

環境負荷の低減を目指した MHD 発電技術と応用

環境負荷の低減を目指した MHD 発電技術と応用に関する
調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	3. MHD 応用技術の最新動向	40
2. MHD 発電技術の最新動向	4	3.1 パルス MHD 加速機の検討	40
2.1 シード添加希ガスプラズマ MHD 発電機の数値解析	4	3.2 宇宙用 MPD スラスタの電磁流体シミュレーション	44
2.2 シード添加希ガスプラズマ MHD 発電機の系統連系解析	8	4. MHD 関連技術の最新動向	49
2.3 シードフリー希ガスプラズマ MHD 発電機の数値解析	10	4.1 大気圧プラズマを用いた環境負荷低減技術	49
2.4 シードフリー希ガスプラズマ MHD 発電機の実験的検討	14	4.2 遮断器内プラズマの電磁流体挙動の検討	53
2.5 パルスレーザ駆動 MHD 発電機の検討	18	4.3 外部磁界を利用した溶射用小電力直流プラズマトーチのアーキ特性把握	56
2.6 容量結合 MHD 発電機の検討	22	4.4 スパッタ法によるリチウムイオン電池正極材料の回収	58
2.7 水素燃焼ガス MHD 発電機の性能予測解析	26	5. MHD 技術による環境負荷低減の展望	63
2.8 パルスパワー電離支援燃焼ガス MHD 発電機の検討	28	5.1 はじめに	63
2.9 液体金属 MHD 発電機の数値解析	33	5.2 MHD 発電の原理	63
2.10 海流 MHD 発電機の検討	36	5.3 ゼロ CO ₂ 排出 MHD 発電システムの提案	63
		5.4 検討結果と考察	65
		5.5 まとめ	67
		6. おわりに	68

環境負荷の低減を目指した MHD 発電技術と応用に関する
調査専門委員会委員

委員長	乾 義 尚(滋 賀 県 立 大 学)	委 員	角 田 和 巳(芝 浦 工 業 大 学)
幹 事	佐々木 徹(長岡技術科学大学)		中 村 翼(大 島 商 船 高 専)
	平 山 智 士(滋 賀 県 立 大 学)		丹 羽 芳 充(株 式 会 社 東 芝)
委 員	沖 中 憲 之(北 海 道 大 学)		原 田 信 弘(北 九 州 高 専)
	奥 野 喜 裕(東 京 工 業 大 学)		原 田 亮(I N P E X)
	小 林 宏 充(慶 應 義 塾 大 学)		藤 野 貴 康(筑 波 大 学)
	佐 宗 章 弘(名 古 屋 大 学)		船 木 一 幸(J A X A)
	末 包 哲 也(東 京 工 業 大 学)		前 田 哲 彦(産 業 技 術 総 合 研 究 所)
	杉 田 寛 之(J A X A)		松 尾 哲 司(京 都 大 学)
	高 奈 秀 匡(東 北 大 学)		村 上 貴 裕(電 力 中 央 研 究 所)
	竹 下 慎 二(和 歌 山 工 業 高 専)		村 上 朝 之(成 蹊 大 学)
	田 中 正 志(茨 城 大 学)		

1. はじめに

第21回国連気候変動枠組み条約締約国会議のパリ協定により、(1) 2020年以降の温室効果ガスの削減目標を申告し、目標値を5年ごとに見直すこと、(2) 今世紀後半に温室効果ガスの人為的排出と吸収の均衡を達成し、地球の気温上昇を産業革命前比で2℃未満に抑えることが採択された。一方で、日本国内のエネルギー・環境技術では、化石燃料による火力発電の役割が重要度を増しており、これまで以上にその高効率化と省エネルギー資源、環境保全への対応が求められている。さらに、長期的には、発電技術は自然エネルギーとの組み合わせにも対応していく必要があるものと考えられる。

