



放射線防護技術の概要

5. 放射線管理用計測機器の
保守・校正技術

安全部

資料番号：81-6

Overview on Development of Radiation Protection
Technology5. Development of Technology on Maintenance and
Calibration of Radiation Monitoring Instruments

(Safety Division)

動燃事業団では、放射線管理に用いられる計測機器の品質保証に係わる業務を放射線管理業務の柱の一つに位置づけ実施するとともに、放射線管理用計測機器の保守・校正技術として標準化を進めてきた。本稿では、事業団における放射線標準施設としての性格を有する東海事業所計測機器校正施設を例として、それらの現状を記載した。

保守技術としては、基本的考え方、方法、保守結果の分析とその適用について具体例を交えて概括した。校正技術としては、トレーサビリティ体系およびγ線、β線、中性子線、放射能等に関する校正方法について具体例を交えて概括した。

5.1 はじめに

原子力施設や放射性同位元素を取り扱う施設においては、放射線管理のために、空間線量率の測定、空气中放射能濃度の測定、表面汚染密度の測定、排気中放射能濃度の測定、排水中放射能濃度の測定、放射線業務従事者の線量当量の測定等が法令に基づき行われている。

これらの測定を計画通りに実施し、適正な測定結果を得るためには、測定に用いる機器が適切に校正されていることおよび設計通りの性能で維持されていることが重要である。動燃事業団では、この放射線管理用計測機器の品質保証に係わる業務を放射線管理業務の柱の一つに位置付け、計測機器校正施設等の設備および人員の整備を図るとともに、放射線管理用計測機器の保守・校正技術として標準化を進めてきた^{1),2),3),4)}。

本稿では、事業団における放射線標準施設としての性格をもつ東海事業所計測機器校正施設を例として、保守・校正技術の現状を紹介する。

5.2 放射線管理用計測機器の設置状況

事業団施設において用いられている放射線管理用

計測機器の例を表5-1に示す。これらの機器の保守・校正は、事業所によってはメーカー委託により実施しているが、東海事業所においては計測機器校正施設で実施している。同施設で管理対象としている機器の台数の推移は図5-1に示すとおりであり、これらの機器は年々増加し、平成2年度末には、エリアモニタ、ダストモニタ、臨界警報装置等の定置型のモニタは約500系統、それ以外のサーベイメータ、出入管理用機器等の機器は約2,700台に達している。この他、TLD読み取り装置の校正、個人線量計の特性試験等、個人線量当量測定用のトレーサビリティに係わる校正も同施設で行っている。

5.3 保守技術の現状

5.3.1 基本的な考え方

放射線管理用計測機器の正常な機能および性能を維持するために東海事業所では、表5-2に示す保全を実施している。

放射線管理用計測機器は、放射線管理担当者によって指示値の確認や簡単な動作チェックが毎日実施されている。これらの点検は、放射線管理上の日

表 5-1 放射線管理用計測機器の種類

用途	種 類	主 な 機 器 名
作業環境 管 理	エリアモニタ	γ 線エリアモニタ 中性子線エリアモニタ
	ダストモニタ	α 線ダストモニタ β 線ダストモニタ
	臨界警報装置	γ 線検出型臨界警報装置 中性子検出型臨界警報装置
	サーベイメータ	電離箱式サーベイメータ GM線式サーベイメータ α 線シンチレーション式サーベイメータ 中性子レムカウンタ テレメータ
	出入管理用機器	ハンド・フット・クローズモニタ ゲートモニタ
	放射能測定装置	α 放射能測定装置 β 放射能測定装置 α/β 放射能自動測定装置
	可搬型放射線(能)測定装置	可搬型ダストモニタ γ 線モニタ
	放射管理	ガスモニタ ヨウ素モニタ ダストモニタ
	排水モニタ	排水ロモニタ
	周辺環境 管 理	モニタリングステーション 空間線量率計 (NaI(Tl)シンチレーション検出器) 空間線量率計 (電離箱) β 線モニタ モニタリングポスト 空間線量率計 液体シンチレーションカウンタ 多量体分析装置 2 π ガスフローカウンタ モニタリングカー Ge放射能分析装置 空間線量率計 (NaI(Tl)シンチレーション検出器) ヨウ素モニタ (NaI(Tl)シンチレーション検出器) ダストモニタ (GM管)

的で実施されるが、機器の異常を早期に発見する上でもきわめて重要である。

専門の担当者によって定期的に実施される保守には総合検査、性能検査、単体検査がある。総合検査は、保安規定等に定める定期検査に該当し、この検査では、検出部、電源等各部の電気的な試験、線源校正および定置モニタにおいては警報動作試験等が実施される。性能検査は、総合検査を補完するため比較的高い頻度で行われる簡易的な総合検査であり、法令等に基づきあるいは保全担当者の判断に基づき実施される。単体検査は、予防保全を目的とした自主的な検査であり、この検査では回路の電気的な試験、調整等が行われる。このほか、きわめて高

