

LHD真空容器内部における放射性核種の検出とその分布測定 Detection and spatial distribution of radionuclides in the LHD vacuum vessel

*荻野靖之¹、小林真^{2,3}、向井啓祐⁴、八木重郎⁴、小西哲之⁴、小川国大^{2,3}、磯部光孝^{2,3}
Yasuyuki Ogino, Makoto Kobayashi, Keisuke Mukai, Juro Yagi, Satoshi Konishi, Kunihiro Ogawa, Mitsutaka Isobe

¹京大エネルギー科学研究科 ²核融合研 ³総研大 ⁴京大エネルギー理工学研究所
¹GSES, Kyoto Univ., ²NIFS, ³SOKENDAI, ⁴Kyoto Univ.

背景

重水素実験によって放射化したLHD真空容器内部について、内部壁から発生するガンマ線により核種とその分布を測定した結果は、装置内中性子場評価や炉内作業の安全性評価などに利用可能と考えられる。本研究ではゲルマニウム半導体検出器を容器内部に持ち込むことで容器内のガンマ線計測を行った。また、この結果を評価するために、MCNPによるガンマ線の輸送計算、および容器内部の保護板の放射能計測を行い、両結果の比較・検討をした。

実験・計算手法

LHD真空容器内部に持ち込んだミリオンテクノロジー・キャンベラ社製可搬型広帯域エネルギーゲルマニウム半導体検出器Falcon5000（以降BEGeと略記）を点検用レール状に設置し、1-Oポートから一周のうち18度ごと計20点で240秒間のガンマ線計測を行った。この際、検出部における指向性のないことを、計測を始めた7-Oポートにおいて事前確認を行い、以降では移動方向に検出部を向けて計測実験を行った。計測されたカウントに対して、MCNP6によってLHD本体内部の保護板をガンマ線源として設定した場合の輸送計算を行うことで、計測点におけるガンマ線のゲルマニウム検出器内での光電効果ピークを解析し、放射能の算出を行った。

真空容器内部において計測された核種ごとのピークについて評価を行うために、点検期間に取り出された保護板を高純度ゲルマニウム半導体検出器によって計測し、放射化した内部核種の放射能を測定した。

結果・考察

Fig.1は、真空容器内部の各設置点においてBEGeにて検出された主要核種およびその秒あたりのカウント値（cps）を示す。検出されたガンマ線およびそのエネルギーに対応する推定核種・核反応は、 $^{58}\text{Ni}(n,p)$ 反応によって生成される ^{58}Co の β 崩壊時の811 keVガンマ線、 $^{54}\text{Fe}(n,p)$ 反応によって生成される ^{54}Mn の β 崩壊時の835 keVガンマ線、 $^{59}\text{Co}(n,g)$ 反応によって生成される ^{60}Co の β 崩壊時の1173 keVおよび1332 keVガンマ線であり、ポート位置に対して内部壁の近接するポート間（鞍と表記）ではより高いカウント値で計測された。この理由として、鞍部の保護板がポート部に対して点火時のプラズマに接近しているため放射化の頻度が高いこと、測定地点が壁に近づくことが挙げられる。

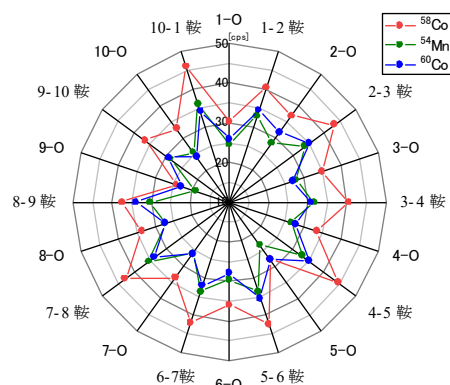


Fig.1 LHD真空容器内部のBEGe計測結果

Fig.2は、1-Oポートおよび1-2間鞍部（1.5-U/L port）でのBEGeでの実測値、MCNP6による輸送計算をもとに算出される放射能（計算値C）、比較用に計測した保護板の放射能（計測値E）両者におけるC/Eを示す。 ^{58}Co 、 ^{54}Mn はC/Eが1.0-1.5以内となり計算誤差の許容範囲と考えられる。一方で、 ^{60}Co の計算結果は過大評価された。この理由としては、輸送計算の誤差に加え、他の2核種に対して ^{60}Co の半減期が5.27年程度と長く、計測対象以外の保護板に残留する ^{60}Co の影響があるものと考えられる。

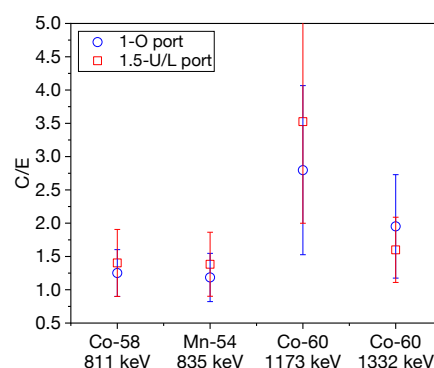


Fig.2 各核種の計算値、計測値比較

結論

本研究では、可搬型広帯域エネルギーゲルマニウム半導体検出器を用いたLHD真空容器内部のガンマ線計測を行い、取り出された保護板の計測との比較を行った。本結果により、容器内部の残留放射能はBEGeを用いて有意な範囲で測定できることが示された。