

即発ガンマ線測定装置 (PGA)

1. 概要

本設備は E3 実験孔に設置されたニッケルミラー中性子導管であり、高速中性子や γ 線の混在が少なく、直進性の高い低速中性子ビームを用いて、医学生物学、化学・薬学、物理工学等の研究分野に関する試料の即発 γ 線測定(PGA)を行っている。特に、硼素中性子捕捉療法(BNCT)時には、患者の血液中の硼素濃度を測定するために重要な設備となっている。

図 1 は E3 実験孔の概略である。全長 174.5cm のインナースリーブおよび全長 70.5cm のコースコリメータが挿入されている。インナースリーブと実験孔の間はパッキンにより気密が保たれている。また、インナースリーブには、全長約 100cm の水シャッターが設置されている。コースコリメータはインナースリーブの中に挿入されているが、その間の気密は保たれていない。また、コースコリメータの中性子通路の部分(炉心側 9.6cm \times 4.5cm、出口 9.6cm \times 2.5cm)は水シャッターの役割も担っている。

図 2 はニッケルミラー中性子導管の概略である。本導管では、ニッケルをフロートガラスの表面に約 200nm 蒸着したニッケルミラーを用いている。中性子導管本体は炉室内に設置されているが、実験は炉室外の中性子導管実験室で行われている。

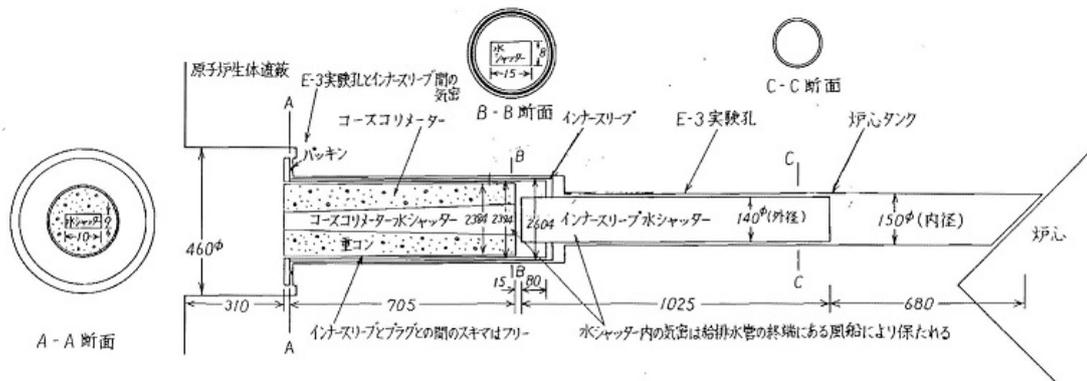


図 1. E3 実験孔の概略

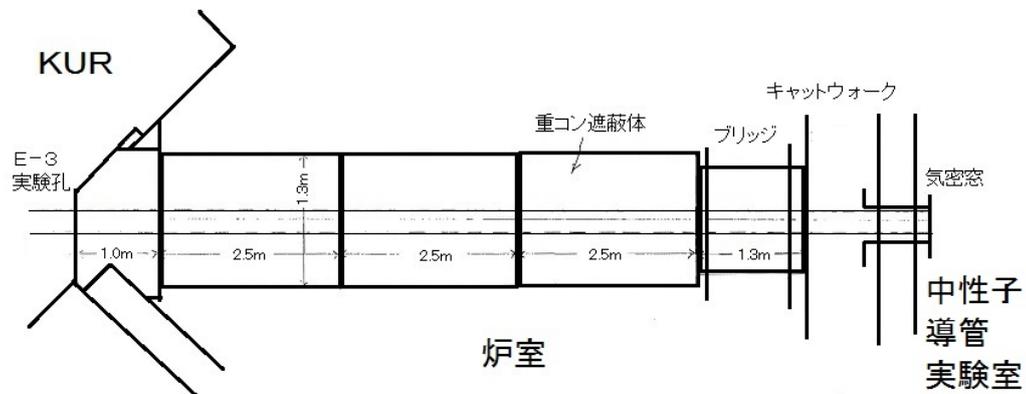


図 2. ニッケルミラー中性子導管の概略(炉室内)

