

# 職業被ばく防護について

## 1. 放射線障害と防護活動の歴史

1895年にレントゲンがX線を発見してから間もなく放射線障害の報告がなされた。当初、放射線の人体への影響をほとんど知らないままX線を利用した結果、多くのX線取扱者に皮膚障害が発生し、それが皮膚癌等に進行している。Raの発見で有名なキュリー夫人は、過度の被ばくで後年骨髄障害から再生不良性貧血になった。

X線発見後のかなりの年月は、その利用面にのみ目が向けられ、その障害に関心が向けられない時代が続き、放射線防護の取組みが組織的に行われるようになったのは1920年代に入ってからである。

1921年、「英国X線およびRa防護委員会」が設立され、1922年に「フランスRa委員会」、「米国レントゲン線協会」が相次いで発足した。

国際的には、1925年にロンドンで第1回国際放射線医学会議(ICR;International Congress of radiology)が開催され、第2回のICRで「国際X線及びRa防護委員会」(IXRP;International X-ray and radium Protection Committee)の設立が承認された。

その後、第二次世界大戦で委員会活動は中断されたが、1950年に戦後初めてのIXRP会合がロンドンで開催された。この会合で、名称がICRP(International Commission on Radiological Protection)に改められ、現在に至っている。

〈参考図書：福士政広・三枝健二「放射線安全管理学」医療科学社〉

## 医療従事者の被ばく線量(平成18年度)

線量範囲 (mGy)		0	～5	5～20	20～50	50～	平均	実効線量 (mSv)
医師	頭頸部	60.0 %	30.0	6.90	2.52	0.70	2.3	0.70
	胸腹部	68.7 %	29.2	1.88	0.20	0.02	0.5	
診療放射線技師	頭頸部	21.6 %	61.8	14.1	2.05	0.52	3.4	1.62
	胸腹部	28.4 %	65.9	5.35	0.32	0.02	1.4	
看護師	頭頸部	48.7 %	41.4	8.90	1.30	0.22	1.8	0.36
	胸腹部	73.6 %	26.0	0.43	0	0	0.18	

〈出典:高橋希之「何が心配ですか?医療被曝」日本放射線技師会出版会(一部変更)〉  
 注)実効線量は本スライドの筆者による推定値(計算)

## 2. 被ばく管理の考え方

放射線業務に従事する者は、業務従事者登録を行い、個人被ばく線量として数値管理をしなければならない。この職業被ばくとして管理される数値には、一般的な自然放射線量(宇宙線、大地放射線、体内<sup>40</sup>Kなどからの被ばく線量)は含まれない。したがって、職業被ばく線量測定中に含まれるこの自然放射線量は差引かなくてはならない。また、本人自身の医療被ばく線量がこれに加算されてしまったときも、その線量を算定し差引く必要がある。但し、航空機乗務員等のように必然的に高い自然放射線環境中で仕事をしなければならない場合は、これらの高められた線量は職業被ばくとして扱われる。

ICRPが職業被ばくの線量限度を決定するにあたっては、就労期間を18歳から65歳までの約50年間とし、業務上の被ばくによって発生するであろう年あたりの致死がんに対しての受容リスクレベルを $1 \times 10^{-3}$ 以下に設定し、実効線量で年平均20mSv、50年間総線量1Svとしたときの相乗リスク推定値が、65歳で $0.89 \times 10^{-3}$ 、70歳で $1.3 \times 10^{-3}$ と算出されたことより導かれている。これらのリスクモデルからICRPは職業被ばくの線量限度値を勧告している。わが国の法令による職業被ばく限度は、これらを取り入れて線量限度として規定している。

一方、ICRPはALARAの原則(as low as reasonably achievable;放射線被ばくは合理的に達成し得る限り低くしなければならない)の適用により、線量限度いっばいの被ばくをしないようにも勧告している。

〈参考図書:富樫厚彦・鈴木昇一・西谷源展「放射線安全管理学」オーム

社)

### 3. 線量限度

	実効線量限度	等価線量限度
一般	100mSv/5年 50mSv/年 女子 <sup>注1)</sup> 5mSv/3月	眼の水晶体 150mSv/年 皮膚 500mSv/年
妊娠中の女子	内部被ばく 1mSv/妊娠中 <sup>注2)</sup>	腹部表面 2mSv/妊娠中 <sup>注2)</sup>
緊急作業時	100mSv(250mSv)	眼の水晶体 300mSv 皮膚 1Sv

