

ホットラボ施設、設備の維持管理と技術支援

宮田清美、小高久男、山本修二、高田実弥

京都大学原子炉実験所

1 はじめに

研究用原子炉建屋に隣接したホットラボ施設は原子炉で照射した強放射性試料の安全取扱いおよび各種試験、研究のための施設である。ホットラボ設備は1965年以来、全国の大学の研究者による共同利用研究に供されてきた。年間数100件以上の共同利用研究の中でかなりの部分がホットラボ設備を使用している。

原子炉の各種照射設備で照射された試料は、研究目的および放射能強度に応じて、所定の輸送方法によってホットラボの使用施設・設備に運ばれ、各種試験、化学処理や放射能測定等の研究に供される。取扱い放射性物質、核燃料物質の核種はきわめて多種であり、原子炉中性子照射で生成する全放射性核種である。

近年、核燃料や核燃料サイクルに関する研究課題を解決するための α 核種を取り扱うことの出来る設備への改修や安全管理面からもホットラボ関係の整備が進められてきた。

照射設備としては、圧気輸送管のステーションがホットラボにあり、最も利用度の高い照射設備として使用されているが、使い易さ、安全性や信頼性を上げることが求められ、これらの改善、改良に取り組んできた。

図1にホットラボラトリの平面図を示す。これらの施設は放射線管理の面からも管理区域内の給排気や電気、ガス、放射性排水などの管理は重要である。実験設備管理部では研究炉部や他の関係部署とも協力を得ながら、これらの施設・設備をより安全に取扱うために改善したり、照射設備の信頼性を高めるための補修工事などを行ってきたので報告する。

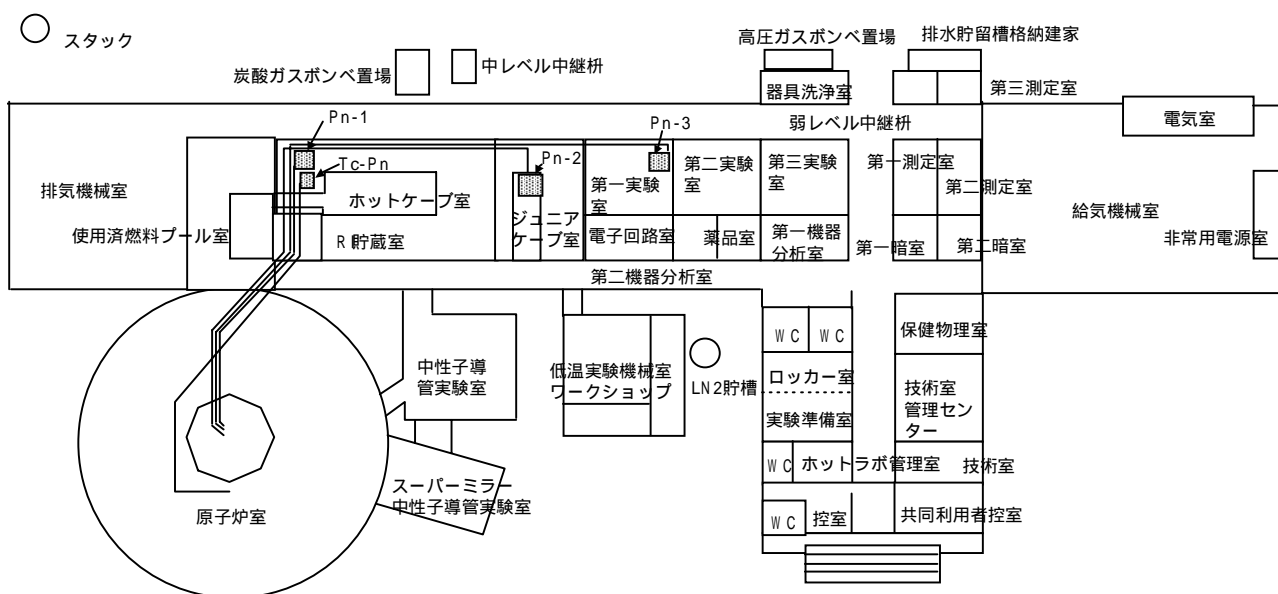


図1. ホットラボラトリ平面図

2 HL 施設・設備の特徴

2.1 ホットケープ室

ホットケープには厚さ 1m の鉛ガラス窓から内部を見ながら、最高 185TBq までの強放射性物質を安全に取扱うためのマニピュレータが設置されたホットセルが 3 室あり、照射カプセルの開封や仕分け作業等に利用されている。その他、長期照射カプセルの溶接や水圧照射カプセルのミニチュア真空カプセルの圧着装置も備えている。照射設備として圧気輸送管ステーション (Pn-1) や黒鉛設備圧気輸送管 (TC-Pn) が設けられている。

