アルゴンを用いたディスク型MHD発電機の性能に対する断面積比の影響

非会員	花岡 亮	(石川島播磨重工)	非会員	高田 雅章	(旭硝子)
非会員	鈴木 将文	(東京工業大学)	非会員	和田 耕太郎	(東京工業大学)
非会員	近村 憲司	(東京工業大学)	非会員	山口 尚子	(東京工業大学)
非会員	増田 淳二	(東京工業大学)	非会員	大久保 雅章	(東京工業大学)
正 員	山岬 裕之	(東京工業大学)			

Effects of Area Ratio on Performances of Disk MHD Generator with Argon

Ryo Hanaoka, Non-member (Ishikawajima-harima Heavy Industry), Masaaki Takata, Non-member (Asahi Glass Company)
 Masafumi Suzuki, Non-member (Tokyo Institute of Technology), Kotaro Wada, Non-member (Tokyo Institute of Technology)
 Kenji Chikamura, Non-member (Tokyo Institute of Technology), Naoko Yamaguchi, Non-member (Tokyo Institute of Technology)
 Junji Masuda, Non-member (Tokyo Institute of Technology), Masaaki Okubo, Non-member (Tokyo Institute of Technology)
 Hiroyuki Yamasaki, Member (Tokyo Institute of Technology)

Effects of an area ratio on performances of closed cycle disk MHD generator with cesium seeded argon were studied experimentally. Experiments were carried out by using a shock-tube driven disk MHD generator with a small area ratio. Enthalpy extractions, radial distributions of Hall potential and static pressure, stagnation pressure loss and adiabatic efficiencies were measured. It was found that the adiabatic efficiency increases remarkably with a decrease of the area ratio although the enthalpy extraction decreases. The adiabatic efficiency of 40.5 % was obtained and it was the highest compared with previous experiments with the cesium seeded argon. Relations between the adiabatic efficiency and the enthalpy extraction were also studied. Measured relations coincided well with those predicted by a simple analysis and effects of fluid-dynamical boundary layer on the relations were found small even in the present small disk MHD channel. Furthermore, it is suggested that an achievement of high Hall coefficient and a decrease of wall friction are important to improve the disk MHD generator performances.

キーワード: アルゴン、ディスク型MHD発電機、面積比、エンタルピー抽出率、断熱効率

1. まえがき

現在、希ガスをを用いたクローズドサイクルMHD発電の研究では、ディスク型発電機の性能に関心が向けられている。発電機の性能は、エンタルピー抽出率と断熱効率で表わされ、この発電機を組込んだ発電プラントが、高効率発電としての魅力を発揮するためには、プラントの組み方にもよるが、エンタルピー抽出率 30~35 %、断熱効率 80~85 %が要求される⁽¹⁾。こうした視点から、東工大での FUJI-1 装置や衝撃波管装置によるこれまでの実験では、まずエンタルピー抽出率の向上に関心が向けられてきた^{(2),(3),(4)}。

図 1 には、アルゴンを作動気体とする場合についてエンタルピー抽出率と断熱効率との関係の実験値、さらに断面積比 (= 発電チャンネル出口断面積 / スロット断面積) がこの関係に与える影響についての理論的な予測の結果⁽⁵⁾ をプロットした。ブローダウン装置 FUJI-1 では、エンタルピー抽出率の最高値は 15.4% となっているが、断熱効率は 27%

と低くとどまっている。さらに、ブローダウン装置とは異なり、作動気体であるアルゴンに水分が混入することがなく、同時に発電機の入口と出口における全圧比を高く設定できる衝撃波管装置 (Disk-RLNI⁽³⁾) では、FUJI-1 装置よりも遥かに高い 26.5% のエンタルピー抽出率が得られている。しかし、この装置でも断熱効率は依然として 38% 程度と低くなっており、高いエンタルピー抽出率を達成しつつ、同時に高い断熱効率を達成することが大きな課題となってきた。そこで、これまでの実験での断面積比を調べてみると、FUJI-1 装置のディスク型発電機 Disk-F3r と Disk-F4 では、それぞれ 13.5 と 13.4 であり、また衝撃波管装置の Disk-RLNI では 14.4 となっている。このように、これまでの実験は大きな断面積比を持つ発電機で行われてきたことが分かる。図 1 に示した理論的な予測の結果から、このように大きな断面積比を持つ発電機の場合には、実用化に要求されるエンタルピー抽出率の範囲 (30 ~ 35 %) では、高い断熱効率が得られないことが分かる。一方、小さな断面積比 (= 3.8) を

