
特別講演

1. 森田正人
 2. 井本正介
-
-

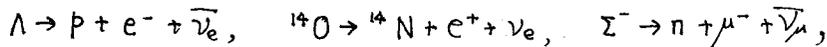
特別講演 1

ベータ崩壊

阪大理 物理 森田正人

ベータ崩壊は、原子核構造の基本である核力理論を生ま出す引き金として登場した。その後パリティ非保存の発見を経て、ベータ崩壊の理論的基礎が固まった。ベータ崩壊として分類できる物理現象は、以下に述べるように意外に多い。この多様なベータ崩壊の諸反応から、我々は何かにして弱い相互作用の本質を明らかにし、また原子核模型の構成に必要な事柄を取り出すことができたかを紹介する。

さてベータ崩壊とは、素粒子または原子核が電子とニュートリノを放射（又は吸収）して、他の素粒子または原子核に変換する現象である。電子には通常の電子のかたわりに、重い電子 μ （ミューオン。ミュー中子と呼ばれることもあった。）を考えてよい。したがって、ベータ崩壊と総称される現象は、化学でのベータ環変換はじめて、もっと広範な現象を含んでいる。以下にいくつかの例を挙げてみよう。



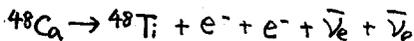
などは、各々初期状態の名前を冠して、中性子のベータ崩壊、パイ中子のベータ崩壊などという。軌道電子が原子核に吸収されて、ニュートリノを放出する過程には



などがある。後者は特にミューオン捕獲ともいい、原子核構造の研究の独立した一部門を構成している。またこれらの逆過程として、



などがあるが、前者を逆ベータ崩壊、後者をニュートリノ反応ということもある。ベータ崩壊の2次の過程として、



などが観測されており、ダブルベータ崩壊という。

以上の現象に共通した性質は、何れも電子（またはミューオン）とニュートリノが関与し、反応が比較的のろく進行することである。これらの反応を引き起こす基本的な力は、弱い相互作用と呼ばれている。その結合定数は、よく知られている電磁相互作用の場合よりも著しく小さい。

さてここには弱い相互作用とは、物質の究極の構成要素である素粒子間に働く相互作用である。弱い相互作用は、最近になってやっと強力にとりあげられるようになった。ベータ崩壊の研究の第1の目的は、この弱い相互作用自身の性質を知ること

とにある。このため一番手近かにある現象として、原子核のベータ崩壊(環変)が述べられる。この相互作用の特徴は、パリティ非保存によって代表される各種非連続変換に対する、物理法則の不変性の破れである。これを明らかにし、またその結合形式、すなわち相対論的変換性、の詳細を調べる事が、ベータ崩壊研究の最大の課題となっている。

第2に、弱い相互作用の性質が確立すると、原子核の自発的なベータ線放出ならびに軌道電子捕獲の現象は、ガンマ崩壊のときと同様に、原子核構造に関する知識を供給することができ、原子核の各状態の性質、即ちエネルギー、スピンやパリティ等の量子数、ならびに電荷、磁気的2重極能率、電気的4重極能率などの核モーメント、更に遷移核行列要素等は、原子核構造を理論的に構成するための素材となっている。原子核のベータ崩壊では、ベータ粒子のエネルギー依存性とパリティ非保存のため豊富な内容の物理量が測定できること、その結果、核子の相対論的効果や原子核における核子以外の自由度等についての研究が進められている。

この講演では、主として第1の問題に焦点をしぼり、ベータ崩壊を引き起こす力、すなわち相互作用、が確かに弱いこと、この力が空間反転に対して不変ではないこと、などを具体的な現象を通じて紹介した。最近の数年間の大阪大学での理論実験両がループによる研究が、はじめに明らかにされた、荷電空間内の弱い相互作用の対称性に関する特性も、できれば紹介したい。

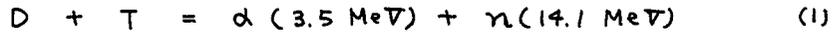
参考文献

1. M. Morita, Beta Decay and Muon Capture, Addison-Wesley-Benjamin, Reading, Mass., 1973.
2. 山田勝美, 森田正人, 藤井昭彦, ベータ崩壊と弱い相互作用, 培風館, 1973.
3. M. Morita et al., Beta Decay and Nuclear Structure, Prog. Theor. Phys. Suppl. #60, 1976.

