

# JAMMRA

Japanese Association for Medical Management of Radiation Accident

放射線事故医療研究会会報

## 第6回放射線事故医療研究会・緊急被ばく医療フォーラムについて

平成14年8月24日(土)に福井県の国際交流会館で第6回放射線事故医療研究会を午前中に、午後から第6回緊急被ばく医療フォーラム(平成14年度緊急被ばく医療全国拡大フォーラム)を開催しました。

本号では、第6回放射線事故医療研究会および第6回緊急被ばく医療フォーラムの概要について特集します。当日のプログラムは下記の通りです。なお、当日は、総会も開催しました。

### プログラム

(敬称略)

9:30～9:40 開会挨拶 大会長：寺澤秀一(福井医科大学)

9:40～10:30 教育講演「安定ヨウ素剤予防服用の医学的な意義」  
鈴木 元((財)放射線影響研究所)  
座長：小野公二(京都大学原子炉実験所)

10:30～10:40 (休憩)

10:40～12:00 「最近の放射線事故症例の検討」  
座長：山田章吾(東北大学)

①女川発電所の火災事故

吉田洋一(女川町立病院)

②国立大蔵病院における被ばく事故

—線量評価を中心にして—

野田 豊(独立行政法人放射線医学総合研究所)

③高校生のX線被ばく事故

菅原祐樹(岩手医科大学)

④泊発電所の汚染を伴った心肺停止例

奥山修兒(北海道社会事業協会岩内病院)

12:00～12:20 総会

## 第6回 緊急被ばく医療フォーラムの概要

平成13年6月にとりまとめた「緊急被ばく医療のあり方について」においては、緊急被ばく医療に携わる者の人的ネットワークの構築が求められています。これを受けて、(財)原子力安全研究協会では国(文部科学省)による緊急被ばく医療対策の充実・強化施策の一環として「地域フォーラム」を各地で開催し、地域における緊急被ばく医療ネットワークの構築支援に努めております。緊急被ばく医療に携わる各分野の専門家・実務者等の方々が全国規模で緊急被ばく医療に関する共通認識をもってもらうことを目的として、平成13年度から全国横断的な「緊急被ばく医療フォーラム(全国拡大フォーラム)」を開催しております。

今回のフォーラムでは、原子力安全委員会が平成14年度にとりまとめた「原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用の考え方について」に関して、そのとりまとめに尽力された、独立行政法人放射線医学総合研究所の平間先生に「原子力災害時の放射線防護策としてのヨウ素剤予防服用の実際」と題した基調講演を頂き、その内容に対して活発な意見交換がなされました。一方パネルディスカッションでは、原子力発電所での事故を想定した訓練について、事業者・搬送機関・医療関係者・保健所ならびにSPEEDI運用事業者それぞれの立場から今後、訓練を実施するに当たって、実効性ある訓練はいかにあるべきかを議論して頂きました。

プログラムについては、下記の通りです。

### プログラム

(敬称略)

- 13:30~13:40 開会挨拶 佐藤一男((財)原子力安全研究協会)  
古賀佑彦((財)原子力安全研究協会)  
齋藤福栄(文部科学省防災環境対策室)
- 13:40~14:30 基調講演「原子力災害時の放射線防護策としてのヨウ素剤予防服用の実際」  
平間敏靖(独立行政法人放射線医学総合研究所)  
座長:神 裕((財)原子力安全研究協会)
- 14:30~16:30 パネルディスカッション  
座長:寺澤秀一(福井医科大学)  
座長:前川和彦((財)原子力安全研究協会)

### 「プレゼンテーション」

前川和彦((財)原子力安全研究協会)

テーマ:実効性ある原子力防災訓練のあり方

—機能訓練はどうあるべきか—

「発表」

- ① S P E E D I 松尾多盛 ((財) 原子力安全技術センター)
- ② 事業者 小門 晃 (関西電力(株))
- ③ 搬送機関 松宮次朗 (敦賀美方消防組合)
- ④ 医療機関 林 寛之 (福井県立病院)
- ⑤ 保健所 木野正博 (福井県嶺南振興局二州健康福祉センター)

16:30～17:00 総括討議および意見交換

座長：青木芳朗((財) 原子力安全研究協会)

17:00～17:10 閉会挨拶 寺澤秀一(福井医科大学)

教育講演

## 安定ヨウ素剤予防服用の医学的な意義

(財)放射線影響研究所・臨床研究部  
鈴木 元

### 1. 放射線による遺伝子損傷

電離放射線は、その名が示すように物質に当たるとその構成分子を電離する作用がある。電離作用とは、電子をはじき飛ばし、イオンあるいは反応性に富むラジカルを生じさせることをいう。生体内では、水分子が放射線により電離され、 $O_2$ ラジカルやHラジカル、OHラジカル、さらには $H_2O_2$ などの反応性に富む分子が生成される。これらの反応性に富むラジカルなどは、DNA遺伝子に様々な障害を起こすことが知られている(表1)。

DNAの障害を感知すると、障害を受けた細胞ではDNA修復機構が活性化され、同時に細胞周期の停止が誘導される。DNA修復が不可能な場合は、細胞死が誘導される。DNA修復機構には、正確な修復を行う機序と誤りを犯しやすい修復機序がある。大部分のDNA障害は正確に修復されるが、ある確率で一部の塩基損傷は不完全な修復しかされず、その結果、突然変異を引き起こす。また、DNA二重鎖の切断は、しばしば染色体断片の欠失や転座や逆位などの変異を引き起こす。