持つ発電機では、30%以上のエンタルピー抽出率が達成されるなら、実用化に必要な高い断熱効率が期待できる。

このような考察から、本研究では断面積比が小さな発電機の性能に着目し、それを実験的に調べるとともに、その結果を従来の大きな断面積比を持つ発電機での実験結果⁽³⁾と比較し、断面積比が発電性能や発電機内における電気的および流体的諸量にどのような影響を与えるかについて調べることを目的とした。

2. 実験装置および実験条件

本実験では、衝撃波管駆動のディスク型発電機を用いた。なお、衝撃波管装置、磁場装置、シード装置などの詳細については、文献⁽³⁾で報告したので、ここではディスク型発電機と実験条件について述べる。

図2に、断面積比の大きな(= 14.4)ディスク型発電機 Disk-RLN1と本実験で用いた断面積比の小さな発電機 Disk-RLN2との形状の違いを示した。なお、Disk-RLN2の本来の設計では断面積比を3.8に選んだが、発電チャンネルの出来上がり寸法が設計と異なり、実際の面積比は4.25となっている。図2から分かるように、Disk-RLN2では、発電チャンネル出口(半径 276 mm)でのチャンネル高さはDisk-RLN1と比較して低くし、一方スロート高さは高くなっている。もしも、断面積比を小さく設定したいDisk-RLN2で、Disk-RLN1と同じスロート高さ(10.6 mm)を保ちながら出口の高さを低くした場合には、第2カソードまでのチャンネル全体の高さが低くなり、壁面摩擦による圧力損失が大きくなることが予測される。そこで、この圧力損失を軽減するためDisk-RLN2では可能な限りスロート高さを高く(= 18.9 mm)した。従って、Disk-RLN2をDisk-RLN1と同じよどみ点圧力で運転した場合には、1.8倍程度熱入力が大きくなる。

両発電機では、ノズル内での電極配置の違いは見られるものの、出力取り出し電極である第2アノードと第2カソードの半径位置は同じとした。表1にDisk-RLN2での実験条件を示した。よどみ点温度は、Disk-RLN1と同じに設定したが、よどみ点圧力は3種類に設定し、それぞれはDisk-RLN1でのよどみ点圧力よりも低圧側に設定した。これは、Disk-RLN2では断面積比が小さいため発電機内の流体の膨張が抑えられ、静圧が高くなりホール係数が低下することが予測されたことによる。

3. 実験結果

(3・1) エンタルピー抽出率 図3に、シード率に対するエンタルピー抽出率の変化を示した。この図よりDisk-RLN2では、エンタルピー抽出率はいずれのよどみ点圧力でも、Disk-RLN1と比較して低くなっていることが分かる。また、本実験でのエンタルピー抽出率はよどみ点圧力が0.21 MPaの時に最高となった。しかし、その値は16.8%とDisk-RLN1での最高のエンタルピー抽出率26.5%と比較して低い値にとどまった。また、この図より、Disk-RLN1ではエンタルピー抽出率がよどみ点圧力にほとんど依存せず、

図1 断熱効率とエンタルピー抽出率との関係に与える断面積比の影響

Fig.1 Effects of area ratio on relation between adiabatic efficiencies and enthalpy extractions.

図2 Disk-RLN2とDisk-RLN1の形状の違い

Fig.2 Comparison of disk MHD generator geometry between Disk-RLN2 and Disk-RLN1.

24.5~26.5%であったのに対して、Disk-RLN2ではよどみ点圧力の増加と共にエンタルピー抽出率が僅かに上昇する傾向が見られる。また、各よどみ点圧力(P_0)で最高のエンタルピー抽出率が得られたシード率に着目すると、Disk-RLN1では $(1.1 \sim 2) \times 10^{-3}$ ($P_0=0.18$ MPa)、 9×10^{-4} ($P_0=0.24$ MPa)、 3.1×10^{-3} ($P_0=0.36$ MPa)であり、よどみ点圧力と最高のエン

表 1 実験条件

Table 1 Experimental conditions.

