

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| 氏名      | 野口透<br>のぐちとおる                |
| 学位の種類   | 工学博士                         |
| 学位記番号   | 論工博第457号                     |
| 学位授与の日付 | 昭和46年11月24日                  |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第2項該当                 |
| 学位論文題目  | 非平衡電離方式 MHD 発電の作動ガス導電率に関する研究 |

(主査)  
論文調査委員 教授 阪口忠雄 教授 宇尾光治 教授 大谷泰之

### 論文内容の要旨

本論文は高温ガス冷却原子炉を熱源とするクローズド・サイクル MHD 発電の作動ガスに関し、その導電率を発電ダクト内部電流に基づく電子のジュール加熱により、いわゆる非平衡電離現象を利用して増加させる場合に生じる問題についての基礎的研究の成果をまとめたものであり、6章から成っている。

第1章は緒論で、MHD 発電の動作原理ならびに研究開発の沿革と現状について概説し、将来のエネルギー事情および環境保全の立場から MHD 発電開発の重要性を述べている。特に高温ガス冷却原子炉を熱源とするクローズド・サイクル MHD 発電では、炉の出口ガス温度が重要な条件になるため、高温ガス炉開発の現状ならびに MHD 発電側から要求される作動ガス条件との関係を論じ、両者の結合に際して予想される問題点を明らかにして、本研究の目的および意義を明確にしている。

第2章においては、MHD 発電機の動作に関する基礎理論をまとめ、発電ダクトの種々の形式とそれぞれの特性式について論じている。発電出力密度と作動ガス導電率とは比例関係にあり、経済性をよくするために発電ダクトの小形化を図る場合、ガス導電率をなるべく高くする必要がある。このため、特に本研究の主題である発電ダクト内部電流による作動ガス中の電子ジュール加熱作用による非平衡電離現象について詳細に論じ、高温ガス炉で得られる 1500°K 程度の比較的低温の作動ガスに、発電に所要な 10mho/m 程度以上の導電率を付与するためには、非平衡電離作用の利用が不可欠であることを述べている。

第3章においては、MHD 発電の作動ガス導電率に及ぼす発電ダクト壁面の導電現象の影響と、その対策について論じている。すなわち、分割電極形発電ダクトにおいて、各電極間に挿入される耐熱絶縁材が、発電機の動作条件の下で抵抗率を減少し、更にシード物質の附着・浸透によりその性能を低下する結果、ダクト軸方向のホール電界による漏洩電流が生じて、作動ガスの実効導電率ならびに発電出力特性に影響を及ぼすが、この現象について理論的ならびに実験的に検討した結果を述べている。この現象は熱平衡ならびに非平衡電離の両方式の発電に共通したものであり、本研究では、分割電極フェラデー形発電ダクトを対象として、電極の有効分割度なる概念を導入し、これを用いることによりダクト内の作動ガスの

導電率ならびに発電出力特性を簡単な形式で表わしうることを理論的に明らかにするとともに、実験により、この理論の妥当性を立証している。

第4章においては、発電ダクト入口において予備電離を併用するフェラデー形発電機における非平衡電離作動ガスの電離緩和現象と、それがガス導電率に及ぼす影響について論じている。すなわち、まず弾性3体、非弾性3体、2電子3体、放射および解離の5種の電子-イオン再結合過程をMHD発電の動作条件で検討し、2電子3体再結合が最優勢であることを明らかにし、実験でも立証している。

次に、アルゴンにカリウムをシードした作動ガス中の電子のエネルギー損失について検討を加え、主ガス原子との弾性衝突によるもののほか、ダクト寸法が小さい場合にはシード・イオンとの放射再結合損失および励起シード原子からの共鳴放射損失が大きいことを明らかにし、原子のジュール加熱による作動ガス導電率増大を理論的に求めるに際しては、これらの損失を一括した実効衝突損失パラメータが有効であることを示し、その値を求めている。更に、電離緩和を考慮した場合の発電ダクト軸方向の電子温度およびガス導電率の分布を解析的に求めて、ダクトに沿うガス導電率累積を容易に実現するためには、予備電離が有効であることを明らかにしている。

第5章においては、前章までに述べられているもの以外の、フェラデー形発電ダクトを用いて行なった、カリウムをシードしたアルゴンを作動ガスとする実験結果について論じている。実験で得られた磁界中の作動ガスの導電率を、放射損失を考慮して求めたさきの計算結果と対照して述べ、また、ダクト内部の電位分布が作動ガスの予備電離により改善でき、見かけの導電率ならびに発電出力を増大できることを明らかにしている。

第6章は結論であり、本研究において得られた主な成果を要約して述べたものである。

### 論文審査の結果の要旨

非平衡電離方式のMHD発電は、核エネルギーによる直接発電の一方式として注目されているものであるが、高温ガス冷却炉から得られるガスの温度は炉材料の熱的特性などから、せいぜい $2000^{\circ}\text{K}$ という比較的低い値になることが予想されている。このような温度条件で効率よくMHD発電を行なうには、作動ガスの導電率を非平衡電離状態で高める必要があるが、希ガス・アルカリ系の作動ガスに関する非平衡電離現象には未だ不明確な点が数多く残されている。本論文は上記の作動ガスの非平衡電離に関連する種々の現象を追求するとともに、工学的応用の基礎を明らかにしたもので、その主な成果は次のとおりである。

1. 分割電極形の発電ダクト内における作動ガスの実効導電率は、ダクト壁面の導電現象により低下することを理論解析ならびに実験により明らかにした。すなわち、電極間に挿入された絶縁材の表面に附着・浸透するシード物質の影響および境界層での電流漏洩などを一括して、ダクト壁の導電現象として取扱い、新たに提唱した有効分割度の概念を用いて、作動ガスの実効導電率ならびに発電出力特性を簡単な形式で説明することを可能にした。

2. 非平衡電離方式MHD発電の作動ガスでは、ホール・パラメータが大になるので、ダクト壁の導電現象の影響を少なくするには作動ガスとダクト壁の導電率比を大にする必要があることを明らかにし、

作動ガスの予備電離で初期導電率を上げることが極めて有効であることを明確にした。

3. 非平衡電離方式 MHD 発電では、作動ガスの電離緩和現象は重要な問題の一つであり、この緩和時間が短いと、予備電離の効果が減少し、また、発電ダクト内での電子のジュール加熱によるガス導電率の増大が生じ難くなる。カリウムをシードしたアルゴンを作動ガスとする場合について、MHD 発電条件で電離緩和現象を詳しく解析し、さらに実験によって、電子・イオン再結合は2電子3体再結合過程がもっとも優勢であることを明らかにした。

4. 発電ダクト内における電子エネルギーの損失機構について検討し、弾性衝突と放射損失を一括した実効衝突損失パラメータを求め、これによって予備電離を併用するファラデー形発電ダクト内の電子密度ならびに作動ガス導電率の分布を計算し、電子のジュール加熱によるガス導電率増大に関して予備電離が有効であることを明確にした。

5. 発電ダクト境界層における電位分布は、作動ガスの実効導電率に関係するが、予備電離により境界層における非平衡電離を容易にすれば、この部分のガス導電率が増加し、出力も増大することを明らかにした。

以上要するに、本論文は原子炉を熱源とする非平衡電離方式 MHD 発電に使用する作動ガスの導電率に関与する種々の要因を検討し、比較的低温における作動ガスの導電率を発電に十分な値にするための方法を見出すために、理論的ならびに実験的に検討を行なったものであり、特に作動ガス導電率に対する予備電離の効果に関して豊富な新しい知見を提供するものであって、学術上、工業上貢献するところが少ない。

よって、本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。