

## 令和 2 年度実績報告書

令和 3 年 3 月 15 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 7 条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	電子光工学学科	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			
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 movement investigations of break arcs of AgSnO <sub>2</sub> contacts under applied external magnetic field in inductive DC load conditions up to 20V-17A”, 66th IEEE International Conference on Electrical Contacts (Holm2021), October 24-27, 2021, San Antonio, TX. U. S. A. 国内学会 (2) 長谷川誠, “外部磁界印加時の AgSnO <sub>2</sub> 接点による DC20V-16A までの誘導性直流負荷回路における遮断アークの挙動観察”, 2021 年電子情報通信学会総合大会エレクトロニクス講演論文集 2, No. C-5-1 (2021-03)			

# 研究成果報告

## I. 研究の背景

メカニカルリレーやスイッチを実際に使用する際には、動作信頼性や寿命への影響を抑える目的で、動作時に発生する開離アーク放電の短縮が求められることが多い。そのための技術として、(i)外部磁界印加による磁気吹消し(接点近傍に磁石片を配置し、外部磁界をアークに印加することで発生するローレンツ力を利用して、アークを接点ギャップの外に大きく湾曲させて引き延ばす技術)、ならびに(ii)接点开離速度の増加、という 2 つの方策が効果を有することが知られている。この点に関して例えば、DC50V を越えるような負荷領域では、開離アーク放電の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、また外部磁界印加による磁気吹消しによって確かにアークが短縮されることが、これまでに報告されている。

その一方で、申請者による最近の研究では、(i)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、(ii)接点开離速度の増加はアーク全体ではなく金属相アーク(電極から蒸発した金属蒸気がアークプラズマの主体である開離直後の期間)の短縮をもたらすこと、(iii)外部磁界印加による磁気吹消しについても、ガス相アーク(周囲気体のイオンがアークプラズマの主体である、金属相アークに引き続く期間)の短縮には有効であるものの、金属相アークの継続時間には顕著な影響を与えないことを確認した。さらに、外部磁界印加時に、磁気吹消しが発生しないにもかかわらずアークが短縮される事例を確認し、且つその場合に、ローレンツ力の印加方向とは逆方向にアークが移動してから消弧するという特異な挙動が観察された。

これらのことを考慮して本研究では、上述した外部磁界印加時の開離アークの特異挙動の発現メカニズムの解明を目指して検討を行った。

## II. 得られた成果

### (1)現象の観察のための機材の導入に関して

本現象の観察にはハイスピードカメラの使用が必須であるが現時点では所有しておらず、従来は製造メーカからハイスピードカメラ FASTCAM MiniAX200 のデモ機を短期間だけ借用して観察を行っていた。このことによる制約を排除する目的で、現在は、研究室で所有している(株)キーエンス製ハイスピードマイクロスコープ VW-9000 の動画撮影機能を利用している。ただし、現時点で装着しているカラーカメラユニット VW-300C に換えて、より高速での撮影に適した上位機種の高速度カラーカメラユニット VW-600C を本研究費で導入して装着・使用することを想定していたが、研究費の使用上の制約から実現することができなかった。そのため、現有のカラーカメラユニット VW-300C を用いて、フレームレート 1000fps、シャッタースピード 1/3000 での観察を行っている。

### (2)負荷装置の改良

本研究では現有の直流電源装置で対応可能な 20V-20A 程度までの負荷条件で測定を行ったが、新たに高電力用抵抗器を使用した負荷装置を製作して使用した。これにより、通電時の発熱を抑制して従来よりも安全性を高めた状態での実験の実施が可能になった。

### (3)外部磁界印加時のアーク柱の特異な挙動に関して

今年度の観察により、特定の動作条件下では、前述したような開離アークの特異挙動が再現性良く生じることが確認できた。一例として、外部からの印加磁束密度を 2 段階にして各 5 回ずつの開離アーク挙動を観察した場合に、各動作条件での磁気吹消し回数、ならびに吹消しが生じなかった場合にアークが接点ギャップのどのあたりで最終的に消弧したかを回数で表した結果を表 1~2 に示す。

表 1 磁束密度 175mT における結果

	1mm/s			10mm/s		
	下方	中央付近	吹消し	下方	中央付近	吹消し
20V-16A	0	0	5	0	0	5
20V-12A	2	0	3	0	0	5
20V-9A	5	0	0	2	1	2

表 2 磁束密度 75mT における結果

	1mm/s			10mm/s		
	下方	中央付近	吹消し	下方	中央付近	吹消し
20V-16A	4	1	0	2	2	1
20V-12A	5	0	0	3	2	0
20V-9A	5	0	0	2	2	1

これより、(1)負荷電流が小さい、(2)磁束密度が小さい、(3)接点开離速度が遅い、と磁気吹消しが生じ難く、かつその場合にローレンツ力の印加方向(この場合は上方)とは逆に電極下方で最終的に消弧する傾向にあることが確認できた。なお、下方への動きが重力の影響ではないことはこれまでの検討で確認済である。

しかしながら、使用したカラーカメラユニットの制約からフレームレート 1000fps での観察となったため、例えば表 2 で、電極中央付近でアークが消弧した場合に、実際には最終的な消弧前にさらにアークが動いている可能性が排除できない。この点などを含めて、本現象について今後さらに検討を進める必要がある。