

令和 2 年 5 月 8 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02346

研究課題名（和文）シードフリー環境適合型クリーンMHD発電の実用化に向けた基盤構築

研究課題名（英文）Formation of the basic grounds for the development of an environmentally clean seed-free MHD electrical power generation

研究代表者

奥野 喜裕（Okuno, Yoshihiro）

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：10194507

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、MHD（電磁流体力学）発電において、これまで煩雑ながらも不可避とされてきた「シード」（金属蒸気の微量添加）のフリー化という既成概念を大きく転換するブレークスルーを世界に先駆けて実証した。この成果から「シードフリー環境適合型クリーンMHD発電」の実用化に向けて多くの有益な指針を得るとともに、今後解決すべき課題を明確に抽出し、高性能化実証を目指す将来研究への発展に資する基盤を確立し、所期の目的を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化対策のみならず、我が国のエネルギー安全保障の観点から、より一層環境に適合する高効率な発電システムの構築が求められている。本研究では、多様な熱源に適応できる高効率クローズドサイクルMHD発電の実用化を目指し、従来の研究では煩雑ながらも不可避とされてきた「シード」（金属蒸気の微量添加）のフリー化という画期的なブレークスルーを達成し、独創的な学術的意義を提示するとともに、実用化に向けての着実な礎を築いた。

研究成果の概要（英文）：The aim of the research is to establish the basic grounds for the development of an environmentally clean MHD (magnetohydrodynamics) electrical power generation without any seed material (alkali metal), where a pure inert gas plasma is used as a working fluid. The seed-free inert gas plasma MHD electrical power generation has been successfully demonstrated in the experiments with shock-tunnel facility for the first time, by means of radio-frequency pre-ionization technique at the generator inlet. Furthermore, the quite high performance has been predicted reliably in the multi-dimensional magnetohydrodynamic plasma fluid flow numerical simulations. Consequently, the fruitful suggestion and the problem to be overcome in the future study have been accumulated, which surely contributes to further developments for the realization of the seed-free inert gas plasma MHD electrical power generation.

研究分野：エネルギー学

キーワード：MHD発電 電力工学 エネルギー効率化 省エネルギー 電磁流体力学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) 地球温暖化対策のみならず、我が国のエネルギー安全保障の観点から、より一層環境に適合する高効率な発電システムの構築が求められている。その有力な候補として研究代表者をはじめ国内外関連研究者は多様な熱源に適応できる高効率クローズドサイクル MHD 発電の実用化研究を精力的に進め、多くの知見を蓄積するに至っている。
- (2) MHD 発電では、発電機内プラズマの電気伝導度を高めるために、シードと呼ばれる電離電圧の低いアルカリ金属(カリウムなど)を微量(数 10ppm 程度)添加する必要があるが、そのシード添加の精確な時間・空間制御やシード回収・再生装置などが要求されるだけでなく、アルカリ金属そのものの取扱いの煩雑さ(危険、高価、装置の寿命等も含めた信頼性の低下)も指摘され、このことが本格的なプロジェクト等への展開に踏み切れない要因の1つになっている。
- (3) 「シード」のフリー化が可能となれば、システムの簡素化、クリーン化(希ガスのみ)をはじめとして、危険性、建設・発電コストの大幅削減、さらには信頼性の向上、メンテナンスの低減にも貢献し、実用化に向けて画期的なブレークスルーとなり、大きなインパクトを与え得ることから、その実現が望まれている。

2. 研究の目的

- (1) 本研究では、従来の研究では煩雑ながらも不可避とされてきた「シード」(作動気体への金属蒸気の微量添加)のフリー化という既成概念を大きく転換するブレークスルーを、研究代表者の過去から最新にわたる一連の独創的な研究成果に立脚して達成し、実用化に向けた新たな突破口を開く基盤を構築することを目的とした。具体的には、衝撃波管駆動 MHD 発電実験装置を用いて、発電機入口プラズマ制御によるシードフリー MHD 発電機の低温度動作実証実験を遂行するとともに、数値シミュレーションにより、発電機性能の把握とその高性能化に向けた指針、さらには将来の発電システムを見通した実機商用規模発電機的设计運転指針の明確化を図った。

