助成番号　210855

5－2

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	ビーム駆動型水素ペアイオンプラズマ生成の原理検証		
研究テーマ（英文）	Proof of Concept for beam-driven generation of hydrogen pair-ion plasma		
研究期間	2022年 ～ 2024 年	研究機関名　自然科学研究機構核融合科学研究所	
研究代表者	氏名（漢字）	中野 治久	
	氏名（カタカナ）	ナカノ ハルヒサ	
	氏名（英文）	Haruhisa Nakano	
	所属機関・職名	自然科学研究機構核融合科学研究所・准教授	
共同研究者 （計＿＿＿名） ＊2名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に3人目以降を追記してください。	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		
	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		

概要 （600 字～800 字程度にまとめてください。）

プラズマを構成する正負荷電粒子が質量対称性を持つペアプラズマは、高エネルギー天体現象の素過程のひとつとして重要な役割を果たしていると予測されており、通常の正イオン・電子プラズマに対して特異な性質を持つことが理論・シミュレーション研究により示されている。しかし、実験研究はペアプラズマ生成の困難さからほとんど行われておらず、実験研究による理論・シミュレーション研究の検証が十分に行われていない。天体現象で予測されているペアプラズマは電子・陽電子プラズマであるが、本研究では核融合技術で培われたイオンビーム技術を駆使して、放射性物質を用いないビーム駆動型の正負イオンによるペアプラズマを生成する手法の原理検証を目的とした。このために、まずペアプラズマ生成に適した正負イオンビームをペアプラズマ生成部に導入可能であることをイオンビーム輸送シミュレーションにより示した。また、同シミュレーションを用いてペアプラズマ生成部への正負イオンビーム特性が計測可能であることを示した。正負イオンでペアプラズマを生成するためには正負イオンビーム電流を同程度にする必要がある。そこで、正イオンビーム電流に比べて小さい負イオンビーム電流の増強を行った。負イオンビームを生成する負イオン源のプラズマ・ビーム境界の電極（プラズマ電極）に、低仕事関数材料である C12A7 エレクトライドを使用することで、プラズマ電極表面で負イオンが生成されて負イオンビーム電流を 70%増強させることができた。イオン源プラズマ計測や実験後のプラズマ電極の観察結果から、さらに負イオンビーム電流を増強可能である可能性を得た。上記、シミュレーション及び負イオン源性能向上の結果を基に、ペアプラズマ生成装置を設計した。本研究助成を発展させた内容で科学研究費補助事業の資金を獲得し、現在、同資金において実際に装置を製作してペアイオンプラズマ生成の実現を目指している。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録（100 語～200 語程度にまとめてください。）
Pair plasmas, where the positively and negatively charged particles composing the plasma have mass symmetry, are predicted to play an essential role as one of the elementary processes of high-energy astronomical phenomena. However, few experimental studies have been conducted due to the difficulty of the pair plasma production. This study aims to verify the proof of concept for generating the pair plasma by beam-driven positive and negative ions.
Ion beam transport simulations demonstrated that it is possible to introduce positive and negative ions suitable for pair plasma generation into the pair plasma generation area. The negative ion beam current was smaller than the positive ion beam current. By using C12A7 electride, a low-work-function material, as the electrode of the plasma-beam boundary (plasma grid) of the negative ion source, the negative ion beam current was enhanced by 70% because the negative ions were produced on the surface of the plasma grid. The ion source plasma measurements and post-experimental observation of the plasma grid indicate that the negative ion beam current can be further enhanced. A pair plasma apparatus has been designed based on the above investigation. We are now working to realize the pair ion plasma generation by fabricating the apparatus.