不完全な修復機序が存在する背景には、細胞死よりは不完全な修復を良しとする進化論的な理由があったのであろう。

興味深いことに、その分子機序は未だ解明されていないが、被ばくした幹細胞の子孫に突然変異率が上昇する現象があらわれることがある。いわゆる遺伝的不安定性の誘導である。この結果、放射線被ばくを受けた組織の幹細胞の一部に、ある確率で突然変異が蓄積し、長時間をかけて癌細胞に変異する。

甲状腺被ばくでは、被ばく後すぐにRETと呼ばれるチロシン・キナーゼをコードする遺伝子と他の遺伝子が染色体転座によって融合することが実験的に確認されている(Mizuno et al. Oncogene 19:438, 2000)。RET-PTC遺伝子と総称される融合遺伝子は、慢性骨髄性白血病におけるフィラデルフィア染色体(BCR-ABL融合遺伝子)に相当し、癌遺伝子として作用する(後述)。

表1. 放射線被ばく直後のDNA障害

DNA二重鎖切断	20-40/細胞/Gy
DNA単鎖切断	1000/細胞/Gy
塩基損傷	1000/細胞/Gy
DNA-タンパク架橋	150/細胞/Gy

被ばく後、上記の頻度でDNA障害が惹起されるが、大部分のDNA障害は修復される。

### 2. 急性照射と遅延性照射の違い

急性被ばくでは遺伝子損傷が一時に起こり、その後修復機構が働く。他方、遅延照射では、遺伝

子損傷が起こると平行して、遺伝子修復機構が活性化される。このため、同じ総線量であっても、

数秒～数分間に被ばくする場合と、数日～数十日をかけて被ばくするのでは、残存する遺伝子損傷の数は激変する。一般に、遷延性の被ばくによる発癌リスクは、急性被ばくに比較して数分の1以下に減少する。(ただし、放射線防護の観点からは、安全側にたって、遷延被ばくは急性被ばくの1/2の発癌リスクがあるとして対処する。)

ヨウ素は、甲状腺ホルモンの原料となるため、体に取り込まれると甲状腺に濃縮される。放射性

ヨウ素による被ばくの場合には、甲状腺の急性被ばくと遷延被ばくの両方が混在する。放射性ヨウ素の半減期は、同位元素により異なる(表2)。ヨウ素-131が甲状腺に蓄積した場合は、半減期が8.05日と遷延性の被ばく形態をとる。しかし、原発事故では、この他、短半減期のヨウ素-133などが放出されるために、これら短半減期の放射性ヨウ素による急性被ばくと、ヨウ素-131による遷延性の被ばくが混合する。

表2. 原発事故で放出される放射性ヨウ素の被ばく寄与率とその半減期

同位体	寄与率	半減期
I-131	60%	8.05 d
I-133	30%	20.8 h
I-132 / I-134/I-135	10%	52 m - 6.7 h

原発事故では、半減期の異なる同位体が放出されるため、急性被ばくと遷延性被ばくの両方の様相を呈する。

### 3. RET-PTC融合遺伝子

チェルノブイリ原発事故後多発した小児甲状腺癌は、組織的には乳頭状甲状腺癌(papillary thyroid carcinoma, PTC)と呼ばれる比較的悪性度の低い癌である。被ばく後4～5年の潜伏期を経て、白ロシア、ウクライナ、ロシアで過剰発生が報告されてきた。これまでに約2000例のPTC症例が報告されているが、死亡例は10例前後である。

さて、PTCの遺伝子変異を調べてみると、50-60%の症例で、染色体転座によってRET遺伝子が他の遺伝子の下流に組換えられ、新たな融合遺伝子を形成していることが判明した。RET分子は、甲状腺濾胞細胞などの細胞膜に存在する受容体で、グリア細胞由来向神経因子(GDNF)と結合すると、細胞内に増殖シグナルを伝える。新たに形成された融合遺伝子を調べてみると、RET遺伝子の第12エクソンより下流のシグナル伝達機能をもつ構造遺伝子部分が、他の遺伝子と融合していることが判った(図1)。融合遺伝子をRET遺伝子と乳頭状甲状腺

癌の頭文字を組み合わせ、RET-PTC遺伝子と総称する。融合遺伝子の相方は10種類程度確認されているが、全てに共通な特徴を持っている。

すなわち、甲状腺で構成的に発現している遺伝子であること、さらにはその遺伝子産物は特有な構造を有することである。

特有の構造とは、coiled-coil構造で、この構造により2量体を作ることができる。この結果、RET-PTC遺伝子産物は、甲状腺細胞の中で構成的に(外部刺激なしに)発現し、2量体を形成して自発的に増殖シグナルを発する。

実際、マウスの甲状腺にRET-PTC1あるいはRET-PTC3遺伝子を過剰発現するトランスジェニック・マウスを作成すると、甲状腺癌が自然発症する(Jhiang et al., Endocrinology, 137:375, 1996)。

