



日本原子力研究開発機構 放射線標準施設棟

原子力科学研究所

三家本隆宏
Mikamoto Takahiro

長友 那豊
Nagatomo Nayuta

1. はじめに

サーベイメータや個人線量計（以下、放射線測定器という。）は、実用量の定義に基づき、放射線による物理量を適切に Sv の単位に換算して示すように設計されており、実効線量を評価するための計測量を得ることができる。物理量から Sv への換算には、放射線の種類とエネルギーが考慮される。したがって、放射線測定器にはエネルギー特性のような特有の性能要求がある。例えば、日本産業規格 JIS Z 4333 では、光子及び β 線用のサーベイメータについての性能要求を規定している。

放射線測定器については、いくつかの校正事業者が校正サービスを提供しており、ある特定の放射線エネルギーに対するレスポンスの校正を受けることができる。校正事業者の多くは、計量法校正事業者登録制度（Japan Calibration Service System; JCSS）に基づき登録された事業者である。一方で、先に述べた性能要求を確認する行為は試験と呼ばれ、校正事業者ではなく試験所によって実施される。試験所の登録・認定制度はいくつか国内に存在しており、JIS の試験を実施する試験所は、産業標準化法試験事業者登録制度（Japan National Laboratory Accreditation system; JNLA）によって登録を受けることができるが、放射線測定器を対象とした JNLA の登録試験事業者はこれまで存在しておらず、令和 4（2022）年 6 月に、国立研究開発法人日本原子力

研究開発機構（以下、原子力機構という。）が、国内で初めての放射線測定器に対する JIS 試験を行う試験事業者として登録された。

今回筆者らは、試験所として登録されている原子力機構原子力科学研究所の放射線標準施設棟（Facility of Radiation Standards; FRS）を訪問した。

2. 放射線標準施設棟 FRS

FRS は、放射線測定器の校正・試験や研究開発を目的として、昭和 55（1980）年に、 γ 線、X 線、RI 中性子照射設備を備えた施設として建築され、平成 12（2000）年には、加速器を利用した単色中性子線照射室等を増設し、世界でもトップクラスの放射線



写真 1 放射線標準施設棟外観

の種類及びエネルギー範囲を対象とした校正施設として完成した。特に中性子線においては、9桁のエネルギー範囲を網羅しており、原子力分野のあらゆる用途に対応している。令和4年には、前述のとおりJNLAの試験事業者として登録され、試験所として運用されている。試験所の登録を受けるにあたり、設備を大きく変更する必要はなかったとのことである。しかしながら、国内では前例のない登録区分であり、正式に試験所として登録されるまでには、品質保証体制の整備等様々な苦労があったことは想像に難くない。また、このような設備を僅か10名（現場作業員は5名）で維持管理されていることには大変驚いた。

FRSは地上3階、地下1階の鉄筋コンクリート造りである（写真1）。本記事では、見学することのできた6つの設備について紹介する。

2.1 γ 線照射設備

γ 線照射設備では、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 等の核種を使用している（写真2）。線源は、制御室から遠隔で照射位置に設置され、コリメート照射が行われる。校正・試験の方法は、JIS Z 4511に基づく基準測定器を用いた置換法等である。線源との距離は、80 cmから3 mまで可変であるが、照射野サイズや後方散乱の影響を考慮して、主に使用する照射距離は1~2 mとのことであった。主に ^{137}Cs の γ 線による校正が行われ、エネルギー特性の基準レスポンスにも利用されているため、この設備のマシントイムはサーベイメータ校正や試験でほぼ埋まっているとのことであった。



写真2 γ 線照射設備の作業台

2.2 RI中性子線照射設備

ここでは、 ^{252}Cf 、 $^{241}\text{Am-Be}$ といった中性子線源を用いた試験が行われている。中性子線を用いて試験を行う場合、散乱線が大きく影響するため、試験場所の幾何学的条件に気を配らなければならない。本設備の照射室床面はグレーチング構造であることにより、床面からの散乱線影響を抑制しており、グレーチング床面から地下の床面まで6 mの高さがあった。

^{252}Cf 中性子線源は γ 線照射設備と同様に遠隔で配置され、地下1階にある貯蔵室からトロックのようなものに乗って、地上1階の照射位置に輸送される（写真3）。また、黒鉛パイル（写真4）の中央に ^{252}Cf 中性子線源をセッティングし、黒鉛により減速した熱中性子を利用する場も構築されていた。2011年の東日本大震災時には原子力機構と国家標準を持つ産業技術総合研究所は黒鉛パイルが崩れてしまったため、一時的に国内に標準がない状況が生じた。

