

重水炉と冷中性子を用いた LLFP の新しい核変換法の研究

(3) 冷中性子生成装置の設計検討

Study on new transmutation method of LLFP using heavy water reactor and cold neutron

(3) Moderation system for cold neutron

* 舘 義昭¹, 高木 直行², 飯田 拓海², 若林 利男³

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 東京都市大学, ³ 東北大学

原子力発電所の使用済燃料に含まれる Se-79、Zr-93、Pd-107 及び Cs-135 を冷中性子により効果的に核変換するため、重水炉内に極低温領域を創生する技術開発を実施した。

キーワード：核変換、長寿命核分裂生成物、冷中性子、重水炉

1. 緒言

使用済燃料に含まれる長寿命核分裂生成物（LLFP）である Se-79、Zr-93、Pd-107 及び Cs-135 はいずれも中性子吸収断面積が小さく、原子炉の中性子による核変換が困難であるとされてきていた。しかしながら、これらの核種においても中性子エネルギーが低くなるほど吸収断面積が増大し、核変換効率の向上が期待できる。そこで、軽水炉よりも炉内温度が低い重水炉の炉内に極低温領域を創生し、冷中性子により LLFP を効果的に核変換させるため、CANDU 炉を想定した冷中性子生成装置について検討した。

2. 重水炉装荷用冷中性子生成装置の設計検討

2-1. 構造・寸法・材料

CANDU 炉の炉心構造を考慮して炉内で発生した熱中性子を有効に利用するため、冷中性子生成装置はカルンドリア管と平行方向に設置することとし、その形状を長尺円筒型とした。LLFP の冷却温度は、重水炉内の温度や中性子利用のための炉内配置を考慮して 20K を目標とした。また、本装置の構造は、中心部に LLFP をターゲットとして配置し、その周りに中性子減速のための低温部を作る。中性子減速には、その通過領域を低温化する必要があり、既存の冷中性子生成装置では、減速材として液体水素、液体重水素、重水氷などが使用されているが、本装置では原子炉内に装荷するため、冷却に異常が発生した場合の安全性を考慮し、極低温の重水氷を中性子減速に使用することとした。極低温の重水氷は製造に多くの時間を要するため、LLFP と重水氷は分離し、LLFP を鞘管に入れて交換時には LLFP 部のみを脱着できる構造とする。冷中性子による LLFP の核変換解析の結果から、重水氷は中性子を核変換に有効な速度まで減速するためには 250mm 程度の直径が必要となる。また、CANDU 炉内の中性子を効率的に利用するため、LLFP の長さは重水タンク幅の 8 割とし、冷中性子生成装置の構造材には中性子吸収の少ないジルコニウム合金を適用することとした。

2-2. 冷却方法

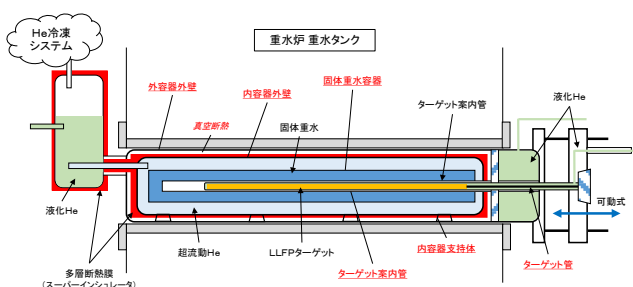
重水氷を 20K に冷却・維持するための寒剤には液体ヘリウムを利用する。重水氷の周囲に液体ヘリウム層を設け、その外側に真空断熱層を設置する。液体ヘリウム層への入熱はスーパーインシュレータの適用により防ぎ、液体窒素層を省略することを想定した。LLFP ターゲット部では鞘管内の LLFP の周囲に液体ヘリウムを充填し、核変換で生じる熱を除去することとした。

2-3. 設計検討案

これらの検討結果を基に概略図を作成すると重水炉に装荷可能な冷中性子生成装置は右図に示す 3 重管構造の中心部に LLFP が装荷される構造となった。

3. 結論

原子炉内で冷中性子による核変換を実現するための装置として冷中性子生成装置の設計検討を行った結果、右図のような概略設計案を得た。今後は、本設計案の最適化を進めていく予定である。



本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム ImPACT により、科学技術振興機構を通して委託されたものである。

*Yoshiaki Tachi¹, Naoyuki Takaki², Takumi Iida² and Toshio Wakabayashi³

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Tokyo City Univ., ³Tohoku Univ.