

第7回 WHO REMPAN 会議報告

●——— 児玉和紀 (放射線影響研究所 臨床研究部)

1997年11月9日から14日にかけて、WHO REMPAN会議がブラジルのRio de Janeiroで開催されましたので、その概要について報告させていただきます。

WHO REMPANとはWorld Health Organization Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Networkの略で、1986年のチェルノブイリ事故を契機に設立されました。このREMPANの主な目的は、放射線事故への対応策の確立を世界各国で推進するとともに、事故の際には助言ならびに医学支援を行うとするものです。1997年の時点で正式メンバーとしては、アルゼンチン、アルメニア、オーストラリア、ブラジル、フランス、ドイツ、日本、ロシア共和国、英国、米国の10カ国が加盟しており、それ以外にも中国、インド、フィンランドが活動に参加しています。このREMPAN会議は1987年にフランスのLe Vesinetならびに英国のSouthampton、1988年に米国のOak Ridge、1990年にソビエト連邦(当時)のReningrad、1992年にドイツのUlm、1994年にフランスのParis、1995年に広島とほぼ2年毎に開催され、今回は第7回の会議となりました。

会議には世界18カ国(北米2、南米4、アジア2、欧州9、オセアニア1)から60名を越す参加者があり、日本からは私の他に放医研の明石真先生と広島赤十字原爆病院の土肥博雄先生が参加しました。

会議の内容としては、世界12カ国からの活動報告、特別報告13、パネルディスカッション4、ラウンドテーブルディスカッション1、そして昨年亡くなったHenri Jammet教授の記念講演からなり、非常に活発な討論がなされました。日本の活動報告は私と明石先生とで分担して行い、明石先生の日本において放射線事故医療研究会が発足したとの報告は注目を集めました。特別報告としては今回ブラジルで開催されたこともあり、ブラジルの放射線事故対応体制やSalvadorでのTlO₂製造過程での技師のX線大量被ばく事

故、Campinauでの陽子線治療の際の過大照射事故、ブラジルでの骨髄移植の現状などについていくつかの報告がありました。また、チェルノブイリ事故では多くの住民が精神・心理的な影響を受けたこともあり、医学的支援のみならず公衆衛生学的研究や支援もREMPANの活動内容に含めるか否かの討論も行われました。パネルディスカッションではブラジルのGoiania事故の詳しい報告がなされ、また放射線被ばくの長期的健康影響のパネルも開かれました。ここでは私が広島長崎の経験を、Dr. Bebeszkoがウクライナの経験を報告しました。ウクライナでは小児の甲状腺がんは多発しているものの、白血病の多発をみるにはいたっていないとのことでした。もう一つのパネルは被ばく線量推定方法についてのもので、生物学的線量推定方法、環境汚染測定方法、内部被ばく線量推定方法についての最新の知見が報告されました。



Henri Jammet 教授記念講演をおこなった
Dr. Robert Ricks(Oak Ridge, REAC/TS)

の経験を報告しました。ウクライナでは小児の甲状腺がんは多発しているものの、白血病の多発をみるにはいたっていないとのことでした。もう一つのパネルは被ばく線量推定方法についてのもので、生物学的線量推定方法、環境汚染測定方法、内部被ばく線量推定方法についての最新の知見が報告されました。なお、第一回のProfessor Henri Jammet記念講演はOak Ridge(Reac/TS)のDr. Ricksが“The

role of dosimetry in radiation accident response”と題して行いました。そして会議の締めくくりとして、今後のREMPANの課題についての討論が行われ、1) REMPANの活動に事故の際の患者への医学的対応に加えて一般住民への公衆衛生的な対応も含めるべきか否か、2) REMPANの活動を如何にして世界各国に周知徹底させるか、3) 研修コースの確立、4) 事故の際の財政的支援方法と財源の確保、5) 将来のREMPAN会議を通信衛生を使用して行うことの可否、などについて真剣に討議され、これらについて近々勧告としてまとめることが承認されました。最後に次回のREMPAN会議を英国で開催することが決定され会議が閉幕されました。

南米の気質を反映してか、発表時間が守られなかったり、プログラムがいきなり変更されたりとハプニングがいろいろありましたが、総じて有意義な会議ではありました。

以上、会議の概要について報告させていただきました。

日本における放射線事故の発生状況

●——— 鈴木 元 (放射線医学総合研究所 放射線障害医療部)

米国のREAC/TS(放射線緊急事態支援センター／トレーニングサイト)の統計(1944年から1993年)によれば、放射線事故の種類で最も多いのは放射線発生装置(工業用や医療用)による事故で364件中269件(74%)を占める。次いでラジオアイソトープによる汚染あるいは誤投与事故が77件(21%)で続き、原子炉などの臨界事故は18件(5%)である。

