

研究種目：「基盤研究 (C)」

研究期間：2006～2010

課題番号：18560181

研究課題名 (和文) 機能・知能性流体による流体計測・輸送および制御の知能化

研究課題名 (英文) Smartening flow-measurement and transport using functional & intelligent fluids

研究代表者

山口 博司 (YAMAGUCHI HIROSHI)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：80191237

研究分野：流体工学

科研費の分科・細目：

キーワード：(1)磁性流体 (2)磁性弾性体 (3)液相流 (4)流体速度計測 (5)流量制御 (6)エネルギー輸送 (7)熱工学 (8)流体工学

1. 研究計画の概要

流体に外部より電磁場を作用させることにより、機能・知能性の発見を試みる。本研究では機能・知能性流体として応用が求められている磁性流体や電気粘性流体を他の流体及び材料を混合することにより、優れた機能を発揮する流体の開発、磁場制御による流体計測やエネルギー変換・輸送装置の創成、また流体制御による流量や圧力コントロールの実現に向けた工業的応用の展開に主目を置くものとする。研究対象となる流体に磁性流体を添加して磁化を持たせることにより、流体の持つ磁気情報を検出し、気液二相流における種々の流れモードに対する対流計測を行う。また、これらの工学的応用として、磁性流体と低沸点流体を混合させた流体を作動流体とした高性能な熱輸送装置の研究開発及び磁性流体に導電性ポリマー混合することにより導電性磁性流体を作成し、導電性磁性流体を用いた MHD 発電に関する研究を行う。また、後粘弾性を示すゲル状物質に、 $10\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ の各種磁性粒子を分散し、磁場下において成形することにより定められた形状及び機能を持つ磁気弾性体を作成し、流量制御に応用する研究を行う。この他超臨界 CO_2 の流動について調査し、応用技術としての太陽熱システムの開発をめざす。

2. 研究の進捗状況

磁性流体の添加による新しい計測技術の創出を行った。ここでは気液二相流について、本計測手法が流動、伝熱特性に影響を及ぼす気泡の体積割合、気泡速度及び流動様式につ

いて計測可能であることを確認した。また、現実的気液二相流が生じる場合においても適応可能であることを確認した。前年度からは固液二相流を対象に研究を開始し、固液二相流に関しても同じく本計測手法で流動、伝熱特性に影響を及ぼす固体の体積割合、固体速度及び流動様式の計測を可能とすることを調査中である。

磁性流体を用いた熱輸送装置の研究に関しては、熱輸送方向（流動方向）を鉛直上向きから 30 度ずつ、水平方向まで変化させたときの基本特性および自己循環特性を実験的および数値解析的に調査する。これまでに、流動方向可変式装置への改良を行い、鉛直上昇流および水平流において基本特性および自己循環特性の調査が終了したものの、現在は自然対流における基本特性の調査においては磁気による駆動力は鉛直上昇流のより低下する一方、水平流の熱伝達特性は向上するという非常に興味深い結果を得ることができた。

強磁性微粒子を含む磁性弾性体による流量制御への応用に関する研究においては、開口制御に関して、開口面積を印加磁場の変化に伴い連続かつ可逆的な制御を確立した。また、固体弁と比較して、磁性弾性体を用いた流量制御弁は開口制御の応答性が優れていることを示した。

前年度より超臨界 CO_2 の機能・知能性流動の存在について調査を開始した。また、これらの流動挙動、特にエネルギー熱輸送、具体的には太陽熱利用システムの開発と応用へのアプローチを試みた。これらの検討の結果、機能性、知能性に関しては未知の部分が多く

存在するものの、応用技術に関しては多くの進展を見た。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進んでいる

(理由)

混相流の実験においては当初の予定通り気液二相流に関しては適応可能であることを確認した。一方、固液二相流に関しては静止実験で理論上計測可能であることを求める。

磁性流体を用いた熱輸送装置の研究に関しては、流動方向可変式装置への改良と水平流および鉛直上昇流の基本特性と自己循環特性の調査を終了することが出来た。今後の強制対流傾斜実験と自然対流研究の進展を待つ。

強磁性微粒子を含む磁性弾性体による流量制御への応用に関する研究においては開口面積を印加磁場の変化に伴い連続かつ可逆的に制御することが可能であることを確認し、実用段階に差し掛かった。また、超臨界 CO₂の研究では理論的流動解析が進展しているものの、実験装置の動作が不完全なため原因の調査中であるため。

4. 今後の研究の推進方策

本研究による流体計測法の確立のため固液二相流の流動、伝熱特性に影響を及ぼす固体の体積割合、固体速度或いは流動様式の計測を行う。問題点としては、液相や固相の瞬時流速の計測の固液二相流の安定的な流動が解決すべき問題となる。

磁性流体を用いた熱輸送装置の研究に関しては、電磁誘導の法則を用いたボイド率計測を新たに導入する。また、格子ボルツマン法により基本特性および自己循環特性に対する数値解析的な調査を行う。

また、強磁性微粒子を含む磁性弾性体による流量制御への応用に関する研究においては、流量制御弁の実用化を考える。

さらに太陽熱利用システムでは、CO₂の質量流量、圧力およびポンプによる脈動が伝熱特性に与える影響の調査と問題解決、さらにシステムの最適化を推進する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

①松村和彦, 山口博司, 村上隆史, “外部磁場制御による磁気可変粘弾性体の流量制御特性”, 日本実験力学会, 2008 年, pp250-256

②山口博司, 桑原拓也, Florian DE VUYST
電磁誘導法計測における磁性流体気液二相流の流動様式と波形の対応日本混相流学会論文 2008, pp91-98

[学会発表] (計 8 件)

- ①岩本悠宏, 井上直哉, 山口博司, “感温性磁性流体を用いた水平設置熱輸送装置の基本特性に関する研究” 電磁力関連のダイナミクスシンポジウム講演, 2008年5月21日-23日, 別府ビーコンプラザ
- ②松村和彦, 村上隆史, 山口博司, “磁気可変粘弾性体の流量制御弁への応用” 電磁力関連のダイナミクスシンポジウム講演, 2008年5月21日-23日, 別府ビーコンプラザ

[図書] (計 1 件)

山口博司, Springer, “Engineering Fluid Mechanics”, 2008, 573

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 磁気カップリング
発明者: 山口博司
権利者: 山口博司
種類: 特許権
番号: 2008-199076
出願年月日: 2008年7月31日
国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 集熱方法及び集熱装置
発明者: 同上
権利者: 同上
種類: 特許権
番号: PCT/JP2008/72501
出願年月日: 2008年12月31日
国内外の別: 国内

[その他]

特になし