ANNRI における NaI(Tl)検出器を用いた ^{35}Cl の中性子捕獲断面積測定

Measurements of neutron capture cross section of ^{35}Cl using NaI(Tl) spectrometer in ANNRI

*原 かおる [1]，藤井 伸弥 [1]，加美山 隆 [1]，成田 祐樹 [1]，佐藤 博隆 [1]，
片渕 竜也 [2]，中村 詔司 [3]，藤 暢輔 [3]
[1] 北海道大学，[2] 東京工業大学，[3] 原子力機構

J-PARC MLF ANNRI の NaI(Tl)検出器を利用し、^{35}Cl の中性子捕獲断面積の測定を 0.02 eV から 1 keV のエネルギー範囲で行った。標的核の ^{35}Cl として、ディスク状の NaCl 試料を用いた。

キーワード：塩素 35，中性子捕獲断面積，塩素 36，NaI(Tl)検出器，中性子核反応測定装置

1. 緒言

低レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命放射性核種 ^{36}Cl（半減期 30 万年）は、安定核種 ^{35}Cl の中性子捕獲反応により生成される放射化生成物である。その生成量を見積るために ^{35}Cl の中性子捕獲断面積のエネルギー依存データが必要であるが、熱中性子（0.03 eV）[1]または keV 領域[2]を除いて実験データがない状況である。本研究は、0.02 eV – 1 keV の中性子エネルギー範囲で ^{35}Cl の中性子捕獲断面積を測定することを目的とする。

2. 実験

実験は、大強度陽子加速器施設（J-PARC）の物質・生命科学実験施設（MLF）において、中性子核反応測定装置（ANNRI）の 28 m の飛行距離に設置されている NaI(Tl)検出器を用いて実施した。0.15g の NaCl 粉末を 1 cm 直径のディスク状に成型し試料として使用した。ナトリウムの自然同位体は ^{23}Na のみであるが、塩素の自然同位体は ^{35}Cl が 76%、^{37}Cl が 24%であるので、NaCl 試料に含まれる ^{23}Na と ^{37}Cl が本測定のバックグラウンドに寄与する。ここで、NaCl 試料の塩素の同位体組成として、99%の ^{35}Cl 濃縮同位体試料の他に、^{23}Na と ^{37}Cl からの起因するバックグラウンドを見積もるため、98%の ^{37}Cl 濃縮同位体、Cl 自然同位体試料も用意した。また、中性子ビームの強度エネルギー分布を取得するため、^{10,nat}B 試料を用いた測定を行った。

3. データ解析と PHITS シミュレーション計算

中性子エネルギー範囲 0.01 eV – 50 keV で 3 種類の NaCl 試料の中性子飛行時間（TOF）スペクトルを取得した。しかしながら ^{35}Cl 濃縮同位体試料の TOF スペクトルに、^{35,37}Cl、^{23}Na 以外の共鳴ピークが 30 - 40 eV の位置に僅かに観測された（^{35}Cl, ^{23}Na, ^{37}Cl の第一共鳴エネルギーは 0.4, 2.9, 8.3 keV である）。一方で、^{37}Cl 濃縮同位体、Cl 自然同位体試料には 30 - 40 eV 共鳴ピークは観測されていないので、化学的不純物 Br が原因と推定される。また、NaCl 試料に含まれる ^{37}Cl と ^{23}Na からのバックグラウンドの寄与を定性的に調べるため、NaCl 試料の中性子捕獲反応からの即発γ線を ANNRI-NaI(Tl)検出器で検出した場合のパルス波高（PH）スペクトルと中性子 TOF スペクトルを、PHITS コードを利用してシミュレーション計算を行った。

4. 結果・結論

シミュレーション計算の結果、^{23}Na からの散乱中性子が遮蔽材中の ^{10}B に捕獲され、それに起因する 0.5 MeV のγ線が PH スペクトル上に 100 eV 以上の中性子エネルギーで増加することが分かった[3]。計算結果に従って、実験データの PH のディクリ値を 0.9 MeV 以上に設定し解析すると、バックグラウンドの成分を低減させた TOF スペクトルを求めることが出来た。求めた TOF スペクトルを用いて、NaCl の中性子捕獲断面積を導出した。発表では、NaCl の中性子捕獲断面積の実験データから見積もられる ^{35}Cl の中性子捕獲断面積について報告する。

** 本研究は科研費（26820411）の成果である。

参考文献

[1] G. Sim and J. Juhnke, J. Inorg. Nucl. Chem. 31 (1969) 3721; L. Venturini and B. Pecequilo, Appl. Radiat. Isot. 493 (1997) 403.

[2] R. L. Macklin, Phys. Rev. C29 (1984) 1996; K. H. Guber *et al*., Phys. Rev. C65 (2002) 058801.

[3] K.Y. Hara *et al.*, JAEA-Conf 2016-004 (2016) pp.193-198.

---

*Kaoru Y. Hara[1], Nobuya Fujii[1], Takashi Kamiyama[1], Yuki Narita[1], Hirotaka Sato[1], Tatsuya Katabuchi[2], Shoji Nakamura[3] and Yosuke Toh[3]
[1]Hokkaido University, [2]Tokyo Institute of Technology, [3]Japan Atomic Energy Agency