

# 管内脈動流における圧力損失と熱伝達特性に関する研究

著者	?道 哲
著者別表示	Sakimichi Satoshi
雑誌名	博士論文要旨Abstract
学位授与番号	13301甲第4476号
学位名	博士（工学）
学位授与年月日	2016-09-26
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/46576">http://hdl.handle.net/2297/46576</a>



# 学位論文要旨

## 管内脈動流における 圧力損失と熱伝達特性に関する研究

### Characteristics of Pressure Loss and Heat Transfer on Pulsating Pipe Flow

金沢大学大学院自然科学研究科  
システム創成科学専攻

学 籍 番 号	1323122004
氏 名	崎道哲
主任指導教員名	西島 義明
提 出 年 月	2016年8月

To improve heat transfer coefficient of heat exchangers, it is necessary to clarify the effect on heat transfer coefficient of pulsating pipe flow. Especially, heat exchangers that using under high heat flux like inverter cooler of hybrid vehicle, heat transfer enhancement is needed. In order to clarify the effect of pressure loss and heat transfer characteristics of pulsating pipe flow, friction loss and heat transfer coefficient of pulsating pipe flow was examined experimentally. The effect to friction loss and heat transfer coefficient of average Reynolds number and amplitude ratio was measured in circular channel. In addition, the state of pulsating flow was clarified by visualization. Especially, heat transfer coefficient under low Reynolds number from 200 to 2000 in rectangular channel was examined in detail. Those numbers and channel shape are typical in the heat exchanger of inverter cooler in hybrid vehicles. Finally, the expression for effect on heat transfer coefficient using pulsating pipe flow is developed.

本論文では、脈動流を用いた HV 用インバータ冷却器の熱伝達率増加に向けて、脈動流による圧力損失と熱伝達率への影響を実験にて解析した。

第 1 章は序論であり、研究の背景を述べると共に過去の研究を俯瞰した上で本研究の目的を述べた。

第 2 章では、車両用熱交換器で用いられるレイノルズ数  $Re=500$  から  $Re=7000$  における脈動流の圧力損失と熱伝達率を測定すると共に、流れの状態を観察するための実験装置について述べた。

第 3 章では、第 2 章にて構築した実験装置を用いて平均レイノルズ数  $Re_m=500$  から  $Re_m=7000$  の領域について、脈動流の熱伝達率と圧力損失への影響を実験にて解析した。また、流れの状態を可視化により調査した。 $Re_m=2000$  以下の脈動流において、熱伝達率および圧力損失が定常流に対し増加することを明らかにした。また、可視化により、 $Re_m=2000$  以下の脈動流では減速期間に境界層剥離が生じた後、流れに乱れが生じることを明らかにした。また、 $Re_m=2500$  以上の脈動流においては、最小レイノルズ数  $Re_{min}=2000$  以下の脈動流において、熱伝達率および圧力損失が低下することを明らかにした。乱れの少ない状態から加速することで、加速後の最大レイノルズ数  $Re_{max}$  時においても層流が維持されることが分かった。同時に、脈動流における熱伝達率と圧力損失への影響は相似であることを明らかにした。

第 4 章では、HV 用インバータ冷却器で用いられる  $Re=2000$  以下の矩形管における脈動流の熱伝達率および圧力損失の影響を計測可能な実験装置を構築した。また、温度助走区間における等熱流束加熱円管の実験式に基づき、本実験装置における条件である一面等熱流束加熱矩形管の温助走区間における熱伝達率の実験式を導出した。

第 5 章では、矩形管内の低レイノルズ数における脈動流により境界層剥離が生じる条件を数値計算により明らかにした。高周波数、高振幅比な脈動流により、減速時に大きな負の圧力が加わり、境界層剥離が生じることを明らかにした。また、数値計算により明らかになった境界層剥離を生じる脈動条件において、実験にて熱伝達率の増加を実証した。境界層剥離により乱れが生じ、熱伝達率が増加していることが分かった。さらに、脈動流の熱伝達率への影響予測式として、境界層剥離時間  $t_l$  を用いた整理法を提案した。乱れが生じる境界層剥離時間  $t_l$  において乱流熱伝達率を導入することにより、 $200 < Re_m < 2000$  の範囲において  $\pm 8\%$  以内で実験値を再現した。

本研究により明らかになった脈動流の熱伝達率および圧力損失への影響は、HV 用インバータ冷却器への脈動流の適用による熱伝達率増加に向けた重要な知見である。さ

らに、脈動流による熱伝達率増加効果は、HV用インバータ冷却器に限らず様々な熱交換器の熱伝達率増加手段として展開可能であり、脈動流の圧力損失と熱伝達の基本特性を明らかにした意義は大きいといえる。今後は、更なる熱伝達率増加を目指し、熱交換器に用いられるさまざまなフィン、伝熱面形状と脈動流を組合せることによる効果についての研究が望まれる。

## 学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

管内脈動流における圧力損失と熱伝達特性に関する研究

2. 論文提出者 (1) 所 属 システム創成科学 専攻

(2) 氏 名 <sup>ふりがな</sup> <sup>さきみち さとし</sup>  
崎道 哲

3. 審査結果の要旨（600～650 字）

当該学位論文に関して平成 28 年 8 月 5 日午前に第 1 回学位論文審査会を開催し、提出された学位論文および関連資料に関する検討を加えた。また、同日午後の口頭発表後に第 2 回論文審査委員会を開催し、協議の結果、以下の通り判定した。

環境保護の観点からますます厳しくなる車両の燃費向上への要求に応えるために、ハイブリッド (HV) 化が進められている。本論文では、非常に高い放熱能力が求められている HV 用インバータ (INV) 冷却器の矩形流路において、数値計算により境界層剥離が生じる条件を明らかにしている。また、脈動流が熱伝達率に与える影響について実験的に解析を行い、矩形流路において脈動流が熱伝達率に与える影響の予測式を提案している。本研究により明らかになった脈動流の熱伝達率および圧力損失への影響は、HV 用 INV 冷却器への脈動流の適用による熱伝達率増加に向けた重要な知見である。さらに、脈動流による熱伝達率増加効果は本 INV 冷却器に限らず様々な熱交換器の熱伝達率増加手段として展開可能であり、脈動流の圧力損失と熱伝達の基本特性を明らかにした意義は大きいと言える。

以上より本論文は、HV 用 INV 冷却器の能力改善に極めて有効な冷却水制御を提案しており、工学的な寄与が大きく、博士(工学)の学位に値するものと判定した。

4. 審査結果 (1) 判 定 (いずれかに○印) 合 格 ・ 不合格

(2) 授与学位 博 士 ( 工 学 )