3. 研究の方法

- (1) 「発電機入口プラズマ制御によるシードフリー MHD 発電機の低温度動作実証実験」では、図 1 に示すように、衝撃波管本体(長さ 10.8m、直径 130mm)、超電導電磁石(中心磁束密度 4T)、MHD 発電機から成る衝撃波管駆動 MHD 発電実験装置を用いた。発電時間は短い(～数ミリ秒)が、発電機内のプラズマ電磁流体は定常と見なし得ることから、現象の本質は失わず、将来の中・大規模高効率 MHD 発電機の基礎発電実験装置としてこれまで多くの貴重な成果を生み出してきた信頼性の高い装置である。発電時間が短いことから、発電機はアクリル等で構成でき、光学計測、プラズマ観測も可能である。作動気体条件は柔軟に設定でき、本研究で必要な気体条件(発電機入口での全温度～10,000K 程度以下、全圧力～0.2MPa 程度以下)を精度、再現性よく得ることができる。

- (2) 数値シミュレーションでは、MHD 発電機内の非平衡プラズマ状態にある圧縮性超音速流れを精度良く模擬できる非定常 2 次元電磁流体シミュレーションを用いた。このシミュレーションモデルでは、非平衡プラズマ 2 温度モデルを組み込んだ電磁流体方程式をマクスウェル方程式と連立して解く。これまでシードプラズマ MHD 発電機の性能を評価・予測するために利用され実績のあるモデルをシードフリー用に改変したもので、得られた数値シミュレーション結果の信頼性は高い。

4. 研究成果

- (1) 高周波予備電離シードフリー MHD 発電機の低温度動作実証実験

本研究では、発電機入口で外部から高周波電磁界(RF)を印加して希ガスを電離させる高周波予備電離手法を採用した。図 2 に本実験で用いたディスク形 MHD 発電機の断面図を示す。発電機上面はアクリル製で、発電機内のプラズマ構造の撮影が可能である。スロット高さ 2.0mm(半径 20.0mm)、発電機入口高さ 2.4mm(半径 35.0mm)、発電機出口高さ 4.0mm(半径 90.0mm)で、発電機出口断面積とスロット断面積の比は 9 である。また、高周波

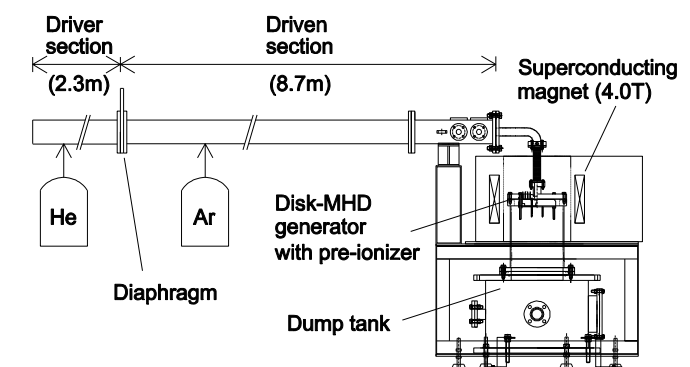


図 1 衝撃波管駆動 MHD 発電実験装置

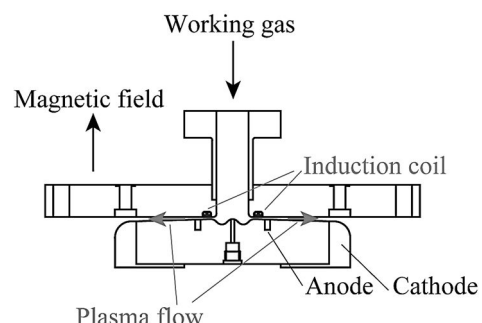


図 2 ディスク形 MHD 発電機(断面図)

誘導コイルはスロート直後（下流側，超音速領域）で，発電機上側壁に埋め込まれ，ターン数は2である。アノードとカソードはステンレス製で，アノードは発電機下側壁のみに設置し，高周波誘導電流による損失を軽減するために，周方向に3分割している。表1に実験条件を示す。

Working gas	Argon		
Inlet total temperature [K]	2200±50	2500±50	3000±50
Inlet total pressure [MPa]	0.10±0.01		
Thermal input [kW]	32.0±0.5	34.0±0.5	40.0±0.5
Magnetic flux density [T]	4.0		
Load resistance [Ω]	15~24	7~16	6~12
RF input power [kW]	3.5~7.5		
Induction coil turn [-]	2		
Frequency [MHz]	13.56		