チェルノブイリ事故を除くと、人的被害を伴う臨界事故は原子力利用研究の初期段階に集中している。REAC/TSの統計は、放射線発生装置や放射性同位元素が広く産業界や病院や研究施設に普及している現状を反映し、非原子力施設で小さな放射線事故がそれなりの頻度で発生していることを示している。

我が国には、放射線事故全体をカバーする統計が存在しない。本小論では、放射線障害防止法や原子炉等規制法に基づいて届け出のあった事故を原子力安全白書から拾い、それに学術文献から拾うことのできた被ばく事故を加えて、日本における放射線事故及び原子

力施設での非汚染労災事故の概況を紹介する。

表1は、放射線障害防止法に基づき届け出のあった1957年(昭和32年)から1994年4月までの104例の事故例の内訳である。その半数は小中放射線源の紛失事故である。1979年以前は非破壊検査用の強力な線源の紛失事故が報告されている。それ以降大線源の紛失は絶えるが、医療機関からの治療用小線源やガスクロマトグラフィー用小線源の紛失事故が多発している。この背景には、非破壊検査の手法の変遷と産業界の構造変化(70年代を中心とした石油コンビナート建設や造船の興隆)がある。紛失した線源による被ばくが確認された事故は、1971年と1972年のイリジウム線源(370GBq)の紛失事故2件だけである。その内の1件に関しては、JAMMRA創刊号に千葉県のイリジウム被ばく事故(表3のSugiyama報告と同じ)として紹介した。

人体の被ばく事故は24件あり、そのうち9件で放射線障害が発生している。障害が発生した9件の内訳を

〔表1〕 放射線障害防止法に基づき報告された事故(1958—1994年)

事故の種類	件数
線源紛失事故 (うち2件は障害を伴う被ばく事故を引き起こす)	52件
線源の盗難	4件
被ばく事故	24件
密封線源による被ばく事故 (うち7件で障害発生)	19件
加速器による被ばく事故 (うち2件2名で障害発生)	4件
RIによる被ばく事故	1件
線源の破壊・汚染事故	15件
RI施設の火災	2件
RI排出事故	2件
その他の事故	7件

以下に記す。1966年のバンデグラフ照射装置による被ばく1件(1名)、1971年非破壊検査の線源による被ばく4件(計14名)、1972年非破壊検査の線源による被ばく1件(1名)、1973年非破壊検査の線源による被ばく1件(1名)、1974年サイクロトン実験中に中性子線被ばく1件(1名)、同年コバルト60治療装置の線源更新作業中の被ばく事故1件(2名被ばく)である。その他の被ばく事故は、全身被ばく線量として最大でも120mSv/局所線量として12Svに止まっている。

表2に、原子炉等規制法に基づき報告された事故例(1978年—1995年)の中から非汚染労災事故と被ばく事故をピックアップした。被ばく事故は、8件報告されている。このうち年間許容被ばく限度を超した被ばく事故は2件(1981年日本原子力発電所で使用済み燃料ラック修理中の被ばく1名、1993年動力炉・核燃料開発事業団で分離精製工場の真空フィルタ交換作業中の内部汚染事故1名(他の3名は限度以下))である。これらの事故被ばく症例は、特別な医療措置を必要としなかった。汚染そのものは軽度であったが、管理区域内の現場で人工呼吸を必要とした酸欠事故が1件報告されている(1978年動力炉・核燃料開発事業団)。他方、被ばくは問題ないが医療が必要であった事故例は17件ある。燃料製造あるいは再処理施設における硝酸

による化学熱傷3件(1件は汚染を伴う)、蒸気による熱傷2件(1名死亡)、火災事故による熱傷1件(4名)、電気設備のスパークによる熱傷4件(1名死亡)、管理区域内あるいは非管理区域内の転倒・転落事故6件(3名骨折)、切断事故1例である。大事に至らず人的被害も無かったが、ポリビンに入っている天然ウラン屑が発熱して小火を起こした日本原子力研究所の事故(1989年)や美浜発電所の蒸気発生器電熱管の疲労破断事故(1991年)などが注目される。

