

# 主任者 コーナー

## “今こそ復習！” 主任者の基礎知識

### 第8回 放射線を使った非破壊試験

松田 淳

各種放射線はあらゆる分野に利用されている。工業分野の1つとしては非破壊検査が挙げられ、放射線透過試験に用いられている。本稿では、一般に放射線透過試験に利用されている放射線源とその業務に関する内容を紹介し、従事者への被ばく低減、事故防止のための機構・法規等も紹介する。

#### 1. 放射線源の種類（非破壊試験に使用する線源）

主に放射線透過試験に利用されている電離放射線には、エックス線、ガンマ線があり、試験対象物を透過した放射線量の多少をエックス線フィルムなどに蓄積させ、現像処理（画像化処理）をすることにより検査を実施している。こ

れらの放射線発生原理は周知されているため割愛するが、放射線源の種類は、試験対象物や求める検出精度（像質）に適応したものを使い分けている。表1に示すように、各線源は固有のエネルギー特性を持つ。非破壊試験の分野では、対象とする部材には食品から航空宇宙分野で供される部材、建築物まで様々なものがあり、各撮影現場等で使用される放射線源は目的、効率等により選択される。

#### 1.1 エックス線装置

非破壊試験において、最も多くの現場で使用されているのがエックス線装置である。管理業務としてエックス線作業主任者が対象とするエックス線のエネルギーは1 MeV未満であるが、試験を実施する場所がプラントや建設現場が多

表1 非破壊試験に使用される放射線源

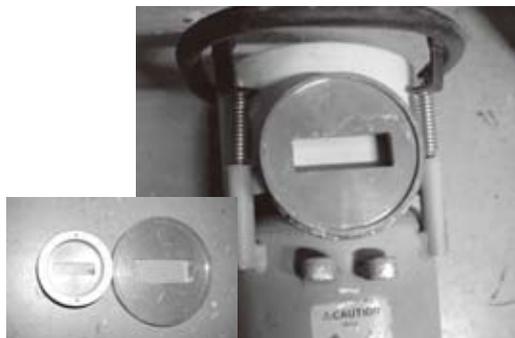
線源の種類	実効エネルギー	鋼の適用範囲 <sup>※2</sup>	その他
軟X線装置 (100 kV 以下) <sup>※1</sup>	約 70 keV 以下	～ 6 mm	・アルミ材に適用 ・電源が必要
500 kV 以下の X線装置	約 350 keV 以下	～ 100 mm	・可搬式は max 300 kV が多い ・電源が必要
<sup>160</sup> Yb	約 200 keV	～ 20 mm	・線源容器の重量：約 5 kg
<sup>192</sup> Ir	約 400 keV	～ 80 mm	・線源容器の重量：約 21 kg
<sup>60</sup> Co	約 1.25 MeV	～ 120 mm	・線源容器の重量：約 300 kg
直線加速装置	1～12 MeV	～ 400 mm	・専用施設が必要

※1 撮影用

※2 像質は問わず

表 2 医療用 X 線装置と工業用 X 線装置の違い (一例)

分野	用途	X 線の管電圧	X 線の管電流	照射時間	検出デバイス
医療用	歯科	~100 kV	~30 mA	~20 mA s	・ Film ・ Flat Panel Detector ・ Imaging Plate
	透視・撮影	~150 kV	~1000 mA	~30 mA s or 連続	・ Image・Intensifier ・ Flat Panel Detector ・ Imaging Plate
工業用	撮影 (可搬式)	~300 kV	~5 mA	~10 分 Duty cycle : 50%	・ Film ・ Imaging Plate
	撮影 (固定式)	~450 kV	~10 mA	連続 (水冷, 油冷)	・ Film ・ Flat Panel Detector ・ Imaging Plate ・ Line Sensor 他



(a) 絞りの装着状況



(b) 照射筒

図 1 絞り・照射筒

く、可搬式の엑스線装置 (X 線発生装置と制御器との組合せ) が主に使用されている。このため定格出力が 300 kV 以下の装置が多く使用されている。

表 2 に医療用装置と工業用装置との出力等の性能比較を示す。工業用 엑스線装置は、医療用とは異なり、対象物が溶接部 (構造物) のように動かない物であるので、長時間の照射が可能であり、管電流値も数 mA の装置が主流である。しかし、エネルギーの多くが熱に変わる

ため、連続で照射するためには冷却機構が必要となる。

従事者の被ばく原因として照射中における試験体からの散乱線、装置自体からの漏えい放射線が存在し、利用線錘以外の放射線を減少させるために、図 1 に示すような絞り・照射筒の装着が規定されている。

### 1.2 ガンマ線装置

電源が確保できない撮影現場、透過能力が 엑스線では不足している対象物に対して表 3

表 3 非破壊試験に使用される放射性同位元素

線源核種	半減期	ガンマ線エネルギー (MeV)	鋼の適用範囲 (mm)	最大放射能	カプセル材料
$^{60}\text{Co}$	約 5.2 年	1.17, 1.33	50～120	1.85 TBq	ステンレス 2 重カプセル
$^{192}\text{Ir}$	約 74 日	0.256～0.604	15～ 80	1 TBq	ステンレス カプセル
$^{169}\text{Yb}$	約 32 日	0.0631～0.308	5～ 20	740 GBq	内：アルミニウム 外：チタニウム