図3に印加磁束密度4.0T，入口全温度2200K，2500K，3000Kにおけるエンタルピー抽出率のRF投入電力割合依存性を示す。ここで，エンタルピー抽出率は発電出力を熱入力で除した値[%]であり，RF投入電力割合はRF投入電力を熱入力で除した値[%]である。図中の抵抗値は，そのエンタルピー抽出率が得られた際の値（=電圧/電流）を示しており，それより高くても低くても（本実験での刻みは1 Ω 程度）エンタルピー抽出率は低下する。同図より，すべての入口全温度においてRF投入電力割合の増加に伴いエンタルピー抽出率が增加することがわかる。これはRF投入電力の増加に伴い，プラズマの電気伝導度が増加することによるものと考えられる。また，あるエンタルピー抽出率を得るために必要なRF投入電力は入口全温度の増加に伴い低下することがわかる。入口全温度3000K，2500KではRF投入電力割合の増加に伴いエンタルピー抽出率が飽和する傾向が見られる（3%程度）。2200Kでは飽和傾向が見られると予想される高いRF投入電力割合での実証はできていないが，連続運転が想定される2200KにおいてもRF投入電力割合21%で2.6%のエンタルピー抽出率が得られ，高い入口全温度の3000K，2500Kと比較しても大きく低下しないことが明らかとなった。

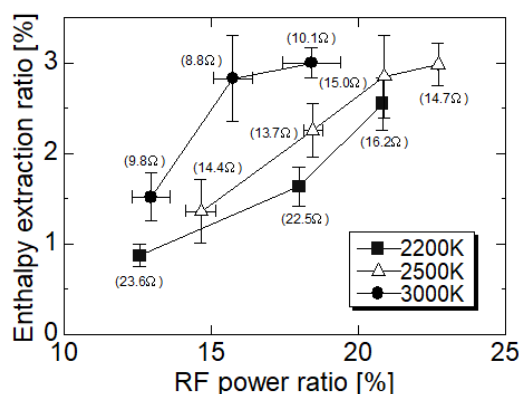


図3 RF投入電力割合に対するエンタルピー抽出

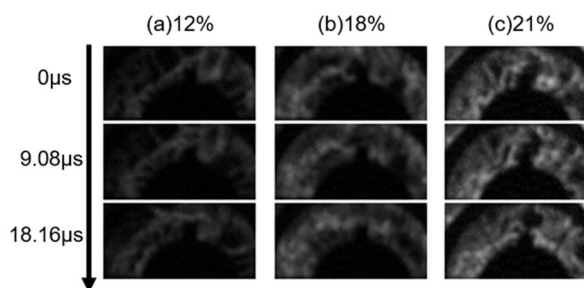


図4 発電機内のプラズマ構造

入口全温度2200K，印加磁束密度4.0Tにおける，RF投入電力割合(a)12%，(b)18%，(c)21%での高速度ビデオカメラで撮影したプラズマ構造の経時変化を図4に，同条件における発光強度とその変動係数（プラズマ発光強度の標準偏差を平均値で除した値，CV）を図5に示す。図4において低RF投入電力ではプラズマは不均一となることがわかるが，この不均一構造はいわゆる電離不安定によるものと示唆される。高RF投入電力ではより密で比較的均一な構造のプラズマが確認され，発電機内において発光していない暗所の割合が低RF投入電力と比べ小さくなっている。また，図5よりRF投入電力の増加に伴い，プラズマ発光強度は強く，変動係数は減少することがわかる。すなわちRF投入電力の増加に伴いプラズマがより均一になることが示唆され，高速度ビデオカメラで撮影したプラズマ構造の特徴と一致することがわかった。

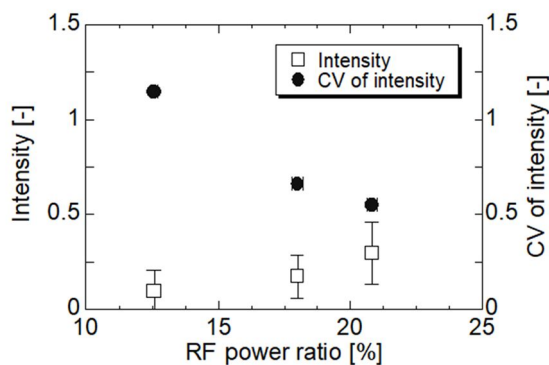


図5 発光強度と変動係数(CV)

結果として，衝撃波管装置を用いて連続運転が想定される入口全温度での高周波電磁界印加による予備電離希ガスプラズマMHD発電実験を行い，以下のことを明らかにした。

- ・連続運転が想定される入口全温度2200Kにおいても，高周波予備電離により発電出力が得られる。本実験でのエンタルピー抽出率は2.6%であり，入口全温度2500K，3000Kと比べ大きく低下しない。