表3に、学術雑誌に報告されている被ばく事故のうち、今回知ることができた症例を記載した。Sugiyamaの報告を除き、表3の他の症例は表1・2に入っていない。

年次ごとにこれらの放射線事故(線源紛失事故を含むが非汚染労災事故は除外)及び被ばく事故数をプロットしたものが図1である。被ばくを伴わない放射線事故を白カラム、被ばく事故を黒カラムで示してある。70年代に非破壊検査用の強力なイリジウムやコバルト線源による被ばく事故が多発している。その後、被ばく事故の件数は減少しているように見受けられるが、どこまで実体を反映しているのか疑う必要があるだろう。表1と表3の被ばく事故30件(伊津の報告を除く)が起きた職場を見てみると、医療施設1件、公

〔表2〕 原子炉等規制法に基づき報告のあった事故(1978—1995年)

事故の種類	件数
RI汚染・被ばく事故	8件(1件化学熱傷を伴う)
非汚染労災事故	
化学熱傷	2件
火災・蒸気による熱傷	3件(死亡1名)
電気スパークによる熱傷	4件(死亡1名)
転倒・転落事故	6件
切断事故	1件

〔表3〕 文献にみる日本の放射線被ばく事故

報告者	被ばく部位	線質	線量(Gy)	文献
若林	手	γ線	100	Radioisotope, 4:44-47, 1956.
石津	#1、#2 全身	X線		労働医療? ** 10:910, 1958
森川	手	電子線	120-1100	臨床放射線 7:125-135, 1962.
	下腿・顔面	電子線	不明	
今井	手	電子線	3500-35000	日本医放会誌 27:95-96, 1967.
小林	手	X線	10-40	日本医放会誌 28:1137-1142, 1968.
Sugiyama	#1. 手	βγ線	26-91	J. Radiat. Res. 14:275-286, 1974.
	#2. 手	βγ線	26-91	
	#3. 手	βγ線	26-91	
	臀部	βγ線	30-90	
米田	#1. 手	X線	1400	日本災害医会誌 42:36-41, 1993.
	#2. 手	X線	1400	
小塚	手	X線	100-200	第37回日本放影学会抄録 p356, 1994.

* 文献からの孫引きである。原著論文で確認することはできなかった。

的研究・検査施設11件、民間18件(内6件は、表3の症例報告)である。これが全てであれば、民間に比して公的機関で『異常な頻度で』被ばく事故が起きていることになる。公的な統計の中に表3に掲載した民間のX線管被ばく事故が含まれていないことを鑑みると、まだまだ捕捉されていない民間の被ばく事故が多いのではないだろうか。

原発・核燃料施設では医療を必要とする重大被ばく事故は幸いにして起きていないが、熱傷や骨折などの労災事故が散見される。老朽化した原子炉の解体作業や本格的な再処理施設の稼働に伴い、今後、汚染・非汚染の労災事故件数が増加する可能性がある。

限られた集計ではあるが、我が国の放射線被ばく事故の状況にREAC/TSの統計と同じ傾向が見られる。すなわち放射線発生装置による被ばく事故が30件(77%)と多く、汚染事故は9件(23%)である。放射線発生装置やRIが医療機関ばかりでなく、広く研究施設や民間の施設に浸透している現在、被ばく事故はそれなりの頻度で発生していると思われる。これらの被ばく患者の治療法を確立し、それを普及させることは、放射線事故医療研究会の使命の一部と考える。今後、被ばく事故症例を積極的に発掘し、その臨床像や治療法の是非を検討していく必要がある。

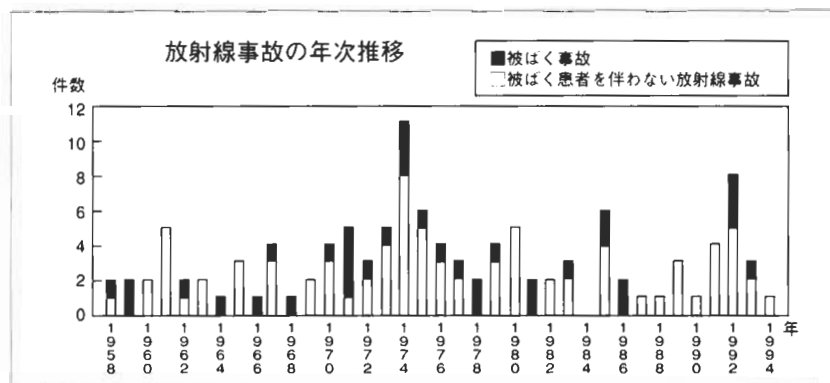


図1

前回は汚染を伴った被災者で、かつ一般外傷や熱傷等に対する救急処置を要する患者を、医療機関が受け入れるときの準備について述べた。今回はそのような被災者が医療機関に到着してから外来で救急処置を受けて、その後の医学的、放射線学的な方針が決まって、その室から移動するまでの医療内容について述べる。

