

4P031 ケイ光寿命測定による内殻励起クラスターの崩壊過程の研究

兵庫県立大、^aJASRI

伊勢田 満弘、下條 竜夫、本間 健二、為則 雄祐^a、James Harries^a

[序]軟X線領域の光を原子に吸収させると内殻電子が励起し、内殻正孔状態が形成され、その後ケイ光放出などの緩和過程が起こる。クラスター内においては、この緩和過程で原子間クーロン相互作用による電子移動などが起こる事が知られており、近年大きな興味もたれている。本研究ではケイ光寿命が原子とクラスターでどのように変化するのか、また、その変化からどのようなクラスターの崩壊過程が考えられるかを明らかにするために Ar クラスターを用いて実験を行った。

[実験]本実験は SPring-8 BL27SU にて行った。液体窒素を用いて-100°C程度まで冷やしたノズルから Ar を背圧 2 atm で超音速膨張させることでクラスターを生成した。その後、スキマーを通すことによってクラスタービームを得た。文献[1]より、この条件では平均クラスターサイズが約 80 と見積もられる。そしてクラスタービームに対して垂直の方向から軟 X 線を照射し、クラスター内の Ar 原子を内殻励起することで、その後放出されるケイ光を MCP を用いて測定した。ケイ光寿命は放射光のバンチに対するケイ光シグナルの遅延時間を TAC を用いて測定した。この時 SPring-8 のバンチの間隔は 228.1 ns でケイ光寿命を測定するのに十分である。

[結果と考察]室温のノズルから放出したアルゴン原子に 246.95 eVの光を照射した時に放出されるケイ光強度の時間変化を図1(上)に示す。この条件ではビーム中にほとんどクラスターは存在していないと考えられ、このケイ光はAr原子のケイ光であると考えられる。さらに、ノズルを液体窒素で-100 °C程度まで冷却し、ノズル背圧を 2 atmにあげて同じ励起エネルギーで観測したケイ光強度の時間変化を図1(下)に示す。この条件では、「実験」で述べたように平均 80 個程度のAr原子からなるクラスターが生成していると期待される。その結果(図1の上と下)を比較するとAr原子だけが存在するビーム条件では観測されなかった長寿命の成分が、クラスターが存在するビーム条件では見られる。これはクラスターに起因すると考えられる。この長寿命成分の励起波長依存性を明らかにするためにケイ光強度の時間変化(減衰曲線)をdouble exponential関数、 $A_1 \exp(-t/\tau_1) + A_2 \exp(-t/\tau_2)$ 、でフィット(実線)し、短寿命成分/長寿命成分に分離した。さらに A_1 と A_2 を励起エネルギーに対してプロットし、短寿命/長寿命成分の相対ケイ光収率スペクトルを得た(図2)。同じ図にAr原子のケイ光収率スペクトルを示すが、短寿命のケイ光収率スペクトルはAr原子のケイ光収率スペクトルに非常に良く似ている事が分かった。従って短寿命のケイ光は原子、または小さなクラスターからのものであると考えられる。一方長寿命のケイ光収率スペクトルでは短寿命のケイ光収率スペクトル、Ar原子のケイ光収率スペクトルで見られない変化が250eV以上で観測されており、大きなクラスターからのものであると予想される。

図3に原子の長寿命成分の寿命 τ_1 とクラスターの長寿命成分の寿命 τ_1 を励起エネルギーに対してプロットしたものを示す。クラスター特有の長寿命成分の寿命は約 6~12 nsの寿命を示しており、文献[2]よりこの範囲の寿命を持っているとされる励起状態はArイオンの $3s.3p^6 [^2S_{1/2}]$ またはAr原子の $3p^5 (^2p_{3/2})4s, 3p^5 (^2p_{1/2})5s$ であると考えられる。このことから励起されたArに隣接するAr原子へのエネルギー移動が起こり、そこからケイ光が観測されたと予想される。

文献 [1] J. Wormer *et al.* Vol41, 490-494 (1990)

[2] D. C. Morton *et al.* 149, 205 (2003)