- ・RF 投入電力割合の増加に伴い、より密で均一なプラズマが生成され、エンタルピー抽出率が増加するが、飽和傾向にある。
- ・入口全温度の増加に伴い、発光強度が強くなり、より均一なプラズマが生成され、ある一定のエンタルピー抽出率を得るために必要な RF 投入電力は低下する。

[中根高幸, 上東勝哉, 岩本拓也, 奥野喜裕「高周波予備電離希ガスプラズマ MHD 発電の実証基礎実験」電気学会論文誌 B, 139 巻, 4 号, pp.269-274 (2019.4) DOI: 10.1541/ieejpes.139.269]

(2) 数値シミュレーションによる発電機性能の把握とその高性能化に向けた指針の明確化

シードフリーMHD 発電におけるディスク形状発電機の優位性 リニア形状ファラデー形発電機およびディスク形状ホール形発電機を対象としてシードフリー予備電離希ガスプラズマ MHD 発電での予備電離電力を考慮した発電性能を二次元数値解析により検討し、図 6 に示すエンタルピー抽出率の入口電子温度依存性の結果とともに、以下のことを明らかにした。

- ・リニア形状ファラデー形発電機では、高入口電離度条件において電離不安定が抑制され、高い発電出力が得られるが、必要な予備電離電力が発電出力を上回り実効的なエンタルピー抽出率は負となる。一方、実効的なエンタルピー抽出率が最大となる低入口電離度条件においては、低電気伝導度と電離不安定の発生によりエンタルピー抽出率そのものが低い。
- ・ディスク形状ホール形発電機では、低い予備電離電力（熱入力 of 0.61% で最適入口電離度（電子温度 7250K））においても電離度がほぼ一定に保たれ、適度な MHD 相互作用の下に高い実効的なエンタルピー抽出率が得られる。最適値よりも高い入口電離度においては過度の相互作用と予備電離電力の増加により実効的なエンタルピー抽出率が低下し、最適値よりも低い入口電離度においては低い電気伝導度に起因して実効的なエンタルピー抽出率が低下する。

以上の結論から、ディスク形状ホール形発電機の方が、リニア形状ファラデー形発電機より、予備電離希ガスプラズマ方式に適合していることが示唆されるが、これは主にリニア形状ファラデー形発電機では不可避な電極近傍での電圧降下に依るところが大きい。

[鶴岡美緒, 田中学, 奥野喜裕「シードフリーMHD 発電機の性能に与える発電機入口電離度の影響」電気学会論文誌 B, 138 巻, 3 号, pp.236-241 (2018.3) DOI: 10.1541/ieejpes.138.236]

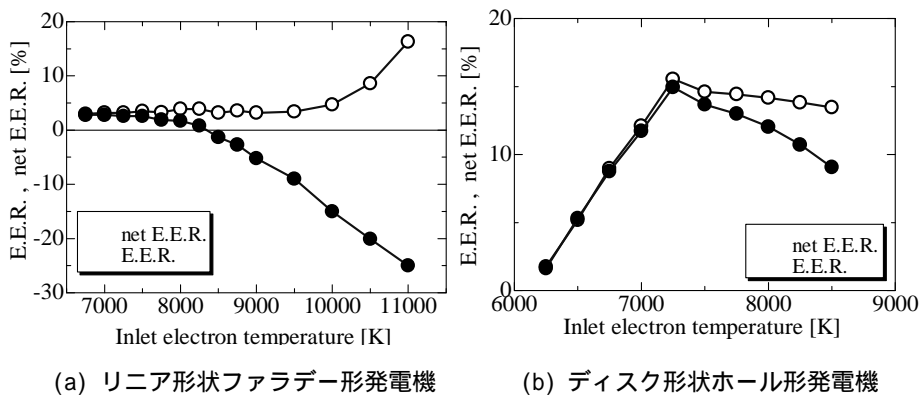


図 6 エンタルピー抽出率の入口電子温度依存性

発電性能の向上と予備電離電力の低減 ディスク形状発電機を用いた予備電離希ガスプラズマ MHD 発電の性能向上と発電の際に必要な予備電離電力の統一的な知識を得ることを目的として、 $r-z$ 二次元数値解析を行った。高効率な MHD 発電システムの構築には、適切な I.E.（等エンタルピー効率）/E.E.R.（エンタルピー抽出率）の下、高い E.E.R., I.E. を実現するだけでなく、同時に予備電離電力を低減させる必要があることを念頭に置き、発電機形状と運転条件に着目し、以下のことを明らかにした。