1 被災者の到着と処置室への移送

汚染を伴った救急患者がサイト等の事故現場から医療機関へ搬送されて来ることが通報されれば、患者が到着する前に、防護衣に着がえた緊急医療要員はストレッチャーと共に、患者を受け渡す建屋の出入口まで出迎えに行き、できるだけ患者の身体のみを受けとるようにする。ストレッチャーには、患者の全身を十分包むだけのシートを敷いておき、呼吸や顔貌を一瞥して生命が危険な状態にあると判断されれば直ちに処置室に移動し蘇生術等を行う。そのとき受けとった患者の移動はストレッチャーに乗せシートで全身を包んで行う。このときもし大量の汚染(1mSv/h以上)が患者にみられるときは、放射線管理の専門家は、緊急医療要員がそれによって被ばくする程度を減じるために、プロテクターなどの適当な遮蔽物で患者の身体の汚染の高い部を覆うよう指示を行う。患者の受け渡しのときに、前もってサイトから医療機関への通報で不十分だった事故や被災者に関する医学的、放射線学的な情報を再度収集し、あるいは確認する。さらに、サイトから被災者の搬送には、通常放射線管理員が随行しているので、彼らに、医療処置の際の放射性汚染物の管理や、緊急時医療要員の放射線防護に関して指導、支援を要請する。

2 処置室での手順

1) 救命処置を含めVitalの安定化を計る

患者を医療機関の出入口で受けとって処置室へ移送するまでの間に、患者の生命の危険度に関しては、呼吸状態、顔貌、外傷の程度等から蘇生術が直ちに必要か否かは判断できる。そこで生命が危険な状態にあると判断されれば、被ばくや汚染のことは考慮せず直ちに蘇生術を行うべきである。何故なら、被ばくや汚染による健康障害は、生命があってこそ起こるからである。1960年代初期に、USAで汚染を伴った外傷患者が、汚染の対処ができないとの理由で医療機関での診察治療を次々とことわれ、被ばくや汚染によるためではなく一般救急処置が遅れたために一命を落とすという事態が起こった。この苦い経験を境に、被ばく時、汚染時の緊急医療の原則として救命を最優先するという一項が確認されるようになった。したがって放射線事故といえども、患者の救急処置は他の一般の救急処置と同じくまず、呼吸・脈拍・血圧・強い苦痛・意識等のVital signsの安定化を計る。

2) 当面急がれる処置

症例によってはVitalを不安定にする出血、熱傷、鎮痛や鎮静などの処置を救命処置に次いで行わねばならないこともある。さらに静脈血管の確保を行い輸液を開始することも一般的といえる。このとき皮膚の汚染のある部位からの血管穿刺はさける。サーベイメーターで穿刺しようとする部位の皮膚の汚染の有無をチェックするが、急ぐため汚染部位をやむを得ず針の侵入点とする場合は、刺激性の少ないジアミール水やピオシドール等の消毒液で除染をかねてよく拭って(4~5回)から穿刺する。

患者のVitalが落ち着いたなら、もしくは今までの処置中にチャンスがあれば創傷や熱傷など皮フ損傷のある部位の汚染の有無をサーベイメーターでチェックすることと、核種を体内摂取しその内部被ばく線量が年摂取限度(Annual Limit on Intake: ALI)の2.5倍(注)を

越すことがサイトの放射線管理員の報告により推定される場合は核種がプルトニウム(Pu)やアメリシウム(Am)などであればCa-DTPAなどのキレート剤1gを点滴内に入れ静脈投与を行う。DTPAの投与は早ければ早い程核種の尿中排泄効果は大きいことが知られている。

創傷部や熱傷部に汚染があれば、直ちに滅菌生食水等で洗浄して除染を行う。皮膚損傷部から毛細血管を経ての血中移行は核種の体内摂取の中でも最も速いターンの1つとされている。特に α 線を主に放出する核種については体内摂取による内部被ばくで組織が受ける線量は大きく癌化のリスクも高くなる。従って α 放出核種による皮膚損傷部の汚染はできるだけ早くに、十分除染し、除染が不十分な場合は、汚染部組織の外科的切除等も考慮すべきことがある。創傷部の縫合処置は原則として創傷部の汚染が無いが無視する程度になって後に行う。熱傷部位に汚染を伴っているときは、ジアミール水のような刺激性の少ない消毒液で、100ccディスプレイ注射器に21Gまたは18Gの針を付けて軽く加圧気味に消毒・洗浄を行えば除染も同時になされることとなる。以上、皮膚損傷部の汚染に対して洗浄除染を行う時は膿盆等で洗浄液を受け(当然ながらこの中には放射性核種が含まれている)集め散逸しないようにし、蓋付のポリバケツ(患者名と年月日・時刻を明記したラベルを貼付する)等に貯蔵保管する。これらは核種の決定や、患者個人の被ばく線量の推定に際し重要な資料となる。

