

電磁界応答流体によるエネルギー・環境技術の新展開

電磁界応答流体によるエネルギー・環境技術の新展開に関する調査専門委員会編

(発行日 2022年8月18日)

目次

1. はじめに	3	3.3 オゾン生成用大気圧プラズマ技術と殺菌への応用	38
2. 電磁界応答流体高度利用発電技術および次世代型発電技術の新展開	4	3.4 塗装と素地の界面に及ぼす大気圧プラズマ照射の効果とその応用	41
2.1 希ガスプラズマ MHD 発電の現状と将来展望	4	3.5 静電配向法による次世代新素材創製技術と将来展望	44
2.2 太陽光利用パルスレーザー駆動 MHD 発電の実証研究と将来展望	7	3.6 液中プラズマ・キャビテーションプラズマによるカーボン材料創製技術と将来展望	47
2.3 容量結合型 MHD 発電の実証研究と将来展望	10	3.7 医療・バイオ分野への応用を想定した大気圧プラズマ技術の動向と将来展望	50
2.4 デトネーション利用による炭素中立 MHD 発電の提案	13	4. 電磁界応答流体応用技術および新エネルギー・環境技術の高度化に資する計測・解析技術の動向	53
2.5 再生可能エネルギー大量導入時を見据えた高速出力調整用 MHD 発電の可能性	16	4.1 電力用遮断器内アークの計測技術・数値シミュレーション技術	53
2.6 風力発電応用液体金属 MHD エネルギー変換装置の特性解析と将来展望	18	4.2 液体金属流を用いた高繰り返し高エネルギー密度プラズマ生成および計測技術	56
2.7 DBD-PA 気流制御の風力発電等への応用とその可能性	21	4.3 円筒横縞形固体酸化物燃料電池のシミュレーション技術	59
2.8 回転型誘導発熱機を用いた蓄熱発電システムの検討と将来展望	24	4.4 リチウムイオン電池の計測技術・数値シミュレーション技術	62
2.9 排熱回収熱電発電技術の新展開	26	4.5 磁界印加型アルカリ水電解装置の計測技術・数値シミュレーション技術	65
2.10 火力発電のカーボンニュートラル化に向けてのアンモニア利用技術の開発動向と今後の展望	29	4.6 磁性流体・MR 流体のダイナミクスに関する解析および計測技術	68
3. 電磁界応答流体の環境・材料・医療・バイオ技術の新展開	32	4.7 電磁界応答流体技術の高度化に資する各種解析技術の概要	71
3.1 イオン液体静電噴霧による二酸化炭素分離吸収技術と将来展望	32	5. おわりに	74
3.2 イオナイズのイオン流制御による高効率除電応用	35		

電磁界応答流体によるエネルギー・環境技術の新展開に 関する調査専門委員会委員

委員長	小林 宏充(慶應義塾大学)	委員	竹内 希(東京工業大学)
幹事	藤野 貴康(筑波大学)		竹下 慎二(和歌山工業高専)
幹事	高奈 秀匡(東北大学)		田中 正志(茨城大学)
幹事補佐	平山 智士(滋賀県立大学)		田中 元史(産業技術総合研究所)
委員	乾 義尚(滋賀県立大学)		角田 和巳(芝浦工業大学)
	岩本 悠宏(名古屋工業大学)		中村 翼(大島商船高専)
	沖中 憲之(北海道大学)		丹羽 芳充(株式会社東芝)
	奥野 喜裕(東京工業大学)		花岡 亮(株式会社IHI)
	川崎 央(名古屋大学)		原田 信弘(長岡工業高専)
	窪田 健一(J A X A)		松尾 哲司(京都大学)
	兒玉 学(東京工業大学)		松本 正晴(福島大学)
	佐々木 徹(長岡技術科学大学)		村上 朝之(成蹊大学)

執筆委員

小林宏充	第1章, 第2章6節, 第5章
奥野喜裕	第2章1, 2節
佐々木徹	第2章3節, 第4章2節
原田信弘	第2章3節, 第5章
川崎 央	第2章4節
松本正晴	第2章4節, 第4章7節
藤野貴康	第2章5節
高奈秀匡	第2章6節, 第3章1, 5節
田中元史	第2章7節
角田和巳	第2章7節
松尾哲司	第2章8節
沖中憲之	第2章9節
花岡 亮	第2章10節
竹内 希	第3章2, 6節
竹下慎二	第3章3節
中村 翼	第3章4節
村上朝之	第3章7節
丹羽芳充	第4章1節
平山智士	第4章1, 4節
乾 義尚	第4章3, 4節
田中正志	第4章3節
兒玉 学	第4章5節
岩本悠宏	第4章6節
窪田健一	第4章7節

1. はじめに

近年の SDGs への関心の高まりに見られるように、グリーン社会の早期実現に向けて、エネルギー・環境問題においても、その早急な解決ならびに新しい改善の方策が求められている。エネルギー機器や環境機器には、流体を利用したものが多く存在するが、電界や磁界に応答する流体を利用することで、高効率化や高付加価値が得られる場合がある。