2.2 ジュニアケープ室

ここでは、最高 3.7TBq までの放射性物質を取扱うことができる。α、β、γ 線用各セルで構成されており、それぞれにマニピュレータが設置されている。圧気輸送管のステーション (Pn-2) には 20cm 鉛遮蔽セルが設けられている。97 年度にジュニアケープ室の改修が行われ、α関係のグローブボックスが設置され、超ウラン元素関連の実験も本格的に行われている。

2.3 セミホット実験室

第 1～3 実験室があり、原子炉照射した試料の化学処理等を行なう。スクラバー付きドラフトチャンバー、グローブボックス、各種ケミカルフードの設備の他、第 1 実験室には、圧気輸送管ステーション (Pn-3) も設けられている。また、第 3 実験室には ICP-MS も設置され、放射化分析とあい補いながらも、盛んに利用されている。

2.4 測定室及び暗室

測定室は 3 室あり、α、β、γ 線計測用の各種検出器、Ge(Li)半導体検出器等が設置されており、放射化分析や RI 共同利用研究に使用されている。暗室はオートラジオグラフィー等の各種放射化学的研究に利用されている。

2.5 機器分析室 (第 1、第 2)

試料の化学計測装置、X 線回折装置、X 線マイクロアナライザおよび高周波プラズマ発光分析装置等が設置されている。

2.6 低温実験機械室 (ワークショップ)

各種極低温実験や放射化分析用 Ge 半導体に使用する寒剤 (液化ヘリウム、液化窒素) の供給を行っている。また、ワークショップとして実験部品の加工のための工作機械を設置し、技術支援や部材・資材の供給を行っている。

3 圧気輸送管照射設備

高密度ポリエチレン製のカプセルに封入した試料を、炭酸ガスの圧力を利用して炉心に送り込んで照射が行える照射設備で、ホットラボにはこの設備が 3 系統 (Pn-1, Pn-2, Pn-3) ある。照射中は炭酸ガスによってカプセルは強制循環冷却しており、照射時間は最大 1 時間までとなっている。熱中性子束の強度は炉心に近い方から Pn-2>Pn-3>Pn-1 となっている。Pn-1 では照射後直ちにエクステンションニューマでトレーサ棟に送り、

短寿命核種の放射化分析などが行われている。Pn-2 は照射後の想定放射能が 37kBq を越える場合に使用される。Pn-3 は測定室に近いところに設置しており、短寿命核種の放射化分析等に多く使用されている。

圧気輸送管照射設備は簡便な照射設備であるが、照射管が炉心に挿入されており、送り込んだカプセルが取り出せなくなると照射管のなかで溶融の恐れもあり、安全対策が講じられている。

照射中に試料やカプセルの核発熱による温度上昇を避けるため、炭酸ガスによる強制循環冷却を行っているのもその理由で、この冷却系が停止すれば約 50 秒で研究炉は停止する。また実験室のフード排気とカプセル取出しの際に放射化したガスが許容線量を超えると同様に研究炉停止となるため、照射試料の誘導放射能計算データは重要である。このように原子炉の安全系につながっているために、照射試料の選択や設備の操作については注意を要する。そのため、カプセルへの試料封入は利用者が行うが、照射は経験を有する所員が行うことになっている。

図 2 は圧気輸送管照射設備の系統図を示す。照射の手順としては、カプセルをセッティングボックスに入れ、インバルブを開いて炭酸ガスの圧力で炉心に送り込む。ブローワーが起動して炭酸ガスで冷却されながら照射が行われる。カプセルの取り出しは、逆にリターンバルブを開けて、炭酸ガスを照射管の底部より供給して鉛ブロックフードに回収する。その際カプセルに衝撃を与えないようにブロックフード内にはルーレットがあり、減速して取り出すことが出来る。