広島大学・原医研の神谷先生、星先生らは、ラットにヨウ素-131を投与して、甲状腺癌を誘発する実験を行っている。途中結果であるが、低ヨウ素

食の若年ラットで、ヨウ素-131投与により甲状腺癌が発症する。甲状腺刺激ホルモン(TSH)などの低ヨ

ウ素環境で誘導される因子が放射線発癌を促進している可能性を示唆している。

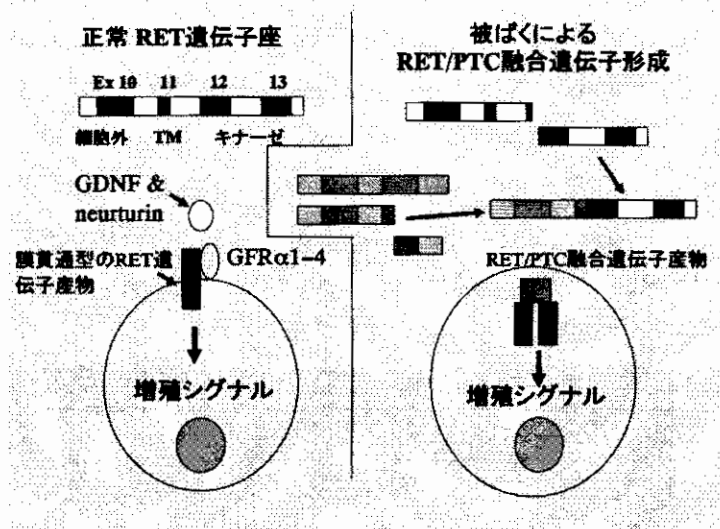


図1. RET/PTC誘導遺伝子

(脚注) RET遺伝子のエキソン12より下流部分が、甲状腺で構成的に遺伝子発現する他の遺伝子Aの下流に組み換えられ、かつ、遺伝子Aの産物がcoiled-coilドメインと呼ばれる特殊な構造を持つ場合、融合遺伝子はがん遺伝子RET/PTC遺伝子となる。

#### 4. 放射線被ばくによる甲状腺癌のリスク

まず、外部被ばくでの甲状腺癌リスクについて述べる。内部被ばくでは、遷延被ばくと急性被ばくの両方の様相があるので、被ばく線量当たりの発癌リスクは外部被ばくよりは一般に低い。外部被ばくによる甲状腺癌の大規模疫学研究対象集団(コホート)は、原爆被ばく生存者集団、小児頭頸部被ばくコホート(頭部白癬や扁桃腺腫大や胸腺肥大に対する照射)などがある。原爆被ばく生存者コホートの解析では、被ばく時年齢が低いほど放射線発癌リスクが高く、20歳を越すとリスクが低下し、40歳以下ではほぼ発癌リスクが消失する(Thompson et al: Rad Res 137:S17-67, 1994.)。男子に比して女子の方が発癌リスクが高い傾向にある。E Ronらは、外部被ばくの7コホートの結果を統合して解析し直し、小児甲状腺被ばくのリスクを算定した(Rad Res 141:259-277, 1995.)。その結果は、過剰絶対リスク(EAR)とし

て $4.4 \times 10^{-4}$  PY/Gyであった。PYとはperson yearの略で、1Gy甲状腺被ばくした小児が1万人いたとしたなら、この集団から年間4.4名の過剰の甲状腺がんが発症するリスクがあることを指す。

チェルノブイリ原発事故では、核燃料棒が融解し、核分裂生成物が大気中に放出された。これに伴い放射性ヨウ素(I-131換算)も環境中に放出された。旧ソ連邦の白ロシア、ウクライナ地方は、ヨウ素欠乏地帯であったことも災いして、約5年の潜伏期をへて小児甲状腺癌が増加した。2000年段階で、15歳以下の小児の甲状腺癌は、過剰発生のピークを過ぎた印象がある。しかし、青年の甲状腺癌過剰発生は、むしろ増加してきた印象を受ける。Jacobらは、チェルノブイリ事故による15歳以下の小児甲状腺癌リスクを過剰絶対リスク(EAR)として $2.3 \times 10^{-4}$  PY/Gyと推計している(Jacob et al. Nature 392:31-32, 1998)。

この値は、奇しくも、外部甲状腺被ばくの発癌リスクの約半分となっている。チェルノブイリ事故後の甲状腺被ばく線量の推定は、誤差が大きいといわれているので、この値の精度に関しては疑問が残るものの、急性被ばくと遷延被ばくが混合した被ばく形態から考えると、それほど極端な値とは言えない。

被ばくした年齢による甲状腺発癌リスクの変化は、外部被ばくでも認められる。小児の方が被ばくを受けた甲状腺内の幹細胞数が多いこと、幹細胞の増殖能力が高いことなどが原因と考えら

れる。

これに加えて、放射性ヨウ素による内部被ばくでは、年齢と逆相関して放射性ヨウ素の甲状腺摂取率が高く（新生児50%、成人10-40%）、また年齢とともに甲状腺の体積が増加するという事情が働く。このため、同じ量の放射性ヨウ素を吸入したとしても、甲状腺の単位重量当たりの放射線密度は小児の方が密となる。これらの事情により、放射性ヨウ素による甲状腺癌リスクは、小児に高い。

## 5. 安定ヨウ素剤予防服用の医学的意義

放射性ヨウ素が甲状腺に蓄積するのを防ぐことができれば、放射性ヨウ素は24時間以内にその大部分が尿中に排泄される。すなわち、被ばくを最小にすることができる。①安定ヨウ素剤を服用して血中の放射性ヨウ素の比率を低下させると、それに応じて甲状腺への放射性ヨウ素の取り込みが減少する（希釈効果）。さらに、過剰の血中ヨウ素は、②甲状腺ホルモン合成を抑制し、甲状腺濾胞細胞のヨウ化ナトリウム・トランスポーター機能を抑制する。これらの作用機序により、放射性ヨウ素の体内吸入の前24時間以内あるいは吸