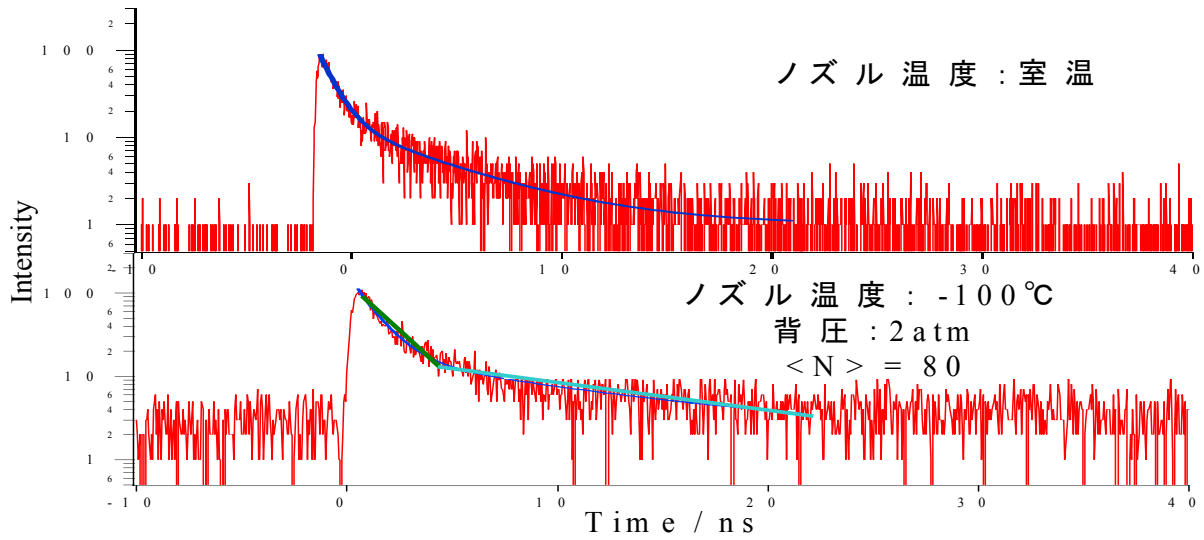


図1:原子とクラスターのケイ光の時間変化

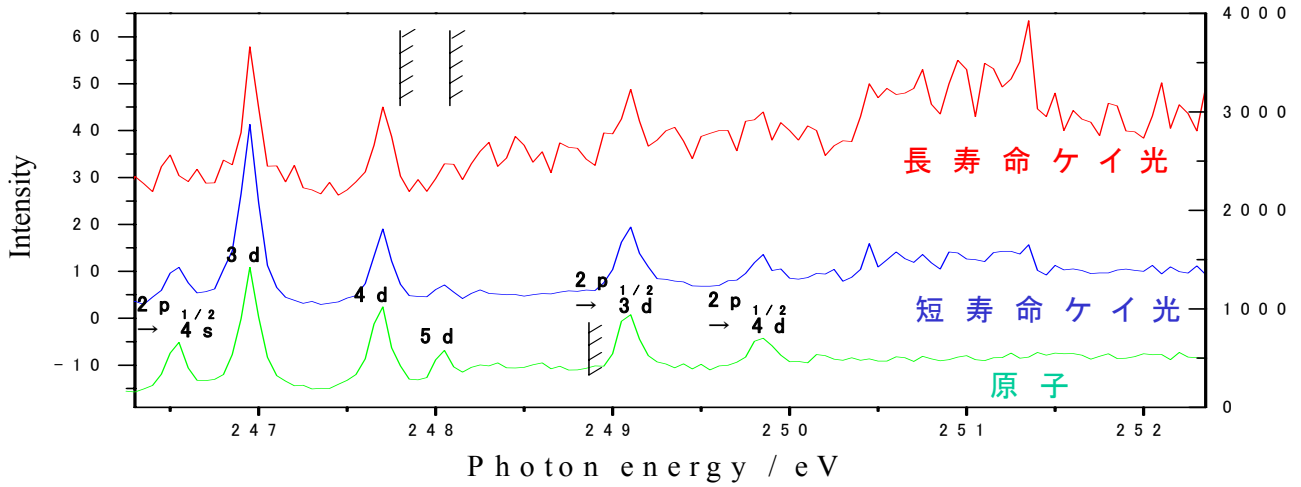


図2:ケイ光強度スペクトル

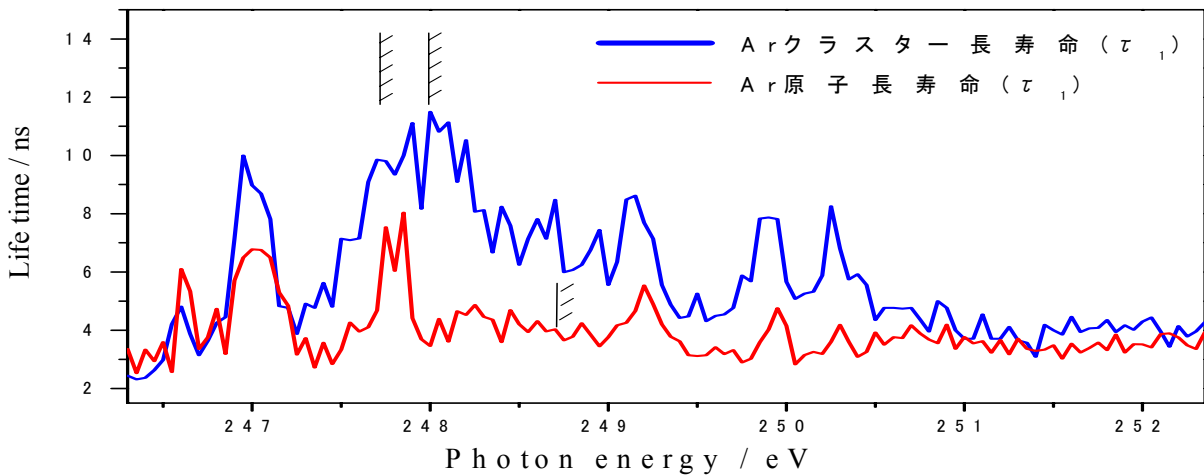


図3:原子とクラスターの長寿命成分の寿命のエネルギー変化