

放射性密封線源の密封性能に関する 日本工業規格（JIS）の改正

中村 吉秀

Nakamura Yoshihide

1. はじめに

放射線障害防止法においては、密封されていない放射性同位元素（以下、非密封 RI という。）と密封された放射性同位元素（以下、密封 RI という。）とでは、それにかかる規制内容に大きな違いがある。例えば、非密封 RI を使用する施設では、原則、許可を受ける必要があり、排水・排気設備を設けて、排水中・排気中の放射能濃度を常時モニタリングしなければならないなど、密封 RI だけを使用する施設と比較して厳しい使用条件が課せられる。また、事業所における放射能数量の考え方についても、非密封 RI では事業所全体に存在する総量で規制を受けるのに対して、密封 RI は原則的に個々の数量についての規制を受けることになっている。このため、届出対象である下限数量の 1,000 倍を超えない密封 RI だけを使用する場合には、複数個使用しても届出対象で済む。このことは下限数量についても同様なことであり、非密封 RI では事業所全体に存在する総量が下限数量を超えていないかを確認しなければならないが、密封 RI だけの場合には、個々の密封 RI が下限数量を超えなければ、何個あっても規制の対象とならない。

放射線障害防止法関連における密封 RI とは、密封線源と呼ばれるものであって、バイアル瓶やポリ瓶などに入れられた非密封 RI は密封 RI としては扱われぬ。放射線障害防止法の関連法令に密封 RI を詳細に規定する条項はなく、唯一同法施行規則の第 15 条第 1 項第 2 号に、密封 RI は次に適合する状態において使用しなければならない、と規定されている。

- (1) 正常な使用状態においては、開封又は破壊されるおそれのないこと。
- (2) 密封された放射性同位元素が漏えい、浸透等により散逸して汚染するおそれのないこと。

どんなに気密性の高い容器であっても、バイアル瓶などの容器は、本来開封して中身を取り出して使用するための保管用容器である。密封 RI であるためには、正常な使用状態において、開封又は破壊されるおそれがなく、非密封 RI が漏えいしないようにデザインされ、十分な密封性能を満足する密封線源である必要がある。密封 RI に関するこれ以上の詳細な規定条文は関連法令には見当たらないが、日本工業規格（以下、JIS 規格という。）に JIS Z 4821-1「密封放射線源－第 1 部：一般要求事項及び等級」¹⁾及び JIS Z 4821-2「密封放射線源－第 2 部：漏出試験方法」²⁾があり、密封線源に要求される技術的要件が具体的に規定されている。届出線源のうち、特例的な規制となっている表示付認証機器においては、密封線源の密封性能を具体的かつ定量的に規定することが必要である。放射性同位元素装備機器の設計認証等に関する技術上の基準に係る細目を定める告示（文部科学省告示第 94 号）においては、具体的要件を規定するものとして、JIS Z 4821-1 が引用されていて、密封線源の密封性能を評価する上で重要な役割を果たしている。

JIS Z 4821-1 は 2015 年 11 月に、2002 年の制定以来 13 年ぶりに改正された。JIS 規格は工業規格であり、密封線源を製造する者を対象として一定水準以上の品質を担保するために定められた規格で、本来は密封線源の利用者を規定対象としたものではない。しかしながら利用者にとっても、この JIS 規格の規定を理解した上で、使用している密封線源の密封性の強度を認識すれば、密封線源の安全取扱に大いに役立つこととなる。今回の規格改正を機に、改正点とともに規定概要を紹介する。

2. 関連 JIS 規格と対応国際規格の制定・改正の経緯

JIS 規格は工業標準化法に基づいて制定される日本の国家規格であるが、工業製品のグローバル化が進む中であって、近年、国際規格との整合性が重視されている。具体的には ISO や IEC などの国際標準化機関が関連する国際規格を制定していれば、対応国際規格として最大限の整合を図ることとしている³⁾。このような背景の中にあって、特に密封線源の密封性能の評価に関しては国際的な完全一致が求められる。国によって密封線源であったり、非密封 RI であったりでは、法的にも流通においても混乱を招くからであり、これに関する JIS 規格は ISO 対応国際規格の制定・改正に沿って進められてきた。

