T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Se同位体の光核反応断面積測定とγ線強度関数法による79Se中性子捕獲反応断面積の研究
Title(English)	Measurements of Photo-Nuclear Reaction Cross Sections of Se isotopes and Study of Neutron Capture Reaction Cross Sections of 79Se using the γ-Ray Strength Function Method
著者(和文)	北谷文人
Author(English)	Fumito Kitatani
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9948号, 授与年月日:2015年7月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井頭　政之,千葉　敏,小原　徹,赤塚　洋,原田　秀郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9948号, Conferred date:2015/7/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（論文博士）

論　文　要　旨　（和文2000字程度）

報告番号	乙 第　　号	氏　名	北谷文人

（要　旨）

本論文は「Se同位体の光核反応断面積測定とγ線強度関数法による^{79}Se中性子捕獲反応断面積の研究」と題している。

^{79}Seは長寿命核分裂生成物（LLFP）の一つで、使用済み核燃料の地層処分負荷軽減のために、短寿命核種・安定核種への核変換の対象としてあげられている。したがって、^{79}Seの核変換研究・開発のためには核変換反応である中性子捕獲反応や光核反応の断面積データが必要である。しかし、現時点では断面積測定用試料の入手が極めて困難で、核変換反応断面積の直接測定ができない。そのため、^{79}Seの核変換反応断面積は原子核反応統計モデル計算等を用いて見積もられている。

一方、核分裂生成物の中には^{76,77,78,80}Seの安定同位体も存在する。したがって、同位体分離を行わない核変換システムの研究・開発では、LLFPの^{79}Seのみならず^{76,77,78,80}Seの核反応断面積の精度良いデータが必要である。しかし、Se安定同位体の光核反応断面積データの精度は不十分な現状である。また、^{80}Se光核反応断面積から、逆反応である^{79}Se中性子捕獲反応の断面積を計算する際に必要となる重要な物理量であるγ線強度関数についての情報が得られる。さらに、^{79}Se及び安定Se同位体のkeV中性子捕獲反応断面積は恒星中の元素合成のslow neutron capture（s）過程の研究に、光核反応断面積はphoto-disintegration（p）過程の研究に重要である。

以上から本研究では、^{76,77,78,80}Seの光核反応断面積の測定を(γ,n)反応のしきい値から(γ,2n)反応のしきい値の領域で行い、得られた光核反応断面積を基にγ線強度関数を求め、求めたγ線強度関数を用いてLLFPである^{79}Seの中性子捕獲反応断面積を統計モデルによって計算し、不確定性を明らかにした^{79}Seの中性子捕獲反応断面積データを提供することを目的とした。

光核反応断面積測定の光源としては、レーザ逆コンプトン散乱（Laser Compton-Scattering：LCS）γ線を用いた。LCSγ線は低バックグランドで波長可変の準単色γ線光源である。これを用いることで、(γ,n)反応しきい値近傍の小さい光核反応断面積の測定を精度良く行うことができる。このしきい値近傍の光核反応断面積は、中性子捕獲反応断面積を計算する際のγ線強度関数決定に非常に重要である。^{76,77,78,80}Seの各測定用試料としては、高純度に同位体濃縮した試料を用いた。光核反応で発生する中性子の測定には、4π中性子検出器を用いた。入射γ線のエネルギースペクトルの測定には高分解能・高エネルギー光スペクトロメーター、入射γ線の光子数の測定には大容量NaI(Tl)検出器を用いた。測定の結果、(γ,n)反応のしきい値から(γ,2n)反応のしきい値のγ線エネルギー領域で^{76,77,78,80}Seの光核反応断面積を精度良く得ることができた。特に(γ,n)反応のしきい値近傍では、過去の測定結果と比較して非常に精度の良い結果が得られた。

^{79}Seの中性子捕獲反応断面積の計算には、直接測定が困難な核種の捕獲反応断面積を見積もる一手法であるγ線強度関数法を用いた。γ線強度関数法は、中性子捕獲反応断面積を見積もるために用いる原子核反応統計モデル計算で必要な物理量のγ線強度関数に対して、中性子捕獲反応の逆反応である光核反応の断面積を用いて実験的な制約を与え、捕獲反応断面積計算の確度を向上させる方法である。計算においては、先ず、本研究で得た^{77}Seと^{78}Seの光核反応断面積の測定結果を用いて^{77}Seと^{78}Seのγ線強度関数に実験的な制約を与えた。次に、これらの制約を与えたγ線強度関数を用いて、原子核反応計算コードCCONEを用いて^{76}Seと^{77}SeのkeV中性子捕獲反応断面積の計算を行った。そして、計算結果を既存の^{76}Seと^{77}SeのkeV中性子捕獲反応断面積及び捕獲γ線スペクトルの測定結果と比較することで、計算結果の信頼性の確認と計算結果の不確定性を見積もった。続いて、^{80}Seの光核反応断面積測定結果を用いて^{80}Seのγ線強度関数に実験的な制約を与え、^{79}Seの中性子捕獲反応断面積を計算した。最後に、^{76}Seと^{77}Seの中性捕獲反応断面積計算結果から見積もった不確定性を基に、不確定性を明らかにした^{79}Seの中性子捕獲反応断面積データを得ることができた。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（論文博士）

論　文　要　旨（英文）　（300語程度）

（Summary）

報告番号	乙 第　　号	氏　名	北谷文人

（要　旨）

Title: Measurements of Photo-Nuclear Reaction Cross Sections of Se isotopes and Study of Neutron Capture Reaction Cross Sections of ^{79}Se using the γ-Ray Strength Function Method

^{79}Se (half-life = 2.95×10^{5} years) is one of long-lived fission products (LLFPs). Its neutron capture cross section is a key parameter for a feasibility study of transmuting ^{79}Se into a stable nuclide. The capture cross section is also important in the field of nuclear astrophysics since ^{79}Se is a branching point nucleus of s-processes. However, there is no direct measurement on the capture cross section of ^{79}Se for any neutron energy range because obtaining a sample of ^{79}Se is extremely difficult. Therefore, the nuclear reaction cross section of ^{79}Se is estimated using nuclear reaction statistical model calculation. On the other hand, the stable isotopes of ^{76,77,78,80}Se exist in fission products. Thus, the nuclear reaction cross sections of ^{76,77,78,80}Se are also necessary for the research and development of a nuclear transmutation system which does not perform isotope separation.

In this study, the (γ, n) cross sections of ^{76,77,78,80}Se were measured by using laser-Compton scattering (LCS) γ-rays. The LCS γ-rays were produced in the Tsukuba Electron Ring for Acceleration and Storage (TERAS) through head-on collisions of laser photons with relativistic electrons. The energy distribution of the LCS γ-rays was measured using a high-resolution high-energy photon spectrometer (HHS). Neutrons from (γ, n) reactions were detected using a 4π-type neutron detector. The incident flux of the LCS γ-rays was monitored by a large volume NaI(Tl) detector set behind the neutron detector. As a result, the accurate (γ, n) cross sections of ^{76,77,78,80}Se were obtained. The γ-ray strength functions (γSFs) were deduced based on the obtained (γ, n) cross sections. The (n, γ) cross sections for ^{76,77,79}Se were calculated using the statistical model calculation code CCONE with the deduced γSFs. The uncertainty of the calculated ^{79}Se(n, γ)^{80}Se cross section was evaluated by comparing the calculated ^{76,77}Se (n, γ) cross sections with experimental data on the ^{76,77}Se (n, γ) cross sections. Finally, neutron capture cross section data of ^{79}Se with clarified uncertainness were provided.

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).