注1) 妊娠不能と診断された者、妊娠の意思のない旨を使用者等に書面で申し出た者を除く。  
 なお、電離放射線障害防止規則では、この除外規定がない。  
 注2) 本人の申出等により使用者等が妊娠の事実を知ったときから出産まで。

### 4. 防護の方法

#### 4.1 防護の基本

	概要	原則
外部被ばく	一般撮影、光子による放射線治療等においては、線源が体外に存在する外部被ばくが主になる。これからの防護には、右記の三原則が基本となる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 距離 線源から距離をとる。</li> <li>■ 遮蔽 放射線を遮蔽する。</li> <li>■ 時間 線源を扱う時間を短くする。</li> </ul>
内部被ばく	核医学等では、放射性同位元素を非密封で扱うことが多く、それが体内に取り込まれ、体内から被ばくする内部被ばくの危険がある。この防護には、右記の3D2Cの原則がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 希釈 (dilute) 希釈により低濃度にする。</li> <li>■ 分散 (disperse) 換気、廃液希釈により、低濃度にする。</li> <li>■ 除去 (decontaminate) 汚染除去、又は、線源を取り除く。</li> <li>■ 閉じ込め (contain) 収納、フード内使用により、拡散を防ぐ。</li> <li>■ 集中化 (concentrate) 集中管理により、散逸、不明等を防ぐ。</li> </ul>

## 4.2 放射線と遮へい

	特徴	遮へい
α線	一般に、空気中の飛程は数cm	紙、ゴム等で止まるし、皮膚表面の不感層でほとんど吸収されるので、特に気をつけなくても良い。
β線	通常、アクリル板等で止まるが、高エネルギーのβ線では制動放射線が発生する。	先ず、原子番号の小さな物質で遮へいし、外側を鉄、コンクリートや鉛で遮蔽する。
γ(X)線	光電効果、コンプトン効果、電子対生成により物質中で減弱する。 透過率は $e^{-\mu t}$ で求められる。(μは線減弱係数、tは厚さ) ビルドアップを考慮しなければならない。	鉛、鉄、コンクリートで遮蔽する。 ビルドアップ係数を考慮した実効線量(AP)透過率曲線が実用的である。
中性子線	エネルギーが広範囲 高速中性子を低速中性子にするために非弾性散乱を利用する。 低速中性子や熱中性子の遮へいには弾性散乱か中性子捕獲を利用する。	パラフィン、水、ポリエチレン、コンクリートなどで遮蔽する。 高速中性子の遮蔽には鉄が多く用いられる。

〈参考図書:「放射線取扱の基礎」日本アイソトープ協会〉

## 5. 防護の管理

### 5.1 組織による管理

■放射線障害防止法では、被ばく防止のために、放射線取扱主任者の選任、放射線障害予防規程の作成、教育等が義務付けられている。

■医療法施行規則では、陽電子断層撮影診療用放射性同位元素の届出に「予防措置」を記載するよう定めており、厚生労働省医政局長名で、「予防措置」に以下の内容を含むよう通知が出されている。

- (ア)陽電子断層撮影診療に関する所定の研修を修了し、専門の知識及び経験を有する診療放射線技師を、陽電子断層撮影診療に関する安全管理に専ら従事させること。
- (イ)放射線の防護を含めた安全管理の体制の確立を目的とした委員会等を設けること。

#### 【コーヒーブレイク】

管理区域内で飲食、喫煙をしてはならないと法律に書いてあると思っておられる方が意外と多い。正確な表現は、放射線障害防止法施行規則では、「作業室(密封されていない放射性同位元素の使用をし、又は放射性同位元素によって汚染された物で密封されていないものの詰替えをする部屋)での飲食及び喫煙を禁止」、医療法施行規則では、「放射性同位元素を経口摂取するおそれのある場所での飲食又は喫煙を禁止」となっている。放射線障害防止法でいえば、機器の操作室や廊下等での飲食は禁止されていない。但し、放射線障害予防規程で管理区域全域での飲食禁止を定めている施設が多いし、やはり、原則として、管理区域での飲食、喫煙は避けることが賢明であろう。

## 5.2 教育及び訓練の内容と時間数

	放射線の人体に与える影響	放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い	放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する法令	放射線障害予防規程
管理区域に立ち入る者	30分	4時間	1時間	30分
取扱等業務に従事する者	30分	1時間30分	30分	30分

- 初めて管理区域に立ち入る前または取扱等業務を開始する前及び管理区域に立ち入った後又は業務を開始した後には1年を超えない期間ごとに行わなければならない。
- 上記項目又は事項の全部又は一部に関し十分な知識及び技能を有していると認められる者に対しては、当該項目又は事項についての教育及び訓練を省略することができる。