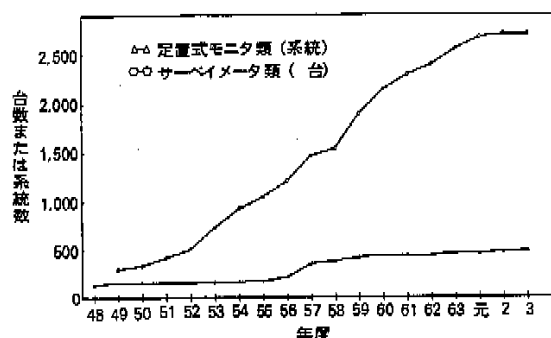


図 5-1 放射線計測機器の管理台数推移

表 5-2 放射線管理用計測機器の保全の種類と内容

保全の種類	目的	実 施 内 容	頻 度	備 考
状態監視保全		基本動作確認	1 回/日	
時間計測保全	総合検査	検出部の検出部、測定部、電源部などの電気的な試験および線源校正、定置式モニタにおいてはシステム全体としての警報試験などの総合試験	2 回/年	
		性能検査	1 回/年	臨界警報装置(再処理施設)
	予防	システム全体としての検出部やモジュールなどの電気的な試験	1 回/年	サーベイメータ類を除く
		定期的な部品の交換	1 回/5 年	臨界警報装置
事後保全	修理	修理および総合検査定期保全に同じ	故障の都度	

い信頼性が要求される臨界警報装置については定期的な部品の交換を実施している。

機器に故障や異常が生じた場合の事後保全では、欠測時間をできるだけ短縮化するために、定置式モニタ等の重要な機器については、機能毎にブロック化されたモジュールを同型の予備品に交換し、システム機能の早期復旧を図っている。

5.3.2 総合検査の方法

総合検査における部位別の主な検査項目は、検出部については感度試験、低圧・高圧電源部については出力電圧およびリップルノイズ確認試験、計数回路部については計数動作試験、警報部については警報設定精度および動作確認試験、記録部については指示精度試験である。これらの検査項目は機器の種類が変わっても基本的には同じである。

一例としてプルトニウムダストモニタの総合検査の項目を図 5-2 に示す。測定系の検査項目としては、検査前の指示値の確認、デジタルレートメータの指示値と記録計の指示精度の確認および系のバックグラウンド値、計数効率、感度、分解能の感度試験があり、警報系の点検項目としては、警報設定精度、警報動作確認試験がある。また、各々の検査項目に対して良否の判定基準を定めている。この他に、経験的に Pu ダストモニタはノイズの影響を受けやすいためノイズレベルの測定確認を実施している。

5.3.3 保守結果の分析とその適用

(1) 保守結果と保守の有効性

主な放射線管理用計測機器について、昭和 61 年度から平成元年度における 1 台当たりの年平均故障発生率 (年間故障発生件数を設置総台数で除した値)

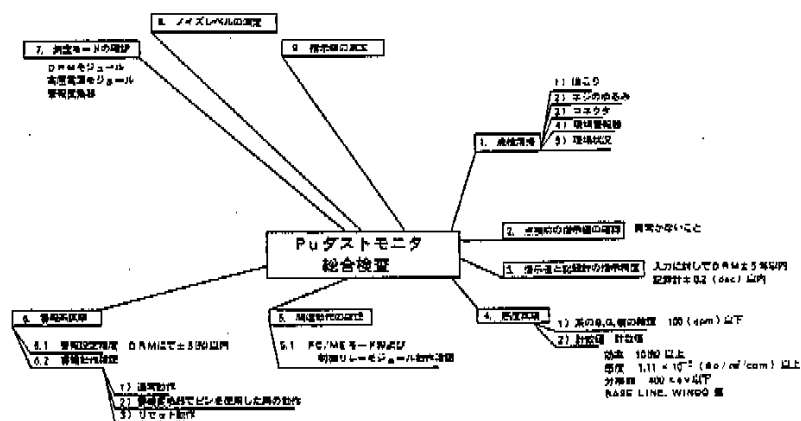


図5-2 Puダストモニタ総合検査例

と検査時調整率（検査中に行った年間の部品交換・調整件数を設置総台数で除した値）を図5-3に示す。

定置式モニタについては、故障発生率はγ線エリアモニタで約0.1~0.2件/年・台、α線ダストモニタ

で約0.3~0.4件/年・台、β線ダストモニタで約0.3~0.6件/年・台であった。検査時調整率はγ線エリアモニタで約0.2~0.3件/年・台、α線ダストモニタで約0.2~0.3件/年・台、サーベイメータおよびハンド・フット・クローズモニタは、定置式モニタに比べて故障発生率および検査時調整率がともに多い。これは、構造上検出器に機械的ショックが加わり易いことおよび電源の開閉動作が頻繁に行われることが主な原因と考えられる。

故障発生率と検査時調整率との比較では、検査時調整率が故障発生率を常に上回っている。このことから、検査時の調整によって故障の発生が、かなり低減されていると考えられる。