皮膚損傷部の処置が終わったら、損傷部を含めやや広い範囲(損傷部周辺数cmの範囲)を再びサーベイし、汚染もしくは無視できる程度の汚染であることを確かめる。そして損傷部のみを滅菌ガーゼで覆い、テガダーム等の防水性の滅菌シートでガーゼをカバーし、以後の洗浄等の除染処置で再汚染しないよう工夫する。

以上蘇生術の施行、Vitalの安定化、出血、感染症など予後に重篤な影響を及ぼす可能性のある病態の処置、皮膚損傷部の汚染処置・年摂取限度の2.5倍以上の体内摂取時の処置等がまず急がれる処置といえる。(注:ALIの何倍量の体内摂取で医療介入を開始すべきかに関しては、今後さらなる検討が必要である。2.5ALIは暫定的な値としてここでは提案している。)

3) 処置中の汚染管理

創傷汚染部の処置は、一カ所の処置が終わる毎に、

使用したピンセットや膿盆等の器具は変え、その処置を行ったり、助介した人々の手術用手袋の表面の汚染のチェックを放射線管理員の人にサーベイしてもらい、汚染していれば新しい手袋に変えることにより汚染の拡大を防ぐ。汚染した患者には蘇生術を行うとき以外は処置に際し患者に直接接することのないようピンセット等を使って距離を取ることを心がける。また手ぎわよく医療処置を行い放射性物質との接触、被ばく時間を少なくするよう努力することも念頭におく放射性物質との距離と時間は放射線防護の3原則だからである。

4) 皮膚損傷部の処置

急がれる処置を一通り終わると、次に汚染の無い創傷部の処置を行う。ここでもやはり滅菌ガーゼで創傷部を覆うときは、創傷部周辺のサーベイを行って汚染、もしくは汚染が無視できる程度であることを確かめて、さらにガーゼを防水性の滅菌シートで固定する。このぐらいまでくると緊急時医療要員にも少し気分的に余裕ができて、放射線事故医療の専門家と電話等で相談することができる状態となる。患者を今後どの医療機関で、検査・治療・フォローアップを行うのが適当かを相談すべきであろう。

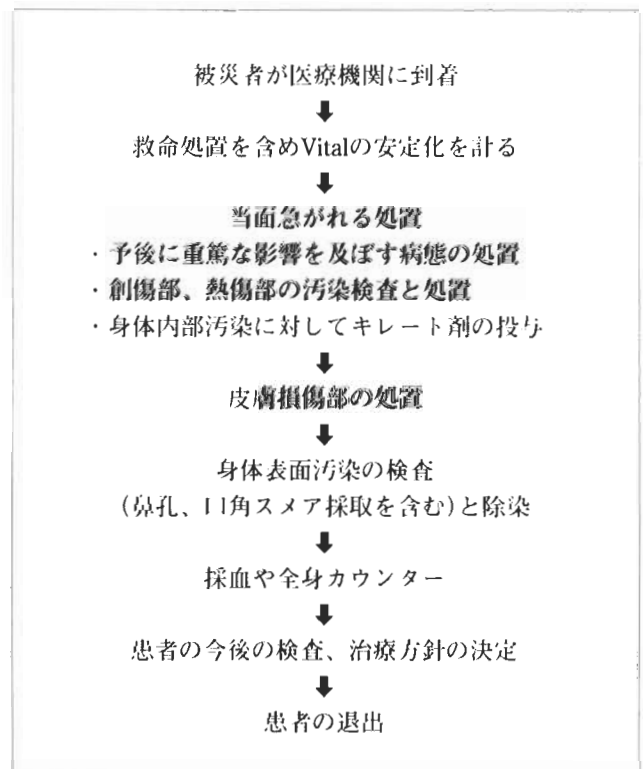


図1 外来で行う医療処置の概略と手順

5) 身体表面汚染検査と除染

一方、放射線管理員を中心として、患者の身体表面汚染の測定検査を行い、洗浄、拭き取り等の除染を行う。洗浄液は膿盆で受けて集め散乱しないようにし、拭き取りに使ったガーゼや線球等もビニール袋(患者名と拭き取り部位名を明記する)に保管する。除染は原則として、創傷部近辺、顔面→躯幹前面→躯幹後面→四肢の順で行い、方法としてはまず湿性拭き取り→乾性拭き取りの順で行う。洗浄は汚染部位近辺に皮膚損傷の無いときに行う方が良い。

