

令和元(2019)年度特別研究費 実績報告書

令和2年3月16日

公立千歳科学技術大学

学長 川瀬 正明 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第4条に基づき、下記のとおり報告いたします。

採択区分	☐ 若手研究者支援研究費 ☒ 基盤的研究費			
報告者	所属	電子光工学科	職名	教授
	氏名	長谷川 誠	ふりがな	はせがわ まこと
研究課題名	中負荷レベル直流電流遮断時のアーク放電における特異挙動のメカニズム解明 (2019B01)			
本研究費による発表論文、著書など	国際会議 発表予定 (1) Makoto Hasegawa and Seika Tokumitsu, "Arc Re-striking Phenomena in Break Operations of AgSnO ₂ Contacts in Inductive DC Load Conditions up to 20V-17A under External Magnetic Field", June 15-18, 2020, St. Gallen - Rorschach, Switzerland (2) Makoto Hasegawa and Seika Tokumitsu, "Arc movement investigations of break arcs of AgSnO ₂ contacts under applied external magnetic field in inductive DC load conditions up to 20V-17A", 66th IEEE International Conference on Electrical Contacts (Holm2020), October 4-7, 2020, San Antonio, TX. U.S.A. 国内学会 研究会 (3) 長谷川誠, 徳光聖茄, "AgSnO ₂ 接点による 20V-17A までの直流誘導性負荷遮断時の再点弧現象におけるアークエネルギーの計算", 電子情報通信学会機構デバイス研究会, 信学技報 EMD2019-47 (2019-12) (4) 長谷川誠, 徳光聖茄, "AgSnO ₂ 接点による外部磁界印加時の 20V-17A までの直流誘導性遮断アークの挙動の観察", 電子情報通信学会機構デバイス研究会, 信学技報 EMD2019-51 (2020-1) (5) 長谷川誠, 徳光聖茄, "外部磁界印加時における AgSnO ₂ 接点の直流誘導性遮断アークの挙動観察", 電子情報通信学会機構デバイス研究会, 信学技報 EMD2019-56 (2020-2)			

I. 研究の背景

電流・電力制御用デバイスとしてのメカニカルリレーやスイッチは、太陽光発電の導入や直流給電の進展に伴う使用量の増加などから重要性が増しているが、電流制御の基幹部分である電気接点動作時に電極間で発生するアーク放電が、デバイスの信頼性に深刻な影響を与える。特に直流遮断時に発生する開離アークの影響が大きく、その短縮が求められている。

開離アーク短縮技術として、外部磁界印加を利用した磁気吹消し、及び接点开離速度の増加が効果を有することが知られている。例えば、DC50Vを越えるような負荷領域では、開離アーク継続時間が接点开離速度の増加にほぼ反比例して短縮されることが知られており、また、これらの負荷領域で外部磁界印加による磁気吹消しの有効性も確認されている。

しかし、申請者による最近の研究では、DC20V程度までの負荷レベルでは、接点开離速度と開離アーク継続時間が必ずしも反比例の関係を満たさないことや、接点开離速度の増加が実際には金属相アークの短縮をもたらしていると考えられることが明らかになった。また、外部磁界印加を利用した磁気吹消しについて、ガス相アークの短縮に有効であるが金属相アークの継続時間には顕著な影響を与えず、アーク全体の継続時間に占める金属相アークの割合が無視できない軽～中程度の負荷レベルにおける効果を、あらためて明確化することが求められている。特に、これまでの申請者のグループによる研究の中では、磁気吹消し現象の高速カメラによる観察時に、磁気吹消しが発生していないにもかかわらずアークが短縮される場合を観測した。さらに、その場合には、ローレンツ力が印加されるはずの方向にアーク柱が移動せず、むしろその反対方向にアーク柱が移動してから消弧することが確認された。

本研究では、上記の様な外部磁界印加時のアーク柱の挙動に着目し、その再現性の確認と発現メカニズムの解明を当初の目的として検討を進めた。

II. 得られた成果

(1) 外部磁界印加時のアーク柱の特異な挙動に関して

現象の観察に必須となるハイスピードカメラを現時点では所有していないことから、ハイスピードカメラを短期間だけ借用することで、まず現象の再現性の確認を行った。これまでは、ネオジウム磁石を試験電極対の横方向に配置することで外部磁界を印加し、アーク柱の挙動の観察を行ってきたが、今回はそれに加えて、ネオジウム磁石を試験電極対の上方向に配置した場合の挙動観察も行った。この磁石の上方配置では、ローレンツ力が水平方向に発生することになるため、アーク挙動に対する重力の影響を排除できると考えたためである。結果として、ローレンツ力が印加されているはずの方向とは逆方向へのアーク移動が再現性良く観察されたほか、磁石の上方配置時には水平方向へのアーク移動が確認でき、この現象の発現メカニズムとして重力の影響を排除することができた。

(2) 観察のための機材の導入に関して

上記(1)のように現象の再現性は確認できたが、その発現メカニズムをさらに検討するためには継続的な現象の観察が不可欠であり、そのためにはハイスピードカメラを現有していない点が大きな障害となる。その解決策として、研究室で所有しているハイスピードマイクロスコープの動画撮影機能の活用を試みた。特に今回は、新規に照明装置を導入して撮影を行ったところ、それなりに良好な観察を実施できることが確認できた。

(3) 開離アークの再点弧現象に関して

外部磁界印加時の開離アークの挙動として、軽～中レベルの直流誘導性負荷回路の遮断時における再点弧現象に関する検討も継続した。具体的には、以前の結果に対してデータ数を増やすことで、過去に観測されていた実験結果の妥当性の検討を行った。ただし、この現象に対しては、上記(2)で述べたハイスピードマイクロスコープによる観察は未着手であり、今後の課題となっている。

III. 得られた成果の対外発表

上記のように得られた成果の一部については、電子情報通信学会機構デバイス研究会にて発表済である。さらに、2020年6月開催予定の30th International Conference on Electrical Contacts (ICEC2020)、ならびに2020年10月開催予定の66th IEEE International Conference on Electrical Contacts (Holm2020)にて発表する予定である。