

論文審査結果の要旨

最近、太陽光発電や風力発電、リチウムイオン電池などの直流電源技術が急激に進歩している。直流電力の応用では、インバータ技術が電気機器に多用され、電気自動車が広く普及し始めている。電気接点を備えた電磁リレーや電磁開閉器やブレーカなどは、直流大電流回路の開閉を確実に行える。これらデバイスの小型化・高機能化・高信頼化には、電流遮断時のアーク放電対策と電極金属の接点間転移対策が本質的な課題であり、電流遮断時の接点溶融現象が深く関わる。しかし、現象が複雑で、溶融からアーク放電に至るメカニズムには未解明な分野が残されており、本論文が研究対象としたテーマは工学に寄与するものである。

当該研究分野の基本となる考え方は、Holm の $\varphi\theta$ 理論である。接点電圧と接点の最高温度の関係は一義的に定まる。この理論で多くの実験事実を解釈でき、設計にも多用されている。しかし、最高温度が融点の場合、その温度で金属は固体から液体に相転移し、抵抗率が大幅に増加する。本論文の視点は、電気接点の電流遮断時の溶融現象を融点での相変化に着目しており、独創的である。

本論文では、 $\varphi\theta$ 理論によって定義される融点温度に対する接点電圧 U_m に対して、この値は液相の抵抗率に相当すると推定し、同一温度における固相の抵抗率に相当する接点電圧 U_b を指標として提案した。実験結果と対応して、溶融現象が接点電圧 U_b 付近から開始することを明らかにした。これは、今後の研究での新たな指標となるだろう。

次に、融点での相変化には溶融エネルギー（潜熱）が必要であり、ジュール熱として電気回路から供給される回路条件について検討した。電気的な回路条件として、電源から電気接点に流れ込む電力 P_c に対する接点抵抗 R_c の微係数 (dP_c/dR_c) が支配的な要因であることを明らかにした。また、これまでブリッジと呼ばれてきた接点溶融現象には、相変化が電気回路条件のみで決まる溶融現象と、電気的条件と機械的開離条件の組み合わせで決まる二種類があることを示した。

さらに、接点溶融現象が電極表面に残す痕跡を、最新のレーザ顕微鏡によって観察を行った。接点溶融現象とアーク放電現象による痕跡を区別するために、Ag,Au クロスロッドでの単発開離、過渡電流スイッチ回路で開離後のアーク放電の影響回避、初期アークの継続時間の付加インダクタンスでの制御など実験を工夫している。その結果、溶融痕のレーザ顕微鏡での観察は興味深い結果を提示できた。電流遮断時の溶融痕跡は、銀光沢の小球面の複雑な集合形状で、正極が凹状、負極が凸状であることを示した。さらに、いわゆる『初期アーク』時間を制御した実験では、アーク放電に移行する段階での溶融痕跡を確認している。このことは、溶融現象とアーク放電とが並列に進行する可能性を暗示し、興味深い結果である。

以上の点より、本研究論文は、本学理工学研究科物質機能工学専攻の博士（工学）の学位論文として合格と認める。