密封線源に関する規格の整備は、ISO が 1977 年に密封線源の一般要求事項に関する ISO 1677 Sealed radioactive sources – General を制定したことに端を発する。1980 年には、ISO 2919 Sealed radioactive sources – Classification を制定して、密封線源の用途別に具備すべき密封性能を等級分けと等級ごとの負荷試験（等級試験）を定めた。さらに、1979 年に等級試験後に密封性能が損なわれていないかを判定するための試験方法が技術レポート ISO/TR 4826 Sealed radioactive sources – Leak test methods にまとめられ、密封線源の性能に関する一連の ISO 規格ができあがった。これら ISO 規格の制定には米国国家規格協会（American National Standards Institute）が定めた ANSI N43.6 : Sealed Radioactive Sources – Classification が元となっている。

その後、ISO/TR 4826:1979 は 1992 年に ISO 9978 Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage test methods として規格制定され、ISO 2919:1980 は 1999 年に ISO 1677:1977 を統合して、ISO 2919:1999 Radiation protection – Sealed radioactive sources – General requirements and classification と規格名称を変更して改正された。ISO 1677 は廃止され、密封線源の ISO 規格は ISO 2919 と ISO 9978 の二本立てとなり、現在の形に至っている。

このような ISO の規格整備に合わせて、JIS 規格も適宜対応されてきた。ISO 2919:1980 が制定された直後の 1981 年に ISO の 3 部作を一つの JIS 規格にまとめて、JIS Z 4821「密封放射線源」が制定された。その後、ISO 規格の改正に従って、JIS 規格

表 1 制定及び改正の経緯

日本工業規格	対応国際規格
JIS Z 4821:1981 制定 密封放射線源	ISO 1667:1977 ISO 2919:1980 ISO/TR 4826:1979
JIS Z 4821:1988 改正 密封線源の等級と試験方法	
JIS Z 4821:1993 改正	
JIS Z 4821:1999 改正 密封放射線源 – 一般要求事項、 等級及び試験方法	ISO 1667:1977 ISO 2919:1980 ISO 9978:1992
JIS Z 4821-1:2002 制定 密封放射線源 – 第 1 部： 一般要求事項及び等級	ISO 2919:1999
JIS Z 4821-2:2002 制定 密封放射線源 – 第 2 部： 漏出試験方法	ISO 9978:1992
JIS Z 4821-1:2015 改正	ISO 2919:2012

JIS Z 4821-1:2015 より引用

も随時見直し作業が実施されてきたが⁴⁾、1999 年に ISO 対応国際規格の整備がひと段落した時に、国際整合性をさらに推し進め、2002 年に完全な一致（対応の程度：IDT）を図って改正された。それまでは一つの規格であったが、ISO 2919:1999 及び ISO 9978:1992 のそれぞれに対応した二つの JIS 規格が新規に制定された。ただし、お互いの関連性と制定以来一つの規格であったことに鑑みて、異なる規格番号とはせずに JIS Z 4821 の規格番号をそのまま残して 2 部編成とされた。すなわち、ISO 2919:1999 に対応して JIS Z 4821-1:2002 密封放射線源 – 第 1 部：一般要求事項及び等級が、ISO 9978:1992 に対応して JIS Z 4821-2:2002 密封放射線源 – 第 2 部：漏出試験方法が同時に制定された。

ISO 2919:1999 が 2012 年に改正された翌年の 2013 年に（一社）日本電気計測器工業会が JIS Z 4821-1:2002 の改正原案作成委員会を組織して改正原案を作成し、2015 年 11 月の改正に至った。

これまで述べてきた JIS 規格とその対応国際規格の制定・改正の経緯を表形式にまとめると表 1 のようになる。

3. JIS Z 4821-1 の規定概要

封入される放射能の数量、汚染検査、漏出検査、放射線出力検査、放射能評価、表示・試験成績書な

ど、密封線源が基本的に具備していなければならない一般要求事項の他、この JIS 規格が一番の目的としているのは、密封性に関する性能要件である。JIS Z 4821-1 では ISO 2919 との整合性を重視して、密封線源の等級と性能要件について規定し、密封性が保たれているかの確認のための漏出検査とその許容範囲については、JIS Z 4821-2 に規定している。