入後2時間前後に過剰の安定ヨウ素剤を服用すると、放射性ヨウ素の甲状腺への蓄積を阻害することが可能である。

原発事故では、数時間以上におよぶ放射性ヨウ素の吸入が問題となり、それに引き続き数日続く飲水や野菜・ミルクなどからの放射性ヨウ素の摂取が問題となる。事故後早期の安定ヨウ素剤服用と、放射能汚染された水や食料の摂取制限により、放射性ヨウ素による内部被ばくを最小にとどめることが可能である。

## 6. 安定ヨウ素剤服用のリスクとベネフィット

安定ヨウ素剤は、医薬品であり、副作用もある。アナフィラキシー・ショックや蕁麻疹、浮腫、関節痛などのアレルギー反応が、もっとも問題となる。ヨウ素そのものに対するアレルギーというよりは、化合物としてのヨウ素あるいは製品化する際のバイプロダクト化合物に対するアレルギーと考えられる。安定ヨウ素剤の長期連用は、甲状腺機能の昂進や低下を引き起こす。胎児や乳児では、甲状腺機能の一過性の抑制であったとしても、発達障害を引き起こす可能性があり、避けるべき事態である。原子力安全委員会は、2002年6月に安

定ヨウ素剤の予防服用に関するガイドラインを発表したが、そこでは、国際原子力機関IAEAの方式に従い、チェルノブイリ事故後、ポーランドで約1000万人の小児と700万人の成人に対して安定ヨウ素剤の投与が行われた際の副作用の発生確率と、安定ヨウ素剤を服用しなかった場合の小児甲状腺癌リスクをバランスさせる方式を採用している。詳細は省かせてもらうが、小児と成人に同じ基準で安定ヨウ素剤を予防投与する場合は、予測線量が90mSvを上回る場合には投与が正当化される結果となっている。

## 事例研究

# 「女川発電所の火災事故」について

女川町立病院

吉田 洋一

### はじめに

平成14年2月9日(土)、女川原子力発電所2号機で起きた火災事故の顛末を述べるとともに、

問題点を明らかにし、被ばく医療への対応を検討する際の一助にしたい。

### 火災発生前の状況

女川原子力発電所2号機では、平成13年12月21日から第5回定期検査に入っていた。火災発生現場は、原子炉廻り弁点検を行うために、放射性物質が付近に飛散しないようにシートで養生

生まれ、周囲から区画されていた。

使用シートは、火気を伴わない作業であることから、エチレン酢酸ビニールシートであった。

### 火災発生時の状況

平成14年2月9日午前9時10分頃、シートで囲まれた現場で2名の作業員が、使用済みスプレィ缶の廃棄処理を行っていた。

一人が袋の中のペーパータオルに使用済みのスプレィ缶に残っている残液を噴霧し、もう一人が噴霧が終了した缶の底に穴を開け、更に残液を抜いた。作業を終了した缶は、足でつぶされて袋に入れられた。

周囲では火気を伴う作業は行われていなかった。

午前9時34分頃、20数本のスプレィ缶の入っ

ていた最初の袋を処理し、次の袋のスプレィ缶を処理するために開封したところ、突然発火した。

付近で作業していた作業員のうち2名が直ちに消化器を使用して消火した。エチレン酢酸ビニールシートが約30m<sup>2</sup>燃焼したが、周辺の機器やケーブル等に変化を認めなかった。

火災発生の原因は、残液の抜き取り作業により、シートにより養生された区画低部に、LPガス等の可燃性ガスが滞留し、何らかの理由で引火したものと推定された。

### 汚染状況

2名の作業員は、顔面を中心にやけどを負ったが、同部に微量の汚染(それぞれ4.5, 3.0×10<sup>-1</sup>Bq/cm<sup>2</sup>)を認めたため、生理食塩水を含ませたガーゼで除染を行った。結果、どちらの汚染部も検

出限界以下になった。(個人線量計はどちらも0.00mSvであった。鼻腔部分の測定で汚染はなく、内部被ばくもなかった。)