一般的な作業場環境の中性子スペクトルを再現するように、 $^{241}\text{Am-Be}$ 線源から放出される速中性子を

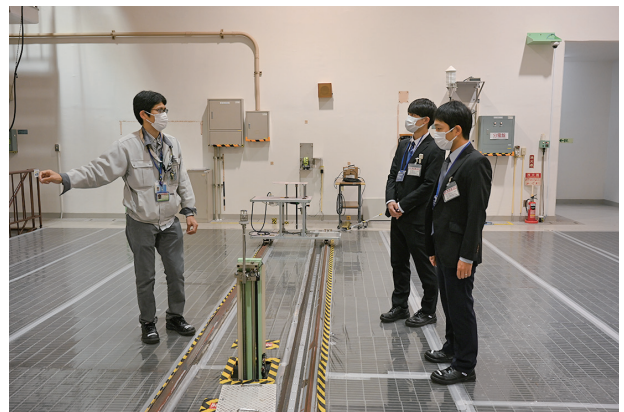


写真3 RI中性子線照射設備



写真4 熱中性子場（黒鉛パイル）



写真5 X線照射設備

黒鉛パイルにより減速させた中性子場が利用可能であり、この時の中性子スペクトルは数十 meV といった低いエネルギーである熱領域から数 MeV の高い高速領域までの広いエネルギーの分布となっている。現在、中性子利用は産業や医療と多岐にわたるため、測定器校正・試験の役割を担う FRS の設備は非常に重要だと実感した。

2.3 X線照射設備

設備構成(写真5)は γ 線照射設備と同様であり、Al, Cu, Sn, Pbといったフィルタの組合わせを変えることでX線の線質を変化させ照射する。最大使用電流は30 mAであり、1 cm線量当量率は最大で2 Sv/hである。X線の出力をモニタするための電離箱が備えられており、別途取得したスペクトル等の情報から、線質も評価しているとのことであった。訪問時、軟X線の照射装置は故障中とのことであり、中硬X線が利用可能であるが、蛍光X線を利用した低エネルギーX線場も利用できるように整備している。

2.4 β 線照射設備

^{90}Sr , ^{147}Pm , ^{85}Kr 線源を利用した照射が可能であり、主に個人線量計を対象として70 μm 線量当量での校正及び試験が行われている。設備は世界でも多く利用されているBSS2(Beta Secondary Standard)の他に、原子力機構独自に設定した比較的高い線量率が得られるJIS Z 4514に基づくシリーズBの標準場も利用可能である(写真6)。



写真6 β 線照射設備

(左: BSS2, 右: 原子力機構独自開発の設備)



写真7 加速器本体

2.5 4 MV ペレットロン加速器

陽子や重陽子を加速するための設備である。加速器は地下1階にあり、地上1階にある単色中性子照射設備までビームラインが伸びている(写真7)。陽子及び重陽子は加速器タンク内で加速され、単色中性子照射設備のターゲットと核反応を起こすことで、単色中性子や高エネルギー γ 線を発生させる仕組みである。加速器施設は真空の維持や定期的なメンテナンスが欠かせないとのことであった。

2.6 単色中性子照射設備

単色中性子室には加速器からビームが輸送され、ターゲットを変えることによって8 keV~19 MeVまでの10種類の単色中性子場が利用できる。こちらの施設もRI中性子照射設備と同様にグレーチングエリアを設けている(写真8)。海外の一部の施設ではグレーチングではなく、キャットウォークを採用しており、肝が冷えるような環境で作業している



写真8 単色中性子線照射設備

ところもあるとのことである。単色エネルギーの中性子線で試験できることが、FRSの強みの1つである。RI中性子線源を使用した場合、中性子エネルギーは広がっており、レスポンスの評価が困難になるが、単色エネルギーであれば性能評価が容易になる。

これらの設備は原子力機構のホームページ(<https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/tours/index.html>)から360度ビューで誰でも気軽に見学することができる。今回紹介できなかった施設も公開されているので、興味のある方はアクセスしていただきたい。

3. FRS 設備利用

FRSが試験所として登録されてからおよそ1年が経過しているが、現時点では、研究目的の利用が多いとのことである。試験所としては、一般ユーザーでも利用することができ、放射線測定器のエネルギー特性を評価した試験報告書を受け取ることが可能である。施設を案内していただいた吉富寛氏からは、多くの方々に試験所として利用していただきたいとのコメントがあった。試験の申込みは、原子力機構の公式Webサイトの「産学連携」のセクションから行うことができる。試験料金は、試験に要する設備機器の利用時間や成果占有の有無で異なるが、安価に実施できる試験もあるとのことである。

4. 最後に

放射性同位元素等規制法においては、令和5年10月より、測定器の信頼性確保が求められる。測定器の点検及び校正は、ユーザーがその方法や頻度を考えなければならない。FRSにおけるJIS試験は、厳密には校正と区別されるものであるが、測定器の信頼性確保の手段の1つとなるであろう。また、今後はICRU Report 95への対応も検討が進むと考えられ、放射線測定器の開発においてもFRSの果たす役割は大きい。

FRSは、エネルギー特性試験を実施する試験所として登録されているが、エネルギー範囲の拡大、方向特性試験、直線性試験、温度特性試験等の試験区分の拡大や、多国間相互承認(Mutual Recognition Arrangement;MRA)への対応も今後検討されるとのことである。近い将来、JISマークの付いた放射線測定器を手にするようになるかもしれない。

謝辞

施設の案内及び説明をしていただいた吉富氏、谷村氏をはじめ、原子力科学研究所放射線標準施設棟の皆様がこの場を借りて深く感謝いたします(写真9)。

((公社)日本アイソトープ協会)



写真9 放射線標準施設棟のエントランスにて

(手前左から、吉富寛氏、谷村嘉彦氏、阿部琢也氏、左奥から、半谷英樹氏、三家本、長友、上養(日本アイソトープ協会)、西野翔氏)