3.1 密封性能の評価

一言で密封線源と言っても、放射線の種類や放射線数量だけでなく、使用目的に応じて、様々な形状、材質のものが使用されている。さらに同一の密封線源でも使用方法や使用環境まで考えると多岐にわたっている。このため、密封線源線源の密封性を一律に評価することは適切ではない。JIS Z 4821-1 では、密封線源の用途別に要求する密封性能の程度を規定している。密封性能の評価には、当該密封線源の一般的使用条件に見合った負荷を試験線源に加えた後に内容物の漏えいがないことを漏出試験で評価する。密封線源に加える負荷試験には温度、圧力、衝撃、振動及びパンクの各試験を設定し、線源の形状（細長い物）によって曲げ試験が追加され

る。各負荷試験には等級と呼ばれる段階があって、1 等級から 8 等級までの等級の他に、必要に応じて実施する特別試験が定められている。等級 1 は全試験共通に無試験であり、等級 7 及び 8 は曲げ試験だけに課せられているため、曲げ試験以外の試験は事実上 5 段階の負荷が加えられる。温度試験を例にすると、等級 2 は“-40℃ 20 分及び+80℃ 1 時間”であるが、等級 6 になると“-40℃ 20 分及び+800℃”1 時間であり、それに加えて“+800℃から+20℃への熱衝撃”が負荷試験に規定されている。密封線源の用途別分類と要求される等級を表 2 に示す。表 2 の他に曲げ試験に対する等級があるが、曲げ試験の等級は用途別ではなく、線源部の長さや外径と長さとの比など、密封線源の形状によって等級が決められている。

3.2 漏出試験方法

負荷試験の実施後に内容物の漏えいがなく密封性能が保たれていることを確かめるためには、JIS Z 4821-2 に規定される漏出試験を実施する。今回、JIS Z 4821-2 の改正はなく、2002 年制定のものが今でも有効であり、ここでは簡単な説明に留めるが、

表 2 密封線源の用途による分類と性能要件

密封線源の用途		要求される試験項目及び等級				
		温度	圧力	衝撃	振動	パンク
ラジオグラフィ用線源（工業用）	機器に装備されていないもの	4	3	5	1	5
	機器に装備されているもの	4	3	3	1	3
医療用線源	ラジオグラフィ用	3	2	3	1	2
	γ線遠隔照射治療用	5	3	5	2	4
	組織内及び腔内用	5	3	2	1	1
	表面照射用	4	3	3	1	2
γ線ゲージ（中、高エネルギー）	機器に装備されていないもの	4	3	3	3	3
	機器に装備されているもの	4	3	2	3	2
β線ゲージ及び低エネルギー γ線ゲージ又は蛍光 X 線分析用線源		3	3	2	2	2
石油検層用線源		5	6	5	2	2
可搬形水分計及び密度計用線源		4	3	3	3	3
一般的用途の中性子線源（原子炉始動用を除く）		4	3	3	2	3
校正用線源（1 MBq を超えるもの）		2	2	2	1	2
γ線照射用線源	カテゴリ I	4	3	3	2	3
	カテゴリ II, III, IV	5	3	4	2	4
イオン発生用線源	クロマトグラフィ用	3	2	2	1	1
	静電気除去装置用	2	2	2	2	2
	煙感知器用	3	2	2	2	2

JIS Z 4821-1:2015 表 3 より引用

内容物の漏えいを試験するには適切な放射能を含有した密封線源を用いて実施する放射能による試験と封入したヘリウムガスや空隙に存在する空気の漏出を測定するなどの放射能によらない試験のいずれかの方法で漏出試験を行う。

3.3 等級の表示

密封線源の等級は、使用者が密封線源を利用する時に、使用環境がその密封線源の強度に対して過酷なものでないか、使用条件が適切であるか否かを判断する時に重要な情報である。製造業者は表示方法の規定に従って試験成績書に表示しなければならない。表示方法は“JIS Z/xx/Cabcde(f)”のように規定されている。ここで、“xx”は等級の決定に用いた JIS Z 4821-1 の発効年（西暦年）の下 2 桁の数字を表わす。“C”は封入されている放射能が JIS Z 4821-1 が規定する数量以下であることを示し、超える場合には“E”と表示する。それに続く“abcde”はそれぞれ温度、圧力、衝撃、振動、パンクの各試験の等級をこの順序で表し、1~6 の数字が示される。最後の (f) は曲げ試験の等級を示す数字で、(4, 7) のように複数の数字の場合もあり、曲げ試験が必要なければ省略することができる。例として、代表的な照射用線源に対しては“JIS Z/15/C53424 (4, 7)”のように表示される。

