

中性子検出器較正のための東北大 FNL 重水素ガスターゲットの再整備と PHITS による中性子場特性評価

Re-preparation of a gas target at Tohoku University FNL for neutron detector calibrations and the neutron field evaluation by the PHITS code

*西谷 健夫¹、松山 成男²、佐波 俊哉³、小川 国大^{1,4}、磯部 光孝^{1,4}

¹核融合研, ²東北大, ³高エネルギー研, ⁴総研大

LHD の重水素プラズマ実験で使用する中性子検出器の較正を目的として、東北大 FNL の重水素ガスターゲットの再整備を行った。また PHITS により整備した重水素ガスターゲットの特性評価を行った。

キーワード：重水素ガスターゲット、東北大 FNL、中性子検出器、PHITS、LHD

1. 緒言

大型ヘリカル装置(LHD)では2017年3月から重水素プラズマ実験を開始した。LHD では数種類の中性子検出器を使用しているが、それらの特性評価のために 2-5MeV の範囲の単色性のよい中性子源が必要である。そこで東北大学高速中性子実験室 (FNL) 用に重水素ガスターゲットを再整備した。

2. 重水素ガスターゲット

再整備した FNL 用の重水素ガスターゲットを図 1 に示す。ガスセルは $\phi 10.8 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ で、加速器側の窓には $6.47 \mu \text{ m}$ 厚のハーバーフォイルを使用した。ガスセルを一旦真空にした後、1~1.2 気圧の重水素ガスを充填した。

3. PHITS コードによる重水素ガスターゲットの特性評価

製作した重水素ガスターゲットの中性子発生特性を PHITS コードを用いて評価した。しかしオリジナルの PHITS では、10MeV 以下の $\text{D(d, n)}^3\text{He}$ 反応など、軽核ターゲット、低エネルギー荷電粒子入射の再現性が悪い。そこで $\text{D(d, n)}^3\text{He}$ 反応の二重微分断面積ファイルを作成し、PHITS の Frag Data 機能を利用して角度依存の中性子スペクトル・フラックスを計算した。 $\text{D(d, n)}^3\text{He}$ 反応の微分断面積は、重心系における近似式 $\sigma(\theta) = \sigma_T(1 + A\cos^2\theta + B\cos^4\theta)/4\pi(1 + 1/3A + 1/5B)$ を実験室系に変換して用いた。 $\text{D(d, n)}^3\text{He}$ 反応は 2 体反応であるので、二重微分断面積は必要ないが、PHITS の Frag Data では断面積を全て二重微分断面積の形にする必要がある。角度は 1° ごと $0 \sim 180^\circ$ まで 181 点、中性子エネルギーは 0.01 MeV ごと $1 \sim 6.99 \text{ MeV}$ まで 600 点とした。図 2 は 3 MeV D^+ 入射の場合の 0° 、 30° 、 60° 、 150° における中性子スペクトルを示す。角度ごとに単色性のよい中性子が得られていることがわかる。加速エネルギー依存性、ガス圧依存性についても紹介する。

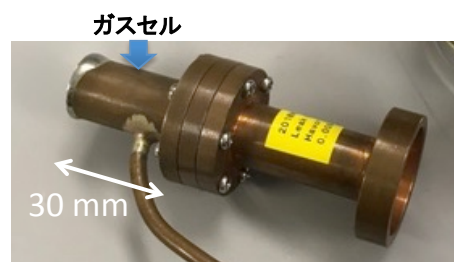


図 1 東北大 FNL 用重水素ガスターゲット

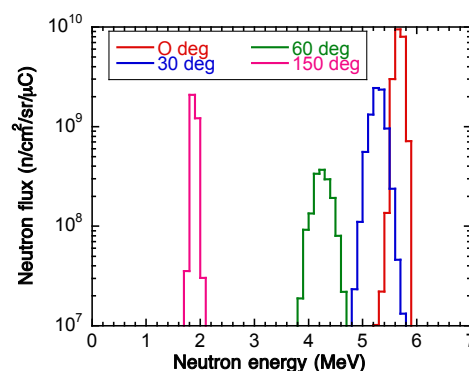


図 2 重水素ガスターゲットからの中性子スペクトル

*Takeo Nishitani¹, Shigeo Matsuyama², Toshiya Sanami³, Kunihiro Ogawa^{1,4} and Mitsutaka Isobe^{1,4}

¹NIFS, ²Tohoku Univ., ³KEK, ⁴SOKENDAI