Osaka University Knowledge Archive

Title	Measurement of the 189Os(n,n')189Os reaction cross section and the Re-Os chronometer
Author(s)	天満, 康之
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47641
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏　　名	天　満　康　之（てんま　やすゆき）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　２０８４３　号
学位授与年月日	平成 19 年３月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科物理学専攻
学　位　論　文　名	Measurement of the ^{189}Os(n, n′) ^{189}Os reaction cross section and the Re-Os chronometer （^{189}Os(n, n′) ^{189}Os 反応断面積測定と Re-Os 宇宙核時計）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　永井　泰樹 （副査） 教　授　下田　　正　　教　授　能町　正治　　教　授　岡村　弘之 助教授　藤田　佳孝　　甲南大学教授　宇都宮弘章

論　文　内　容　の　要　旨

Re-Os 宇宙核時計は、親核である ^{187}Re が r 過程のみで生成されその半減期は宇宙の年齢よりも十分に長い 423 億年であること、^{187}Re と ^{187}Os の地球化学的性質が同じであるためその比は環境変化に依存しないと考えられる。これらの特徴から、Re-Os 宇宙核時計は最も精度良く宇宙の年齢を推定できると考えられている。しかし問題点もある。それは ^{187}Os が恒星内で ^{187}Re からの β 崩壊以外の寄与により生成されることである。^{187}Os は ^{186}Os の中性子捕獲反応により増加し、自身の中性子捕獲反応により減少する。また ^{187}Os の第１励起状態が 9.75 keV であるため、温度が約 30 keV である恒星内では基底状態だけでなく第１励起状態にも存在する。そのため ^{187}Os は第１励起状態からの中性子捕獲反応によっても減少する。したがって、Re-Os 宇宙核時計を用いて精度良く宇宙年齢を決定するためには、^{186,187}Os の基底状態からの中性子捕獲断面積と ^{187}Os の第１励起状態からの中性子捕獲断面積を求める必要がある。励起状態からの中性子捕獲断面積については、それを実験室で測定することは不可能である。そのため理論計算から見積もるしかないので、信頼できる理論モデルを構築することが重要である。ところで ^{189}Os は ^{187}Os と核構造が類似であり、その基底状態からの中性子捕獲断面積および第２励起状態への非弾性散乱断面積は、上記理論の向上に貢献できると考えられている。そこで我々は ^{189}Os の第２励起状態への非弾性散乱断面積測定を計画した。過去に行われた唯一の実験では（n, n′）反応による中性子をプラスチック検出器により測定している。この検出器は中性子とγ線を弁別することが極めて困難であるため、S/N 比が小さい。また同じ測定システムを用いて ^{187}Os の非弾性散乱断面積の測定が行われている。この結果は系統誤差を含めて誤差が大きいものとなっている。したがって、^{189}Os の非弾性散乱断面積測定を異なる方法を用いて系統的に検証することは重要である。これから本研究では（n, n′）と（n, n′γ）反応の異なる２つの方法を用いて、^{189}Os の非弾性散乱断面積測定を行った。（n, n′）反応を用いた方法では、中性子とγ線の弁別が可能な ^{6}Li-glass 検出器を用いた測定システムを開発し、（n, n′γ）反応を用いた方法では、非弾性散乱反応により励起された ^{189}Os の第２励起状態から遷移する 36.20 keV の不連続なγ線を検出するため Si(Li) 検出器を用いた測定システムを開発した。（n, n′）測定では keV 領域のデータとしては初めてとなる ^{186,189}Os の弾性散乱断面積と E_n＝59～90 keV における ^{189}Os の非弾性散乱断面積が得られ、（n, n′γ）測定では E_n＝36～90 keV における ^{189}Os の非弾性散乱断面積が得られた。今回得られた ^{189}Os の非弾性散乱断面積は過去の

実験データと一致する結果となった。また今回得られた結果を理論計算と比較すると、エネルギー依存性については一致するが、絶対値は異なることがわかった。今後更に理論の精度向上が期待される。

論文審査の結果の要旨

本論文は、Re-Os 宇宙核時計に関連して原子核物理の観点から行った研究を纏めたものである。同宇宙核時計は、親核 ^{187}Re が r 過程のみで生成される事、半減期が宇宙年齢よりも十分長く 423 億年である事、^{187}Re は ^{187}Os と地球化学的性質が同じであるためその比は環境変化に依存しない等の特徴を有し、最も精度良く宇宙年齢を推定できると考えられている。しかし下記問題点がある。即ち、^{187}Os は恒星内で ^{186}Os 及び自身の中性子捕獲反応により増減する事、更に ^{187}Os の第 1 励起状態が 9.75 keV であるため恒星内では ^{187}Os は励起状態にも存在しこの状態から中性子捕獲反応によって減少する事である。Re-Os 宇宙核時計を用い宇宙年齢を決定するには、^{186,187}Os の基底状態及び ^{187}Os の第 1 励起状態からの中性子捕獲断面積を求める必要がある。後者は実験室で測定することは不可能である。そのため理論計算から見積もる必要があり信頼できる理論モデルを構築することが重要である。^{189}Os は ^{187}Os と核構造が類似であり、その基底状態からの中性子捕獲断面積および第 2 励起状態への非弾性散乱断面積は、上記理論の構築に重要である。そこで天満氏は ^{189}Os の第 2 励起状態への非弾性散乱断面積測定実験を行った。過去に行われた唯一の実験では（n，n′）反応による中性子をプラスチック検出器で検出しているが、この検出器は中性子と γ 線を弁別することが至難であり S/N 比が悪い。一方同じ測定系で ^{187}Os の非弾性散乱断面積の測定が行われているが、その結果は系統誤差を含めて誤差が大きい。したがって、^{189}Os の非弾性散乱断面積測定を異なる方法を用いて系統的に検証することは重要な意義がある。天満氏は上記反応実験を異なる 2 つの方法を開発し行った。非弾性散乱された中性子を検出する方法では、中性子と γ 線の弁別が可能な ^{6}Li-glass 検出器を用いた測定系を、又反応後に放出される γ 線を検出する方法では、Si(Li) 検出器を用いた測定系を開発した。前者では keV 領域のデータとしては初めてとなる ^{186,189}Os の弾性散乱断面積と E_n＝59～90 keV における ^{189}Os の非弾性散乱断面積を高精度で求め、後者では E_n＝36～90 keV において ^{189}Os の非弾性散乱断面積を γ 線検出法で初めて求める事に成功した。今回得られた ^{189}Os の非弾性散乱断面積は妥当な理論模型の構築に極めて重要な結果である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。