(2) 検出器の種類と故障の特徴

放射線管理用計測機器の故障発生部位は検出部が大部分である。このため検出部に着目した検査が重要である。

主な機器の検出器の種類と故障の特徴を表5-3

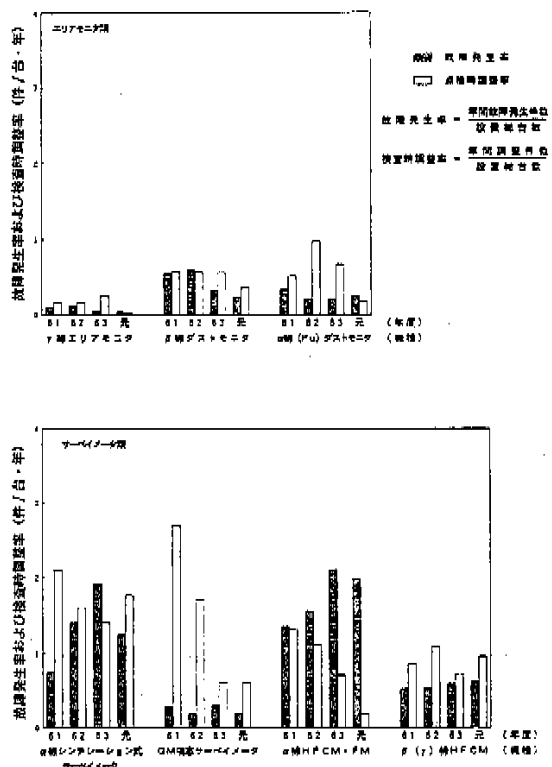


図5-3 主な放射線管理用機器の故障発生率と検査時調整率

表5-3 主な放射線管理用計測機器の検出器の種類と故障の特徴

機種	項目	検出器の種類	主な故障発生部位	主な故障箇所
α線ハンド・フット・クローズモニタ	空気比例計数管	検出部：90%	検出部：90%	検出部、芯線
α線フットモニタ	GM計数管（側窓型）	測定部：80%	測定部：80%	記録計
γ線エリアモニタ	GM計数管（側窓型）	検出部：90%	検出部：90%	GM計数管
β線ダストモニタ	GM計数管（側窓型）	検出部：80%	検出部：80%	GM計数管
β(γ)線ハンド・フット・クローズモニタ	GM計数管（側窓型）	検出部：60%、ケーブル：30%	検出部：60%、ケーブル：30%	GM計数管、ケーブル
β(γ)線フットモニタ	GM計数管（側窓型）	検出部：50%、測定部：40%	検出部：50%、測定部：40%	半導体、記録計
GM線型式サーベイメータ	半導体検出器（シリコン表面障壁型）	検出部：70%、ケーブル：20%	検出部：70%、ケーブル：20%	遮光膜、ケーブル
α線ダストモニタ	シンチレーション検出器			

に示す。

α 線ハンド・フット・クローズモニタは検出面の膜破損、芯線切れ等の検出器の故障が約90%以上である。また、検出器に空気比例計数管を使用しているため検出器内の湿気による故障も多い。 γ 線エリアモニタ、 β 線ダストモニタ、GM端窓サーベイメータ、 β (γ)線ハンド・フット・クローズモニタはGM計数管等の検出器の故障が約60%以上である。GM計数管の異常は機械的な衝撃等による破損と寿命によるものがあり、寿命によるものは点検時のプラトー特性等の検査において事前に発見し、故障発生前に交換している。 α 線ダストモニタはシリコン表面障壁型半導体等の検出器の故障が約50%である。半導体検出器は湿気等に弱く、設置場所の雰囲気により表面が腐食して劣化が促進されることがある。また、半導体の表面に粉塵等が堆積すると計数効率が悪くなる。この故障に対しては点検時のノイズ、計数効率、分解能等の検査において事前に発見し、故障発生前に交換している。 α 線シンチレーション式サーベイメータは遮光膜の破損、光電子増倍管の故障等の検出器の故障が約70%である。 α 線サーベイメータは、検出部を被測定物に接触寸前まで近づけて使用されることが多く衝突による機械的ショックが加わり易いため、取扱上の注意が必要である。

(3) 分析結果の適用

故障状況等の分析結果は、機器の改良や保守方法の改善等に反映している。以下にその代表例を示す。

α 線シンチレーション式サーベイメータは、故障の大部分が検出器の遮光膜の破損によるものであるため遮光膜を保護するメッシュを製作し、検出器のグリル面に装着し、計数効率への影響等の試験を行い標準品とした。この対策によって、検出器の故障発生率が減少した。

臨界警報装置は、現場作業員の無条件の退避を促すための警報装置であることから法令に定める安全上重要な機器に該当し、きわめて高い信頼性が要求されている。このため警報装置を構成している個々の部品・機器に対して信頼性データに基づいて部品の故障形態とその対応を定め、寿命前に部品・機器の交換を行っている。具体的には、検出部、電源部、補助ユニット、警報発生ユニット、警報発生装置等の電解コンデンサ、リレー、ヒューズ、ランプを定期的に交換しており、予防保全の効果を上げている。

