

(様式 2)

議事録番号

提出 2008年 2月 29日

## 会合議事録

研究会名： 核励起研究会

日 時： 2008年2月13日, 10:30 - 16:00

場 所： SPring-8 普及等会議室

出席者：(議事録記載者に下線) 向山毅、伊藤嘉昭、鍛冶東海、大橋浩史、寺澤倫孝

計5名

議題：

1. 経過報告
2. 講演： 「核現象における高次過程」  
講演者： 向山 毅
3. 質疑および討論
4. 第二期研究会応募について

議事内容：

1. 経過報告  
2006年発足以来の周囲環境の状況変化、活動経過について報告。  
これまで実験を進めてきた「124-Sb の崩壊過程における放射光照射効果」の研究が京都大学原子炉における中性子照射の停止および兵庫県立大学放射線取扱い施設の使用不能化に伴い、研究内容が制約を受けるようになった経緯を報告し、今後の活動の方針再検討について議論した。
2. 講演 「核現象における高次過程」  
関西外国語大学の向山毅教授に上記タイトルの講演を依頼し、聴講した。  
講演内容は
  1. 最近のトピックス
    1. 1電子捕獲による核励起 (NETEC)

1. 2 内部転換の化学効果 (フラーレン)
1. 3 内部転換と光電効果
1. 4 X 線照射による核遷移の加速
2. NEET
3. Bound Internal Conversion (BIC)
4. Electron Bridge (EB, 電子架橋)

であり、各項目について研究状況の解説が話された。

- (1. 1) イオン・原子衝突で入射イオンが標的原子の電子を捕獲して余剰エネルギーを放射線として放出する REC (Radiative Electron Capture) に対応して、標的原子核を励起する過程 (NETEC; Nuclear Excitation by Target Electron Capture) が考えられ、A. Palffy らにより断面積の計算が示された。この結果は $\sim$ mb 台で小さく、実験は困難と予想される。
  - (1. 2) 内部転換現象の一例として、フラーレン C<sub>60</sub> 分子の中に入れた <sup>235</sup>m-U の半減期が孤立原子に比べて大きくなることが A. M. Frolov らにより実験的に示された。
  - (1. 3) 内部転換は原子核の電磁場と軌道電子の直接相互作用によって生ずると考えられている。しかし核から放出された仮想光子が軌道電子に吸収されて、その結果電子が放出されると考えることもできる。後者の現象を内部光電効果という。A. H. Sorensen は内部転換係数を直接過程と内部光電効果およびその両者の干渉効果に分離して内部光電効果の寄与を計算した。
  - (1. 4) <sup>178</sup>-Hf のアイソマー<sup>178m2</sup>-Hf (スピン+16, 半減期 31y) に X 線照射することにより核遷移の確率が 4%増加するという C. B. Collins らの報告があり(1999)、彼らは SPring-8 でも実験し確認して、アイソマー準位への X 線の共鳴吸収などが議論されてきたが、I. Ahmad らは APS で実験(2001)して確率を求め前者に比べ5桁も小さいことを確認し、核物理学の予想と一致するものであることを結論している。
- (2) NEET の実験研究は、岸本らによる <sup>197</sup>-Au, <sup>193</sup>-Ir、われわれ及び I. Ahmad らによる <sup>189</sup>-Os の測定がある。NEET の確率はいずれの場合も予想以上に小さい値を示したが、理論計算も数値がだんだん小さくなり、最近のモデルでは実験値とかなり一致している。
- (3) 励起された原子核のエネルギーが電磁相互作用によって直接に軌道

電子に与えられ、その電子が原子の外に放出（電離）されるのが内部転換現象である。この現象は核励起準位エネルギーが電子の結合エネルギーより小さいときは起きないが、電子軌道間（例えばK及びL軌道）の結合エネルギー差に等しいときは、共鳴的にK殻からL殻への電子励起が起こる可能性がある。これを Bound Internal Conversion (BIC) または共鳴内部転換 (Resonant Internal Conversion) という。BIC は NEET の逆過程と考えられ、ファイマンダイアグラムは同じで、電子と原子核の始状態と終状態のエネルギーが逆になっている。BIC の最初の実験が T. Carreyre ら (2000) により  $^{125}\text{Te}$  の最初の励起準位 (35.4917keV, スピン  $3/2^+$ ) について報告され話題となっている。この現象は原子に多くの空軌道があるとき、すなわち高電離イオンにおいて生じやすいため、重い原子の放射光励起により興味ある研究が展開されることが期待される。

(4) 内部転換過程で原子核の励起エネルギーを吸収した軌道電子が放出される代わりに、一旦は受取ったエネルギーを電磁波の形で再放出する過程がある。核が直接に  $\gamma$  線を放出する代わりに、電子を経由して  $\gamma$  線が放出される。これが電子架橋 (Electron Bridge, EB) である。A. Kekez らは  $^{93}\text{Nb}$  の 30.7keV の M4 遷移 (半減期 13.6y) について非弾性的な EB を観測するのに成功した (1985)。初期状態の電子が L 殻にあり終状態で N5 殻またはその外側に移る場合、EB によって放出される光子のエネルギーは 28.2keV となる。30keV 付近の  $\gamma$  線のスペクトルを精度よく測定し、バックグラウンドおよび内部コンプトン効果の寄与を差引いて、EB のみによる  $\gamma$  線のスペクトルを得た。EB による  $\gamma$  線と通常の  $\gamma$  線との強度比は 0.07 であり、理論計算値にほぼ一致している。

この結果は EB が高次の核過程であるにもかかわらず、予想以上に大きな確率で起こっていることを示していて興味深い。今後他の核種についても研究が進むことが期待される。

3. 向山毅教授の講演でも結言で触れられたが、核現象についての高次過程の研究は従来放射性同位元素を用いて行われてきたが、最近では放射性同位元素の使用に関する規制が厳しくなってきたり、実施が困難になっている。したがって、これからは放射光、レーザー、高電離イオンなどを利用することが重要な選択肢である。とくに SPring-8 などの高エネルギー・高輝度放射光は核現象に直接関与し、または電子の内殻励起を通して核現象の高次過程に係わる可能性は大きく、関連の研究の展開が期待できる。

4. 核励起研究会は研究環境の変化と少ない参加人数による研究展開の制約という現状を踏まえ、今後の活動について討論し、第二期研究会参加について議論した。その結果、高エネルギーX線の高分解能分光により、高エネルギー領域の重元素などのX線励起、核励起の研究を進めることとして計画し、申請することになった。