### 消防車と救急車の要請

9時34分に火災報知器が作動し、9時42分に女川消防署に火災が発生したが、発見者が消火した旨を電話で連絡した。9時46分に負傷者に対し

て救急車の出動を要請した。

10時20分に消防車が、10時31分に救急車が到着した。

### 女川町立病院に患者を収容するまで

10時40分頃女川町立病院に救急隊から連絡が入った。内容は、女川原子力発電所内でやけどの患者が発生したので診てほしいというものであった。

11時20分、救急車が到着し、直ちに負傷者2

名を病院内に収容した。

ほぼ同時に、NHKから患者の状況についての問い合わせがあり、また地元のテレビ局が救急車の直後に病院に到着し、無断で病院内の撮影を行った。

### 患者の状況と状態

病院到着時に、患者は作業着を脱がされて下着の状態、アルミホイルのようなものにくるまれていた。

患者の所見は二人ともほぼ同様の所見を呈しており、顔面は口唇周囲がⅢ度の熱傷であったのを除いてほぼ全面Ⅱ度の熱傷であった。鼻毛は一

部焦げていたが、気道熱傷はなく、口腔内にも異常はなかった。その他、指にⅡ度の熱傷があり、受傷面積は2-3%程度であった。

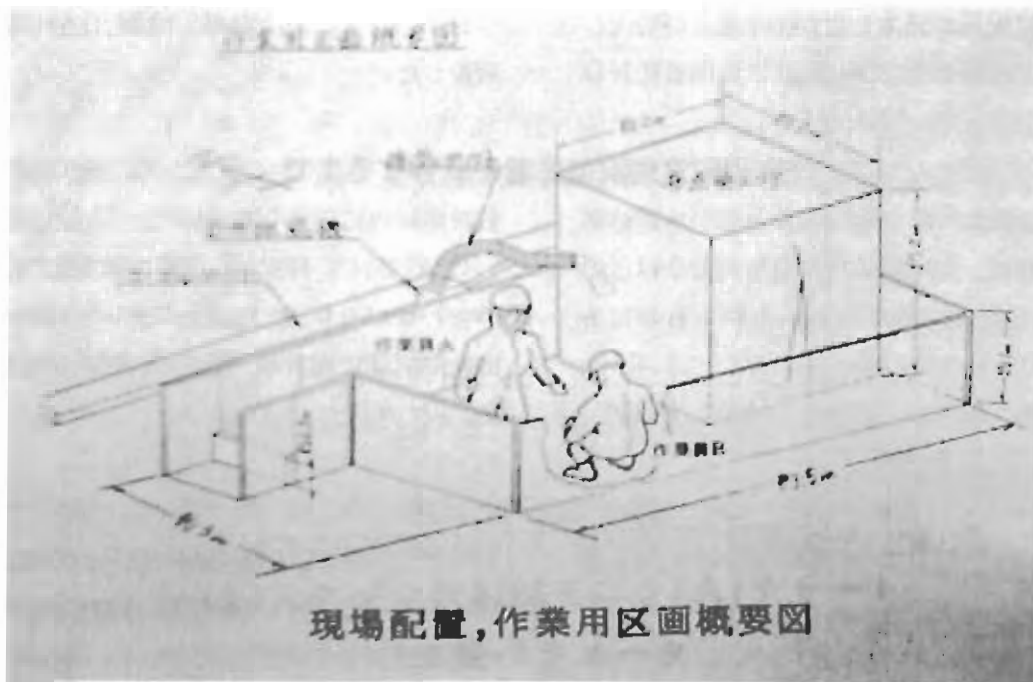
痛みがひどく、個室に入院となった。入院の経過は順調であったが、皮膚科の常勤医のいる実家のある地元の病院に2月19日転院となった。

### おわりに

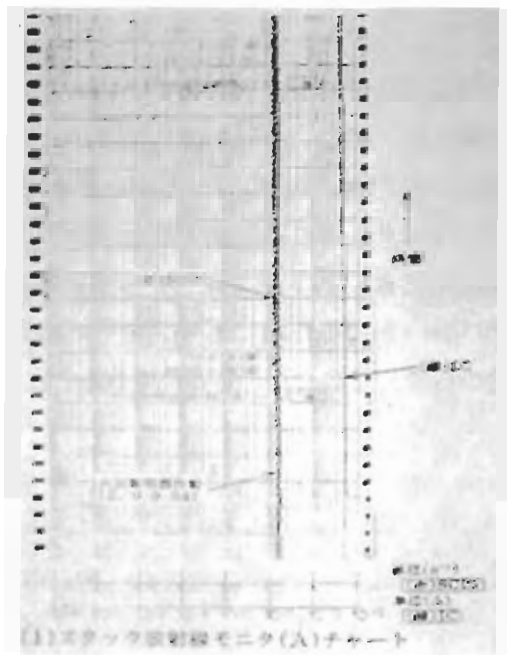
管理区域内の事故のけが人を当院が収容したのは今回が初めてであった。幸いにも被ばくが極微量でしかも完全に除染された状態で来院したため、事なきを得たが、事前の訓練等がなされていなかったことを深く反省した。

今回の事故で一番感じたことは、連絡が不十分であったことである。日頃からどのタイミングで

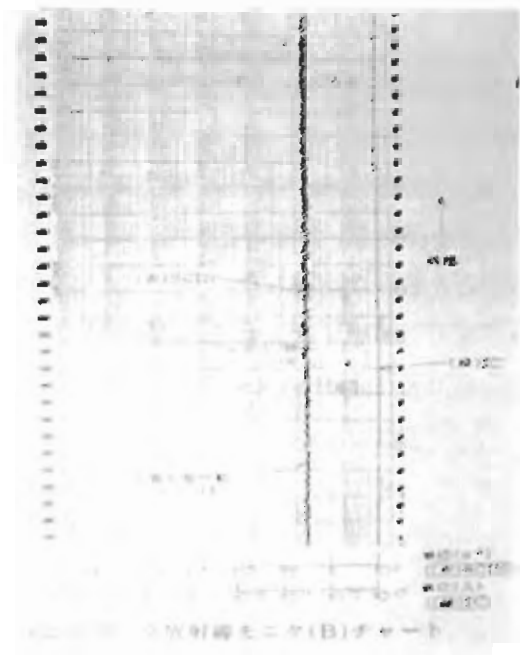
どのような情報が必要なのかを練っておく必要を感じた。また、マスコミの対応の早さにも驚かされた。マスコミにしっかり対応するためには、マスコミより早くて正確な情報が必要であるし、被ばく患者のプライバシーや当院の患者のプライバシーを守るためにもマスコミへの対応を事前から考えておくことも必要であると感じた。



現場配置図、作業用区画概要図



スタック放射線モニタ (A) チャート



スタック放射線モニタ (B) チャート

## 事例研究

# 「高校生のX線被ばく事故」について

岩手医科大学 皮膚科学教室  
菅原 祐樹、松田 真弓、赤坂 俊英

## 要約

症例：17歳、男子高校生。高校の物理実験中に右手を放射線照射装置の中に入れ、40秒程照射を受けた。照射3週間後、右示指、中指、環指に比較的境界明瞭な紅斑と疼痛など急性放射線皮膚