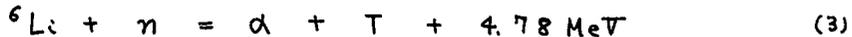
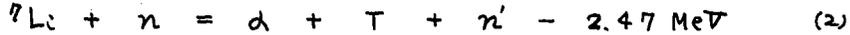
核融合とトリチウム

阪大工 井本正介

トリチウムは核融合炉における key material である。主な核反応は、炉心では



ブランケットでは



である。(2)の反応は8 MeV に断面積のピークを持つ吸熱反応であるが、(3)は低速中性子で断面積が大きく、(2)の反応で生じた中性子は(3)の反応に利用できる。うまくいけば、(1)(2)(3)を合わせて増殖比(生成トリチウム量/消費トリチウム量)は2となる筈であるが、実際は1.0前後のようである。日本原子力研究所での試験計(迫澤他, JAERI-M 5502)では、(2)の増殖比は0.36, (3)は0.80, 合わせて1.16となっている。(1)(2)(3)を合計したエネルギーは20 MeVで、2000MW_eの核融合炉を1年間連続運転するに必要なトリチウムの量は100 kgとなる。放射能に換算すると1000 MCi である。核融合炉におけるトリチウムの問題はちがってこのような大量を扱う所から生ずる。

炉心における燃焼の結果、燃えかすの He が生じ、燃え残りの D, T と混合する。さらに中性粒子入射装置からの D が加わる。原研の試験計では burn up ratio は3%であるから、未燃焼の割合の方がはるかに大きい。炉心ととりまく第一壁は高エネルギーの中性子や keV 程度の軽イオン、中性粒子の照射を受け、sputtering, blistering, re-emission などの現象が起る。μm 程度のかかなり大きい ちり が発生する可能性もある。高い原子番号の元素から成る不純物は燃焼を妨げるので、不純物を絶えずとり除き、同位体分離を行って注入燃料の同位体比の調整を行う必要がある。burn up ratio が3%とすると、約30倍のトリチウムを on-line でつねに D₂ から分離しなければならぬ。大量のトリチウムを含むガスを不純物掃集と同位体分離を行い、リサイクルしなければならぬ莫大の問題である。これに付随する大きな問題は、金属配管、容器などの壁を通してのトリチウムの透過による漏洩である。金属壁を通しての透過度を小さくするため、酸化膜などのバリアをつけることが考えられているが、hot ion に対しても有効であるかどうか疑問である。バルブセパレーターからの漏洩も考えられるので、leak-free のこれらの component の開発が要求される。トリチウムを含むガスの循環技術は、本格的な動力炉に至るまでもなく、DT 燃焼装置(10g 程度のトリチウムを扱う)のように現在設計中の装置に向けても早急に確立されねばならぬ技術である。この循環とは、もちろん、不純物掃集、同位体分離、回収、貯蔵などを含むものである。

第二の問題はブランケットからのトリチウムの回収である。ブランケットは、金属 Li (液体) や LiF-BeF₂ 溶解塩のように冷却材と兼ねるものと、Li₂O のように、He で冷却を行うものがある。ブランケットからのトリチウムの回

扱は、ちょうどいまの原子炉における再処理のよりに、年に1~2回、off-lineで行えばよい。しかし、LiまたはLi化合物からのトリチウムの回収は意外に難しいとされている。たとえば、金属LiではLi-T化合物が主で、これが非常に安定なため、純度の高いTの回収は困難である。Li₂Oの場合は、これを加熱してLi₂O₂を蒸発させ、これをさらに熱分解してT₂Oを得る方法などが考えられている。この場合にもトリチウム放出低減が必須であることは間違いない。

次の問題は初核荷のトリチウムをどうして得るかという点である。原研で計画中の炉心モックアップ装置(昭和65年完成予定)では200gのトリチウムが必要であるが、原子炉中にLiを含むキャプセルの照射を行って、1年間に3g/MW_tのトリチウムを得ることができると見られている。ATR「いげん」を改良して、年産150gのトリチウムを得ることが提案されている。

核融合の開発はトリチウムに関して上記の問題を提出するが、その際の要となる基礎的な研究課題は水素の同位体効果である。同位体効果が分つていれば、上記の多くの技術課題をH、またはDで行い、最後にTで実証すればよい。しかし、現在の所、トリチウムは軽水素や重水素とちがうという情報がかなり多い。水素の同位体効果についての研究が活発になることを切望する次第である。