- ・傾きを小さくして（発電機を短くしてではなく）断面積比を小さくすることにより、より大きな I.E./E.E.R. の下で予備電離電力割合を減少させることが可能である。これは、弱い MHD 相互作用でエンタルピーを抽出することに起因する。ただし、作動気体のする仕事が減少することから、断面積比の大きい発電機と比較して E.E.R., I.E. はともに低下する。
- ・上記の状況において、印加磁束密度の増加、入口全圧の低下により、E.E.R., I.E. を増加させつつ予備電離電力割合を低下させることが可能である。これは、低い電気伝導度の下で、ホールパラメータの増加に伴ってより高い電気変換効率が実現することに起因する。

以上の結論から、シードプラズマ方式で指摘されていたディスク形 MHD 発電機の性能向上指針は、予備電離希ガスプラズマ方式においても適用可能であることが示され、特にここでの重要な指摘は、その際必要となる予備電離電力は低減する方向にあることであり、予備電離希ガスプラズマ MHD 発電の開発に有用な指針を提示した。

[鈴木甫, 奥野喜裕「予備電離希ガスプラズマ MHD 発電機における断面積比依存性」電気学会論文誌 B, 140 巻, 3 号, pp.204-209 (2020.3) DOI: 10.1541/ieejpes.140.204]

ディスク形状発電機におけるノズルでの自励的ジュール加熱効果 ディスク形状 MHD 発

電機では、上記の特長に加え、発電機上流のノズル領域における自励的ジュール加熱が予備電離電力を低減させることが期待できる。そこで、ディスク形状ホール形発電機における自励的ジュール加熱の発電特性ならびにプラズマ流体挙動に与える影響を明らかにすることを目的として予備電離希ガスプラズマ MHD 発電の r - z 二次元数値解析を行い、図 7 に示すエンタルピー抽出率の予備電離電力割合依存性の結果とともに、以下のことを明らかにした。

- ・強い自励的なジュール加熱を誘起する高印加磁束密度かつ過度のローレンツ力と衝突損失を抑制する低い予備電離電力の条件において、ノズルによる作動流体の電離度の増幅が得られる。

- ・ノズルによる電離度の増幅ならびに発電機内の最適電気伝導度の低下により、実効的なエンタルピー抽出率を与えるような最適予備電離電力は印加磁束密度の増加に伴い低下する。特にアルゴンを作動流体としたときに実効的なエンタルピー抽出率 25%、等エントロピー効率 65% が低い予備電離電力（流入エンタルピー（熱入力）の 0.3%）かつ高印加磁界（4T）の条件で得られた。この予備電離電力は高周波予備電離を加えたシードプラズマ方式における予備電離電力と同程度である。

[M.Tanaka, Y.Okuno, "Performance of a Seed-free Disk Magnetohydrodynamic Generator with Self-excited Joule Heating in the Nozzle", IEEE Trans. Plasma Science, Vol.45, No.3, pp.454-460 (2017.3) DOI: 10.1109/TPS.2017.2654514]