Disk MHD Generator	Disk-RLN2	Disk-RLN1
Working Gas	Ar + Cs	
Stagnation Temperature [K]	2450 - 2550	
Stagnation Pressure [MPa]	0.08, 0.14, 0.21	0.18, 0.24, 0.36
Area Ratio	4.25	14.4
Thermal Input [MW]	0.98 - 2.5	1.15 - 2.3
Seed Fraction	$(3.5 - 20.9) \times 10^{-4}$	$(3.3 - 40) \times 10^{-4}$
Magnetic Field Strength [Tesla]	2.7

図 3 エンタルピー抽出率とシード率の関係
Fig. 3 Enthalpy extractions vs. seed fractions.

タルピー抽出率を与えるシード率との間には相関関係が見られなかった。一方、Disk-RLN2では、そのシード率は 1.5×10^{-3} ($P_0=0.08$ MPa)、 7.5×10^{-4} ($P_0=0.14$ MPa)、 5.4×10^{-4} ($P_0=0.21$ MPa) となっており、よどみ点圧力を高めるにつれエンタルピー抽出率を最高にするシード率は低下している。このように、よどみ点圧力とシード率との間の関係には両発電機で違いが見られたが、何故このような相違が生じたかについては明らかでない。しかし、断面積比を小さくし

図 4 ホール電位分布
Fig. 4 Hall potential distribution.

たDisk-RLN2ではノズル内のマッハ数が低くなっており、シード率を高めた場合にはノズル内で電子温度の上昇が困難となるため、最高のエンタルピー抽出率を与えるシード率が低い側に移動したと考えられる。

以上の結果より、断面積比を小さくした場合には、高いエンタルピー抽出率の達成が困難になることが実験的に示されたが、これは断面積比が小さい場合には、流体の膨張の割合が小さくなり、仕事量が減少するためである。従って、流体がローレンツ力に抗してする仕事断面積比の大きな場合よりも高い効率で電気に変換されない限り、すなわち電気変換効率を高めない限り、本結果よりも高いエンタルピー抽出率は望めないことが分かった。

〈3・2〉 ホール電位と静圧分布 図4に、両発電機でそれぞれ最高のエンタルピー抽出率が得られた時のホール電位分布の比較を示した。なお、電位は第2アノードを基準としてプロットした。Disk-RLN2では、発電チャネルの全域にわたって Disk-RLN1 よりも電位勾配が低くなっていることが分かる。Disk-RLN2 で全体的に電位勾配が低いのは、負荷抵抗が Disk-RLN1 と比べて低い ($=0.11 \Omega$) ことによるが、Disk-RLN2 では上流域 (半径 $0.11 \sim 0.13$ m) での電位勾配が低いことが目立つ。何故この領域で電位勾配が低かったかを考察するため、半径方向の静圧分布を図5に示した。この図より、Disk-RLN1 では静圧が発電チャネルの上流域より下流域まで徐々に減少しているが、Disk-RLN2 では発電チャネル上流域で静圧が上昇し、その後再び静圧が減少していることが分かる。上流域での静圧上昇から、この領域

図5 静圧分布

Fig.5 Static pressure distribution.

で衝撃波が発生していることが推察され、実際、写真観測でも円弧状の強い発光縞が観測された。このことより、Disk-RLN2 の発電チャネル上流域での低いホール電位は、衝撃波による流れの減速によると思われる。

このように、断面積比を小さくした場合には、衝撃波が形成されやすくなり、これが流れの減速を招きやすいたことが示された。衝撃波の発生についてはマサチューセッツ工科大(米国)⁽⁶⁾やアイントハーゲン工科大(オランダ)⁽⁷⁾の実験でも指摘されており、ノズル内に設けられたスワールベーンの後流で強い衝撃波が観測されている。スワールベーンを設置した場合には、ノズル内では電子の加熱に重要なファラデー電流が流れにくく、ベーンを出た後ろの発電チャネル上流域で急激な電離が生じ、この急激なローレンツ力の発生が衝撃波を生じさせたと考えられる。本実験ではスワールベーンを用いていないが、断面積比を小さくした Disk-RLN2 の場合には、ノズル内のマッハ数が低くなり、その結果電離の開始位置が下流に移動し、第2アノードの近くで電離が生じてこれが衝撃波の発生をもたらしたと考えられる。一方、断面積比の大きな Disk-RLN1 ではノズル内のマッハ数は高く(磁場の印加されない状態のノズル出口マッハ数=2.6)、ノズル内で電離がほぼ終了し、ノズル内で弱い衝撃波が発生していたと考えられるが、ノズル内の静圧はスロート以外では測定していなかったため、ノズル内での衝撃波の発生については明らかでない。

図6 全圧比とエンタルピー抽出率の関係

Fig.6 Relation between stagnation pressure ratio and enthalpy extraction.

