

## ミュオンの思い出

火山などの巨大な物体の内部を宇宙線の中に含まれるミュオンと呼ばれる素粒子を利用して撮影するミュオグラフィという技術があります。この最新の装置を9月から展示しています。今回はミュオンにまつわる私の思い出話をちょっとしたいと思います。

### 核融合

核融合炉は夢のエネルギーだと子供の頃言われていました。いまだに実現しないのは、ほんとうは夢物語なのかもしれません。dt→anという反応を地上で起こすのが核融合炉です。ここでdは重水素、tは三重水素、aはヘリウムの原子核で、nは中性子です。この反応を起こすには、超高温、超高压（密度）の特別な環境が必要で、その環境の持続時間とを合わせてローソン条件とよびます。

爆弾は別として、この条件を満たすことが難しいのです。そもそも高温のプラズマを入れておく容器を作るのが難しい。また、火（核融合）から出るエネルギーは大きいですが、マッチ（ローソン条件を満たす環境）の値段が高いのです。アウトプット（火）よりインプット（マッチ）の方がエネルギーが大きい状況といいかえてもいいでしょう。核融合（地上の太陽）実現は遠い、と思っていました。ところが数年前、茨城の那珂市の施設を視察する機会があって、既にアウトプットはインプットを超えていると聞かされびっくりしました。

ただし他にも問題はたくさんあって、天然には存在しない三重水素をどう調達するのも問題です。実は、核融合反応から出てくる中性子をうまく利用して、三重水素を製造するという方法（dn→t）があるのですが、その技術がまだ確立していないのだそうです。

### ミュオン触媒核融合

ここで、話は私が学生だった二十数年前のこと。当時（今でも研究されているのかもしれないけれど）、液化した重水素と三重水素の中にミュオン $\mu$ を打ち込んで核融合をおこさせる、ミュオン触媒核融合という話がありました。液体の中で $dt\mu \rightarrow an\mu$ という反応を起こさせようという訳です。

ミュオンはプラスの電気を持ったものと、マイナスの電気を持ったものがあり加速器で作ることもできます。ここでのミュオンはマイナスの電気を持ったもので、質量が電子の200倍あること以外は、電

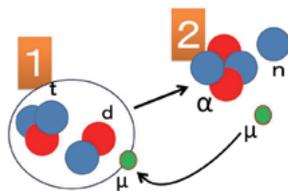


図1. ミュオン触媒核反応。 $\mu$ はdとtをくっつけ①、 $\alpha$ とnに変え②再び別のdかtへ向う→①。

子と全く同じ性質です。ということは、核の周りを電子が回るのではなくミュオンが回るミュオニック原子（分子）ができることになります。原子（分子）の大きさは、実は電子の質量で決まっています。ミュオンは電子の200倍の質量を待ちますから、ミュオニック原子（分子）は通常の200分の1のサイズになります。

重水素と三重水素のミュオニック分子はサイズが小さく、重水素核と三重水素核が近づいて、核融合を起こす確率が大きくなるだろうというわけです。核の部分はヘリウムと中性子に核変換し ( $d t \mu \rightarrow \alpha n \mu$ )、ミュオンは新しくできたヘリウムに束縛されることなく、次の重水素、あるいは三重水素に捉えられる…というわけです。果たしてそんなに都合よくいくのか、ネックはミュオンと三重水素の寿命にあるのですが、興味のある方は「ミュオン触媒核融合」というキーワードでネットを探して見て下さい。

### ハイパー核

学生時代、上の話を九大にいた同学年生が計算していました。当時私はハイパー核という奇妙な粒子 $\Lambda$ （寿命が100分の1秒しかないこと以外は、中性子に似た性質の粒子）を含む原子核の構造を研究していました。

九大の彼は、 $dt\mu \rightarrow \alpha n\mu$ という計算をしていました。ミュオン触媒核反応がうまくいくためには、 $dt$ という状態と $\alpha n$ という状態が似ていると都合がいいのです。一方、私は $dt\Lambda$ という状態がある実験（図2をご覧ください。）

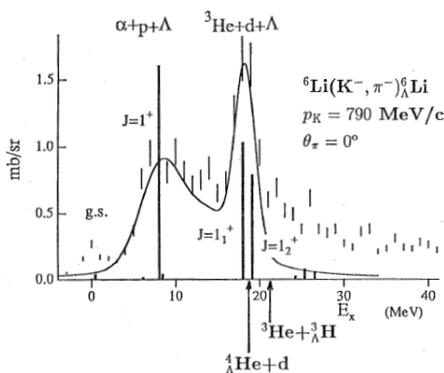


図2. 加速器で作ったK中間子という粒子をリチウムに衝突させ、そこから飛び出す $\pi$ 中間子と呼ばれる粒子の数とエネルギーを測定する実験。誤差棒のついた点が実験値。曲線が当時の私が計算したもの。微妙にあっているような、ないような。

をすると大量にできるのではないかと、という研究をしていました。私の言いたい結論は、 $dt$ が $\alpha n$ に似ていない（直交しているといいます）と都合がいいのです。

つまり、似たような計算を彼と私とでしていたのですが、お互いに主張するところをうまくいかせるためには、正反対の結果を導かなければならいのでした。

実際にはケンカすることなく、彼の計算結果などを参考にさせてもらいながら、私は自分の計算を進めていました。ミュオンといとなぜかこの話を思い出してしまいます。

大倉 宏(科学館学芸員)