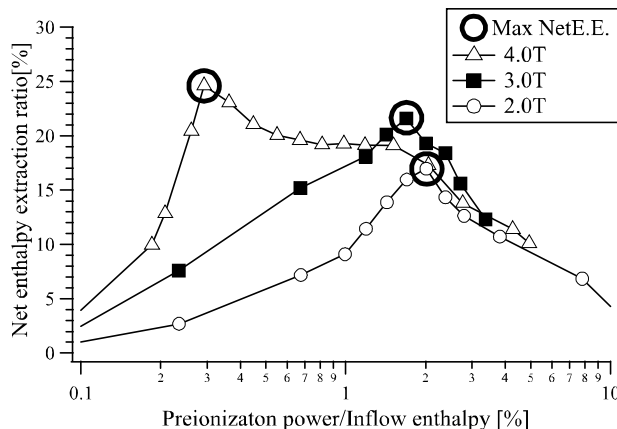


図 7 エンタルピー抽出率の予備電離電力割合依存性

商用規模シードフリーMHD 発電機の設計運転指針 商用規模（熱入力 1000MW）の大型発電機を主な対象とし、シードフリーMHD 発電機の数値設計手法を提案した。この数値設計手法の妥当性を調べるために、異なる 4 つの熱入力（30MW, 100MW, 300MW, 1000MW）の発電機を設計し、それらの発電機に対して r - z 二次元数値解析を行った。解析結果から、主対象である熱入力 1000MW 発電機の場合、概ね設計通りに動作することを示した。また、このことは、設計した熱入力 100MW, 300MW 発電機でも同様であり、ここで提案した発電機の数値設計手法が、パイロット規模や商用規模の大型発電機の数値設計手法として利用可能であることを確認した。しかしながら、提案した発電機の数値設計手法の精度（妥当性）は、熱入力（発電機の大さ）が小さくなるほど劣化することが明らかとなった。これは、熱入力が小さくなると、数値設計から定まる発電流路入口の電離度は大きくなり、このことが発電流路内のプラズマの三体再結合速度を増加させ、本数値設計手法で前提とした「発電流路入口の電離度が発電流路内で維持される」という条件が満足されない方向に進むことによる。すなわち設計した熱入力 30MW 発電機では、設計時の発電性能と r - z 二次元数値解析で得られた発電性能に明確な差異が生じた。ただし、設計した小型の発電機が設計時の電離度を発電流路内で維持することができずに発電性能が設計時よりも著しく劣化する場合には、印加磁束密度を高くし、入口電離度を低く設定して発電機を運転することが発電性能の改善には有効であることを同時に確認した。

[伊藤創志, 高橋徹, 藤野貴康, 奥野喜裕「凍結希ガスプラズマ MHD 発電機の数値設計手法の検討」電気学会論文誌 B, 140 巻, 3 号, pp.229-237 (2020.3) DOI: 10.1541/ieejpes.140.229]