炎の症状を呈した。高校生の教育での放射線装置使用は放射線被ばくの可能性があることを報告した。

## はじめに

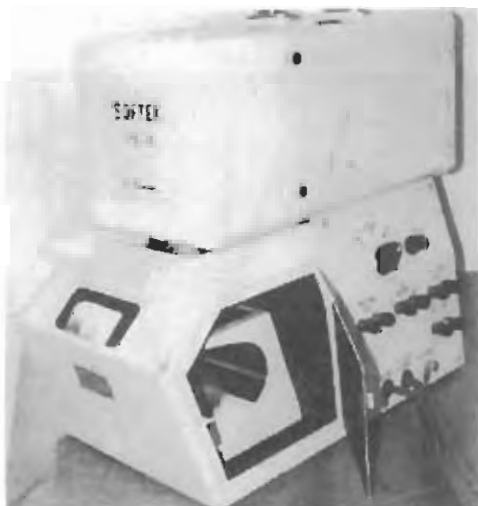
放射線皮膚炎の発生は放射線治療時に随伴して生じたもの、放射性物質取り扱いによる事故、医療従事者の慢性被ばくなどが報告されている。

今回、我々は学校の授業中に生じた高校生の急性放射線皮膚炎を経験したので報告する。

## 症例

患者：17歳、男性。岩手県北上市在住  
初診：2001年12月21日  
主訴：右示指、中指、環指の有痛性皮疹  
家族歴：特記すべきことなし  
既往歴：特記すべきことなし  
現病歴：2001年11月29日、高校3年生の物理Ⅱの実験中に右手を放射線照射装置【図1】の中に

入れ、約40秒照射を受けた。約3週間後の12月18日から右示指、中指、環指の背側に境界明瞭な紅斑を自覚した。徐々に腫脹、疼痛が生じたため、12月20日近医皮膚科受診した。経過から急性放射線皮膚炎が疑われ、翌日岩手医大皮膚科紹介となる。



### 原因となったX線装置

超軟線装置 SOFTEX-TYPE LN (1966-5s/n5631 島津理科器機株式会社 小泉X線工社製 昭和42年製) は草花、昆虫などを試料として装置の中に入れX線透視する目的の機械であり、人体への使用は禁止。台座に対象物を置き、小窓から観察するようにできている。

【図1】放射線照射装置 SOFTEX

### 被ばくに至った経緯

当初は茶封筒に入った硬貨をX線で透視する実験を行っていた。その様子をビデオを通してスクリーンに映し出していた。先生が関心を集めるため、生徒の指にX線を当てて透視を行った。その際、映像のピントが合わなかったため調整をしていたところ、症例の生徒が40秒程X線を浴びてしまった。

この生徒の他にも2クラスと同級生25人が順

番に手を入れX線透視をし、約5秒の照射を受けた。

**現 症** 右示指、中指、環指、指背に放射線照射部に一致した境界明瞭な褐色色素沈着局面を認め、軽度の腫脹を伴う【図2-a】。

腱、骨など下床との癒着はない。皮疹に一致した部位に自発痛を認める。



【図2-a】臨床像：初診時（受傷後3週）

**臨床検査成績** 血液一般検査、生化学検査とも異常なし。当院整形外科にて施行の手指レントゲン写真では異常を認めない。皮膚生検は施行していない。

**治療と経過** 鎮痛と抗炎症を目的に2週間のNSAID<sup>1</sup>s内服とvery strongのステロイド外用剤の塗布を継続した。初診時（受傷後3週）の一部色素沈着を伴った紅斑は受傷後6週時にはほぼ

黒褐斑となり、【図2-b】、8週時には落屑とともに色調も改善し、淡紅色となった。この時期よりステロイド外用剤は中止し、保湿剤の塗布に変更した。

受傷後8ヶ月、わずかな血管拡張と周辺の不整色素沈着など、軽度の多形皮膚萎縮を呈す【図2-c】。触覚、運動機能の異常は認めない。経過を通して血液検査に異常は認めなかった。



【図2-b】臨床像：受傷後6週時



【図2-c】臨床像：受傷後8ヶ月

**他の生徒の経過** 平成14年12月25日、本症例以外の平均5秒の放射線照射を受けた高校生25名が受診した。

うち13例に一過性紅斑を認めた。12例は無症状であった。

## 考 察

事故原因は高校の授業で、本来人体に使用を禁止されている放射線照射装置を使用してしまったことにある。購入後34年が経過し、説明書が紛失してしまっていたこと、正しい使用法を分かっている者がいなかったことが事故につながったと考える。実験に使われた放射性照射装置について、当院放射線科で放射線量を測定したところ、皮膚面での推定吸収線量は約6Gy程度であった。

また、放射線医学総合研究所(野田豊先生)の解析では6.77Gyであった。なお電圧安定装置がついていないことから、より大きな線量がかかった可能性があるとして推定された。また、実験はX線管のカバーの金属をはずした状態で行われたため、周囲にもX線が漏れていたと考えられる。

急性放射線皮膚炎を起こしうるしきい線量は約3Gyとされている。3Gyで一時的脱毛を生じ、6~8Gyで紅斑、15Gy以上でびらん・潰瘍・壊死を生じる<sup>1)</sup>。本症例は推定線量6Gyの照射を受け、紅斑を生じるしきい線量を超えていた。後日受診した25名の高校生のうち13名にも淡い紅斑を認めた。しかし、放射線照射後2~3週間で起こる軽症の紅斑は処置をほとんど必要としないとされ<sup>2)</sup>、13例とも一過性であった。