図3は即発 γ 線測定装置の概略である。中性子導管により引き出された低速中性子(ほとんど熱中性子)を試料に照射し、この時発生する γ 線を試料の横に配置されているGe半導体検出器で測定する。例えば、患者の血液中の硼素濃度測定時は、478keVの硼素由来の γ 線および2,220keVの水素由来の γ 線を測定し、それらの計数の比から硼素濃度を評価している。

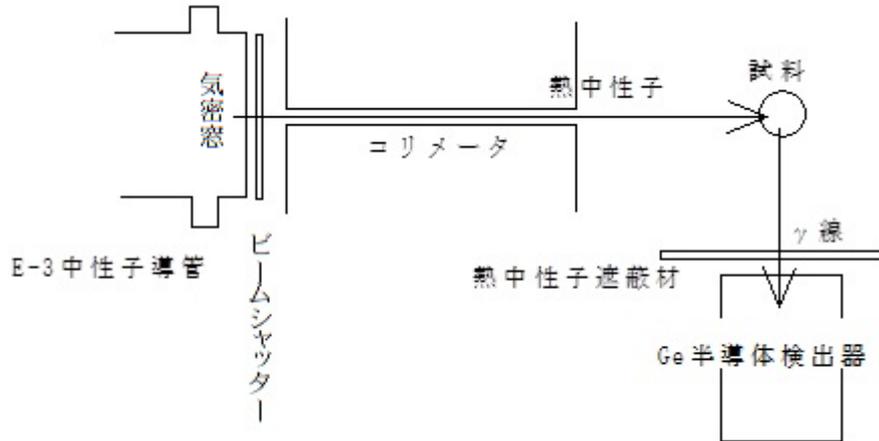


図3. 即発 γ 線測定装置の概略(中性子導管実験室内)

2. 特性

- ・ 導管出口の全中性子束は1MWで $4 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ である。
- ・ 試料の位置でのビームのサイズおよび形状は、直径0.5cmの円、あるいは、一辺1cmの正方形である。
- ・ 試料の量にもよるが、数10ppmの硼素濃度の試料であれば、測定時間は5分程度である。

3. 条件

- ・ 個体、液体、気体の試料の測定が可能である。液体、気体の測定にあたっては、飛散・拡散しないように容器等に封じ込める。
- ・ マウス等の生体の測定も可能である。逃亡しないように対策を施す必要がある。
- ・ 試料を入れた容器で発生する即発 γ 線に注意する必要がある。硼素濃度測定の場合、写真1に示すような標準テフロン容器を使用することを推奨する。
- ・ 標準テフロン容器に入れた試料あるいは同じ外寸のものについては、写真2のサンプルチェンジャーを用いることで複数の試料の即発 γ 線測定を連続的に行うことができる。この時、サンプルチェンジャーに配置できる試料の最大数は25個である。

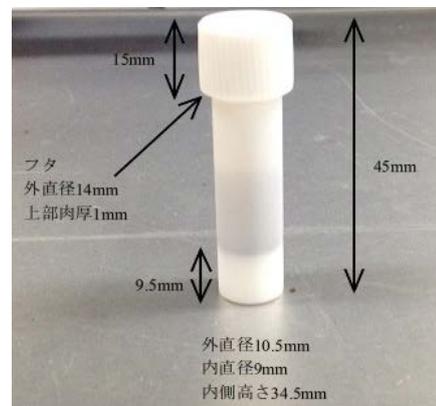


写真1. 標準テフロン容器



写真 2. サンプルチェンジャー

4. 取扱方法

「即発 γ 線測定装置の準備」、「ビームシャッターの開閉」、「即発 γ 線計測システム」、「サンプルチェンジャー」に分けて以下に示す。詳細は、設備付近に置いてある各種「取扱マニュアル」を参照すること。

