

立教大学学術推進特別重点資金（立教 S F R）
大学院生研究
2005 年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院			理学	研究科	化学	専攻
指導教員	所属・職名			氏 名			
	理学部・教授			漆山 秋雄 印			
自然・人文の別	○自然・人文			個人・共同の別	○個人・共同 名		
研究課題名	CaSO ₄ :Tm の熱ルミネセンスメカニズムの解明とナノ材料を用いた TL 素子の開発						
研究代表者	在籍研究科・専攻・学年			氏 名			
	理学研究科化学専攻 後期課程 3 年			眞正 浄光 印			
研究組織	在籍研究科・専攻・学年			氏 名			
	理学研究科化学専攻 後期課程 3 年			眞正 浄光			
研究期間	2005 年度						
研究経費	500 千円						

研究の概要 (200~300 字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

医療技術や電子機器の進歩に伴い多くの電磁波が混在し、被曝が身近なものになっている。医療被曝が世界で突出して多いことや、原子力発電施設等が多いわが国においては、各種電離放射線に対する簡易的な線量測定技術を確立することは大変重要であり、放射線障害が晩発障害であることを考えると急務である。われわれの研究対象である熱ルミネセンス素子 CaSO₄:Tm はその問題解決に対して可能性を大きく含んでいる。本研究ではメカニズムを解明し、簡易的な線量測定が行えるよう改良または、新規材料の開発を目的とする。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[無機材料] [熱ルミネセンス] [線量測定]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

CaSO₄:Tm は、個人被曝線量計として市販されており、多くの研究がなされている素子である。しかしながら、線量計の特性の指標となる捕獲準位の活性化エネルギー (E) と頻度因子 (s) の報告には大きな隔たりが残されたままである。その捕獲準位の算出法はいくつかの方法があるが、いずれの方法も Randall らによって提唱された First-order 式を基にしている。この式は、熱ルミネセンスの発光量と温度の関係を示したものの、グロー曲線を表している。異なる昇温速度を用いたときのグローピーク温度の変化 (昇温速度法) や、照射後グローピーク温度より低い温度で部分的にアニールしたときのグローピークの面積の変化 (部分アニール法)、グロー曲線の立ち上がりの変化 (立ち上がり法) から E と s を算出できる。これまでの報告の多くがこの素子のメイングローピークに関する捕獲準位の成分数を 1~3 つと考えたものであり、その TL パラメータは、 $E = 0.94 \sim 1.3 \text{ eV}$, $s = 10^9 \sim 10^{13} \text{ s}^{-1}$ の範囲であった。一方、メイングローピークを 6 つ以上の複数成分からなるという報告もあるが、複数成分の解析の困難さから TL パラメータを示していない。

先に示した TL パラメータの算出法の中で最も精度を上げることが可能な解析は、昇温速度法の昇温速度範囲を広げることである。これまでの TL 測定は、昇温速度が早いほど時間当たりの発光量が大きくなるので昇温速度が $100 \sim 1^\circ \text{C/s}$ の範囲で測定が行われてきた。これは、一秒あたりの温度上昇があまりにも大きく解析には不向きである。われわれは、測定精度を上げるために独自で測定器を作成し昇温速度を $2.5 \sim 0.0008^\circ \text{C/s}$ の範囲まで測定を可能にした。同時に、メイングローピークの成分を明らかにする目的で、照射後 10°C 間隔で $100 \sim 220^\circ \text{C}$ まで部分的アニールを施した後のグロー曲線の解析も行った。

この解析の結果、メイングローピークは 8 成分からなり、その TL パラメータは $E = 1.67 \sim 2.01 \text{ eV}$, $s = 10^{19} \text{ s}^{-1}$ であることがわかった。このパラメータを用いると昇温速度を変化させたときのグローピークの変化をこれまでになく正確に再現することができた。他に、この解析法は、これまで 3 ヶ月から 6 ヶ月必要とした年代測定時に重要な長期的フェーディング特性を数日で調べることも可能であることも示した。

CaSO₄:Tm のほかに CaSO₄:Dy, CaSO₄:Tb, CaSO₄:Sm の解析を行った。解析法は、広範囲昇温速度法のほかに、部分アニール法、X 線励起ルミネセンス用いた励起直後からのルミネセンス崩壊曲線を用いて解析を行った。その結果、添加希土類による捕獲準位の違いは見られず、また、いずれの解析結果でもほぼ同じ TL パラメータを示した。部分アニール後のグロー曲線もこのパラメータを用いると正確に再現できた。これらの解析結果から、CaSO₄:RE (Tm, Dy, Tb, Sm) のメイングローピークの成分数と捕獲準位の TL パラメータを決定できた。捕獲準位は、CaSO₄ に依存していることが明らかになった。

研究成果の概要 つづき

これまでの報告されてきた昇温速度範囲での解析では、昇温速度範囲が狭いために昇温速度に対する正確なグローピーク温度変化を捉えられていないこともわかった。このわずかな差が今回のパラメータの違いを生じさせた。報告されているパラメータを用いると 1 成分でこのグロー曲線を表現できるので、あまりにも $\text{CaSO}_4:\text{RE}$ のグロー曲線がシンプルで複数成分として考えにくかったことが背景にある。

今回、いずれの解析においても受け入れがたい TL パラメータ値が算出されたことは、メイングローピークが複数からなることと、このパラメータが正確であることを示している。また、このような大きな TL パラメータ値は、 $\text{LiF}:\text{Mg, Ti}$ でも報告されており TL メカニズムの重要な特徴であると考えべきだ。今後、多くの TL 素子をこの解析法によって解析し、再精査したい。