

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study of MHD Electrical Power Generation Using Xenon-Seeded Noble Gas Plasma
著者(和文)	ORKKIMSOR
Author(English)	Kimsor Ork
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12760号, 授与年月日:2024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,平井 秀一郎,末包 哲也,笹部 崇
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12760号, Conferred date:2024/3/26, 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

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	ORK KIMSOR	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	奥野 喜裕	教授	笹部 崇	准教授
	審査員	岡村 哲至	教授		
		平井 秀一郎	教授		
		末包 哲也	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「A Study of MHD Electrical Power Generation Using Xenon-Seeded Noble Gas Plasma (キセノンシード希ガスプラズマを用いた MHD 発電に関する研究)」と題し、全 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、MHD 発電の概要、これまでの MHD 発電の研究開発経緯を述べるとともに、本論文で対象とするキセノン (Xe) シード希ガスプラズマ方式では、従来のアルカリ金属シード方式とは異なり、シード剤の回収・再生装置が不要となり、システムの大幅な簡素化が期待できること、また Xe の添加により発電機入口でのプラズマの生成に必要な電力 (予備電離電力) を低減できる可能性があることを指摘し、Xe シード希ガスプラズマ MHD 発電機の性能および実現に向けた課題を解明することの必要性を述べ、本論文の意義と目的を明確にしている。

第 2 章「Plasma Behavior in Xenon-seeded Noble Gas Plasma MHD Power Generator (キセノンシード希ガスプラズマ MHD 発電機におけるプラズマ挙動)」では、Xe シード希ガスプラズマ MHD 発電機におけるプラズマ挙動および発電特性を、MHD 相互作用を無視した $r\text{-}\theta$ 二次元数値シミュレーションにより検討している。その結果、Xe シード希ガスプラズマ方式においても、従来のアルカリ金属シードプラズマ方式と同様に、最適負荷抵抗において発電機内に均一なプラズマが生成・維持され、同一の電離度の下では、同等の発電出力が得られることを明らかにしている。ただし、アルカリ金属シードプラズマでは線形摂動理論に従い、臨界ホールパラメータがホールパラメータを超える条件において安定・均一なプラズマが実現するのに対し、Xe シード希ガスプラズマでは線形摂動理論からは不安定と判断される電子温度条件においても、電子数密度の特性時間が作動気体の発電機内滞在時間より長い条件で均一なプラズマが維持されることを指摘している。

第 3 章「Effect of Xenon Seed on Performance of Noble Gas Plasma MHD Power Generator (希ガスプラズマ MHD 発電機性能に与えるキセノンシードの効果)」では、Xe シード希ガスプラズマ MHD 発電機性能に与える Xe シードの効果、MHD 相互作用を考慮した非定常二次元数値シミュレーションにより検討している。結果として、Ar, Ne, He に Xe を微量 (シード率 0.01~1% 程度) 添加することで、発電機性能を維持したまま必要な予備電離電力割合 (熱入力に対する予備電離電力の割合) を低下させることが可能であり、特に Ar/Xe, Ne/Xe, He/Xe の中で、Ne/Xe は最も高い発電機性能を与え、シード率 0.05~1% において予備電離電力割合は純 Ne の場合の 6 割程度まで低下することを明らかにしている。その一方で、過度に Xe を添加すると発電機性能は劣化することを指摘している。

第 4 章「Fundamental Experiment and Numerical Simulation of Xenon-Seeded Noble Gas Plasma MHD Power Generation (キセノンシード希ガスプラズマ MHD 発電の実証基礎実験と数値シミュレーション)」では、Ne/Xe を作動気体とし、衝撃波管装置を用いて発電実験を行うとともに、実験機におけるプラズマ挙動および発電特性を $r\text{-}\theta$ 二次元数値シミュレーションにより検討し、実験結果の説明を試みている。結果として、発電実験では、予備電離用高周波電力の増加とともにエンタルピー抽出率が増加し、Xe シード 1.0% および 5.0% において 5% 程度のエンタルピー抽出率を得ている。この実験機を対象とした数値シミュレーションでは、適切な入口電子温度、入口電離度 (例えば Xe シード率 1.0% において、入口電子温度 6280 K, 入口電離度 1.70×10^{-4}) を仮定すると、プラズマ構造は実験で観測された不均一プラズマ構造と類似し、エンタルピー抽出率は 1~8% で実験結果と同程度となり、実験結果を概ね模擬できることを明らかにしている。また同数値シミュレーションより、実験において $5 \sim 6 \times 10^{-4}$ 以上の入口電離度が実現できれば、20% 以上のエンタルピー抽出率が得られ、純 Ar での性能を超える可能性があることを指摘している。

第 5 章「Conclusions (結論)」では、本研究より得られた知見をまとめるとともに、今後の課題に

ついて述べている。

以上要するに、本論文は、キセノンシード希ガスプラズマを用いた MHD 発電の実現可能性、発電機性能、課題と将来性を発電実証実験と数値シミュレーションにより明らかにしたもので、得られた本方式の有用性に関する新たな知見は特筆に値し、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。