## 5.3 個人のモニタリング

### ■放射線の量の測定

#### □外部被ばくによる線量

・胸部の1cm線量当量及び70 $\mu$ m線量当量(中性子線については、1cm線量当量)の測定が基本

・頭部及びけい部から成る部分、胸部及び上腕部から成る部分並びに腹部及び大たい部から成る部分のうち、外部被ばくによる線量が最大となるおそれのある部分が胸部及び上腕部から成る部分以外の部分である場合、その部分の1cm線量当量及び70 $\mu$ m線量当量(中性子線については、1cm線量当量)を追加して測定する。

・最大となるおそれのある部位が、上記以外の場合、その部分について70 $\mu$ m線量当量を追加して測定する。ただし、中性子線については、この限りでない。

◎管理区域に立ち入っている間継続して行う。

#### □内部被ばくによる線量

◎放射性同位元素を誤って吸入摂取し、又は経口摂取したとき及び作業室その他放射性同位元素を吸入摂取し、又は経口摂取するおそれのある場所に立ち入る者は3月を超えない期間ごとに1回行う。

### ■汚染の状況の測定

・手、足その他汚染されるおそれのある人体部位の表面

・作業衣、履物、保護具その他人体に着用している物の表面の汚染されるおそれのある部分

◎密封されていない放射性同位元素を取り扱う施設から退出するときに行う。

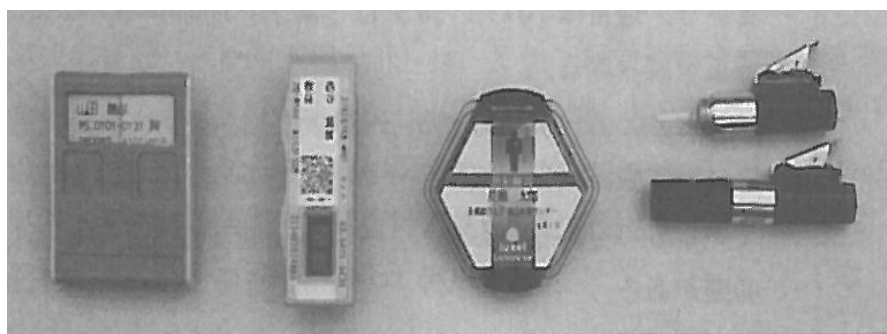
以下に、個人モニタリングのための個人被ばく線量計の一例と内部被ばくの測定方法を示しますが、詳細については、

”福島原発事故対応：一般向け解説情報「放射線の測定について”

<http://www.jsmp.org/qa/m-radiation.pdf>

を参照下さい。

## 個人被ばく線量計



(a)

(b)

(c)

(d)

a)フィルムバッジ b)蛍光ガラス線量計 c)OSL線量計 d)熱ルミネセンス線量計

〈出典：富樫厚彦・鈴木昇一・西谷源展「放射線安全管理学」オーム社〉

## 内部被ばくの測定方法

	体外計測法	バイオアッセイ法
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常、ホールボディカウンターにより測定するが、肺モニター、甲状腺モニターを使用することもある。</li> <li>・皮膚表面や毛髪に付着した核種を測定しないよう、シャワーを浴びるなどして身体の除染が不可欠である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排泄される糞や尿の放射能量を測定し、排泄率関数を用いて体内摂取量を求める間接的測定法</li> <li>・放射性物質の摂取経路、種類、摂取量などから評価する。</li> </ul>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定結果がすぐ得られる。</li> <li>・体外から内部被ばくを容易に測定できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>\alpha</math>、<math>\beta</math>、<math>\gamma</math>線等いろいろな核種に適用できる。</li> <li>・設備、経費が少なく済む。</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定対象が、<math>X</math>線、<math>\gamma</math>線放出核種に限られる。</li> <li>・測定装置が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試料の採取が煩雑である。</li> <li>・沈着部位を特定することが難しい。</li> <li>・体内での代謝知識が必要となる。</li> <li>・正確な評価が難しい。</li> </ul>

注) 排泄率関数

内部被ばくを測定および計算で評価する際に用いられる関数で、測定された試料(糞尿等)の放射能とその核種の人体における代謝データの関係を数式化したもの。

## 5.4 作業環境測定

- ・関連法令では、放射線障害のおそれのある場所について、放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の測定を、作業を開始する前に1回及び作業を開始した後では、1月を越えない期間ごとに1回行うことが義務付けられている。但し、密封された放射性同位元素又は放射線発生装置を固定して取り扱う場所であって、取扱いの方法及びしゃへい壁その他のしゃへい物の位置が一定しているときの放射線の量の測定は、6月を越えない期間ごとに1回行うこととされている。
- ・なお、測定結果は、5年間の保存が義務付けられている。
- ・労働安全衛生法では、作業環境測定士による測定が規程されているので注意する必要がある。

