

## X線発生装置からの放射線の測定事例

上治純子 根本創紀 井上智博

### 1 はじめに

X線を用いた非破壊検査が原因で、空間放射線量率の上昇が検出されることが知られている<sup>1)</sup>が、一定条件においてX線発生装置からの放射線を測定した事例は少ない。

2020年4月、市原市に設置されているモニタリングポスト（固定型）の値の大きな上昇が繰り返し発生した。聞き込みしたところ、近隣の事業者が原因であることが分かった。この事業者は、製品の検査のためにX線を用いた非破壊検査を行うこととしていたため、モニタリングポストへの影響を最小限にする方法を検討することとなった。本報告は、検討時に測定された線量を解析したものである。



### 2 測定方法

X線発生装置は(株)リガク製RF-2522CP（図1）、固定型モニタリングポスト（以下、固定型という。）は



図2 固定型モニタリングポスト  
上：ADP-122，下：MAR-22



図1 X線発生装置  
(出典：(株)リガクパンフレット)



図3 可搬型モニタリングポスト検出器  
(出典：HDS-101G/GNパンフレット)

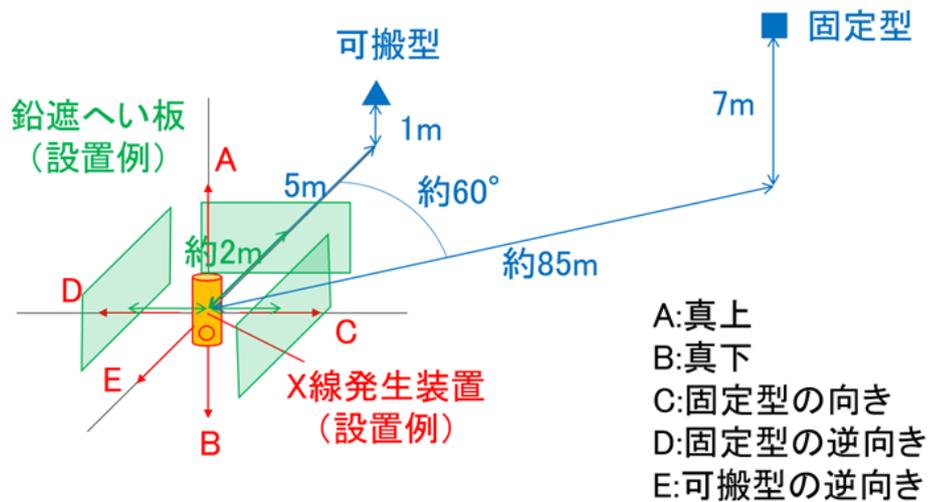


図4 使用装置の位置

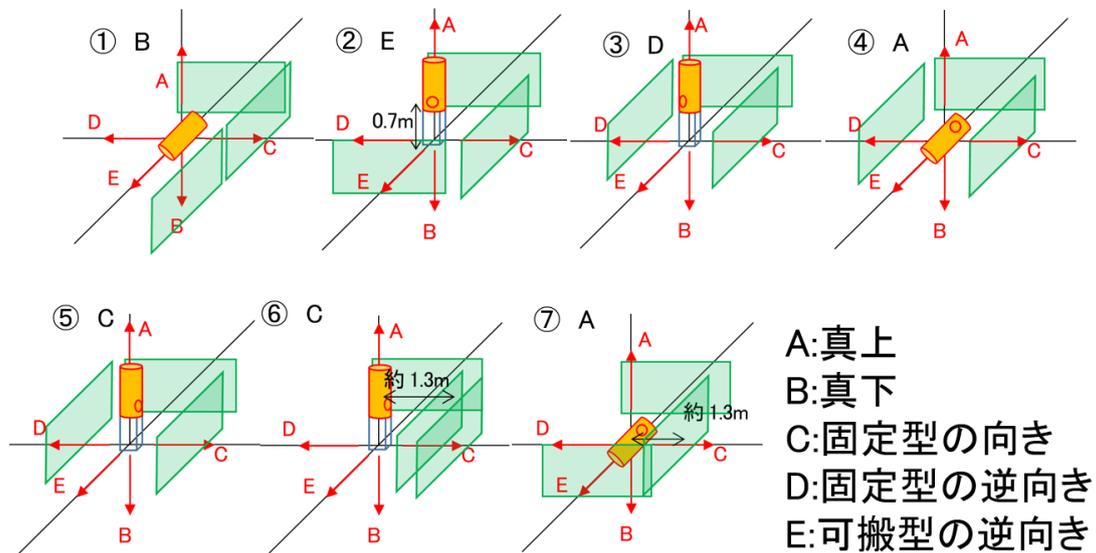


図5 測定条件 (X線発生装置の向き及び鉛遮へい板の位置)

温度補償型 NaI (TI) シンチレーション検出器：日立アロカメディカル(株)製 ADP-122, 測定部：日立アロカメディカル(株)製 MAR-22 (図2), 可搬型モニタリングポスト (以下, 可搬型という。)は CsI (TI) シンチレーション検出器：ミリオンテクノロジーズ社製 HDS-101GN (図3), データ収集・処理ソフト：