〈3・3〉 全圧比 理論的な検討⁽⁵⁾では、断面積比を小さくすることは、小さな全圧比(=発電機入口と出口での全圧比)で発電機が運転でき、その結果断熱効率が向上することが指摘されている。このことを実験的に確認するため、本実験では発電機入口のよどみ点(半径 0 mm)と発電チャネル出口(半径 276mm)に全圧管を設置し、全圧比を測定した。その結果を、図 6 に示した。この図では、出口で測定した全圧(P_{0exit})をよどみ点で測定した全圧(P_0)で無次元化した圧力比をプロットした。また、データは両発電機で最高のエンタルピー抽出率が達成された条件での全圧比である。この図より、Disk-RLN2 では、いずれの負荷抵抗においても全圧比は Disk-RLN1 と比較して高いことが分かる。ここで、同じエンタルピー抽出率 16.8 %で全圧比を比較すると、Disk-RLN2 では 0.25 であり、一方 Disk-RLN1 ではこのエンタルピー抽出率に対するデータがないが、約 0.047~0.066 であることが推察される。このように、理論的予想の通り断面積比の小さな発電機では、同じエンタルピー抽出率に対しては全圧損失が遥かに少なく、小さな全圧比(=発電機入口/出口)で運転できることが実験的にも確認された。

〈3・4〉 断熱効率 本実験で得られた断熱効率とエンタルピー抽出率との関係を図 7 に示した。図中には、理論的に予測される関係もあわせてプロットした。この図では、両発電機についてそれぞれ三つの異なるよどみ点圧力のもとで行われた全てのデータをプロットした。この図より、

図7 断熱効率とエンタルピー抽出率との関係
Fig.7 Relation between adiabatic efficiency and enthalpy extraction.

断面積比を小さく設定した Disk-RLN2 では、大きな断面積比を持つ Disk-RLN1 よりも、同じエンタルピー抽出率で比較すると遥かに高い断熱効率が得られていることが分かる。例えば、エンタルピー抽出率 16.8 % で断熱効率を比較すると、Disk-RLN2 では 40.5%であり、Disk-RLN1 の 25%よりも 1.6 倍高くなっている。また、本実験で得られた 40.5%という断熱効率は、アルゴンを作動気体とするディスク型発電機としては、これまでの最高の値となった。

図7から、もう一つの重要な結果が導かれる。それは、エンタルピー抽出率と断熱効率との実験的な関係が、理論的予測から大きくずれていないことである。ここで、理論的予測にはチャンネルの壁面に形成される速度境界層の断面積比への影響が全く含まれていないことを考慮すると、本実験結果は次のことを示唆している。すなわち、本実験で用いた小さなスケールの発電機においても、その実質的な断面積比が境界層の影響を大きくは受けないことを示唆している。従来、小さなスケールの発電チャンネルでは、境界層の成長により発電チャンネルの下流域で実質的な断面積が大きく減少することが数値シミュレーションでは指摘されていた⁽⁸⁾。一方、FUJI-I 装置での速度分布の計測では、ローレンツ力が流れに作用した場合には速度分布がチャンネルの高さ方向に平坦化することが示されている⁽⁹⁾。このことは、発電時には境界層厚さが薄くなることを実験的に示しており、本実験でのエンタルピー抽出率と断熱効率との関係が

図8 セシウムの再結合輻射強度のゆらぎ
Fig.8 Fluctuations of cesium recombination radiation.

理論的な予測から大きくずれなかったことと一致する。しかし、このことは境界層の存在が発電性能に与える影響が少ないことを意味しているわけではなく、後述するように境界層の存在は摩擦による圧力損失を引き起こし、ポルトローブ効率の低下を通して断熱効率に直接的な影響を与える。

4. 検 討

本実験では、スワールを導入しなかったにもかかわらず比較的高いエンタルピー抽出率が得られた。しかし、実用化目標であるエンタルピー抽出率 30~35%には遥かに及ばず、その結果断熱効率も目標の半分程度となった。そこで、これらの発電性能を制限している幾つかの原因について考え、それらが発電性能にどのように影響するかについて検討した。