5.4 校正技術の現状

5.4.1 トレーサビリティの体系

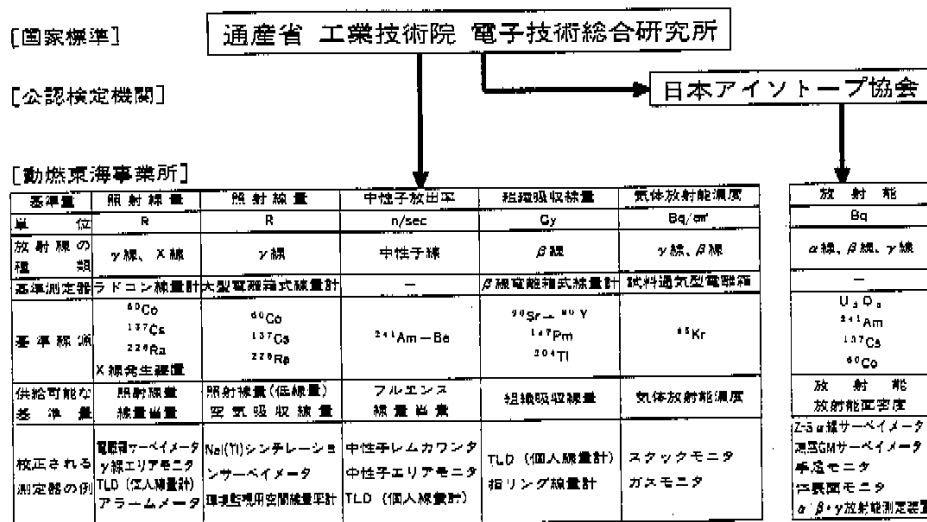
校正の目的は、測定器が使用される状況を考慮した校正条件下において、照射線量あるいはICRUが定義した周辺線量当量⁵⁾等の物理量（いわゆる operational quantity）と測定器の指示値との関係を決定することである。校正結果は測定器の指示値から線量への換算、測定器の感度調整に用いられる。

通常、放射線防護の目的で行われる放射線計測はすべて比較測定であるが、この比較測定における校正の位置付けは、測定結果の根拠を与えるという意味できわめて重要である。したがって、通常用いられる測定器はすべて国家標準または信頼できる基準に対してトレーサブルな形で校正が行われていなければならない。多くの場合、放射線測定器の校正は線量率が既知の放射線場あるいは放射能が既知の線源を用いて行われるが、その放射線場あるいは線源は、さらに上位の基準測定器を用いて校正されていることが必要である。上位というのは国家標準あるいは信頼できる基準に対してより近い位置で校正されているという意味である。これがトレーサビリティの基本的考え方であり、放射線計測のみならず他の種類の計測においても、計測の信頼性や精度を効率よく維持していくためにきわめて重要な考え方となっている。

わが国においては、照射線量（率）測定器および線量当量測定器を対象にその標準移行体系と校正方法、基準測定器、線源等の標準化が行われ、日本工業規格⁶⁾として制定されている。この規格は、校正方法自体の標準化を目的としていること、トレーサビリティの思想を明確に反映していること、標準移行を対象とする基準校正と、実用測定器を対象とする実用校正とを区分して校正の体系に位置付けていること等の点において特徴的であり、その考え方はその他の放射線測定器の校正にも適用できる。

核燃料サイクル全体で取り扱われる放射性核種の種類はきわめて多く、それらを対象とした放射線計測法は多種多様であるが、放射線防護計測技術の観点からはいくつかのカテゴリーにまとめることができる。すなわち、 γ (X)線、 β 線、中性子線等の外部放射線に係わる線量当量、超ウラン元素等の α 線放出核種による表面汚染密度、 β 線放出核種による表面汚染密度、放射能分析に係わる種々の γ 線放出核種放射能、⁸⁵Kr等の気体放射能濃度、等である。これらの基本的な計測の分類およびトレーサビリティの体系を表5-4に示す。なお、わが国の国家標準機関は通産省工業技術院電子技術総合研究所（以下、電総研と略記）である。

表 5-4 東海事業所におけるトレーサビリティ体系



5.4.2 照射線量

(1) 校正場の設定方法

照射線量は實際上、光子エネルギーが数keVから数MeVの範囲のγ線、X線に適用され、放射線防護の基準として必要な線量率範囲は環境レベルから数10R/h程度である。法令で定める外部被ばくによる線量当量の測定には、1cm線量当量等が用いられるが、国家標準から事業所への基準の移行に係わる測定については、照射線量が用いられる。その理由は、照射線量が定義上物理量として直接測定可能なためである。

γ(X)線校正場の設定においては、日本工業規格 JIS Z 4511「照射線量測定器および線量当量測定器の校正方法」⁶⁾の規格を満足するよう努めている。またX線の線質指標に関しては1979年に国際標準化機構(ISO:International Standards Organization)が制定したISO-4037⁷⁾を参考に整備を進めている。基準測定器として、ビクトリン社製550型電離箱式線量計(商品名、ラドコン線量計)およびネスコ社製大型電離箱式線量計を用いている。電総研における校正は約3年毎に行っている。特にラドコン線量計は、Cs照射装置、γ線照射装置、低エネルギーγ線照射装置、X線発生装置の校正場の設定(線量の値付け)に使用しており、重要な基準測定器である。基準測定器で設定した校正場は一次照射線量(率)基準であり、この校正場で実用測定器(現場で使用する測定器)の校正を行う。線量当量(率)計の校正には、照射線量に線量当量換算係数を乗じて線量当量を求め、その値を基準とする。