(独)放射線医学総合研究所開発 ラジプローブを使用した。なお, 固定型は1分ごと, 可搬型は5秒ごとに空間放射線量率 (以下, 線量率という。)を記録するとともに, 固定型は10分ごと, 可搬型は5秒ごとにスペクトル (エネルギーごとの計数をグラフにしたもの)を記録する。また, 測定単位は, 固定型は空気吸収線量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )<sup>2)</sup>, 可搬型は1cm線量当量率

( $\mu\text{Sv/h}$ )<sup>3)</sup>であり, 測定値は1cm線量当量率の方が若干高くなるが, ここでは緊急時の評価に合わせ,  $\mu\text{Gy/h}=\mu\text{Sv/h}$ とみなして解析を行う。

表1 各条件における線量率最大値

条件	向き	固定型 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	可搬型 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
①	B	0.0442	8.62
②	E	0.233	194
③	D	0.106	618
④	A	1.66	545
⑤	C	0.210	101
⑥	C	0.193	84.3
⑦	A	1.08	443

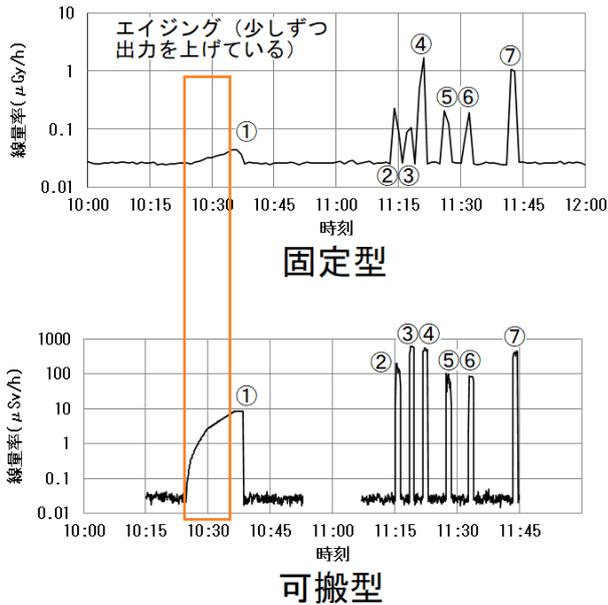


図6 固定型及び可搬型による線量率測定結果

使用装置の位置関係を図4に、各測定条件（X線発生装置の向き及び鉛遮へい板の位置）を図5に示す。固定型（測定高さ7m）から約85m離れた位置にX線発生装置を設置し（設置高さ0又は0.7m）、X線発生装置から約2m離れた位置に、縦1m、横1.9m、厚さ2mmの鉛遮へい板3枚を設置した。可搬型（測定高さ1m）は鉛遮へい板を挟み、X線発生装置から5mの位置に設置した。X線照射方向は、A:真上、B:真下、C:固定型の向き、D:固定型の向きと逆向き、E:可搬型の向きと逆向きの5種類の条件とした。なお、どの条件もX線の最大出力（管電圧220keV）は同じである。