第一の原因として、ディスク型発電機の性能にとって最も重要な実効的なホール係数が依然として低く、その結果高い電気変換効率が得られていないことが考えられる。実効的なホール係数を低下させる要因としては、プラズマの不安定性による放電の空間的な非一様性を挙げることができる。これを調べるため、Disk-RLN2 で最高のエンタルピー抽出率が得られた時の発電チャンネルにおけるセシウムの再結合輻射強度の時間変化を、図8に示した。この図より、再結合輻射強度に大きな揺らぎは見られないものの、30~50KHz の周波数を持つ揺らぎが存在していることが分かる。なお、電子温度計測からは、この揺らぎの観測点では時間平均としては、プラズマはシード完全電離の状態となっており、電離不安定性はかなり抑えられていると考えられる。しかし、図8のように電子密度の二乗を表す再結合輻射強度には高い周波数の揺らぎが見られる。したがって、この揺らぎによって実効的なホール係数が理想的なホール係数(5~6)よりも、かなり低下していると考えられる。

第二の原因として、発電機が依然として小型であり、発電機の表面積の影響が大きく、流体力学的な損失が依然として大きいということが考えられる。実験では壁面摩擦に

よる圧力損失を計測することは困難であり、この壁面摩擦が発電性能にどのように影響しているかは明らかではないが、この影響については後で検討した。第三の原因としては、発電チャネルにおける流れの急激な減速を挙げることができる。図5の静圧分布でも述べたように、発電チャネルの上流域では衝撃波的な静圧上昇が観測されている。従って、流れがここで急速に減速され起電力が低下していることが推測される。

以上に述べたことから、第一と第二の原因がどのように発電性能に影響を与えるかについて、簡単な理論的検討を行った。この検討には、以下の式を用いた。

断熱効率(η_{ad})とエンタルピー抽出率($E.E.$)および断面積比(A_{exit}/A_{th})の関係式

$$\eta_{ad} = \frac{E.E.}{1 - \left(\frac{A_{th} \sqrt{1 - E.E./A_e}}{A_{exit} M_{exit}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \left[\frac{2 + (\kappa-1)M_{exit}^2}{\kappa+1} \right]^{\frac{\kappa+1}{2\kappa}}} \quad (1)$$

A_{th} : スロート断面積, A_{exit} : 発電チャネル出口断面積

M_{exit} : 発電チャネル出口マッハ数, κ : 比熱比

A_e : 熱損失を表すパラメータ

電流負荷率(ζ)とホール係数(β)と電気変換効率(η_e)の関係式

$$\eta_e = \frac{\beta^2 \zeta (1 - \zeta)}{1 + \beta^2 (1 - \zeta)} \quad (2)$$

電気変換効率(η_e)とポリトロップ効率(η_p)の関係式

$$\eta_p = \frac{A_e}{\left(1 + \frac{\kappa-1}{2} M^2 \right) \left(\frac{1}{\eta_e} \frac{A_e}{B_e} - 1 \right) + 1} \quad (3)$$

M : 平均マッハ数

エンタルピー抽出率と全圧比(P_{0exit}/P_0)の関係式

$$E.E. = A_e \left[1 - \left(\frac{P_{0exit}}{P_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa} \frac{\eta_p}{A_e}} \right] \quad (4)$$

断熱効率と全圧比の関係式

$$\eta_{ad} = \frac{E.E.}{1 - \left(\frac{P_{0exit}}{P_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \quad (5)$$

熱損失を表すパラメータ A_e

$$A_e = dh_0(\text{電気出力})/dh_0(\text{トータル}) = j \cdot E / \{ j \cdot E + \rho u (dh/dr)_q \} \quad (6)$$

h_0 : 全エンタルピー, j : 電流密度, E : 電界

ρ : 流体の密度, u : 流速

摩擦損失を表すパラメータ B_e

$$B_e = dp(\text{電気出力})/dp(\text{トータル}) = j \times B / \{ j \times B + (dp/dr)_f \} \quad (7)$$