放射線皮膚障害は、皮膚を構成する細胞にとって致命的な障害を生じる量の被ばくにより生じた皮膚の機能障害である<sup>3)</sup>。放射線皮膚炎は急性と慢性に分けられ、急性放射線皮膚炎は一般には1回の照射によって発生する皮膚障害である。発症までの期間は数日から数週間であり、本症例は発症まで19日間であった。本症例の患者は12月18日に手指の赤みと疼痛を自覚した。しかし、実

験から約3週間が経過しているため因果関係に気づくのに時間を要し、20日に近医を受診している。

慢性放射線皮膚炎は急性放射線皮膚炎からの移行もあるが、多くは頻回の照射の集積によって発症する皮膚障害である。発症までの期間は照射開始から2~10年である<sup>4)</sup>。

本症例は幸い放射線照射量が比較的少なかったため、現在治癒に至っている。しかし、可能性は低いものの二次性の皮膚癌発生に注意し今後も経過観察を続けていく必要がある。

今回我々は高校の授業中に生じた急性放射線皮膚炎を経験した。近年、放射線皮膚炎は心臓カテーテル検査などの普及により増加傾向にあるが<sup>5)</sup>、本例のような学校での事故によって生じた放射線皮膚炎は非常に稀と考える。しかし、高校教育での放射線装置の使用は、放射線被ばくの危険性を有するもので、教育方法の改善と安全対策が望まれる。

## 文 献

- 1) Malkinson FD. :Arch Dermatol 132:695、1996
- 2) 田中秀治：放射線医療事故研究会会報、8：5-9、2000
- 3) 稲葉智子ほか：皮膚病診療、23：919-921、2001
- 4) Lichtenstein DA et al. :Arch Dermatol 132:663、1996
- 5) 宋 寅傑ほか：臨床皮膚科、54(5増)：7-10、2000

## 研究レポート

# 原子力災害時の放射線防護策としてのヨウ素剤予防服用の実際

独立行政法人 放射線医学総合研究所  
緊急被ばく医療センター 平間 敏靖

## 1. 序

原子力発電所の事故の際の安定ヨウ素剤服用については、これまで公的な指針が存在しなかったが、平成13年から、原子力安全委員会原子力施設等防災専門部会被ばく医療分科会では、ヨウ素剤検討会を設け、山下俊一長崎大学教授を中心に精力的な議論を積み重ねてきた。そこで得られた結論は、これまで未解決であった諸問題点に答

えを出す形で、平成14年4月に報告書「原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用の考え方について」としてまとめられ、以後「原子力施設等の防災対策について」（防災指針）等に取り入れられてきている。

今後は、その内容に沿って安定ヨウ素剤服用に係わる諸条件が整えられるものと予想される。

## 2. 国際機関等の基準

安定ヨウ素剤服用の決定の判断は、小児の甲状腺被ばく線量に基づいて行うのが、線量計算上の安全マージンを確保する上でも、また、甲状腺内部被ばくによる甲状腺癌発症の大部分を占める小児を守るという立場からも適当である。ある対策を発動する拠となる値を介入レベルと呼んでいるが、安定ヨウ素剤服用に係わる介入レベルについては、国際機関の間でさえも一致しておらず、この問題が抱える複雑さを象徴している。IAEAは、主として実効性を確保する理由から、性別、年齢にかかわらず、甲状腺の回避線量 100 mGy を推奨している。回避線量とは、ある防護対策について、それを行った場合の被ばく線量から、それを行わなかった場合の被ばく線量を差し引いた値であり、その対策がもたらす効果と言い換え

ることもできる。

一方、WHOは、1999年に出したガイドラインのなかで、チェルノブイリ事故後、甲状腺癌の増加が圧倒的に小児に多いことを重視し、また小児では安定ヨウ素剤による重篤な副作用が報告されていないことから、安定ヨウ素剤使用によるリスクとベネフィットが釣り合う（安定ヨウ素剤服用が正当化される）のは非常に低い甲状腺線量においてであるとした上で、年齢によって異なる基準を提案している。すなわち18才以下の者および妊婦、授乳婦について回避線量が10 mGy、それを越えて40才までは100 mGy、41才以上では発がんリスクの増加がないので確定的影響だけを防げばよいとの観点から5 Gyである。

## 3. 日本における安定ヨウ素剤服用の指標

ヨウ素剤検討会では、上記のような世界の動きを勘案した上で、我が国の事情を織り込んだ介入レベルを提案する必要があった。日本では、原子

力災害が発生すると、その地域での気象条件、放射性物質の放出予想量などをもとに、SPEEDI という計算システムを用いて、実際に放射性物質が

環境中へ放出される以前に、地域住民の被ばく線量を予想することができる。ある防護対策を取るべきか否か、どの地域にどのような対策を取るかといったことが決定される際は、この予想が基礎となる。従って、放射性物質が環境中へ放出される以前に対策を講じることにより、実際の被ばく線量は、予想されたものより大幅に少なくなるはずである。この事情を勘案し、また安定ヨウ素剤服用に伴うリスクとベネフィットの釣り合いをも計算した上で、検討会では、小児甲状腺の予想される等価線量が100 mSvに達するときに安定ヨウ素剤を服用することにより、実際の小児にお

ける甲状腺の被ばくをこれよりもずっと少なくするのが適当であるという結論に達した。

実際にはSPEEDIのデータとして表された予想線量をそのまま用いるのではなく、事故原因の復旧見通し、気象条件の変化の可能性、他に取らる防護対策の実効性等の要素を十分に考えた上で、安全サイドに立った判断をする必要がある。そこで、100 mSvという値が一人歩きすることの無いように、あえて介入レベルという言葉を用いずに、安定ヨウ素剤予防服用に係る防護対策の「指標」とこれと呼ぶことにした。