## 5.5 健康診断

放射線管理区域に初めて立ち入る前、立ち入った後の定期健康診断および事故などにより被ばくまたは被ばくのおそれのあるときに行う健康診断がある。

初めて立ち入る前および定期健康診断の内容等については、法令ごとに違いがあるので以下のスライドを参照されたい。

次に該当するときには、遅滞なく健康診断を行わなければならない。

- ①放射性同位元素を誤って吸入摂取し、又は経口摂取したとき。
- ②放射性同位元素により表面密度限度を超えて皮膚が汚染され、その汚染を容易に除去できないとき
- ③放射性同位元素により皮膚の創傷面が汚染され、又は汚染されたおそれのあるとき。
- ④実効線量限度又は等価線量限度を超えて放射線に被ばくし、又は被ばくしたおそれのあるとき。

なお、健康診断の記録の保存は、以下の通りである。

「放射線障害防止法」・・・永久保存 ただし、該当者が従事者でなくなった場合又は当該記録を5年間以上保存した場合において、これを指定機関に引き渡すときは、この限りでない。

「電離放射線障害防止規則」・・・30年間保存 ただし、5年間保存した後において、指定期間に引き渡すときは、このかぎりでない。

### 5.5.1 健康診断 —放射線障害防止法—

■対象：放射線業務従事者（一時的に管理区域に立ち入る者を除く）

■時期： 1. 初めて管理区域に立ち入る前  
2. 立ち入り後は1年を越えない期間ごと1回

■内容： 1. 初めて管理区域に立ち入る前

(1)問診

- ①被ばく歴の有無
- ②被ばく歴を有する者
  - ・作業の場所、内容、期間、線量
  - ・放射線障害の有無
  - ・その他被ばくの状況

(2)検査

- ①血色素量またはヘマトクリット値
- ②赤血球数
- ③白血球数
- ④白血球百分率
- ⑤皮膚
- ⑥眼（医師が必要と認めた場合に限り）

2. 立ち入り後

(1)問診

(2)検査

医師が認める場合に限り、上記①～⑥の検査を行う。



## 5.5.2 健康診断 —電離放射線障害防止規則—

- 対象:放射線業務従事者(労働者)
- 時期:1. 初めて管理区域に立ち入るものに対し、雇入れ又は当該業務に配置換えの際  
2. 立ち入り後は6月以内ごとに1回
- 内容:1. 初めて管理区域に立ち入る前
  - (1)問診
    - ①被ばく歴の有無、自覚症状の有無の調査及び評価
    - ②被ばく歴を有するものについては以下の調査およびその評価
      - ・作業の場所、内容、期間
      - ・放射線障害の有無
      - ・その他放射線による被ばくに関する事項
  - (2)検査
    - ①白血球数
    - ②白血球百分率
    - ③赤血球数
    - ④血色素量又はヘマトクリット値
    - ⑤眼(白内障);使用する線源に応じて省略可
    - ⑥皮膚
- 2. 立ち入り後
  - (1)問診
  - (2)検査
    - 上記①～⑥ 但し、前年1年間の実効線量が5mSvを超えず、当年1年間も超えるおそれのない場合で、医師が必要でないと認めるときは省略できる

## 5.5.3 健康診断 —人事院規則—

- 対象:放射線業務に従事する職員(国家公務員)
- 時期:1. 初めて管理区域に立ち入る前  
2. 立ち入り後は6月以内ごとに1回
- 内容:1. 初めて管理区域に立ち入る前
  - (1)問診
    - ・被ばく経歴の評価
  - (2)検査
    - ①白血球数
    - ②白血球百分率
    - ③赤血球数
    - ④血色素量またはヘマトクリット値
    - ⑤眼(白内障);使用する線源の種類に応じて省略可
    - ⑥皮膚
- 2. 立ち入り後
  - (1)問診
  - (2)検査
    - 前年度の実効線量が5mSvを超えず、かつ、当該年度も超えるおそれのない職員にあっては、医師が必要と認めるときに限り、上記①～⑥の検査の全部または一部を行い、それ以外の職員にあっては、医師が必要でないと認めるときは、その全部又は一部を省略することができる。