

氏 名	本 間 琢 也 ほん ま たく や
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 140 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 条 5 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	MHD 発電に対する粉体プラズマの適用条件

論文調査委員 (主 査)
教 授 阪 口 忠 雄 教 授 林 重 憲 教 授 大 谷 泰 之

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は MHD 発電の作動流体中に熱電子放射性のよい粉体を浮遊させ、その放出した熱電子により作動流体の導電度を高め高効率の MHD 発電を行なう方法について論じたもので、6 章よりなっている。

第 1 章は序論として、不平衡電離プラズマの導電度、緩和時間、電界中における電子密度の上昇効果について述べ、粉体浮遊ガスに対し、検討すべき問題点を指摘している。

第 2 章は、まず MHD 発電の作動流体中に浮遊させるに必要な粉体材料として、融点が高く、熱電子放射性がよく、かつ高温で酸化しにくい各種の粉体を検討し、その結果、ほう化ランタンが最も適していることを見出し、その粉体密度と電子密度との間の関係式を理論的に導出し、その温度依存性を求めた。これによると、たとえば半径 10^{-5} cm のほう化ランタン粉体の場合、温度 2300°K において $10^{14}/\text{cm}^3$ の電子密度を得るためには、 $10^{13}/\text{cm}^3$ 程度の粉体密度を必要とすることが示されている。さらにまた電子密度は粉体の仕事関数、Richardson 常数、温度が与えられているとき、粉体の半径と粉体密度との積のみに依存することを導いている。次いで、セシウム、カリウムのような、電離電圧の低いアルカリ金属の熱電離現象が熱電子放射性の高い粉体から受ける効果について検討し、電子密度の増大に対する熱電離と熱電子放射との併用効果は、おのおのの現象が単独で存在する場合にくらべて、それほど有効でないことを見出している。第 3 章は粉体の流体中における運動方程式を統計的に解くことから出発して、粉体浮遊ガスの方程式、すなわち運動方程式、電流方程式、エネルギー方程式を導出し、特に粉体密度が高くなった場合の粉体浮遊ガスの特性が完全電離ガスの特性に近づくことを示している。

第 4 章は本論文の中心課題となるもので、まず電子に対する作動流体中の中性ガス分子ならびにほう化ランタン粉体の衝突断面積を求め、これを第 2 章で求めた電子密度の関係式に適用して粉体浮遊ガスの導電度に対するガス圧、温度の関係を導いている。この中で特に興味のあることは、与えられたガス圧、温度に対する最大導電度とそれに対応する最適粉体密度とが存在することで、たとえば半径 10^{-5} cm のほう化ランタン粉体を用いた場合、その導電度の最大値は 1 気圧 2300°K で約 10 mho/m で、それに対応す

る最適粉体密度は約 $7 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ であることを示している。これをカリウムシードの燃焼ガスの導電度が 1 気圧 2000°K の場合約 3 mho/m にすぎないことと比較すると、MHD 発電の作動流体として粉体浮遊ガスの方が有利であることがわかるが、約 $10^{13}/\text{cm}^3$ の粉体密度はかなり大きいので、粉体の凝結現象を考慮すると、この粉体を作動流体中に浮遊させるためには、まだ技術的な問題が残されていることを指摘している。さらに以上の理論計算値と比較するために粉体浮遊ガスの導電度に関する 2 種の実験結果例を挙げ、実験値と理論計算値とが比較的良好に一致することを示している。

第 5 章は、粉体、ガス、電子温度の間の緩和現象を考察し、あわせて粘性係数、熱伝導係数等の輸送係数を導出している。この結果によると、粘性および熱伝導の輸送係数は粉体の影響をほとんど受けないこと、粉体の温度と電子温度、または粉体の温度とガス温度との間の、主として非弾性衝突に基づく緩和時間は、ガス温度と電子温度、粉体の熱運動エネルギーとガス温度等、弾性衝突に基づく緩和時間にくらべて、極めて小さいことがわかった。第 6 章は以上の結果に基づいて、粉体浮遊ガスを作動流体とした MHD 発電機の設計計算を行ない、発電機設計のための基本条件を明らかにしたものであって、その結果によると熱入力に対する電気出力の割合が電離ガスを用いた場合にくらべると小さいこと、流路長があまり大きくとれないこと、粉体密度に対する最大気圧に制限があるので、発電路出口において 1 気圧以下に設定される閉サイクル型の発電方式の方が、より適していること等を示している。

論文審査の結果の要旨

MHD 発電を有効に行なうためには、作動流体の導電度を高くする必要があるが、通常その方法としては、セシウムやカリウムなどの電離電圧の低いアルカリ金属を作動流体中にシードし、これらシード原子の熱電離を利用する方法が使用されているが、かかる熱平衡電離によって必要な導電度を得るためには、少なくとも 2500°K 以上の高温の作動流体を用いなければならない。これに対し著者は MHD 発電の作動流体中に熱電子放射性のよい粉体を浮遊させ、放出された熱電子によって作動流体の導電度を上昇させる方法に着目し、2300°K でも充分 MHD 発電が可能である程度の高い導電度が得られることを明らかにした。

まず MHD 発電の作動流体中に浮遊させる適当な粉体材料として、融点が高く熱電子放射性がよく、かつ高温で酸化しにくい各種の粉体の特性を検討した結果、ほう化ランタンが最適であることを見出し、主としてこれを対象として、その粉体密度と電子密度との関係の温度依存性を求め、半径 10^{-5}cm のほう化ランタン粉体を作動流体中に浮遊させた場合、作動流体の温度 2300°K において $10^{14}/\text{cm}^3$ の電子密度を得るためには、 $10^{13}/\text{cm}^3$ 程度の粉体密度が必要であることを導いている。

ついで電子に対する作動流体中の中性ガス分子ならびにほう化ランタン粉体の衝突断面積を求め、これと先に求めた電子密度とを用いて粉体浮遊ガスの導電度に対するガス圧、温度の関係を導いている。この中で特に注目すべきことは、与えられたガス圧、温度に対して導電度が最大となる条件が存在すること、たとえば半径 10^{-5}cm のほう化ランタン粉体を用いた場合、その導電度の最大値は 1 気圧 2300°K で約 10 mho/m で、それに対応する最適粉体密度は約 $7 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ であることを見出ししている。これは通常の MHD 発電に用いられているカリウムをシードした燃焼ガスの導電度と比較して充分高い値である

ので、かかる粉体浮遊ガスが MHD 発電の作動流体として使用可能であることを示している。

著者はさらにアルカリ金属をシードした場合の熱電離効果と粉体よりの熱電子放出効果とを併用した場合についても検討し、両者の併用効果はおおのこの現象が単独で存在する場合にくらべてそれほど有効でないことを見出し、MHD 発電機を設計する場合に、これら両者の併用は避けるべきであることを示している。

最後に以上の結果に基づいて、粉体浮遊ガスを作動流体とした MHD 発電機の設計計算を行ない、この方式の MHD 発電機では比較的流路長を短かくし、発電流路出口の圧力を 1 気圧以下に制限した閉サイクル型の発電方式とした方が、より適当であるという結論を得ている。

以上要するに、この論文は粉体浮遊ガスを作動流体とした MHD 発電の新しい一方式を提案し、これに理論的ならびに実験的に検討を加え、この方式による MHD 発電の実用化に関し、多くの重要な知見を得たものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。