4. 今回の主な改正点

JIS Z 4821-1 が放射線障害防止法関連の法令に引用されており、法規制に影響するような大きな変更は避けられたいところである。一方、国際整合性を図る側面も重要で、対応国際規格が変更されると JIS Z 4821-1 も、同じく変更を加えざるを得ない。ISO 2919:1999 の改正作業が始まった時には、改正内容の動向は大変気にかかるころであったが、幸いにも今回の改正では、等級に関する変更など放射線障害防止法等に影響を及ぼす技術的変更はなかった。

4.1 ワーキングライフ

ISO 2919:2012 の改正における一番大きな技術的変更点は、ワーキングライフが初めて規格に取り入れられたことである。これに合わせて JIS Z 4821-1:2015 でもワーキングライフが追加規定された。ワーキングライフは英国の The Radiochemical Centre (後に Amersham plc) が密封線源の使用期限の目安

を示すものとして初めて導入したもので、1970 年代に既に使用されていた。日本の国内製の密封線源については、日本アイソトープ協会が早くから The Radiochemical Centre にならって、協会製の密封線源にワーキングライフとして取り入れたため、国内の密封線源使用者には真新しいものではない。そのため、今回の改正でも原文の recommended working life を無理に邦訳することなく、ワーキングライフという用語を用いた。

ワーキングライフを決定するための試験方法を具体的に規定することが難しく、規格に取り入れることに慎重な意見が強く、これまでは ISO でも規定項目になかった。ワーキングライフは製造業者が通常の使用条件を前提に推奨する密封線源の有効期限を示すものであり、使用者にとればその密封線源をいつまで健全に使用できるかの判断をする重要な情報となるものである。密封線源の健全性は、その使用方法や使用環境に大きな影響を受けるため、密封線源に一律の有効期限を決めることは実際的ではない。ワーキングライフの決定方法（試験方法）についての規定はないが、封入する非密封 RI の毒性や放射能の数量、半減期、線源カプセルの材質・構造、使用環境などに基づいて製造業者が決定するものである。

今回の導入によって、製造業者にワーキングライフの設定と試験成績書への記載が義務付けられたが、ワーキングライフ内での使用であっても、製造業者が密封線源の密封性能を保証するものではない。ワーキングライフの期限を超えての使用の可否については、必ずしも使用できないことはないが、継続して使用することに適するか否かを適切に事前評価することが望ましいとされている。また、ワーキングライフの期限を延長することは、原則、製造業者が判断することとし、使用者には製造業者の指示に従って密封線源の健全性を維持する責任があると明記されている。規定上、使用者にとっても密封線源の使用期限にはこれまで以上の注意が必要となる。

5. まとめ

密封線源に関する JIS Z 4821-1 が 13 年ぶりに改正されたが、密封性能の評価に影響を与えるような技術的変更はなかった。ISO では、漏出試験方法を

定めている ISO 9978:1992 についても原子力技術委員会放射線防護分科委員会のワーキンググループ (ISO/TC85/SC2/WG11) で改正作業がすでに開始されている。2016 年 3 月末時点ではまだ議論が始められたところで、DIS (規格ドラフト) にも至っていないが、試験方法に変更があれば影響を受けるので、これからの改正の動向には注視が必要である。

密封線源に関わる JIS 規格とそれに関連する ISO 国際対応規格の概要と最近の動向について紹介してきた。密封線源の密封性能の評価に重要な役割を果たしている、こうした JIS 規格や ISO 規格が理解、

活用され、密封線源の安全取扱い、安全管理に少しでも役立つことを願っている。

参考文献

- 1) JIS Z 4821-1 密封放射線源 - 第 1 部: 一般要求事項及び等級
- 2) JIS Z 4821-2 密封放射線源 - 第 2 部: 漏出試験方法
- 3) 柚木彰, *Isotope News*, No.718, 34-37 (2014)
- 4) 南賢太郎, 他, *RADIOISOTOPES*, **49**, 223-239 (2000)
- 5) URL http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=70598

(日本アイソトープ協会)