我が国は、ガスタービンでも利用できない2000℃以上の高温域利用による火力発電の高効率化を目指す電磁流体力学(MHD)発電技術に関して、その知見・経験において世界をリードしており、これまでの研究により、高効率な発電システムの構築が可能であることが明らかになっている。また、環境負荷の低減化に関しても、化石燃料を酸素燃焼すれば高温かつ高炭酸ガス濃度の燃焼ガスが得られ、圧縮すれば炭酸ガスの液化回収が容易に実現できることを上手く利用した炭酸ガス回収 MHD 発電システムが提案されている。さらに、太陽熱や自然エネルギーの貯蔵媒体として期待されている水素はガスタービンでも利用できない2000℃以上の高温熱を発生させることが可能であるので、それらの熱を有効に利用できる MHD 発電技術は自然エネルギーの有効利用に貢献できる可能性もある。一方、電磁流体现象を利用した MHD 応用および関連技術は、電力機器などの幅広い分野において、高機能化と省エネルギー化による環境負荷の低減化に貢献している。

我が国のエネルギー、電力、環境対策をめぐる戦略的方針や地球温暖化対策の推進において、基本的に高温域で動作し、高効率で省資源・環境保全に優れた先進的高効率発電技術の研究・開発が不可欠であり、MHD 発電技術の国内外の動向を公正に調査検討することは重要である。このことを考慮して、電気学会の MHD 発電関連の調査専門委員会は、これまで長年にわたって、MHD 発電技術の調査検討を中心に活動を推進してきた。前委員会である「高効率 MHD 発電と応用に関する調査専門委員会(2013年6月～2016年5月、委員長：原田信弘 長岡技術科学大学教授)」では、MHD 発電技術を中心として広い視野における MHD 技術の応用と米国やロシア等での MHD 技術の航空宇宙応用を含む動向に関して調査を行い、(1) 高効率発電を特徴とするエネルギー資源高度利用型 MHD 発電の実用化と将来展望、(2) 低環境負荷の特徴を活かす、自然エネルギー利用型 MHD 発電の可能性と将来展望、(3) MHD 応用技術の最新動向、などを中心に調べてきた。その結果、MHD 発電関連技術は高効率で低環境負荷発電システムとして大きな可能性をもつことが明らかになり、実用化に向けて着実に進展していることが

報告された。さらに、第21回国連気候変動枠組み条約締約国会議のパリ協定の採択を受けエネルギー政策の転換が求められるなか、最近になって米国のエネルギー省が MHD 発電技術の可能性と今後を検討する会を立ち上げるという新たな動きがあった。

以上の背景を考慮して、さらなる高効率や低環境負荷に向けた MHD 発電の可能性と新しい展開をもう一度見直し、その社会的要請や動向の調査を行うとともに、電力機器などの幅広い分野において環境負荷の低減化に貢献している MHD 応用および関連技術の調査も行い、個々の技術の発展と実用化に向けた今後の研究開発の進展に貢献することを目的として、2016年7月に環境負荷の低減を目指した MHD 発電技術と応用に関する調査専門委員会が設置された。

この調査専門委員会は、設置後、2019年6月までの3年間にわたって活動を行い、下記の事項に関して調査検討を行ってきた。

- 1) 高効率化の追求と同時に炭酸ガス回収などさらなる低環境負荷を目指す MHD 発電システムの実現に向けた研究開発の最新動向とその将来展望
- 2) 太陽熱や水素など、将来の自然エネルギーを高効率に変換・利用できる MHD 発電システムの可能性とその将来展望
- 3) 宇宙推進・宇宙用発電システム、遮断器等の電力機器、材料・環境改善プロセスでのプラズマ電磁流体现象の利用など、広く MHD 技術の応用可能性

そして、この調査専門委員会の活動の結果として、上記の事項に関する、従来技術の進展や新たな展開への試みなど、有用で示唆に富む重要な調査結果を、質・量ともに多く得ることができた。

本技術報告は、この環境負荷の低減を目指した MHD 発電技術と応用に関する調査専門委員会における活動を総括し、その調査内容を取りまとめたものであり、次章以下では、2. MHD 発電技術の最新動向、3. MHD 応用技術の最新動向、4. MHD 関連技術の最新動向、5. MHD 技術による環境負荷低減の展望、の順に当該分野の最新の動向や新展開を過不足なく簡潔に記載している。

従って、本技術報告は、MHD 発電技術とその応用技術の今後の研究開発の進展に大きく貢献し、ひいてはエネルギー・環境技術分野の学術的・工学的な発展および人材の育成の一助になるものと確信している。