



2)空間線量率測定(2次 $\gamma$ 線分布測定含む)

原子炉運転実習にて、「1W 臨界」到達後、所定の空間線量率を測定する位置にて、実際の検査測定を学生に実施させ、それらの測定・評価である管理体験を体感する意味でも、必須なものと考えている。また、今回より、線量率のみの測定では理解不十分と捉え、原子炉周辺のゲルマニウム半導体検出器による $\gamma$ 線波高分析も行なわせ、量のみでなく、どのような $\gamma$ 線(エネルギー分布)が分布しているのか、特に2次的に発生された高エネルギー $\gamma$ 線の存在にも、分析を通じて理解を深めるため、追加課題として実施した。

図 1 2017 年度近大炉を用いた「原子炉実験・演習」科目実習スケジュール

●実習スケジュール

【全体説明】

月/日 (曜日)	時刻	実習内容
12/13 (水)	12:45	【管理棟研修室】 近畿大学原子力研究所集合、事務手続き等
	13:00	【管理棟研修室】 保安教育+施設見学

【班別実習】

月/日 (曜日)	時刻	実習内容	
		A 班	B 班
12/13 (水)	14:00	【原子炉炉室・制御室】 ①運転実習 ②制御棒校正 (正バリオド法 2 条件+落下法) ③空間線量率測定(2次 $\gamma$ 線分布測定含む)	【原子炉建屋実験室+管理棟実験室】 ④中性子束測定用放射化箔(Au)準備 (Ge半導体検出器による放射能定量法の説明) ⑤ $^{28}\text{Al}$ 短半減期測定
	17:00	実習結果確認(この間に中央ストリンガーにて箔放射化:17:00~18:00)	
	17:30	解散	
12/14 (木)	9:30	【原子炉建屋実験室+管理棟実験室】 ④中性子束測定用放射化箔(Au)準備 (Ge半導体検出器による放射能定量法の説明) ⑤ $^{28}\text{Al}$ 短半減期測定	【原子炉炉室・制御室】 ①運転実習 ②制御棒校正 (正バリオド法 2 条件+落下法) ③空間線量率測定(2次 $\gamma$ 線分布測定含む)
	12:30	昼食	
	14:00	【原子炉炉室+管理棟実験室】 ⑥X線・中性子ラジオグラフィ	【管理棟実験室】 ⑦軸方向熱中性子束分布測定
	15:30	【管理棟実験室】 ⑦軸方向熱中性子束分布測定	【原子炉炉室+管理棟実験室】 ⑥X線・中性子ラジオグラフィ
	17:00	実習結果確認	
17:30	解散		

【全体発表】

月/日 (曜日)	時刻	実習内容
12/15 (金)	9:30	【管理棟研修室】 実習まとめ作業→実習成果発表会準備(リハーサル)
	12:30	昼食
	14:00	実習成果発表会
	15:30	解散(退所)

### 3) 制御棒校生実験

調整棒を引き上げる範囲を変化させた正ペリオド法による反応度の測定にて、両班異なった条件にて実施し、両班の総合的なデータとして取扱い、反応度積分曲線等から、全体図の変化の構造を解説にて補うものとしている。さらに、臨界後は落下法においての反応度測定も合わせて実施している。以上より、等価反応度や過剰反応度等を求め、制御棒の特性並びに原子炉の安全性について考察をさせた。

今回の条件を表1に示す。

表1 各班の実験条件

	正ペリオド法 (調整棒及びシム安全棒)	落下法(調整棒及びシム安全棒)
A 班	調整棒 (0%→100%)	シム安全棒 (臨界位置77%→0%)
B 班	シム安全棒 (臨界位置77%→100%)	安全棒 #2 (100%→0%)

### 4) 原子炉軸方向熱中性子束分布測定

原子炉軸方向の熱中性子束分布を金箔の箔放射化法にて測定を行なう。金箔を添付する軸孔として2ヶ所を設定し、1ヶ所は中央ストリンガー部、またもう1ヶ所は4つの黒鉛ストリンガー部のいずれか1つを選択し、金箔貼付面を考慮し、炉心位置(0cm)を基準に上方炉頂に向かって10cm間隔で60cmまで、また、下方炉底に向かって10cm間隔で60cmまでの計13ヶ所に金箔を設置する。さらに、中央ストリンガー炉心部の金箔付着面の反対面にCdフィルター付金箔を設け、Cd比が垂直方向一様として、熱中性子束の分布を評価させた。

金箔の測定はGM計数装置にて、各値の相対値を求め、さらに、炉心位置の金箔(Cdフィルターも含む)をゲルマニウム半導体検出器にて測定後、両者の差分から熱中性子束( $n/cm^2 \cdot sec$ )としての絶対値を算出することで、軸方向での熱中性子束分布を導き出させた。なお、測定はA班・B班それぞれに2つのストリンガー部の箔全ての測定を行い、それぞれにて評価を行なった。また、中央ストリンガー軸分布と黒鉛ストリンガー軸分布の分布の相違を比較し、その原因を考察させた。

### 5) $^{28}Al$ 短半減期測定

GM計数装置による $^{28}Al$ 核種からの放射線( $\beta$ 線)のカウント数を計測し、時間的な減衰直線(片対数グラフによる直線、指数関数)の傾きから半減期を求めさせ、理論値2.2414分(アイソトープ手帳11版)との比較を行なわせた。

### 6) X線・中性子ラジオグラフィ

照射用サンプル物品から各班にて抽出した物品を各イメージングプレート(IP)上に並べ、X線はX線発生装置(HITACHI MBR-1505R)にて、中性子は原子炉にてそれぞれに照射を行い、各IPの画像の相違を比較し、その原因について、放射線と物質との相互作用の違いから考察させ、ラジオグラフィの基本原理を理解させた。

### 3. 実習内容

本年度は、運転再開より、初回の原子炉実習となり、本報告では今回プログラムとして実施した内容の解説についてのみで留めた。学生の対応感覚からは、十分な成果を得られた状況となった。今後は実習に参加した学生の提出レポート等を十分に調査し、関心度・理解度等、学生の教育的効果を評価するための指標を検討し、それらを用いた相互評価から学生の原子炉実習による教育的効果の向上を目指し、改善等を行い、充実したプログラム構成を検討していく。

謝辞 最後にあたり、今年度の実験にご指導・ご協力をいただきました近畿大学原子力研究所の堀口哲男先生、伊藤哲夫先生をはじめ、近大原研のスタッフの皆様へ深く感謝いたします。