### 3 結果及び考察

#### 3・1 測定結果

各条件における最大値を表1に、測定時の線量率を図6に示した。なお、①では最初に出力を少しずつ上げるエイジングを行っているため、線量率の上昇の仕方が異なっている。

固定型では、X線照射前（10:00～10:15）での線量率の平均値が0.0263μGy/hのところ、最も線量率が高い④（向きA）では1.66μGy/h、最も線量率の低い①（向きB）でも0.0442μGy/hまで上昇した。可搬型では、X線照射前（10:07～10:23）での線量率の平均値が0.0305μSv/hのところ、③（向きD）の線量率が最も高く618μSv/h、次が④（向きA）の

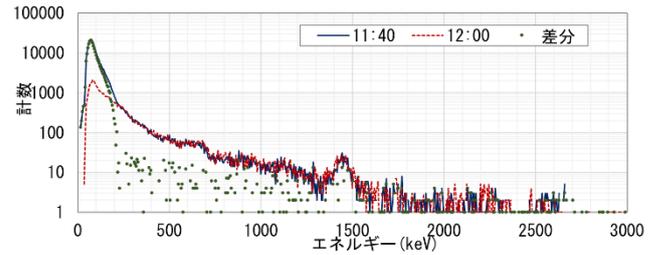


図7 X線が出ていた時間帯(11:40, ⑥)と出ていない時間帯(12:00)の固定型のスペクトル

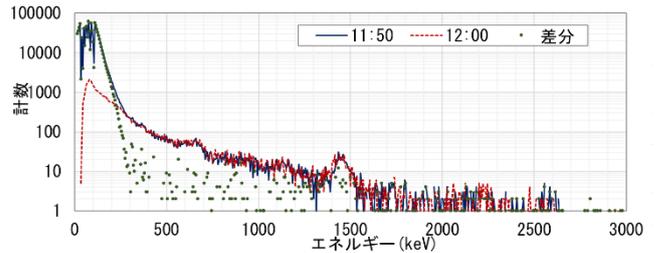


図8 X線が出ていた時間帯(11:50, ⑦)と出ていない時間帯(12:00)の固定型のスペクトル

545μSv/hであった。なお、固定型では1分値を計測しているため、5秒ごとに計測する可搬型とはピーク形状が異なっている。

#### 3・2 考察

今回の測定結果では、下向きではすぐ下に床があるため遮へいによりX線が測定場所に届きにくく、上向きではすぐ上に構造物がないためX線が比較的測定場所に届きやすかったことが考えられた。④と⑦、⑤と⑥はそれぞれX線発生装置が同じ向きで遮へい板の位置が異なっているが、最大値は固定型、可搬型とも比較的近い値となっており、遮へい板の位置よりもX線発生装置の向きの方が観測される線量率に対する影響が大きい結果となった。測定時には図4、5に示されていない構造物もあったことから、複雑に散乱したX線が遮へい板に遮られないで観測されていたことが推察されたが、今回の結果からはこれ以上のことは分からなかった。

⑥を含む時間帯（11:40）とX線の出ている時間帯（12:00）の固定型のスペクトルを図7に、⑦を含む時間帯（11:50）とX線の出ている時間帯（12:00）の固定型のスペクトルを図8に示す。X線のスペクトルには連続したスペクトルとなる制動X線（連続X線とも呼ばれる）と、特定のエネルギーでピークが出現

する特性 X 線がある<sup>45)</sup>が、今回、制動 X 線は見られ  
たが、特定のエネルギーでのピークは見られず特性 X  
線は確認できなかった。また、X 線発生装置の管電圧  
<sup>46)</sup>が 220keV であるため、生じている X 線のエネルギ  
ーは最大 220keV となるはずだが、図 8 では 300keV  
付近まで計数が上昇しており、ごく短時間に測定器に  
到達した 2 つの放射線が 1 つであるかのように計測さ  
れるためにエネルギーが実際と異なって計測されるパ  
イルアップ<sup>47)</sup>と言う現象が生じていると考えられる。  
なお、図 8 で低エネルギー側にピーク状のものが見ら  
れているが、狭いエネルギー範囲で多数のピークが見  
られ、特性 X 線とは形状が異なることから、低エネル  
ギー側の放射線は測定可能範囲を超えていたことが考  
えられた。

