

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	液体金属MHD 発電機の性能と乱流流れに関する数値的研究
Title(English)	Numerical Study of Performance and Turbulent Flows in a Liquid Metal MHD Generator
著者(和文)	胡蓮成
Author(English)	Liancheng Hu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9851号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:奥野 喜裕,岡村 哲至,末包 哲也,長崎 孝夫,肖 鋒,小林 宏充
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9851号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	胡 蓮成	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	奥野 喜裕	教授	肖 鋒	准教授
	審査員	岡村 哲至	教授	小林 宏充	教授 (慶応義塾大学)
		末包 哲也	教授		
長崎 孝夫		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Numerical Study of Performance and Turbulent Flows in a Liquid Metal MHD Generator (液体金属 MHD 発電機の性能と乱流流れに関する数値的研究)」と題し、自然エネルギーの一つである波浪エネルギーから電気エネルギーへの高性能変換機として期待されている液体金属 MHD 発電機の性能と発電機内の電磁流体乱流現象を数値計算により論じたもので、英文 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、まず波浪エネルギーの一般的特徴、及び液体金属 MHD 発電機の原理や特徴について述べるとともに、波浪エネルギーを利用した異なる発電方式(回転型と直線型)を比較した上で、液体金属 MHD 発電に関するこれまでの研究経緯を踏まえ、発電機や発電システムの高性能化に向けて明らかにすべき課題について述べ、本論文の位置づけと目的を明確にしている。

第 2 章「Response of a Liquid Metal MHD Power Generation System」では、波浪エネルギー利用液体金属 MHD 発電システムにおいて、発電機部と断面積が異なるピストン駆動部をもつシステムを想定し、ピストンへの様々な力学的入力(ステップ状、ならびに規則波として矩形波、正弦波、不規則波として P-M(Pierson-Moskowitz)波)に対する発電システムの応答を、様々な液体金属作動流体において数値解析により検討している。発電機部とピストン駆動部の断面積が異なることに起因する形状損失により、電気変換効率は低下するものの、低密度及び高電気伝導度を持つ液体金属(例えば Na-K 合金)の使用や高磁束密度の印加により、その損失を相対的に低減できること、また周波数応答解析から、波浪の代表的な周期や振幅が液体金属 MHD 発電機での高い出力や高い電気変換効率を実現する上で整合性が良いこと、更に不規則波(P-M 波)の実効値を規則波の実効値と同じくすれば同等の性能が得られることなどを明らかにし、発電システムの設計に有用な指針を与えている。

第 3 章「Influence of Working Fluid Characteristics on the MHD Generator Performance」では、銅製(有限電気伝導度)電極を持つ液体金属 MHD 発電機において、異なる作動流体(Na-K 合金、水銀、U-Alloy、Ga-In-Sn 合金)での性能を三次元 LES (Large Eddy Simulation) により検討している。平均流速分布は相互作用係数に強く依存すること、すなわち各作動流体で相互作用係数が同一となるように運転条件を設定すると、ほぼ同一の平均流速分布が得られるが、電極はある一定の有限電気伝導度を持つことから、総合的な電気変換効率は同一とならず、相対的に大きな相互作用係数を持ちつつも、小さな電気伝導度を有する作動流体が高い電気変換効率を与えることを明らかにし、設計の際に電極の影響を考慮する必要があることを指摘している。

第 4 章「Turbulent Phenomena in a Liquid Metal MHD Flows」では、非一様磁界が印加された MHD 発電機において、様々な負荷条件(開放条件、短絡条件、電流印加(ポンプ)条件)における乱流現象を三次元 LES により明らかにしている。開放条件では、磁束密度分布の流れ方向の勾配による渦電流の発生に起因して、平均流速分布が M 字形になるが、磁束密度を増加させると電極領域含む下流域で乱流が徐々に抑制されるものの、更に増加させると壁付近で再び乱流遷移が発生することを明らかにしている。短絡条件では、減速方向の強いローレンツ力が作用し、特に電極付近では電流集中により逆流が発生するが、乱流は全体的に抑制されること、またポンプ条件では、加速方向の強いローレンツ力に起因して M 字形流速分布が顕著となり、下流域で再び乱流へ遷移し、急激に発達した強い乱流が生じることを示している。これらの現象は、ローレンツ力による乱流の抑制と平均流速分布における局所的な速度勾配の増加による乱流の生成との兼ね合いで決まることを指摘している。

第 5 章「Conclusions」では、本論文の内容をまとめるとともに、今後行うべき研究課題を示している。

以上要するに、本論文は、数値計算により、波浪エネルギーを利用する液体金属 MHD 発電システムの高性能化に向けて、様々な外部入力や異なる液体金属での発電性能を明らかにするとともに、負荷状況に依存する発電機内の電磁流体乱流現象に関する研究の成果をまとめたもので、波浪エネルギー利用液体金属 MHD 発電システムの実用化に向けて貴重な指針を与えており、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。