図 2 線源ホルダー ( $^{192}\text{Ir}$ )

に示す  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{169}\text{Yb}$  等の放射性同位元素が活躍している。

これらの放射性同位元素は汚染防止の目的でステンレス製の密封容器に封入された状態で使用されている。このような線源を密封線源と呼んでいるが、通常、遠隔操作が可能のように図 2 に示す線源ホルダーの先端に取り付けられている。保管・搬送時には図 3 (a), (b) に示すような線源容器に収納されているが、使用する際には操作器により線源容器から伝送管内を通って、照射位置にまで送り出す仕組みとなっている (図 3 (c))。しかし、撮影中にはこの線源からは  $360^\circ$  (全方向) に放射線が照射されているので、管理区域の狭域化、被ばく線量の低減を目的に図 4 に示すようなコリメーターが使用されている。また、操作器から線源容器まで 5 m 以上の操作管が装備されるよう規定されており、撮影作業中の作業員への被ばく低減も図

られている。

線源容器自体の構造にも規定があり、線源容器内での保管、放射線源の取出し時の機構、さらに表示等も厳しく規定されている。その内容の抜粋を表 4 に記す (ガンマ線照射装置構造規格 (平成 13 年厚生労働省告示第 93 号))。

## 2. 管理区域における主任者の選任

### 2.1 エックス線撮影による管理区域

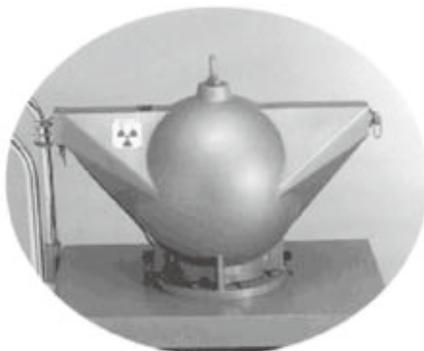
エックス線照射における管理区域には一管理区域に対して 1 人のエックス線作業主任者の選任が必要である。この管理区域とは放射線測定器により空間線量率の測定を行い、実効線量が 1.3 mSv/3 か月 (13 週) を超える範囲であり、標識で明示すると共に不必要な者を立ち入らせてはならない特別区域である。

### 2.2 ガンマ線撮影による管理区域

ガンマ線照射における管理区域には、エック



(a)  $^{192}\text{Ir}$ ・1 TBq 用線源容器



(b)  $^{60}\text{Co}$ ・370 GBq 用線源容器



(c)  $^{192}\text{Ir}$ ・370 GBq 用送り出し装置全景

図3 ガンマ線照射装置

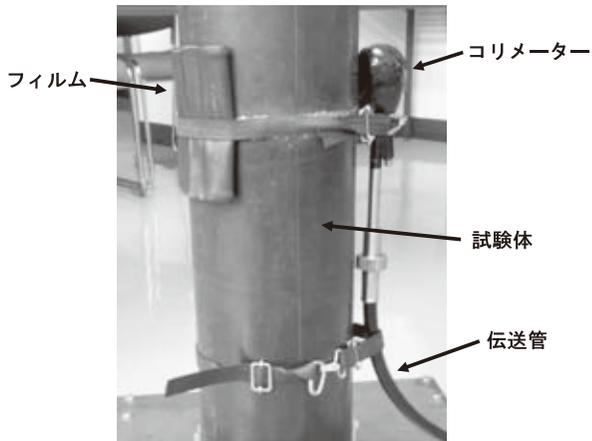


図4 コリメーター

ス線と同様な区域設定のルールがあるが、こちらは放射線障害防止法により第1種又は第2種放射線取扱主任者の有資格者が選任されなければならない(平成17年5月20日改正)。

### 3. 管理区域等の設定

固定の照射室(施設)で撮影業務をする場合、コンクリートや鉛と銅板との組合せによる壁で作られた遮蔽体の外側を管理区域の境界にするため、被ばくの問題が生じるケースは少ない。しかし、プラントの保守管理作業に絡む撮影現場は、試験対象物が野外、高所など様々な状況にあり、状況に応じて管理区域を設定しなければならないことになる。

この場合、1日当たりの作業時間、試験対象物の状況等を考慮し、撮影枚数(照射回数)が推定(決定)されるが、その状況で3か月(13週)業務を実施した場合の累積線量が1.3 mSvを超えるおそれがある範囲が管理区域となる。当然、管理区域における主任者の業務としては放射線業務従事者の被ばく量を最小限にするために、空間線量率を低減する工夫を講じること