(3) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト、今後の課題と展望

以上これらの研究成果において、シードフリーMHD 発電の実現に向けて新たな突破口を独自に切り開き、画期的なブレークスルーを世界で初めて展開するに至った意義は大きい。しかし当初の研究計画どおりとはいえ、発電性能としては原理実証レベルに留まっており、格段の高性能化を図り、実用化に向けての確実な見通しを得るためには、本研究では未だの 1) 予備電離の高効率化（予備電離電力の低減）と 2) 発電機内プラズマの最適化（安定・均一化と電気伝導度等の諸量の最適化）これら 2 項目に的を絞った学術的課題解決（実証・達成）が必要である。研究は継続して行う予定であるが、発電実証規模は実験室レベルとなることから、その定量的限界と定性的普遍性に留意する。実験室レベルを超え、大型の実機商用レベルでの真の実用化・成熟化には、更にある一定の研究期間と投資を要することは認識しているが、多様な熱源に適用可能な先進的エネルギー変換技術であることから、エネルギー学ならびに電力工学をはじめとする広い学術分野への貢献・波及効果、またその技術を通しての社会に与えるインパクトは計り知れない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 伊藤創志, 高橋徹, 藤野貴康, 奥野喜裕	4. 巻 140
2. 論文標題 凍結希ガスプラズマMHD発電機の数値設計手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 229-237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.140.229	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 鈴木甫, 奥野喜裕	4. 巻 140
2. 論文標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機における断面積比依存性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 204-209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.140.204	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 中根高幸, 上東勝哉, 岩本拓也, 奥野喜裕	4. 巻 139
2. 論文標題 高周波予備電離希ガスプラズマMHD発電の実証基礎実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 269-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.269	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岩田敏輝, 塚澤里拓, 奥野喜裕	4. 巻 138
2. 論文標題 パルスレーザー駆動MHD発電の実証基礎実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 A	6. 最初と最後の頁 361-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.138.361	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Tanaka, Y.Hitotsubashi, Y.Okuno	4. 巻 34
2. 論文標題 Fundamental Study of Radio-Frequency Preionization for Seed-Free Magnetohydrodynamic Electrical Power Generation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 40 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36437	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鶴岡美緒, 田中 学, 奥野喜裕	4. 巻 138
2. 論文標題 シードフリーMHD発電機の性能に与える発電機入口電離度の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 236 ~ 241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.138.236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Tanaka, Y.Okuno	4. 巻 45
2. 論文標題 Performance of a Seed-free Disk Magnetohydrodynamic Generator with Self-excited Joule Heating in the Nozzle	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Plasma Science	6. 最初と最後の頁 454-460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2017.2654514	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 卓 新民, 田中 学, 奥野喜裕	4. 巻 136
2. 論文標題 高エンタルピー抽出高温希ガスプラズマMHD発電機の数値的検討	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 779-784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.136.779	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Tanaka, Y.Aoki, L.Zhao, Y.Okuno	4. 巻 44
2. 論文標題 Experiments on High-Temperature Xenon Plasma Magnetohydrodynamic Power Generation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Plasma Science	6. 最初と最後の頁 1241-1246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2016.2565600	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Tanaka, Y.Okuno	4. 巻 32
2. 論文標題 High Temperature Inert Gas Plasma Faraday-type MHD Generator with Various Working Gases	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 1009-1014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B35992	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中 学, 泉裕一朗, 奥野喜裕	4. 巻 136
2. 論文標題 キセノンを作動気体とする高温希ガスプラズマディスク形 MHD発電機の発電特性	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 205-210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.136.205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Tanaka, T.Murakami, Y.Okuno	4. 巻 31
2. 論文標題 Numerical Simulation of Performance of a High Temperature Inert Gas Plasma Faraday-type Magnetohydrodynamic Generator	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 1362-1369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B35519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中 学, 奥野喜裕	4. 巻 135
2. 論文標題 高温希ガスプラズマディスク形状MHD発電機内のプラズマ挙動	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 527-532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.135.527	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計46件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Ork Kimsor, 鈴木甫, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電における作動気体依存性
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 糸川海斗, 榎本隆志, 上東勝哉, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機における高周波誘導コイル配置の影響
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後野陸斗, 塚澤里拓, 奥野喜裕
2. 発表標題 高印加磁束密度下におけるパルスレーザ駆動MHD発電の発電特性
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H.Suzuki, Y.Okuno
2. 発表標題 Numerical Study of Pre-ionized Inert Gas Plasma MHD Power Generation
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上東勝哉, 榎本隆志, 糸川海斗, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機における高周波誘導コイル位置の影響
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤創志, 藤野貴康, 奥野喜裕
2. 発表標題 電力系統へ接続された凍結希ガスプラズマMHD発電機の動特性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木甫, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機におけるプラズマ構造の数値的検討
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚澤里拓, 後野陸斗, 奥野喜裕
2. 発表標題 多分割電極パルスレーザー駆動MHD発電のプラズマ挙動と発電特性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ito, T. Fujino, Y. Okuno
2. 発表標題 Numerical Study of Plasma Ignition in Frozen Inert Gas Plasma Magnetohydrodynamic Generator
3. 学会等名 2019 AIAA Propulsion and Energy Forum (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ito, T. Takahashi, T. Fujino, Y. Okuno
2. 発表標題 Numerical Analysis of a Commercial Scale Frozen Inert Gas Plasma MHD Power Generator Coupled with an Electrical Power System