(2) γ(X)線校正場

① Cs照射装置

Cs照射装置は実用測定器の校正に頻繁に使用されるもので、その校正場の特性をよく把握しなければならない。校正場の望ましい特性は、照射ができるだけ均一であることおよび任意の距離での照射線量が精度良く求められていることである。校正場の特性として、照射の均一性に関する測定、再現性に関する測定、校正台からの散乱線の影響に関する測定、逆2乗推定法の適合性を調査した結果を表5-5に示す。特に、再現性に関する測定については、前述したJIS Z 4511での条件よりきびしい条件でもJISの規格を満足している。また、逆2乗推定法の適合性試験結果から、線源-検出器間の距離が1mから9mの範囲で3%以内で適合し、散乱γ線の寄与が低いことがわかる。このことから、計算によって任意の点での照射線量(率)を精度良く求めることがで

表 5-5 ¹³⁷Cs照射装置(1.11TBq)の特性調査結果

照射の均一性に関する測定	条件	線源-検出器間距離: 2m (コリメータの開口: 中10から11.3°)			
		半径10cmでの偏り	半径20cmでの偏り	半径30cmでの偏り	半径40cmでの偏り
結果	1, 2	- 7.8~	- 6.9~	- 28.2~	- 14.5%
	0.5%	- 2.8%	- 1.8%	- 70.3~	- 56.0%
再現性に関する測定	条件	測定回数10回の変動係数 照射中に繰り返し測定			
	結果	±0.2%			
校正台からの散乱線の影響に関する測定	条件	校正台-検出器間距離20cmの値を1.00とし密着時(5cm)まで移動した時の最大の散乱線寄与率			
	結果	4.0%			
逆2乗推定法の適合性		線源-検出器間距離1~9mにおいて ±3.0%で適合			

表 5-6 X線発生装置の実効エネルギー

X線管電圧 (kV)	フィルタ (mm)			半価層 (mm)	1/4価層 (mm)	実効エネルギー (keV)	均等厚	QI
	Al	Cu	Sn					
40	3.98	0.205	—	0.09	0.185	35	0.947	0.875
60	3.98	0.61	—	0.265	0.540	48	0.954	0.800
80	3.98	2.01	—	0.615	1.235	64	0.992	0.800
100	3.98	4.96	—	1.190	2.380	84	1.000	0.840
120	3.98	4.96	1.05	1.810	3.655	100	0.891	0.833
150	3.98	—	2.53	2.580	—	118	—	0.787

きる。 ^{137}Cs 線源の場合には半減期が精度良く求められており、実用校正の都度基準測定器による測定を行わなくても計算によって校正場の照射線量(率)、線量当量(率)を決定することができる。なお、ガラス線量計を用いたCs校正場のブラインドテストの結果では、日本原子力研究所・東海研究所の基準校正場と1%以内の差で一致した。

② X線発生装置

計測機器校正施設のX線発生装置は、最大管電圧420keV、最大管電流30mAである。この装置は特に高線量率での校正試験や、新しく開発した線量計等のエネルギー特性試験に用いられている。平成元年の法令改正に伴い、光子エネルギーが100keV以下におけるエネルギー特性試験が頻繁に行われるようになり、これに合わせて、前述したISO-4037を参考に校正場の整備を進めた。この規格では連続分布X線の場合そのスペクトル幅に着目し、半価幅が平均エネルギーの30%前後の「狭スペクトル」および50~60%の「広スペクトル」の各シリーズを制定し、原則として狭スペクトルシリーズ(線質指標が0.8)の使用を推奨している。これを踏まえ、事業団では狭スペクトルシリーズを整備した。表5-6に半価層の測定により求めた狭スペクトルシリーズの実効エネルギーを示す。

X線発生装置を使用した校正は、基準線量計と被校正測定器を置換して行う方法が一般的であるが、管電圧および管電流が安定している場合には、線量の変化はほとんどないため、それらをモニタすることによってその都度基準線量計を用いなくても線量を決定することができる。実用校正にはこの方法を用いている。

5.4.3 β 線組織吸収線量

(1) 校正場の条件

原子炉施設、軽水炉燃料加工施設、MOX燃料加工施設等においては β 線に対する被ばくは通常問題にならないが、再処理施設においては、セル内補修

作業時等に ^{90}Sr — ^{90}Y や ^{106}Ru — ^{106}Rh 等から放出される β 線に対する被ばく管理が必要になることがある。 β 線の被ばく管理においては皮膚および目の水晶体に対する組織線量当量の評価が必要であり、それぞれ7mg/cm²組織吸収線量(70 μm 線量当量と等価)、0.3g/cm²組織吸収線量(3mm線量当量と等価)の測定が行われる。事業団では、この測定のために個人モニタリングにはTLDバッジおよび指リング線量計を使用しており、作業環境のモニタリングには電離箱サーベイメータを使用している。これらの測定器の校正方法については国内はもとより諸外国においても標準化は行われていないが、校正場の設定方法については、ISOが校正用基準 β 線源に関する規格(ISO-6980)⁸⁾を制定している。この規格は、校正用線源の核種の選択、吸収線量率の測定法、照射場の諸特性(β 線のエネルギー、均一性、光子混在割合)、 β 線照射の実例等の内容を含むもので、事業団における校正場の設定においてもこの規格を考慮に入れている。

