅により再層流化の影響を受けなかったと考えられる。また、2 線式熱電対による非定常温度計測から、減速時に壁温と流体温度の差が大きくなることも分かり、減速時の乱れの増加と併せて $Wo=42-49$ で伝熱促進が生じるメカニズムが明らかとなった。

第 4 章では「S 字型二重曲がり管内における脈動流れの熱流動特性」について議論されている。実験で $Wo=0-80$ の温度・流動場計測を行い、 $Wo=42, 46$ では直管と逆に Nu 数が定常条件より 2 割程度小さくなり、脈動による伝熱抑制が生じていた。また、Large Eddy Simulation (LES) とレイヤーマッシュで壁面近傍を細かく解像することで、非定常脈動乱流場での流体温度分布の実験結果を再現出来ることが分かった。脈動と曲がり管では減速時の伝熱促進より、曲がりによる伝熱促進の源となる二次流れが弱まる効果が支配的となり、乱流熱流束も減速時に定常流の値より小さな値となっていたことから、 $Wo = 42, 46$ での伝熱抑制と脈動による二次流れの強度変動の相関メカニズムが明らかとなった。

第 5 章では本研究の総括と、今後の展望が述べられている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。