

核融合中性子による LLFP 処理

(4) 超音速風洞に於けるラム圧による高圧流れ場環境の生成手法

LLFP Transmutation by Irradiation of Fusion Neutrons

(4) A method for generating high pressure flow conditions by RAM pressurization in supersonic wind tunnel

*棚橋 美治¹, 佐藤 元泰¹, 木野康志², 高野 廣久¹, 武藤 敬¹, 飯吉 厚夫¹

1. 中部大, 2. 東北大

抄録: 核融合中性子による長寿命核廃棄物(LLFP)の分離・核変換への応用に用いる新しい核融合中性子源の開発を目指し、ミュオンを高密度の重水素標的に入射する新しい小型の実験装置として、超音速風洞を用いてラム圧により高圧流れ場環境を生成する手法につき説明する。これによりミュオン原子生成と核融合反応を起こす実験を行う。

キーワード: 核融合中性子、ミュオン原子、ラム圧、衝撃波、超音速風洞

1. 緒言

中性子照射 LLFP 短寿命化用ミュオン原子/プラズマ核融合中性子源の基礎研究として、ラムジェット衝撃波圧縮方式により標的を保持する以下の概念を創出した。

1) 粒子・エネルギー平衡系として、ラムジェットでミュオン粒子を捕給し、レーザー照射で熱を捕給する。
2) 力学的平衡系として、この高温・高密度領域は、常に膨張し拡散していくが、衝撃波反射の繰返しによる亜音速域での高圧域、レーザーによる高温域を形成する。これにより熱力学的平衡状態となり、閉じ込め磁場等の電磁力が不要となる。

ラムジェット衝撃波圧縮方式は、戦後本格的に進められてきたラムジェットエンジンの研究開発に於いて、JAXA 等国内外で実績のある手法^[1]であり、今回、核融合実現に効果的な手法として活用が期待されている。

2. ラバールノズル及びラムジェット超音速空気取入口を活用した高圧域の生成方法

ミュオンを 1cm^3 程の核融合領域で捉え、 $1\sim 3\text{MPa}$ 程の高圧で 10^{21}cm^{-3} の高密度ガス層を空間的に保持し、定常的に反応ガスを交換し、さらに発生した熱を取り除く。この実証実験には、 1s 以上の気流持続時間で、高速の高圧領域が生成出来ることが必要である。

そのため、図 1 に示す様に、超音速流を模擬できる風洞の気流中に、ラムジェットエンジン研究で実績のある楔型空気取入口を用いて衝撃波を発生させ、複数回反射させることにより、静圧が上昇して音速以下の状態まで減速し、高圧の連続的な流れ場が形成される。

気流の持続時間は、上流側の貯気槽の圧力と容積により調整可能である。 $1\sim$ 数 s レベルの気流持続時間であれば、He 或いは D_2 のボンベと貯気槽を用いて比較的経済的に貯気システムが構築できる。空気取入口のスロート部は境界層厚の影響を考慮して $10\sim 20\text{mm}$ の高さとし、 1cm^3 程の核融合領域を設ける。高密度及び高温の流れ場は、ミュオン粒子の入射及びエキシマレーザーによるプラズマ生成により実現する。ミュオン入射及びエキシマレーザーの投入方向は設備計画の中で調整する。空気取入口の後流側は、亜音速流として気体を回収する。

ここで、核融合領域において音速に近い流れ場が必要な理由は、以下の通りである。1) 原料ガスの置換。2) DT 核融合で発生したヘリウム原子（アルファ粒子）を分離し、ミュオンがアルファ粒子に捉えられ、損失する割合を減じる。3) 核融合反応が継続すると、アルファ粒子が発生し、高エネルギーの熱が標的の中に発生する。これを除去しないと標的の形状が維持できない。4) 音速付近で流出すれば、このアルファ粒子からの発熱は、流れ場によって遠方に運ばれるため、標的は安定に更新、保持され続ける。

3. 結論

以上の構想を以て、超音速流中でラム圧による高速で高密度の流れ場を生成することにより、標的が安定に更新、保持される環境条件が整う目処を得た。

(付記) 本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一環として実施したものである。

参考文献

[1] Kanda, T., et al., "Mach 4 Testing of Scramjet Inlet Models," J. Propulsion and Power, Vol. 7, No. 2, 1991, pp. 275-280.

*Yoshiharu Tanahashi¹, Motoyasu Sato¹, Yasushi Kino², Hirohisa Takano¹, Takashi Mutoh¹ and Atsuo Iiyoshi¹

¹Chubu Univ., ²Tohoku Univ.

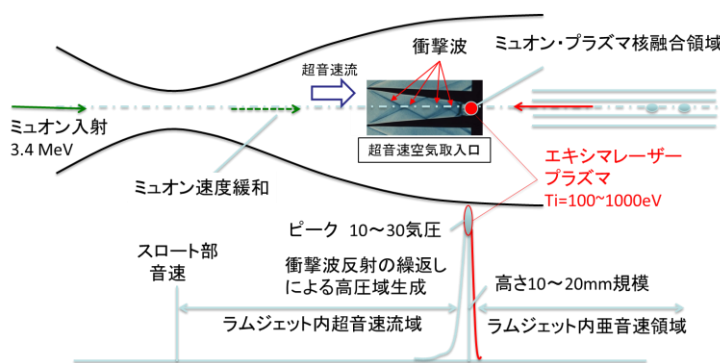


図 1. 高速高圧高密度流れ場生成の模式図