p : 流体の静圧, B : 磁束密度

これらの式を用いて、ホール係数を 3.5 と仮定して、Disk-RLN2 について断熱効率とエンタルピー抽出率との関係を求めた。計算では、発電チャネル出口でのマッハ数(M_{exit})を 1.0 から 2.0 と仮定し、さらに、 A_e と B_e をそれぞれ 0.8 と仮定した。その結果を、図9に示した。電流負荷率 ζ の増加につれ電気変換効率 η_e が高くなり、その結果エンタルピー抽出率と断熱効率が増加する。ホール係数を 3.5 と仮定したこの図では、電気変換率は最高 0.57 となり、発電チャネル出口で作動気体がマッハ数 1.0 で流出した場合には、エンタルピー抽出率は最高 22%、断熱効率は最高 46%となる。このように、ホール係数は電気変換率の最大値を決定し、その値によって達成し得るエンタルピー抽出率と断熱効率が決定されることとなる。図9には実験値もプロットしたが、実験と計算値とはほぼ近い値となっており、この計算で仮定した A_e と B_e の値が妥当であるなら、実験での実効的

図9 断熱効率とエンタルピー抽出率との関係に与える電気変換効率の影響

Fig.9 Effects of electrical efficiency on relation between adiabatic efficiency and enthalpy extraction.

図10 断熱効率とエンタルピー抽出率との関係に与えるホール係数の影響

Fig.10 Effects of Hall parameter on relation between adiabatic efficiency and enthalpy extraction.

なホール係数は3.5、電気変換効率は56%程度と考えられる。さらに、この値は Disk-RLN1 での値(=0.45)と比較して高くなっていることが分かる。

図10には、 A_e と B_e を図9と同じと仮定して、ホール係数を5まで高めた場合の計算結果を示した。この図ではエンタルピー抽出率と断熱効率の最高値は、それぞれ26.5%と54%になっており、ホール係数を高めることがエンタルピー抽出率と断熱効率を飛躍的に高めることが分かる。図11には、ホール係数を図9と同じ3.5と仮定し、摩擦損失を低減させた場合の性能改善の効果について示した。この計算では摩擦損失の程度を示す B_e の値を0.8から0.9に変化させた。なお、摩擦損失と熱損失とは相似的に変化するとして A_e の値も B_e と同じと仮定した。図11より、摩擦損失を少なくすることも性能改善に寄与することが分かる。なお、 A_e を図9と同じ0.8と仮定した場合には本計算結果よりも、さらに性能は向上する。

以上のように、実効的なホール係数を高めるとともに摩擦による圧力損失を減らすことが、今後さらに発電性能を向上されるために重要であることが簡単な計算からも示された。

5. まとめ

アルゴンを作動気体とするディスク型MHD発電機の実験を行い、断面積比がエンタルピー抽出率と断熱効率にどのような影響を与えるかについて調べた。以下に本研究結果をまとめた。

(1) 断面積比の減少に伴い、高いエンタルピー抽出が

図11 断熱効率とエンタルピー抽出率との関係に与える摩擦損失の影響

Fig.11 Effects of wall friction on relation between adiabatic efficiency and enthalpy extraction.

困難になるものの、断熱効率は飛躍的に向上することが実験的に示された。

(2) スワールを導入せず、また断面積比がこれまでの実験では最も小さな発電機で、16.8%のエンタルピー抽出率が得られ、アルゴンではこれまでの最高の断熱効率40.5%が達成できた。

(3) エンタルピー抽出率と断熱効率との関係は、本実験で用いた小型の装置でも、簡単な理論で予測される関係にほぼ従うことが見出された。

(4) 本実験結果よりもさらに性能を高めるためには、より高いホール係数の実現と摩擦損失の低減が重要であることが示された。

(平成9年11月25日受付、同10年2月23日再受付)

文 献

- (1) K.Yoshikawa, S.Shioda, S.Tsujiguchi, and K.Furuya: "Inert Gas MHD Triple Combined Cycle (Part 1: System)", 10th Int. Conf. on MHD Electrical Power Generation, Tiruchirapalli, 3, 23~27 (1989)
- (2) Y.Okuno, et. al.: "Closed Cycle MHD Power Generation Experiments with FUJI-1 Blow Down Facility", 12th Int. Conf. on MHD Electrical Power Generation, Yokohama, 155~164 (1996)
- (3) 辻 潔、他: 「アルゴンを用いたディスク型MHD発電機の強い相互作用下における流体・プラズマ特性」, 電学論 B, 115, 164~171 (平7-2)