表4 ガンマ線照射装置構造規格（厚生労働省告示，抜粋）

項目	内容
容器の構造等	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線源から1メートルの距離における自由空気中の空気カーマ率は87マイクログレイ毎キログラム毎時以下（医療用以外）。</li> <li>照射口又は放射線源が通過する開口部から放射線が漏えいすることを防止するためのシャッター又は迷路が設けられていること。</li> <li>シャッターは遠隔操作又はタイマー操作できること。</li> <li>シャッターの開閉状態を安全かつ容易に確認できること。</li> </ul>
線源の取出し（移動可能装置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線源送り出し装置には、操作器、操作管、及び伝送管を有すること。</li> <li>操作器は、放射線源の位置を表示するための装置を備えていること。</li> <li>操作管は、長さが5メートル以上。</li> <li>放射線源送り出し装置のワイヤレリーズは、その先端に放射線源を確実に取り付けることができるもの。</li> </ul>
放射線源の固定	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線源送り出し装置を有する透過写真用ガンマ線照射装置の線源容器は、放射線源を自動的に固定し、かつ、固定の状態を安全かつ容易に確認できること。</li> </ul>
表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造者名及び製造年月日</li> <li>半径2.5センチメートル以上の放射能標識</li> <li>「放射性同位元素」の文字</li> <li>放射性同位元素の種類及び最大数量（単位ベクレル）</li> <li>線源から1メートルの距離における最大の照射線量率</li> </ul>

が必要である。

また、立入禁止区域はエックス線管の焦点、放射線源及び被照射体（対象物）から5m以内の場所となり、標識により明示し、放射線業務従事者を立ち入らせてはならない。しかし、立入禁止区域外でも被ばく線量が大きくなる場合は注意が必要である。一方、作業状態によって、どうしても半径5mの立入禁止区域を設けることができない場合には測定によって1mSv/週以下の線量率であることを確認するか、1mSv/週以下になるように適切な遮蔽物を用いて立入禁止区域を設定する必要がある。

#### 4. その他の法的規則

撮影業務を実施する場合、エックス線を使用する出張撮影現場では、事前の届出は不要である。しかし、ガンマ線を使用する現場では、あらかじめ使用場所の一時的変更届を文部科学大臣宛に提出し、所轄の労働基準監督署へガンマ

線撮影届を提出する必要がある。これらは工事着工の30日前に処理しなければならない。

#### 【届出提出書類】

- ①使用の場所及びその付近の状況を説明した書面
- ②使用の場所を中心とし、管理区域及び標識を付ける箇所を示し、かつ縮尺及び方位を付けた使用の場所及びその付近の平面図
- ③放射線障害を防止するために講ずる措置を記載した書面
- ④当該事業所の放射性同位元素の使用・保管承諾書の写し

#### 5. 作業環境等

今までの管理区域等の説明は、法的な規定説明であるが、実際の建設現場や、定検・定修現場での放射線透過試験に絡む管理区域設定は大変である。

管理区域は一般区域とは異なり、放射線作業

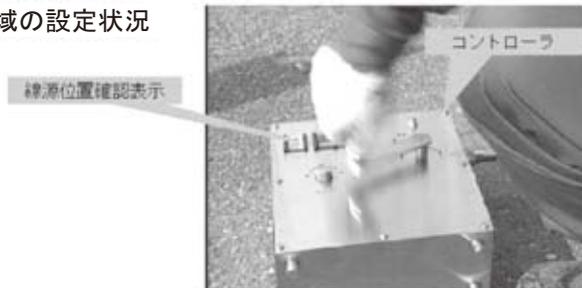
## 主任者 コーナー



管理区域の設定状況



撮影フィルムセット



線源送り出し・引き戻し

図5 現場（フィールド）における撮影風景

を実施する上で、放射線・放射能、放射線業務従事者、人の出入りが法律的に規制を受ける区域であるので、ほかの作業と重複する場合は、管理区域を設けてもほかの作業に関係する人が立ち入らないように監視等をする必要があり、多くの監視人が必要となる。

多くの現場では、定検・定修の工期があらかじめ決まっているため、作業効率を良くするために撮影業務を夜間に実施して、日中にその撮影した結果を基に判定し、異常が見付かった場合には、その対策を講じている。

日中の撮影や、ほかの作業が混在する現場では、撮影場所・撮影開始時間等は工程上、あらかじめ事前に決定されており、ほかの放射線業務従事者へも TBM (Tool Box Meeting) 等で周知徹底されており、不用意に関係者以外の作業

員が立ち入らないように管理されている。一例として、プラントの保守作業に絡むガンマ線による撮影風景を図5に示す。

被ばく管理としては、照射中の線量率測定を目的としたサーベイメータの常備は当然であるが、特に放射線業務従事者に対して OSL バッジ等で月ごとの集積線量を、ポケット線量計等で作業当日の被ばく線量を確認・管理している。また、従事者は年間を通して放射線業務従事者として指定するので、100 mSv/5年間かつ 50 mSv/1年間を超えないことは当然として、極力被ばく量を低減することを目指して従事している。平成23年度の統計では、医療従事者と同じように年間1~5 mSv被ばくしている作業員の割合が多くなっている。

(ポニー工業(株))