



東北大学

平成 24 年 5 月 31 日

報道機関 各位

東北大学電子光理学研究センター

核融合反応を促進する液体 Li 超音波キャビテーション

東北大学電子光理学研究センター・凝縮系核科学グループは、超音波を作用させた液体金属 Li に重陽子ビームを照射することにより、DD 核融合反応が大きく促進されることを見出しました。反応率増大の要因は、「超音波キャビテーション(注 1)により、液体金属 Li 中に 700 万度にも及ぶ高温の重陽子プラズマが生成されたことにある」と判明しました。この発見は、超音波キャビテーションによる高温プラズマ生成の直接的証拠を示したもので、卓上サイズ実験によるプラズマ核融合研究の可能性を開くものです。

【研究内容】

恒星内では、プラズマ中での熱核融合(注 2)により、軽い原子核から重い原子核へと核変換が進行し、それに伴うエネルギーが放出されます。宇宙における元素合成のメカニズム解明や地上での核融合エネルギー利用開発のためには、密度や温度の異なった広範囲にわたるプラズマ状態での核反応研究が欠かせません。

凝縮系中での核融合反応を大幅に増大させる物理的環境を探索している東北大学電子光理学研究センター・凝縮系核科学グループは、今回、超音波を作用させた液体金属 Li に、低エネルギー重陽子ビームを照射することにより、DD 核融合反応(注 3)が大きく促進されることを見出しました。

実験では、液体 Li 標的に 30~70 keV の重陽子ビームを照射しました。同時に、液体 Li への超音波照射の ON(照射)/OFF(非照射)を繰り返しながら、ビーム照射中に生じる $D(d, p)T$ 反応(注 4)からの陽子(p)の収量とエネルギースペクトルを測定しました。その結果、超音波 ON 時にのみ、陽子収量(反応率)が著しく増加する(図 1)、及び、陽子のピークの裾が高エネルギー側に広がる(図 2)

という顕著な現象が観測されました。収量とピーク形状に関して運動学的な解析が行われ、標的重陽子は、超音波 ON 時に液体 Li 中に生じる超音波キャビテーションにより約 700 万度 K の高温プラズマ状態にあることが判明しました。この実験では、「バブル核融合」(注 5)の証拠は見出せなかったものの、高温プラズマ標的による核反応の大幅促進効果を明白に示しました。

これまで、液体中で超音波キャビテーションにより生成される高温状態の温度は、数千度～数万度の領域ではソノルミネッセンス(注 6)の観測等により直接測定されています。今回の結果は、液体金属 Li 中での超音波キャビテーションにより 100 万度 K を超える高温プラズマ生成の直接的証拠を示したもので、卓上サイズ小型実験装置によるプラズマ核融合研究の可能性を開くものです。

研究成果は、2012 年 5 月 24 日付けで Physical Review C (米国物理学会)に掲載されました。

【発表論文】

Acceleration of the d+d reaction in metal lithium acoustic cavitation with deuteron bombardment from 30 to 70 keV

Y. Toriyabe, E. Yoshida, J. Kasagi and M. Fukuhara

Phys. Rev. C85, 054620 (2012)

【問い合わせ先】

東北大学電子光理学研究センター

笠木治郎太 (研究教授)

電話 : 022-743-3414

Email: kasagi@ins.tohoku.ac.jp

図 1. 超音波 ON/OFF 時の反応収量の比較

重陽子照射中に液体 Li 標的で生じる $D(d, p)T$ 反応からの陽子収量(反応収量)の測定例を示す。赤丸が超音波を作用させた時 (ON)、黒丸が作用させない時 (OFF) の収量である。超音波 ON が OFF に較べて著しく大きい。