6) 採血や全身カウンター

さらに全身被ばく線量を推定するために、リンパ球数・好中球の計測や染色体異常の出現頻度の測定のために、さらには外傷等の病態把握のために採血を行う。また皮膚の変化をチェックするために全身被ばくであれ局所被ばくであれ、ポラロイドやデジタルカメラ等で撮影することにより記録しておく、以後皮膚の被ばく線量の評価に役立つ。また、身体内の汚染が疑われるときは、全身カウンター等も行う。

以上が外来で行う処置の概略である。それらをまとめてフローチャートにしてまとめたものを図1に示した。

3 患者の今後の検査・治療方針のポイント

以上外来で、汚染を伴った救急患者の処置の手順の概略と原則を述べた。次には、この患者を医学的な評価(入院して治療し経過をみるべきか、外来通院で治療や経過観察が可能か等の判断)を行い、さらに放射

線学的評価(体表面汚染の除染効果、放射性核種の種類とその体内摂取の推定量、全身被ばく線量や局所被ばく線量のおよその推定量など)を行う。そしてそれらの総合的な判断と、以後体内摂取のあった患者の尿中や便中へ排泄される放射性核種の種類とそれらの予測排泄量及び体表面や創傷部における除染後の残存する放射性核種の種類とその量などによりどの医療機関で引き続き検査、治療、経過観察を行うべきかを判断せねばならない。

放射性核種が体内摂取された後、尿中や便中に排泄され、それらの放射線学的管理が長期にわたって必要な場合は一般の医療機関では負担が大きい。また重症熱傷患者で熱傷部位の汚染がみられる場合、2週間～3週間にわたり汚染残存の可能性があり、それらの放射線学的管理も専門家が常時関与できる医療機関で行われるべきである。放射線医学総合研究所などの放射線治療専門病院での入院が必要となるのは、重症熱傷に熱傷部位の汚染を伴う場合や放射性核種の体内摂取量が年摂取限度の10倍を越えると予測された場合、あるいは全身被ばく線量が1Svを越えると予想された場合であろう。

また1Sv以下の全身被ばくでも、入院治療が必要な外傷や熱傷を合併している場合は、1Sv以上の高線量被ばくと同様、重症感染症や多臓器不全等を視野に入れた嚴重な患者管理が必要とされる。その他の場合は、ケースバイケースで放射線医学総合研究所をはじめとする専門家と相談しながら患者を今後どの医療機関に収容するかを決定することになる。

わかりきった話？!

放射線が関与した救急患者を診る場合、問題となるのは何といっても汚染の有無である。もし、外部被ばくだけなら医療機関に運ばれたときには放射線被ばくは患者のみが被ったもので、医療関係者にとっては通常の救急患者の扱いと何ら変わらない。医療関係者は患者から放射線学的な影響、つまり被ばくや汚染は受けない。しかし、患者が汚染を伴っていると、除染を行わないと患者は被ばくしつづけるし、医療関係者の処置のし方や扱い方次第では汚染が拡大したり内部被ばくをおこしたりして行くことになるので要注意!

内部汚染患者の取り扱い(Ⅱ)

●——鈴木 元 (放射線医学総合研究所 放射線障害医療部)

前号に掲載した「内部汚染患者の取り扱い(I)」では、医師が医療介入を決断する際に職業人の年間摂取限度ALI(annual limit on intake)という概念を援用できることを述べた。また、代表的な核種のALI値(Bq)を表1としてまとめておいた。ALIは、本来事故時の一時的な内部被ばくを想定して定められたものではない。ALIの良いところは、細かい計算を捨象して、「1ALIの内部汚染量=20mSvの預託実効線量に相当する被ばく」と概算できるところである。放射性毒性の高低に応じてALI値が調整されているため、複数の核種による混合汚染の場合にも対応ができる。前号の表1を参照しながら以下の文章を読んで欲しい。

医療介入は、将来の発がんリスクを低減化することに主眼がある。医療介入の手段が副作用の低いもの(制酸剤や下剤)であれば、患者の心理的負担を考慮しながら、たとえ1ALIであっても医療介入を開始しても良い。他方、DTPAの点滴は、暫定的に2.5ALIの内部汚染で事故当日の医療介入を決断し、10ALIを超過内部汚染が確認された場合には複数日間治療を継続する。患者の年齢や他の疾患の合併等を考慮しながら治療法を決断する必要がある一方、介入レベルを事前に決めておくことがいざという場合の迅速な対応を保障する。