① 即発 γ 線測定装置の準備

- 半導体検出器そばのホワイトボードに、検出器に液体窒素を補充した日付が記入されている。使用前に必ず日付を確認すること。日付から 10 日を過ぎている場合、設備担当者に速やかに連絡すること。液体窒素がない状態で測定装置を立ち上げると装置が故障する。
- 半導体検出器に高圧を印加する(写真 3 参照)。表示が 2,500 になるまでダイヤルを右回しに回す。
- 一連の測定が終了した後は、高圧をゼロにする。表示が 0 になるまでダイヤルを左回しに回す。



写真 3. 高圧電源

② ビームシャッターの開閉

- 図3に示すように、導管の気密窓のすぐ後に濃縮 ${}^6\text{LiF}$ 製のビームシャッターが設置されている。
KUR起動時で本設備を使用しないときは、ビームシャッターを閉じて中性子ビームを止めている。
- ビームシャッターの開閉は、写真 4 のシャッター制御システムにより行う。
- 「シャッター開」ボタンを押すと、電磁石が下降してビームシャッターを磁力により吊り上げる。シャッターが全開になると、写真 5 のように「OPEN」表示が黄色く点灯する。

- ・「シャッター閉」ボタンを押すと、電磁石が切れてビームシャッターが重力に従い落下し、「OPEN」表示が消灯する。
- ・シャッター全開時に、ノイズ等により電磁石が一瞬切れて、シャッターが落下してしまうことがある。長時間利用するときは、テープで固定する等のシャッター落下防止策を講ずることを推奨する。



写真 4. シャッター制御システム



写真 5. E3 中性子導管 OPEN 表示

③ 即発 γ 線計測システム

- ・制御 PC のデスクトップ上のアイコン MCA-3 をクリックしてシステムを立ち上げる。
- ・File-Load をクリックし、デスクトップ上に保存されている Template.mcd を選択して開く。
- ・硼素および水素からの即発 γ 線を観測するために、File->New Display でウィンドウを 1 つ追加する。観測したい領域を拡大するために、スペクトル上で右クリックを押したままドラッグし、領域を設定する。Region->Zoom で拡大される。
- ・Template.mcd を開いた時点で硼素の即発 γ 線領域(478keV 付近)と水素の即発 γ 線領域(2220keV 付近)の ROI が設定されている。ROI の情報を見るために、チャンネル表示上のバー(ROI は黄色、選択すると赤色)をクリックする。赤色になった時点で ROI の情報を見ることが出来る。
- ・Action->Start をクリックすると計測を開始し、Action->Halt で計測を終了する。
- ・計測を終了した時点で、硼素および水素の即発 γ 線の ROI 情報からピークカウントを読み取る。