#### 4. 安定ヨウ素剤

報告書の中では安定ヨウ素剤としてはヨウ化カリウム剤を用いることを明確化した。ところで、ヨウ化カリウム剤は医薬品であるので、処方、保管、適応、禁忌対象などについての制約がある。今回、安定ヨウ素剤については、緊急事態に対応

するための、いわば防災資機材として使用することとし、考え方の整理を行った。

すなわち、医師の処方箋を介さずに服用し、服用方法についても、原子力災害時のために最適化することができるようになった。

#### 5. 服用対象

40才以上では甲状腺被ばくによる甲状腺癌発症のリスク増加が見られなくなること、一方において、安定ヨウ素剤による副作用のリスクが加齢に伴って増加することを考慮し、原子力災害時に安定ヨウ素剤を服用するのは、40才未満の者とした。ただし事故の復旧にあたるような一部の防災関係者についてはこの限りではない。

服用してはいけない者としては、以下を挙げた。  
①ヨウ素過敏症、②造影剤過敏症：ヨウ素は人体に必須の元素であり、理論的には過敏症が存在するとは考えにくいですが、ヨウ素「剤」に対する過敏症は希に存在する。また、造影剤過敏症の中には、ヨウ素過敏症が含まれていると考えられている。

これらの既往がある場合、安定ヨウ素剤を服用してはならない。③低補体性血管炎、④ジューリング疱疹状皮膚炎：これらの疾患も、ヨウ化カリウムに対する過敏症を合併することが知られているため、既往がある者および治療中の者は安定ヨウ素剤を服用してはならない。ただし、これらの疾患は我が国では希である。

医薬品としてのヨウ化カリウムの投与禁忌対象である肺結核は、服用禁忌とする根拠が弱く、また下記のような服用方法では副作用が生じるリスクは無いと考えられるため、服用するものとした。

## 6. 服用量

大量の安定ヨウ素剤を服用すると、甲状腺機能が一時的に抑制される。近年、出生前後の甲状腺機能低下症が、その後の精神的発達に悪影響を及ぼすことが知られるようになった。従って、新生児に安定ヨウ素剤を服用させる場合、その用量を最適化する必要がある。WHOのガイドラインは、この観点から、年齢に応じた用量を推奨している。ヨウ素剤検討会では、基本的にこのガイドラインを踏襲した(表)。ただし、我が国で既に用いられているヨウ化カリウム丸(50mg)が、ヨウ素

を38mg含んでいること、このヨウ化カリウム丸を使用することが実効面で極めて便利であることを考慮し、3歳以上13才未満では38mg、14歳以上40才未満では76mg服用することにした。

当然、安定ヨウ素剤としての効果は、この服用量でも充分であることが知られている。安定ヨウ素剤を服用した新生児、あるいは出産直前の妊婦が服用した場合には出生した新生児については、甲状腺機能に異常が生じないかどうかモニターし、速やかに必要な処置を行う必要がある。

表 安定ヨウ素剤服用量

年齢	日本	WHO ガイドライン
新生児	12.5mg	12.5mg
～3才未満	25mg	25mg
～13才未満	38mg	50mg
～40才未満	76mg	100mg
40才以上	不要	(確定的影響防止目的には100mg)

## 7. 服用方法

我が国では、原子力災害時には、予想される被ばく線量に応じて避難等の対策が取られることになっているので、安定ヨウ素剤服用についてもその仕組みの中で考える必要がある。このため、服用をより確実にするために、発災時に住民が集合した場所で服用することにした。服用回数も、原則として1回とし、2回目が必要になるような状況では避難等を優先させることにした。

日本で手に入るヨウ化カリウム丸は、極めて堅く、水につけておいても外観上は溶けないので、3才未満の者については、これを用いることは難しい。そこで、ヨウ化カリウム末を水溶液にしたうえで、正確な量を服用させるのが現実的である。3歳以上であっても、丸薬が服用できないものについては、同様に対応する必要がある。



## 8. 実効性確保に向けて

安定ヨウ素剤の服用を実効的なものにするためには、まだ幾つもの課題がある。住民への有効な広報の方法、水菓の調整方法を含む簡便かつ正確な服用方法、それに必要な要員の配備、服用したことの確認、副作用のモニター等について、現場があまり混乱しないように、その基本的な部分については標準化してゆくべきであろう。現場では、職種に応じた簡便なマニュアルや、住民説明

のための資料が必要である。

さらに、現行の防災指針にある、屋内退避、避難等、他の防護措置と安定ヨウ素剤服用をどのように組み合わせるかは重要な課題である。今後、これらの課題を逐一解決して、原子力災害時に住民が適切に防護されるようにしてゆく必要がある。

## JAMMRA 10号 目次

第6回 放射線事故医療研究会・緊急被ばく医療フォーラムについて……………	1
教育講演：安定ヨウ素剤予防服用の医学的な意義……………	4
鈴木 元 ((財)放射線影響研究所)	
事例研究：「女川発電所の火災事故」について……………	8
吉田洋一 (女川町立病院)	
事例研究：「高校生のX線被ばく事故」について……………	11
菅原祐樹、松田真弓、赤坂俊英 (岩手医科大学)	
研究レポート：原子力災害時の放射線防護策としてのヨウ素剤予防服用の実際 平間敏靖 (独立行政法人放射線医学総合研究所) ……………	14