5. 代表的な内部汚染核種の治療法

●放射性ヨウ素 I-131

治療法：6時間以内に安定ヨウ素剤を服用
 成人・1歳以上の小児：KI錠2錠
 1歳未満の小児：KI錠1錠

原子力発電所の事故で環境中に放出され、内部汚染を起こす代表核種の1つである。水溶性で容易に経気道的及び経口的に血中に移行する。I-131の物理的半減期は8.05日。事故時に放出される同位元素として、物

理的半減期13.3時間のI-123及び物理的半減期60.2日のI-125がある。

血中の放射性ヨウ素の代謝は、個人の食生活や甲状腺機能に左右される。健常人では、その10-40%が24時間以内に甲状腺に取り込まれ、残りは主に尿中に排泄される。甲状腺に取り込まれる全放射性ヨウ素量の約20%は被ばく後2時間で、また約70%は12時間以内に甲状腺に取り込まれる。過剰の安定ヨウ素剤を早期に投与する事により甲状腺への放射性ヨウ素の取り込みを阻害することができる。

一般に甲状腺は放射線耐性が高く、放射線による急性甲状腺炎の発症は100-200Svでなければ起こらない。医療介入は、放射線誘発甲状腺腫のリスク低減化が目標となる。甲状腺腫は一般に悪性度が低く、また成人は新生児や乳幼児に比較して放射線による発がんリスクが低い。医療介入の判断は、汚染量だけでなく患者の年齢も考慮に入れて行われるべきである。

安定ヨウ素剤の他、抗甲状腺剤も放射性ヨウ素の甲状腺集積を防ぐ作用がある。抗甲状腺剤は、副作用を勘案して使用する。安定ヨウ素剤の禁忌には、ヨウ素アレルギー及び遺伝性血管神経性浮腫がある。また、甲状腺機能亢進症や低下症の患者や高カリ血症等の患者は慎重投与の対象である。発がんの予防という意味では、胎児・新生児を最も保護する必要がある。しかし、胎児や新生児に対して多量の安定ヨウ素剤を投与する事は、甲状腺肥大や甲状腺機能異常を誘発するリスクがある。そこで、WHOは、よりきめ細かいKI錠の服用法を勧告している。すなわち、新生児1/4錠、1月-3歳1/2錠、3-12歳1錠、それ以上の年齢(授乳中の母、妊婦を含む)2錠である。さらに、新生児には、KI錠投与を1回に限ること、また授乳中の母及び妊婦は、できる限り早期に被ばく地域から離れることを推奨している。

KI錠は、原発を設置している自治体が備蓄している。緊急時の入手経路を確認しておくといよい。

● 放射性セシウム Cs-137

治療法：プルシャンブルー(PB)の服用
(小児1g・日 大人3-10g・日)
PBは事故後随時服用可

原子力発電所の事故で内部汚染を起こす代表核種の1つである。カリと同様の性格をもち、汚染した水や野菜やミルク・肉などを介して体内摂取される。広く体内に分布し、胆汁と共に消化管内に排泄されるが消化管で再吸収される。物理的半減期は30年。生物学的半減期(体内の放射線量が半減する期間)は平均109日である。

汚染水を飲んだ直後であれば、プルシャンブルー(PB、1-10g/日)あるいはケイキサレート(30g/日)などのイオン交換樹脂を服用する事により、放射性セシウムの吸収を阻害することができる。被ばく後時間がたっても、PBを連用すると消化管内に排泄されたCs-137の再吸収が妨害され、生物学的半減期が短縮される。

PBには、便秘以外これといった副作用は無い。PBは、タリウム中毒の治療薬として臨床使用されている。ブラジルのゴイアニアで起きたCs-137汚染被ばく事故では、多数の患者に使用され、有効性と安全性が確認されている。日本においてPBは医薬品として認可されていない。投与に当たっては、医師は緊急避難的な措置であることを認識し、患者よりインフォームドコンセントを得るようにする。PBは放医研に常時備蓄してある。

● 放射性ストロンチウム Sr-90, Sr89

治療法：造影剤の硫酸バリウム(100-300ml)や制酸剤と下部の服用(事故後2-3日間)
ストロンチウム乳酸塩(600-1500mg・日)の服用

原子力発電所の事故で内部汚染を起こす可能性のある核種である。化学型により肺からの吸収速度に差がある(FないしSに分類されている)。難溶性の化学型であっても経口的に摂取された場合、また経気道的に摂取された後気道から痰とともに消化管に移行した場合には、ストロンチウムは胃酸により可溶性の化学型に変化する。一旦血中に移行すると、カルシウムと同様の挙動をして骨に沈着する。