(2) 校正場の整備

わが国では、最近まで β 線吸収線量の国家標準がなく、事業団では独自に吸収線量率の値付けを行った線源を用いて個人線量計等の感度校正を実施していた。しかし、電総研において外挿式電離箱を用いた吸収線量の測定法により β 線吸収線量当量の国家標準が確立されるとともに、平成2年からは外部機関への標準検定のサービスが開始されたため、東海事業所計測機器校正施設において新たに校正用 β 線源を整備するとともに、国家標準を基準とした吸収線量率の検定を実施し、 β 線量測定に係わるトレーサビリティ体系の確立を図った。

計測機器校正施設における基準線源は、 ^{147}Pm (518MBq)、 ^{204}Tl (18.5MBq)および ^{90}Sr — ^{90}Y (74MBq、1850MBq)の3核種であり、仕様はISO-6980に適合するものとなっている。校正場設定のための線源測定は、平成2年2月から5月にかけて電総研所有の標準電離箱(検出部約80mm ϕ ×7mmの平板状電離箱、入射窓6 μm)を東海事業所の計測機器校正施設に持ち込み実施した。表5-7に線源の仕様と主

表 5-7 校正用基準 β 線源の仕様および主な校正点におけるエネルギーと線量率

核種	放射能 (MBq)	外形寸法 (mm)	線源—検正点距離 (cm)	均一化フィルタ	残留最大エネルギー (MeV)	7mg/cm ² 組織吸収線量率 ($\mu\text{Gy/s}$)
^{147}Pm	518	7 ϕ ×0.0061	20	有	0.13	29.49
^{204}Tl	18.5	7 ϕ ×0.021	30	有	0.62	1.929
^{90}Sr — ^{90}Y	74	7 ϕ ×0.0031	30	有	1.97	0.474
^{90}Sr — ^{90}Y	1850	9.3 ϕ ×0.51	50	無	2.04	0.133

な校正点におけるエネルギーおよび線量率を示す。 β 線は、 γ 線に比べて透過力が弱く、空気散乱、吸収の影響を受け易いので、校正にあたっては、以下の点に留意している。①校正雰囲気（空気）の温度、気圧、湿度の補正が必要である。②均一な照射フィールドを得るためには、フィルタが必要である。③基準線量計によって実測された点のみを校正に使用すべきである。計算によって線量率やエネルギーを評価することはきわめて困難である。④残留最大エネルギーは照射距離によっても変化する。

整備した校正場を利用して個人線量計の特性試験、電離箱サーベイメータの特性試験⁹⁾等が実施されている。

5.4.4 中性子線

(1) 校正用線源の条件

再処理施設、MOX燃料加工施設等プルトニウムを取り扱う施設においては、 γ 線に加えてプルトニウム同位体から放出される中性子線に対する放射線管理が重要である。原子炉施設においても運転期間中の施設内管理業務において中性子線の被ばくを伴うことがある。中性子の終量当量の測定には、減速体付の中性子レムカウンタや中性子エリアモニタが用いられるが、これらの測定器は中性子のエネルギーに対して感度変るため、測定を行う場所のエネルギー分布を考慮して校正を行うことが必要^{(10),(11)}である。

プルトニウムを取り扱う施設においては、プルトニウムから放出される α 線と ^{17}O 、 ^{18}O との (α, n) 反応によるものとプルトニウムの自発核分裂によって中性子が発生する。それらのエネルギーはほとんどが数MeVの近傍に分布している。したがって、校正には、エネルギーが類似の (α, n) 線源 $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ や自発核分裂中性子線源 ^{252}Cf 等が用いられる。

一方、原子炉等から漏洩する中性子線の場合には厚いコンクリート製の生体遮蔽壁を透過した後の減速された中性子の成分が多い。したがって、上記の中性子線源より低いエネルギーの中性子源が必要である。欧米では、球形の重水減速体を使って減速された中性子を利用した校正法が標準化⁽¹²⁾されている。わが国においてもポリエチレン球や鉄球を使った中性子標準減速場が開発⁽¹³⁾されている。

(2) 線源および散乱線の影響

計測機器校正施設で保有する基準中性子源は $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ である。この線源は、中性子放出率で値付けされている。この値は、電総研の標準グラファイトパイル（ $2.3 \times 1.9 \times 1.9\text{m}^3$ ）内の中心位置に、

表 5-8 標準中性子線源線量当量率
(平成元年4月)

