The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Measurements of the (n,γ) and (n,n') reaction cross sections on 186,187,189Os and 187Re-187Os nuclear chronometer
Author(s)	瀬川, 麻里子
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46455
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【45】

氏　　名	瀬　川　麻里子（せがわ　まりこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　20015　号
学位授与年月日	平成18年3月24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	Measurements of the (n, γ) and (n, n′) reaction cross sections on ^{186,187,189}Os and ^{187}Re–^{187}Os nuclear chronometer （^{186,187,189}Os 中性子捕獲反応及び非弾性散乱反応断面積測定と ^{187}Re–^{187}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　　助教授　藤原　守 助教授　福田　光順　　甲南大学教授　宇都宮弘章

論　文　内　容　の　要　旨

現在宇宙の年齢を推定する方法の一つに長寿命核を利用する宇宙核時計と呼ばれる方法がある。宇宙核時計は隕石中の長寿命核の親核と娘核の存在比で宇宙年齢を直接推定するため、用いる仮定が少なくあいまいさの少ない方法と考えられている。このような宇宙核時計のうち Re/Os は以下に挙げる特徴をもつ。①親核である Re の初期値によらず年齢を決定できる。②Re の寿命が推定される宇宙の年齢よりはるかに長い 423 億年である。③親核（Re）と娘核（Os）は化学的性質が類似している。類似していないほかの宇宙核時計（U/Th 対）などでは、観測されるまでの間に元素損失が起こり年代測定に大きな誤差を与える心配がある。しかし、Re/Os 対にも解決すべき問題点がある。1）娘核 Os は恒星内で遅い中性子捕獲過程（s-過程）核 ^{186}Os の中性子捕獲によっても生成され自身のそれによっても減少するため、Re のベータ崩壊によって生成された ^{187}Os 量だけを見積もる必要がある。この様な目的で過去に ^{186}Os（n、γ）、^{187}Os（n、γ）の断面積（$\sigma_\gamma(^{186}\mathrm{Os})$、$\sigma_\gamma(^{187}\mathrm{Os})$）測定がなされてきたが、ばらつきが大きかった。2）実際に s 過程が進行する星の温度では ^{187}Os は第一励起状態にも約 48%励起され、この状態からの中性子捕獲断面積を決定する必要があった。しかし、実験室ではこの測定ができないため断面積は理論に依存し、妥当な理論の構築が必要である。以上の問題点に対し、東工大加速器にて高感度コンプトン抑止型 NaI（T1）スペクトロメータを用い高精度の $\sigma_\gamma(^{186}\mathrm{Os})$、$\sigma_\gamma(^{187}\mathrm{Os})$ を測定する事に成功した。さらに、恒星内部での ^{187}Os 第一励起状態からの中性子捕獲反応断面積 $\sigma_\gamma(^{187}\mathrm{Os}^*)$ の知見を得るため、我々は ^{187}Os 及び核構造が類似した ^{189}Os 核に着目した。^{189}Os は基底状態が ^{187}Os の第一励起状態と同じ Nillson 軌道でスピン・パリティーが一致している。つまり、$\sigma_\gamma(^{187}\mathrm{Os}^*)$ を理論的に推定する模型の精度を向上させるためには、^{187}Os の第一励起状態の中性子に対するレスポンスについての知見を得る必要があるが、これには $\sigma_\gamma(^{189}\mathrm{Os})$ を調べ、さらに ^{187}Os の基底状態から第一励起状態への非弾性散乱断面積 $\sigma_{nn'}(^{187}\mathrm{Os})$ を調べることが極めて有効である。しかし、過去の実験で求められた非弾性散乱断面積は狭いエネルギー領域で誤差 40%と非常に精度が悪く断面積決定に大きな不定性を残していた。そこで、我々は広い中性子エネルギー領域（10＜En＜70 keV）に渡り系統的に高精度で $\sigma_{nn'}(^{187}\mathrm{Os})$ を決定するため、これらの状態を励起し散乱された中性子を高い信号対雑音比で検出できるシステムを Li-グラス検出器を用い開発した。この結果中性子エネル

ギー16－70 keV に渡り初めて高精度（誤差 5－10%）で $\sigma_{nn'}$(^{187}Os）を決定し、この断面積の統計模型による理論計算に初めて強い制限を加えることに成功した。

以上の実験から ^{186,187,189}Os（n、γ）反応断面積を統計及び系統誤差４%で測定し、σ_{γ}(^{187}Os）については過去の実験結果より 20%程大きく、σ_{γ}(^{189}Os）と同程度になることを初めて確認した。また、これら実験結果から宇宙年齢を求めたところ、13.0±1.1（実験による誤差）+3－2.7（元素合成に関する模型による誤差）Gyr となり、他の宇宙核時計（U/Th）及び WMAP の結果とよく一致した。

論文審査の結果の要旨

長寿命の放射性原子核 ^{187}Re-^{187}Os 対を用い恒星内元素合成期間を決定し、宇宙年齢を推定する研究で大きな問題点がある。即ち、恒星内温度では ^{187}Os 核が 10 keV の第一励起状態にかなりの割合で励起している。そのためこの励起状態を通して、^{187}Re の崩壊に伴う ^{187}Os が遅い中性子捕獲反応過程で減少する。この割合を適切に評価する事で、はじめて親核 ^{187}Re の崩壊に伴う ^{187}Os 核の量を得る事ができ宇宙年齢を推定できる。

本研究は、この問題を解決する目的で、^{186}Os、^{187}Os、及び ^{189}Os 核の中性子捕獲反応断面積及び ^{187}Os の第一励起状態への非弾性散乱断面積の測定が行われた。前者の測定は、高濃縮の Os 試料を用い即発不連続γ線検出法という測定方法に改良を加え従来に無い高い信号対雑音比のもとで行われ、従来のデータ間の矛盾を解決する結果を得た。又後者の測定は、新しい検出器を用いて高感度の測定系を製作し行なわれ、系統誤差の極めて少ない信頼性の高い値を得る事に成功した。以上の結果により、初めて ^{187}Re-^{187}Os 対をもとに信頼性高く恒星内元素合成期間を推定できた。その成果は宇宙核物理学及び原子核物理学に大きな寄与をするものである。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。