- (4) 原田 信弘・岡村 哲至・木塚 宣明・山岬 裕之・塩田 進:
「入口スワールを有するディスク型 CCMHD 発電機
の発電特性-30%を越えるエンタルピー抽出の実証-」
電学論 B, 114, 626~632 (平 6-6)
- (5) K.Tsuji, H.Yamasaki and S.Shioda: "Effects of Area Ratio
and Loading on Disk CCMHD Generator
Performances", 12th Int. Conference on MHD Electrical
Power Generation, 1, 204~211 (1996)
- (6) W.J.Loubsky, V.J.Hruby and J.F.Louis: "Detailed Studies in
a Disk Generator with Inlet Swirl Driven by Argon", 15th
Symp. on Engineering Aspects of MHD, 4, 4:1~5 (1976)
- (7) A.Veeffkind, P.Karavassilev and W.Dalun: "Performance
Experiments with a Shock-Tunnel-Driven Argon Cesium
MHD Disk Generator", J. Propulsion, 4, 4, 363~369 (1988)
- (8) H.Matsubara, S.Kabashima, H.Yamasaki and S.Shioda:
"Design of Helium-Driven MHD Disk Generators with High
Performance", Energy Conversion and Management, 30, 1, 56
~67 (1990)
- (9) N.Setani, T.Okamura, K.Yoshikawa, H.Yamasaki and
D.Biswas.: "Flow Structure in Disk MHD Channel", 17th
Symposium on Efficient Use of Energy and Direct Electrical
Power Generation, Hokkaido University, 285~294 (1995)

花岡 亮

(非会員)昭和46年11月9日生まれ。平成9
年3月東京工業大学大学院総合理工学研
究科創造エネルギー専攻修士課程修了。
同年4月石川島播磨重工業(株)入社、現在に
至る。在学中にMHD発電の研究に従事。

高田 雅章

(非会員)昭和47年4月14日生まれ。平成9
年3月東京工業大学大学院総合理工学研
究科創造エネルギー専攻修士課程修了。
同年4月旭硝子(株)入社、現在に至る。在学
中にMHD発電の研究に従事。

鈴木 将文

(非会員)昭和47年9月2日生まれ。平成9年
3月東京工業大学大学院理工学研究科原
子核工学専攻修士課程修了。同年4月東京
工業大学大学院総合理工学研究科創造エ
ネルギー専攻博士課程進学、現在に至
る。MHD発電に関する実験的研究に従事。

和田 耕太郎

(非会員)昭和49年3月16日生まれ。平成8
年3月東京工業大学工学部電気電子工学
科卒業。同年4月東京工業大学大学院総合
理工学研究科創造エネルギー専攻修士課
程進学。現在に至る。MHD発電に関す
る実験的研究に従事。

近村 憲司

(非会員)昭和47年7月27日生まれ。平成8
年3月東京工業大学工学部生産機械工学
科卒業。同年4月東京工業大学大学院理工
学研究科原子核工学専攻修士課程進学。
現在に至る。MHD発電に関する実験的
研究に従事。

山口 尚子

(非会員)昭和48年9月23日生まれ。平成8
年3月東京工業大学工学部機械物理工学
科卒業。同年4月東京工業大学大学院総合
理工学研究科創造エネルギー専攻修士課
程進学。現在に至る。MHD発電に関す
る実験的研究に従事。

増田 淳二

(非会員)昭和49年10月1日生まれ。平成9
年3月東京工業大学工学部機械物理工学
科卒業。同年4月東京工業大学大学院総合
理工学研究科創造エネルギー専攻修士課
程進学、現在に至る。MHD発電に関す
る実験的研究に従事。

大久保 雅章

(非会員)昭和36年12月22日生まれ。平成2
年3月東京工業大学大学院理工学研究科
機械工学専攻博士課程修了。工学博士。
同年4月東北大学流体科学研究所助手。
平成5年4月東京工業大学原子炉工学研
究所助手、平成10年同大学大学院総合理
工学研究科創造エネルギー専攻助手、現
在に至る。MHD発電に関する研究に従事。

山岬 裕之

(会員)昭和19年4月2日生まれ。昭和42年3
月新潟大学工学部機械工学科卒業。昭和
44年3月東京工業大学大学院理工学研究
科機械工学専攻修士課程修了。工学博
士。平成2年同大学原子炉工学研究所教
授。平成8年同大学大学院総合理工学研
究科創造エネルギー専攻教授、現在に至
る。MHD発電、高速気体力学、エネル
ギーシステムに関する研究に従事。