線源	中性子放出率 (n/sec)	線量当量率 ($\mu\text{Sv/h at 1m}$)	半減期 (年)	平均エネルギー (MeV)
$^{241}\text{Am}-\text{Be}$	2.38×10^7	26.2	458	4.5
^{252}Cf	5.90×10^7	583	2.65	2.35

$\text{Am}(4\text{Ci})-\text{Be}$ 標準中性子源と本線源とを置換させ、両者による熱中性子計数率を BF_3 管により計測し、標準値との相対比に基づき決定されたものである。測定器への照射は、 4π 方向で行い、放出率から計算によって校正場のフルエンスおよび線量当量率を求めている。この他にも国家標準とのトレーサビリティはないが、製造者によって放出率が決定されている ^{252}Cf 中性子源も校正に用いている。 ^{252}Cf 中性子源は中性子エネルギースペクトルがよく知られているため有用である。これらの線源の諸元を表5-8に示す。

本施設では中性子照射室の床は鉄製のグレーチングで中性子の床面からの散乱放射線の影響をできるだけ低減するよう図られている。計算によって求めた本照射室における散乱線成分の割合を他の機関とともに図5-4に示す。この結果から、本室での散乱線の割合は電総研（つくば）と同程度に少なく、校正場としては良好であるといえる。

なお、近年米国等の個人線量計の性能試験⁽¹⁴⁾においては、標準化された重水減速場での照射試験が行われるようになり、事業団においても現在30cm ϕ の重水球を使った中性子標準減速場の整備を進めている。

5.4.5 気体放射能濃度

再処理施設等の排気口においては、排気中の放射

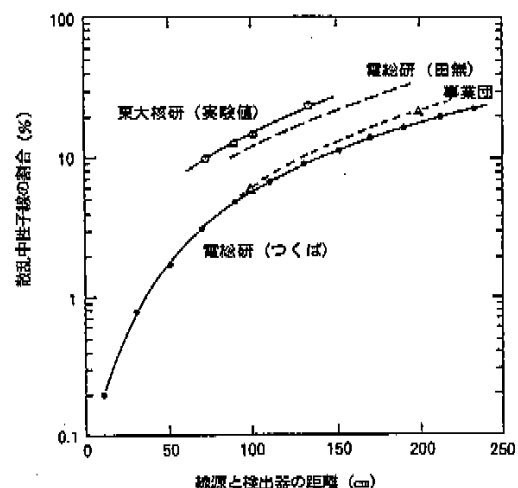


図 5-4 国内の中性子照射施設における散乱線の割合

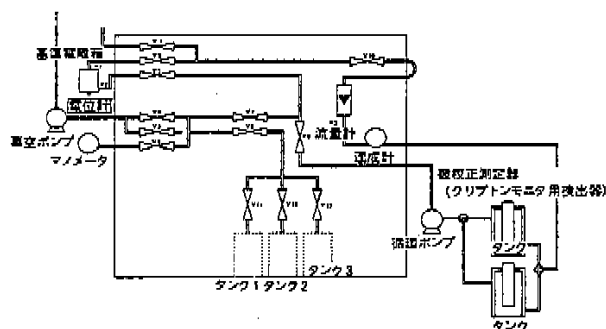


図5-5 放射性ガス校正装置系統図

能濃度を監視するため排気モニタが設置されている。監視対象核種のうち、 ^{85}Kr については吸収材や吸着材等によって捕集することができないため、排気を専用のタンクに連続的にサンプリングし、それをGM管等の検出器により測定している。このモニタの校正には、循環式の放射性ガスモニタ校正装置を用いている（図5-5参照）。これは、 ^{85}Kr 濃度を測定する基準の試料通気型電離箱と被校正器であるクリプトン用検出器を配管を通してループ状に接続させ、この中に ^{85}Kr ガス線源を封入し、濃度を徐々に薄めながら循環させる実ガスを用いた校正装置である。

この装置を用いた校正例を図5-6に示す。クリプトンモニタ用検出器には低濃度（ $10^{-3} \sim 1 \text{ Bq/cm}^3$ ）用のGM計数管と高濃度（ $1 \sim 10^3 \text{ Bq/cm}^3$ ）用の NaI(Tl) シンチレーション検出器、新しく開発された全レンジをカバーするプラスチックシンチレーション検出器が使用されている。本結果から各検出器の計数率- ^{85}Kr 濃度換算係数（ $\text{Bq/cm}^3/\text{cpm}$ ）が求められる。

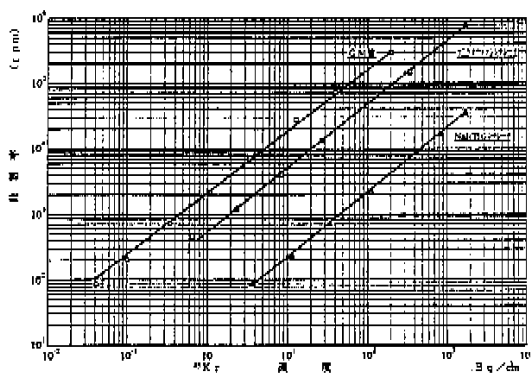


図5-6 ガスモニタ校正例

5.4.6 放射能線源

空气中放射能濃度（ダスト）の測定、表面汚染密度の測定、環境放射能の分析等の校正用線源として様々な核種、形状および形態の放射能線源を使用している。放射能線源は、そのほとんどを日本アイソトープ協会（RI協会）から購入している。線源強度の検定に関しては、ウラン標準線源等についてはRI協会が実施し、RI協会を介し外国から購入する線源についてはその国の一次標準機関等が検定を実施している。これらの線源の維持管理については、経年変化等に備えてガスフローカウンタ等の測定器を用いて定期的に線源の検定値を確認している¹⁵⁾。