#### 4 終わりに

今回の結果から、遮へい板の設置や X 線発生装置の  
向きの変更では、モニタリングポストへの影響を十分  
低減することができないことが明らかとなった。しか  
し、本検討以降モニタリングポストにおいて空間放射  
線量率の上昇は見られないことから、事業者は別の場  
所で非破壊検査を行う等の対策を実施したと考えられ  
る。

#### 引用文献

1)例えば 小浦利弘, 宮川茂樹, 東海林寛史, 河野隆  
史, 中谷光: 非破壊検査による周辺への線量影響,  
石川県保健環境センター所報第 54 号, pp42-46

(2017).

- 2)福井県原子力環境監視センター: 空間放射線量率  
[http://www.houshasen.tsuruga.fukui.jp/pages/  
radiation/explanation/kuukan.html](http://www.houshasen.tsuruga.fukui.jp/pages/radiation/explanation/kuukan.html) (2023 年 10 月  
時点).
- 3)国立研究開発法人日本原子力研究開発機構: 原子力  
百科事典 ATOMIKA 原子力用語辞書 1cm線量  
当量. [https://atomica.jaea.go.jp/dic/detail/dic\\_detail\\_  
1.html](https://atomica.jaea.go.jp/dic/detail/dic_detail_1.html) (2023 年 10 月時点).
- 4)環境省: 放射線による健康影響等に関する統一的な  
基礎資料 第 1 章 放射線の基礎知識 1.3 放射線  
医療で使われるエックス線と発生装置.  
[https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kisoshiryo/r4kiso-  
01-03-04.html](https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kisoshiryo/r4kiso-01-03-04.html) (2023 年 8 月時点).
- 5)株式会社ベンド: 学び Times 高校生から味わう理  
論物理入門 X線の発生原理と連続 X線・特性 X線  
の違い. <https://manabitimes.jp/physics/2054> (2023  
年 11 月時点).
- 6)松定プレジジョン株式会社: よくある御質問  
(Q&A) X線装置の管電圧(加速電圧)ってどの  
くらい必要ですか?. [https://www.matsusada.co.jp/  
support/faq/xm\\_xins/x-ray\\_voltage.html](https://www.matsusada.co.jp/support/faq/xm_xins/x-ray_voltage.html) (2023 年 8  
月時点).
- 7)宇宙航空研究開発機構: 宇宙活動拡大のための機構  
マテリアル基盤技術の高度化 地球近傍放射線  
環境影響. [https://www.kenkai.jaxa.jp/research/  
materialbase/radioprotection.html](https://www.kenkai.jaxa.jp/research/materialbase/radioprotection.html) (2023 年 8 月時  
点).

## Example of measuring radiation from an X-ray generator

JOJI Sumiko NEMOTO Soki INOUE Tomohiro

非破壊検査に使用されている X 線発生装置からの放射線を、固定型（装置からの距離約 85m）及び可搬型（装置からの距離 5m）のモニタリングポストで、照射方向と遮へい板の位置を変えて測定した。

固定型では、X 線照射前での線量率の平均値が  $0.0263 \mu\text{Gy/h}$  のところ最大値が  $1.66 \mu\text{Gy/h}$ 、可搬型では、X 線照射前での線量率の平均値が  $0.0305 \mu\text{Sv/h}$  のところ最大値が  $618 \mu\text{Sv/h}$  となった。

X 線発生装置が同じ向きの場合、遮へい板の位置が異なっても最大値は固定型、可搬型とも比較的近い値となっており、遮へい板の位置よりも X 線発生装置の向きの方が観測される線量率に対する影響が大きい結果となった。

スペクトルを見ると、制動 X 線のみが見られ、特性 X 線は確認できなかった。X 線発生装置から発生する X 線のエネルギーは最大 220keV であるが、300keV 付近まで計数が上昇していることから、パイルアップが生じていると考えられる。

キーワード : Radiation, X-ray generator, Non-destructive testing, Monitoring post