

超重元素

森本、浅井、加治

July 9, 2011

概説

超重元素合成実験において、より大きい原子番号の元素が発見されるに伴い、原子核は一体どこまで存在するのであろうかという疑問が生じるのは自然な事である。質量公式の一つである KTUY による原子核の存在限界についての予測は、図 1 に示されているように超重核研究の対象領域が広大に広がっている事を示している。現在周期表上で名前が決定している元素は 112 個あり、118 番元素までの生成が報告されている。しかしながら、日本国で発見された元素は未だ一つもなく我国発の命名権取得が強く期待されている。人類が到達しうる最も重い原子番号を有する原子核を人工的に合成し核種同定する試み(新元素探索)は、超重核合成研究における最大の挑戦である。本研究領域では、まず新元素探索を主軸とし新同位体の探索および原子核構造を明らかにするような合成実験を推し進めるべきであると考え。特に、 $Z=126$, $N=228$ に二重閉殻構造構造がある事が予測されており、比較的寿命の長い ”安定の島” が存在する可能性がある。この ”安定の島” に到達する事が、超重元素合成における長期的な目標となる。

(図 1. 小浦さんの図)

浅井さんによる超重核核分光研究の概説

1-1. 超重核の合成

新元素 (国内初の命名権取得)

2004, 2005 年に報告された 113 番元素の合成に関する報告は、国内初の元素命名権取得に向けて極めて近いものである。中性子と陽子数が球形魔法数近傍である安定性の高い ^{209}Bi を標的とした重イオン融合反応 (コールドフュージョン) $^{209}\text{Bi}(^{70}\text{Zn}, n)^{278}113$ によって合成された原子核は、 α 崩壊連鎖が既知核へ到達することをもって実験的に原子番号と質量数の両方が決定された。これまでは、他機関による追試をもって元素の命名権が認定されてきているが、113 番元素に関しては、生成断面積が極めて小さいため、他研究機関での再現実験は事実上困難である。しかしながら、IUPAP と IUPAC から結成される委員会 (JWP) は、同一研究機関からの実験であってもデータに ”High degree of

internal redundancy and of the highest quality”があれば評価すると報告しているため、まずはこの基準のクリアを目指す必要がある。2009年、娘核 ^{266}Bh および ^{262}Db の壊変特性を調査し113番元素同定の検証を深めた事により、残るは原子核 $^{278}113$ の観測量を増やす事が必要とされている。

113 番元素を超える超重核の合成

これまで、GSI および理研において主にコールドフュージョンを用いた実験、主にDubnaにおいてホットフュージョンを用いた実験がなされてきた。特にコールドフュージョンを用いた新元素の探索は、生成した核の崩壊が既知の核につながるという利点があるが、その生成断面積の小ささにより現在の実験手法にブレークスルーが無い限り限界に到達している。ただし、これまでより1桁以上の大強度ビームを用いる実験を可能にすることで、 $^{208}\text{Pb}(^{86}\text{Kr},n)^{293}118, ^{209}\text{Bi}(^{86}\text{Kr},n)^{294}119$ 反応等、既知核への到達が可能な超重核を合成し、新元素発見とする事が出来る可能性は残されている。しかしながら、今後は生成断面積の観点からホットフュージョンを用いた新元素探索に主軸を移して行く必要があると考えられる。アクチノイドを標的とした重イオン融合反応(ホットフュージョン)によって、中性子過剰領域の超重核を合成することが可能である。変形魔法数 ($N=162, Z=108$) ならびに理論的に予測されている球形魔法数 ($Z=114, 120$ or $126, N=184$) 近傍領域の超重核を合成出来ることから、原子核構造研究の観点からも興味深い。現在理化学研究所では、ホットフュージョンを用いた超重元素合成実験に特化した性能を持つ反跳核分離装置 (GARIS-II) が開発され、超重核探索を行うための準備がなされている。今後は、このGARIS-IIを利用した新元素探索ならびに核構造研究が推進される予定となっている。例えば、人類未踏の120番元素の超重核合成 $^{248}\text{Cm}(^{54}\text{Cr},xn)^{302-x}120$ が検討されている。

しかしながら、ホットフュージョンで合成された核種は、中性子過剰であるが故にその崩壊が既知核へ到達する事が困難であり、実験的に原子番号と質量数を同定する事が出来ない。さらには、超重核の”安定の島”へ近づくにつれて超寿命となっていけば、崩壊を待たずとも原子核の原子番号と質量数を直接測定する手法 (ΔE - E 法, GARIS+IGISOL 法, GARIS+TRAP 法, 特性X線観測) の開発が求められる。今後、広大な超重核領域の研究を推し進めるためには、これら原子番号と質量数を直接測定する手法の開発が急務であると考えられる。

超重核の核分光