5.5 おわりに

放射線管理に用いられる放射線測定器の保守校正技術の現状について概括した。原子力施設の安全性を確保し国民の信頼を獲得していくためには、適正な放射線管理計測技術の確立とその継続的な品質保証がきわめて重要である。最近、米国では、米国家標準・技術研究所（National Institute of Standards and Technology : NIST）を中心として、放射線管理用の放射線測定器の校正試験を実施する2次標準機関の認証制度が開始される等¹⁶⁾、設備や機器のみならず技術者も含めた校正技術全体の品質を保証していくことに関心が持たれている。わが国にはこのような認証制度はないが、いずれは米国のような考え方を参考として品質保証体系を整備していくことが必要になるであろう。また、原子力や放射線の大規模な利用が進展してきた現在、省力化の観点から機器のメンテナンスフリー化等、保守・校正のあり方を含めて機器設計を考えなおしてもよい時期にある。その他、高エネルギー加速器の利用に伴う被ばく、航空機や地下室等における自然放射線による被ばく等、放射線管理の対象が多様化しており、新たな計測技術・校正技術の課題が出現しつつある。

今後とも、放射線測定機器の品質保証活動の質的な向上を図るとともに、基準線源の整備、基準校正場の精密測定・評価技術の開発と適用、放射線測定機器の性能試験、保守経験の機器設計等への反映を積極的に進めていく。

（東海事業所安全管理部 百瀬琢磨、長谷川市郎、小嶋 昇）

参考文献

- 1) 百瀬琢磨、野田幸美郎、岡田誠：放射線管理用機器の管理、動燃技報、No.60、83（1986）
- 2) 宮田賢太郎、小嶋昇：核燃料施設における放射線測定機器の保全につ

- いて、保健物理, 24, 345-352 (1989)
- 3) N.Kojima, K.Miyabe, A.Todoroko: Maintenance and Calibration of Radiation Monitoring Instruments at Tokai Reprocessing Plant; The Third International Conference on Nuclear Fuel Reprocessing and Waste Management, RECOD '91 Proceedings, Vol.II, p.1117-1122 (1991)
- 4) 長谷川市郎, 森山龍也, 宮部賢次郎, 都所昭雄: 放射線管理用機器の保全について, 動燃技報, No.77, 9 (1991)
- 5) ICRU: Determination of Dose Equivalent from External Radiation Sources, ICRU Report 39 (1983)
- 6) 日本規格協会: 照射線量測定器および線量当量測定器の校正方法, JIS Z 4511 (1990)
- 7) ISO: X and γ reference radiation for calibration dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy, ISO 4037 (1979)
- 8) ISO: Reference beta radiations for calibration dosimeters and doseratemeters and for determining their response as a function of beta radiation energy, ISO 6980 (1983)
- 9) 永井博行, 小嶋昇, 宮部賢次郎, 都所昭雄: 動燃東海における β 線標準校正場の確立, 日本保健物理学会第26回研究発表会要旨集, 11 (1991)
- 10) 百瀬琢哉, 宮部賢次郎, 大和愛司: 核燃料施設における中性子エネルギースペクトル測定法の開発と線量評価に関する検討, 動燃技報, No.85-11 (1988)
- 11) 放射線防護計画専門研究会: 中性子個人線量管理および中性子個人線量計校正方法の現状と今後の課題, 保健物理, 26, 367-382 (1991)
- 12) American National Standard Institute: Criteria for Testing Personnel Dosimetry Performance, ANSI Standard, No.13.11 (1983)
- 13) S. Iwai, A. Hara, T. Nakamura, T. Ohkubo and Y. Uwanino: Establishment of Simple Neutron Reference Calibration Field Using Moderated ^{252}Cf Source, PROPERTIES OF NEUTRON SOURCES, Proc. of an Advisory Group Meeting on Properties of Neutron Sources organized by IAEA (1986), IAEA-TECDOC 410, 217-224 (1987)
- 14) American National Standard Institute: American National Standard for Dosimetry—Personnel Dosimetry Performance—Criteria for Testing, ANSI N13.11 (1983)
- 15) 小嶋昇, 森山龍也, 宮部賢次郎, 赤津康夫, 都所昭雄, 野田喜美恵: 校正用放射線源のトレーサビリティ体系について, 日本保健物理学会第25回研究発表会要旨集, P.30 (1990)
- 16) NIST, Special Publication 812: Criteria for the Operation of Federally Owned Secondary Calibration Laboratories (Ionizing Radiation)