電磁流体力学 (MHD) の応用は、MHD 発電だけでなく、従来から、電力・エネルギー関連分野においてプラズマ流体や液体金属等の電磁流体現象を利用した様々な機器におよび、その高度化に貢献している。一方、電気流体力学 (EHD) は、環境汚染物質の除去・回収や材料生成プロセスの高度制御など、近年環境分野での技術進展が著しい。

このような背景から、本調査専門委員会では、国内外の MHD 発電を含めた MHD 技術の更なる新展開を見据えた調査検討に加え、MHD 技術のみならず EHD 技術等も含めた電磁界応答流体全般の応用技術の調査を俯瞰的に進めることで、それらの融合技術の発展と電力・エネルギー・環境分野における今後の新展開に貢献することを旨とした。

MHD 技術に関連した調査専門委員会は、これまで長年にわたり MHD 発電技術の調査検討を中心に活動を推進してきた。これは、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、これらの国内外の動向を公正に調査検討することの重要性が認知されていることによる。2016 年 7 月から 2019 年 6 月まで設置されていた「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 (委員長: 乾義尚 滋賀県立大学教授)」では、高効率化の追求と同時に低環境負荷を目指す MHD 発電システムや再生可能エネルギー利用 MHD システムの最新動向が調査され、高効率・低環境負荷の MHD 発電システムの実用化に向け、基礎的な研究開発は着実に進展していることが報告された。

近年、国内では、将来の再生可能エネルギー大量導入社会や水素エネルギー社会を見据え、MHD 発電の原理・特性を活かした高速・大規模電力調整用電源としての利用や水素や太陽などを含めた多様なエネルギー源に対応可能な高効率発電技術としての新たな検討が精力的に進められている。国外では、米国エネルギー省 (DOE) が MHD 発電の再評価を行い、天然ガス純酸素燃焼を熱源とした新たな CO₂ 回収型低環境負荷 MHD 発電の研究開発に着手しているほか、中国では、波浪エネルギー利用液体金属 MHD 発電のパイロットプラント実証研究を展開している。

また、EHD 技術分野では、静電噴霧技術を応用した二酸化炭素分離・吸収をはじめとして、環境汚染物質の除去・回収、マイクロ駆動デバイス (モーター、ポンプ等) への応用、プラズマアクトチュエータ効果を利用した熱流動場制御や材料生成プロセスの高度制御など、環境分野等における技術応用の進展が著しい。さらに、電磁界応答流体技術を航空宇

宙工学分野での能動的流体制御や次世代推進機へ応用する研究開発も国内外で活発に進められている。

そこで、本調査専門委員会では、これまでの MHD 技術に関連した調査専門委員会における調査対象を見直し、電磁界応答流体全般の電力・エネルギー・環境分野への応用技術を広く調査対象とした。電磁界応答流体による応用技術のより一層の高度化と今後の新展開を図り、次世代グリーンエネルギー社会の実現に資することを目的とし、「電磁界応答流体によるエネルギー・環境技術の新展開に関する調査専門委員会」を設置した。本調査専門委員会の設置期間は 2019 年 7 月から 2022 年 6 月までの 3 年間である。

調査項目は主に下記の 3 項目とした。

- (1) グリーン社会の実現に向けて、従来の化石エネルギーのみならず、水素や再生可能エネルギーの高度利用、および高効率かつ電力変動補償を目指した MHD 発電の国内外の最新研究開発動向、実用化に向けた技術課題、新たな可能性とその将来展望の調査
- (2) 電磁界応答流体を高度に利用した電力・エネルギー技術、環境技術、航空宇宙技術ならびに機能性材料プロセスの萌芽的な研究開発も広く調査し、最新動向ならびに将来技術としての可能性を検討
- (3) 電磁界応答流体の計測・数値解析技術の研究開発動向を調査し、分野横断的に活用でき、また相乗効果が期待できる技術の検討

本調査専門委員会では、年に 4 回委員会を開催、毎年秋に新エネルギー・環境研究会を企画し、これまでに計 3 回開催した。研究会は、2 日間にわたり、学生・若手委員から十数件の発表があり、延べ 50 名以上の参加があった。2019 年 9 月の研究会および委員会、12 月の委員会は、対面で実施できたものの、その後の研究会・委員会は新型コロナ感染防止に配慮し、オンラインによる実施となった。対面での濃密な交流はかなわなかったものの、毎回非常に出席率が高く、充実した委員会となった。

毎回の委員会では、委員の参加・関連する国内外の学会での最新動向が共有された。さらに、毎回 2 名の委員から、上記調査検討項目に関連した、電磁界応答流体による電力・エネルギー・環境分野への幅広い最新技術応用動向が報告され、活発な意見交換がなされた。

本技術報告書は、本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る。次章から続く、2. 電磁界応答流体高度利用発電技術および次世代型発電技術の新展開、3. 電磁界応答流体の環境・材料・医療・バイオ技術の新展開、4. 電磁界応答流体応用技術および新エネルギー・環境技術の高度化に資する計測・解析技術の動向では、各エネルギー・環境技術における新展開や最新動向が簡潔に記されている。電磁界応答流体を利活用した各分野への応用技術を広く知っていただき、それらの融合・相互活用による新たな技術創出の一助となれば幸いである。