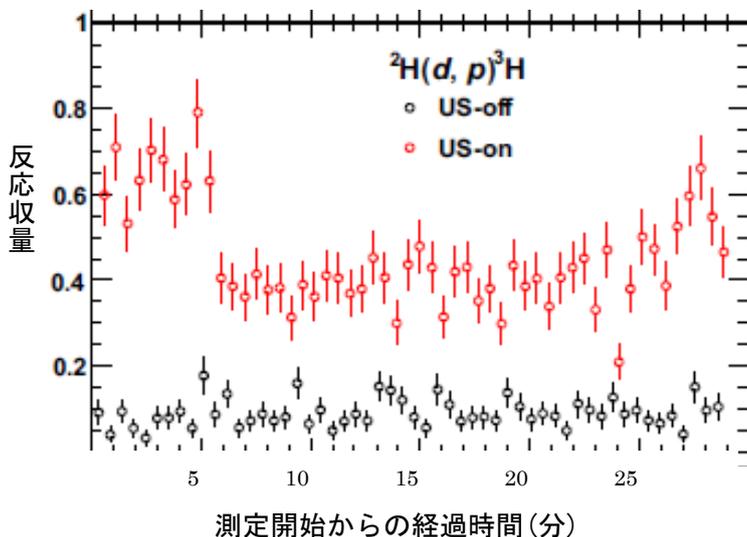
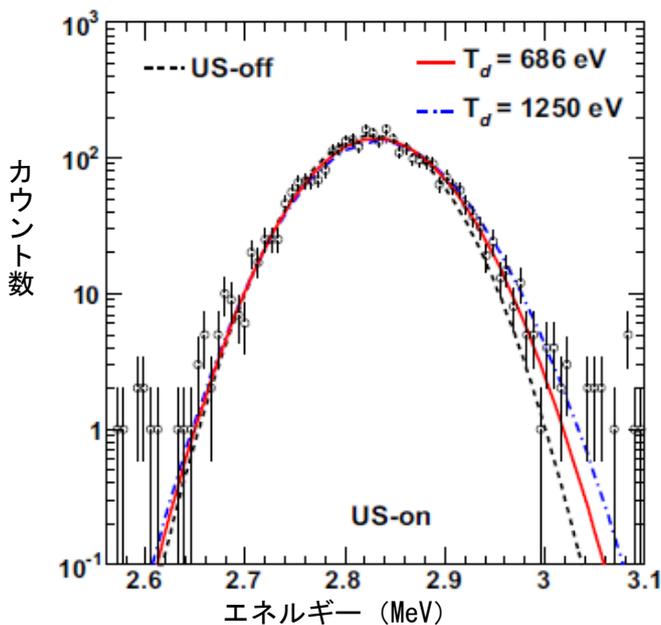


図 2. $D(d, p)T$ 反応からの陽子スペクトルの解析

超音波 ON 時に測定された陽子ピークの形状を黒丸で示す。黒色点線は同時に測定した超音波 OFF 時のピーク形状で、ON 時のピーク形状は、高エネルギー側に裾が広がっているのがはっきりと判る。標的重陽子の熱エネルギーが 686 eV と 1250 eV の場合に期待されるピーク形状を赤色実線と青色点線で示す。温度約 700 万度 K に相当する赤色実線が実験値を良く再現している。



【用語説明】

- 注1 超音波キャビテーション：液体に超音波を作用させると、密度の粗密振動を引き起こす。密度が小さくなった時、液体が気化しミクロンサイズの気泡が発生する。生じた気泡、或いは、気泡の生成をキャビテーションと呼ぶ。気泡が急激に圧縮される時、高温高密度状態になる。
- 注2 熱核融合：高温ガス中で熱運動している2個の原子核の核融合反応。熱運動のエネルギーが、衝突する原子核間のクーロン障壁に打ち勝たなければ反応は起こらない。通常、1億度Kもの高い温度が必要とされる。
- 注3 DD核融合反応：重陽子(D)と重陽子(D)が衝突し生じる核反応で、発熱反応である。 $D+D\rightarrow p+T$ （陽子と三重陽子の放出）と $D+D\rightarrow n+{}^3\text{He}$ （中性子と ${}^3\text{He}$ 粒子の放出）の二つの過程がほぼ1:1の割合で生じる。
- 注4 $D(d,p)T$ 反応：注3で述べた $D+D\rightarrow p+T$ 反応の別の表記。この場合、原子核反応は、標的核(入射粒子, 放出粒子)残留核という順で表記されている。
- 注5 バブル核融合：超音波キャビテーションで発生する気泡内高温高圧下での熱核融合。2002年にTaleyakhan達が重水素化アセトンの超音波照射により、DD熱核融合を計測したと報告した(*Science* 295 1868 (2002))。しかしながら、このグループ以外では、核融合現象は再現できていない。
- 注6 ソノルミネッセンス：液体中で超音波キャビテーションにより発生した気泡からの発光。気泡の内部での高温によって熱励起された原子・分子による発光や、ラジカルによる化学発光である。