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中込航, 塚澤里拓, 奥野喜裕
2. 発表標題 多分割電極パルスレーザー駆動MHD発電機の発電特性
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩本拓也, 中根 高幸, 上東勝哉, 奥野喜裕
2. 発表標題 高周波予備電離希ガスプラズマMHD発電機のプラズマ構造
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木甫, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機の断面積比依存性
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤創志, 藤野貴康, 奥野喜裕
2. 発表標題 Heを作動気体とする凍結希ガスプラズマMHD発電機の流路形状に関する数値解析的検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Uehigashi, T.Nakane, T.Iwamoto, Y.Okuno
2. 発表標題 Power Generation Experiments of Seed-free Disk-shaped MHD Generator
3. 学会等名 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 予備電離希ガスプラズマMHD発電機におけるプラズマ挙動シミュレーション
2. 発表標題 敷島佳奈, 奥野喜裕
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中根高幸, 上東勝哉, 岩本拓也, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電の作動気体温度依存性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚澤里拓, 中込 航, 奥野喜裕
2. 発表標題 パルスレーザー駆動MHD発電機の発電特性における作動気体依存性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤創志, 藤野貴康, 奥野喜裕
2. 発表標題 アルゴンの二原子イオンの生成と消滅がFIP MHD発電機の性能に及ぼす影響
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T.Fujino, S.Ito, Y.Okuno
2. 発表標題 Numerical Study on Influences of Radiative De-excitation on Seed-Free Magnetohydrodynamic Generator
3. 学会等名 米国・航空宇宙学会（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Uehigashi, A.Ikuta, T.Nakane, Y.Okuno
2. 発表標題 Experimental Studies of Seed-free Radio-frequency Pre-ionized Inert Gas Plasma MHD Electrical Power Generation
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S.Tsukazawa, T.Iwata, Y.Okuno
2. 発表標題 Power Generation Experiment of Pulsed-Laser-Driven MHD Generator with Segmented Electrodes
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上東勝哉, 生田彰成, 中根嵩幸, 奥野喜裕
2. 発表標題 高周波予備電離希ガスプラズマMHD発電の実験的検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚澤里拓, 岩田敏輝, 奥野喜裕
2. 発表標題 分割電極パルスレーザー駆動MHD発電機におけるプラズマ挙動と発電特性
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 生田彰成, 敷島佳奈, 中根高幸, 上東勝哉, 奥野喜裕
2. 発表標題 高周波電磁界による予備電離希ガスプラズマMHD発電の実験的検討
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤創志, 市川 拓, 藤野貴康, 奥野喜裕
2. 発表標題 共鳴遷移の光学的厚さを考慮した衝突・輻射モデルによるFIP MHD発電機の数値解析
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩田敏輝, 塚澤里拓, 奥野喜裕
2. 発表標題 分割電極ファラデー形パルスレーザー駆動MHD発電機の発電特性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白坂友樹, 田中 学, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電機における入口電離度の考察
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢野慶人, 川崎 央, 奥野喜裕
2. 発表標題 印加磁界形MPDスラスタの電磁流体シミュレーション
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野義之, 小林宏充, 奥野喜裕
2. 発表標題 カイヤル効果を考慮した超新星爆発シミュレーション
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K.Shikishima, A.Ikuta, M.Tanaka, Y.Okuno
2. 発表標題 Preliminary Experimental Studies of Seed-Free Pre-Ionized Inert Gas Plasma MHD Electrical Power Generation
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Iwata, H. Sekiguchi, Y. Okuno
2. 発表標題 Fundamental Study of Pulsed-Laser-Driven MHD Electrical Power Generation
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白坂友樹, 鶴岡美緒, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 実験規模予備電離希ガスプラズマディスク形MHD発電機の発電特性解析
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 生田彰成, 一橋友介, 敷島佳奈, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 予備電離希ガスプラズマMHD発電の実験的基礎検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 一橋友介, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 シートフリーMHD発電に向けた高周波電磁界による予備電離の実験的検討
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鶴岡美緒, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 シードフリーファラデー形MHD発電機の発電特性の数値解析
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M.Tanaka, Y.Okuno
2. 発表標題 Study of Seed-Free Pure Inert Gas Plasma MHD Electrical Power Generation
3. 学会等名 13th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M.Tanaka, Y.Hitotsubashi, Y.Okuno
2. 発表標題 Fundamental Studies of Radio-Frequency Preionization for Frozen Inert Gas Plasma Magnetohydrodynamic Electrical Power Generation
3. 学会等名 14th International Energy Conversion Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 R.Takahashi, T.Fujino, Y.Okuno
2. 発表標題 Numerical Simulation of Frozen Inert Gas Plasma Magnetohydrodynamic Generator with Collisional-Radiative Model
3. 学会等名 14th International Energy Conversion Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 青木悠, 田中学, 趙亮, 奥野喜裕
2. 発表標題 高温キセノンを作動流体とするファラデー形MHD発電機の発電実験
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋力也, 藤野貴康, 奥野喜裕
2. 発表標題 凍結希ガスプラズマMHD 発電機の数値解析への応用に向けた衝突・輻射モデルの簡略化
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鶴岡美緒, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 ファラデー形希ガスMHD発電機における入口電離度が発電特性に与える影響
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 一橋友介, 田中学, 奥野喜
2. 発表標題 凍結希ガスプラズマMHD発電に向けた高周波予備電離の実験的検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 趙亮, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 高温希ガスプラズマファラデー形MHD発電機の発電特性の作動気体依存性
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 卓新民, 田中学, 奥野喜裕
2. 発表標題 高温希ガスプラズマMHD発電機の性能向上に関する数値的検討
3. 学会等名 電気学会 新エネルギー・環境研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 M.Tanaka, Y.Okuno
2. 発表標題 Numerical Simulation of Performance of a High Temperature Inert Gas Plasma Faraday-type MHD Generator with Various Working Gases
3. 学会等名 13th International Energy Conversion Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

奥野研究室 東京工業大学工学院機械系 (エネルギーコース)
<http://www.okuno.mech.e.titech.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	藤野 貴康 (Fujino Takayasu) (80375427)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	