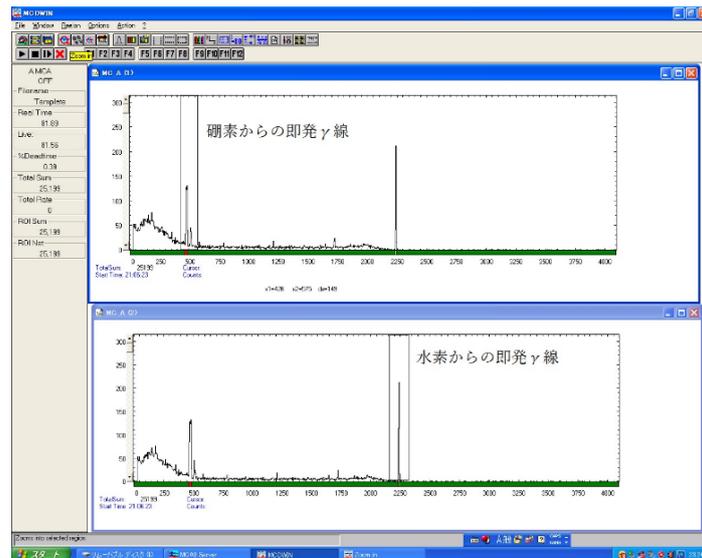


図 4. 即発 γ 線計測システムの画面

④ サンプルチェンジャー

- ・サンプルホルダーに複数試料を設置した後、即発 γ 線計測システム MCA-3 を立ち上げる。
- ・測定時間を決定する条件、例えば硼素からの即発 γ 線のピークカウント、水素からの即発 γ 線のピークカウントを設定する。MCA-3 の Options->Range, Preset で立ち上がる MCA Setting ウィンドウ内 ROI Preset 右のテキストボックスに測定したいピークカウントを入力する(図 5 参照)。ROI 右のテキストボックスには測定したい即発 γ 線のピークチャンネルの幅を入力する。Livetime や Realtime に測定時間(秒)を入力することも可能である。
- ・次に、各試料から得られる即発 γ 線スペクトルをファイルに保存するための設定を行う。MCA-3 の File->Save as で立ち上がるウィンドウ内で保存先のフォルダおよびファイル名を入力する(図 6 参照)。この時、ファイル名は data-000 などと 000 を最後につけておく。ファイルの種類は ASCII Files とする。続いて、MCA-3 の Options->Data で立ち上がるウィンドウ内の Save at Halt および auto incr,の左のチェックボックスにチェックする。
- ・MCA-3 の F7 アイコンをクリックすることで、自動測定が開始される。一つの試料が上記測定条件で終了した際に、即発 γ 線スペクトルの情報がファイルに保存され、次の試料に移動し、測定が自動で開始される。

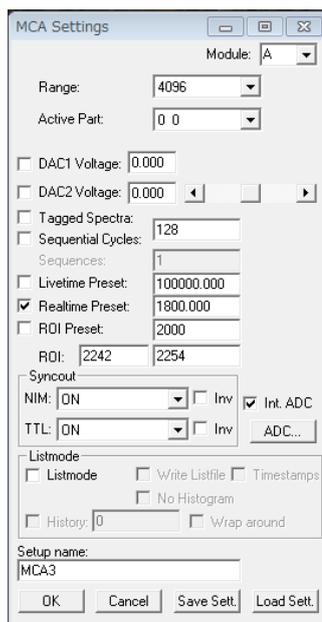


図 5. 測定条件のセッティング画面

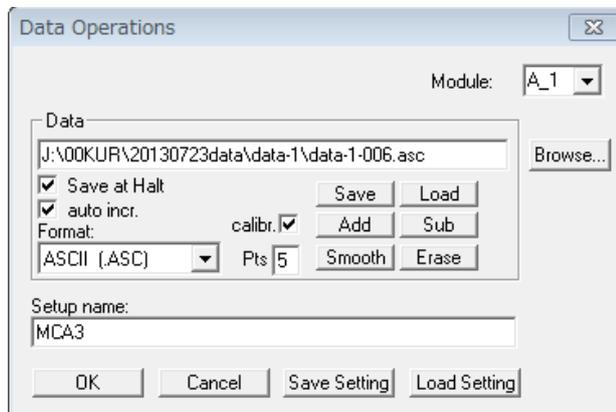


図 6. ファイル保存のセッティング画面

5. 異常時の処置

本設備での実験利用時に異常事態が発生した場合は、所内連絡者および装置担当者に速やかに連絡すること。必要に応じて、設備付近に置いてある各種「取扱マニュアル」を参照すること。

6. 設置場所

中性子導管実験室（放射線管理区域内）

7. 提出書類

実験・出張計画書、KUR 実験記録、管理区域立入願、常時(臨時)立入者証交付願(共同利用者用)

8. 装置担当者

櫻井良憲(2306)、高田卓志(2337)

9. その他

- ・利用形態および利用分類に関してあらかじめ決定された年間スケジュールに従う利用を原則とする。
- ・年間スケジュールに従わない利用を希望する場合は、計画段階に先だって装置担当者に相談すること。
- ・医療照射に関する利用については、共同利用掛または粒子線腫瘍学研究センターに照会すること。
- ・本設備の連続利用時間は、最大 8 時間を原則とする。
- ・利用時間の短縮は、利用当日でも可能である。延長は原則として不可である。
- ・利用をキャンセルする場合は KUR 制御室へ連絡し、KUR 実験記録にキャンセルしたことを記載する。

※計画段階とは実験の 3 週間前に行うマシンタイムの調整段階をいう。