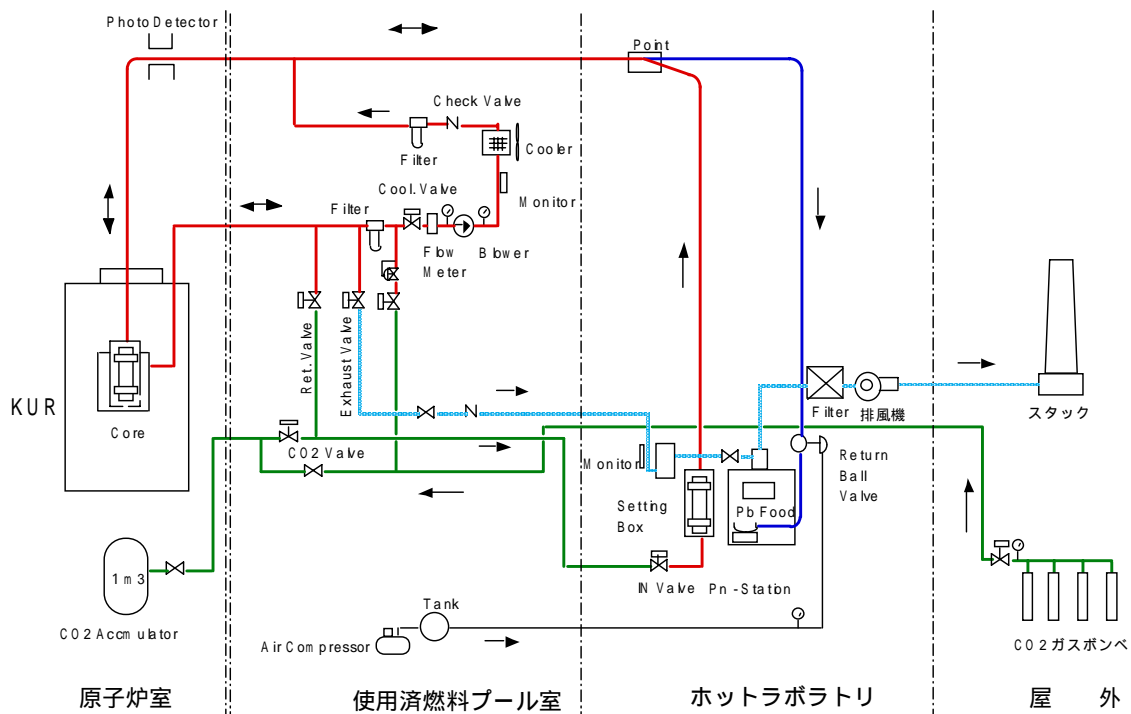


図 2 . 圧気輸送管照射設備配管系統図

このような照射システムではあるが、設備設置から相当年月が経過しているため、機器の健全性についても問題が生じてきたために検討が行われた。循環系統のポンプ吸入側の配管継ぎ手や電磁弁のパッキンのガス漏れ等によって空気が照射されると、主に放射性アルゴンガス(41-Ar)が生成し、スタックのガスモニターレベルが上昇して、許容濃度を超すと原子炉停止につながる。漏れ箇所を無くすために、問題となっている炭酸ガス循環系統を SUS 配管に交換し、電磁弁、流量計、ブローワーポンプやフィルタなどの機器の更新を行

って照射設備の安全対策を図った。

4 ホットラボ施設、設備の改善について

近年、実験室の利用形態はますます多様化の傾向を見せており、研究のためのスペースや測定器の充実が望まれている。ホットラボ施設、照射設備の整備の必要性は研究面および安全面から取り挙げられ、今後も利用度の高いこの設備を安全に維持管理するための対策、また使い勝手の良い機能を持たせることも提案された。予算や技術的なところで今後の検討課題もあるが、特徴としては、整備によって視覚化の部分が増え、安全管理のチェックが行き届くようになったことである。これまでに改善、改良に取り組んできた主な項目としては、次のようなものがあげられる。

4.1 施設関係

主な整備の重点箇所としては、排水設備、実験室周り、照射設備の安全監視システム等安全管理に関わる設備について改修が行われた。

- ・ ジュニアケープ室の改修（ α 核種の使用できる実験施設に）
- ・ グローブボックス、スクラパー付きドラフトチャンバーの設置
- ・ 地下床ピット排水ポンプの動作記録、RI 排水用中継柵、RI 排水タンクのレベル計などの集中管理
- ・ RI 貯蔵施設の整備

施設が老朽化してきており、早めに対応すべく安全確保のために日常の管理・点検が重要である。技術職員と教官による施設の週点検もその一つで、複数の目で見ることにより認識の共有化を図っている。

4.2 設備関係

圧気輸送管照射設備は簡便な照射設備であるが、原子炉のスクラム回路につながっているために操作ミスや機器の誤動作は避けなければならない、そのため改修にあたっては下記のようなシステムの信頼性、安全性、省力化を図り、監視システム化、異常時にはデータの解析が出来るように検討してきた。

- ・ 圧気輸送管ステーションのルーレット（照射カプセル取出し時の減速装置）
- ・ カプセルの封入リベット化と簡便な穴あけ
- ・ 照射ステーションの ITV 監視、照射時間の遠隔監視システム（カウント表示）
- ・ 照射データの取込み（放射化分析の支援システム化）
- ・ 照射設備の改修（ガス漏れ対策）及び放射能（Ar-41）低減化対策
- ・ デジタルタイマーによる照射時間の自動設定（照射時間の精度を上げる。1 秒照射も可能）
- ・ 圧気輸送管照射設備における照射中循環ガスの放射線モニタリング

5 今後の課題

ホットラボ施設は、RI を取扱う上に不可欠な施設であり、今後の新しい利用に対しても安全対策を講じながら有効利用を進めて行かなければならない。研究炉（KUR）の運転は 2 年後には休止の予定であるが、運転再開の方策の可能性が残っており、更なる改修、安全システムの整備、維持管理が今後の課題である。