放射性ストロンチウムの汚染が疑われる場合には、吸収を阻害する事が重要である。速やかに造影剤の硫酸バリウムを服用させる。効果はやや劣るがマーロックスやアルミゲルなどもストロンチウムの吸収を阻害する。体内に吸収されたストロンチウムの排泄促進のために(希釈効果)、汚染後数日間ストロンチウム乳酸塩(600-1500mg・日)を経口投与する。試薬として販売されている他のストロンチウム塩も経口投与可能である。骨に沈着したストロンチウムを動員する目的で、骨代謝を促進する副甲状腺ホルモンや活性型ビタミンDを使用する場合がある。この場合には、高カルシウム血症などの副作用に注意。

難溶性のストロンチウムが100ALI以上肺に沈着した場合には、気管支肺胞洗浄の適応がある。

● 放射性コバルト Co-60, Co-58

治療法：グルコン酸コバルト(450μg)2アンプル静脈注射
DTPA 1g/5%ブドウ糖液250ml点滴投与

原子力発電所の一次系パイプライン等からでる放射性核種の代表である。整備や解体作業者が吸入被ばくをおこす可能性がある。酸化物は難溶性(S分類)であるが、塩化物は中等度溶解性(M分類)に分類される。酸化物を飲み込むと、胃酸により一部は塩化物に変化する。酸化物が経口的に摂取された場合、その消化管吸収は5%とされている。粒子径により異なるが、吸入後1-2日でその多くが消化管に移行し、排泄される。吸収後の肝臓等への沈着を阻害するため、安定コバルトを投与する。あるいは、DTPAの点滴投与を行う。ホールボディカウンター計測により、難溶性のコバルトが100ALI以上肺に沈着している場合には、気管支肺胞洗浄の適応がある。また、ペニシラミンの経口投与を考慮する。

DTPAは、放射性核種のキレート剤として世界中で使用されている。しかし、使用目的が限定されていることもあり、ドイツ以外の国では医薬品として認可されていない。我が国では、緊急避難的にDTPAを投与することができる。投与に際しては、患者からインフォームドコンセントを得る。施設の安全管理者は、普段より従業員に内部汚染とその治療法について教育をしておき、事故時にDTPAの説明に手間取らないように備えておく必要がある。放医研には、ドイツより輸入したCa-DTPA及びZn-DTPAが常備されている。(この項続く)

中国電力島根原子力発電所と近隣医療機関としての当院の体制

●——— 石田尚志、倉橋明男（松江赤十字病院 内科・（島根原発嘱託産業医））

文章を書くのは随分と難しい仕事です。兎に角、小生ははにかみ屋もいところですから、碌に経験もないことをそれらしく執筆するのははばかられる仕事のように思います。特に、原発とそこに週に一日ずつ二人で交代で出掛ける嘱託産業医の小生と同僚の倉橋とで、原発で起こるであろう(?)予期せぬ放射能汚染を伴う傷病^①に対して、今のところそれらしい汚染事故も経験していませんので、どんな体制を病院内に作っておくべきかと述べろとは、それは至難の業と言うものです。病院での間断のない診療業務がありますし、学会や研究会などへの出張での不在することもありますので原発現場と常に連絡可能な状態に我々を置いておくのは不可能です。現に、原発事故よりもはるかに頻度の高い死体腎移植に際しても、関係各自の努力によって自前の携帯電話や連絡網の確保によって何とか凌いでいるのですから、嘱託産業医二人だけののでは、どんな体制が敷けるのでしょうか？それには、院内の関連する部署が互いにその部署なりの機能を集約して対処するしかないように思われます。そして、その体制は“だれだれが居なくても成り立つ”体制に出来ればと思っています。

幸いにして、当院の医者をはじめとするスタッフは（赤十字と云う病院に居るせい）地域の諸傷病に対して、何としてでも対処しなければならない、と云う潜在的な意志を持っているようです。また、これは島根原発と当院が島根原発の発足間もない時期に交わり、最近更新されている、「放射線被曝又は放射能汚染を伴う傷病者等」が発生した場合の診療についての「覚書」として文書化されているように、松江赤十字病院の意志でもあります。それでは、院内の「放射線被曝又は放射能汚染を伴う傷病者等」に関連する当院の部署はどのように考え、なにが出来るとのでしょうか？

● RI部門は当院では、放射線科に属し、日常のRI診断と治療を担当しています。この部門ではRIの試薬管理、周辺汚染の際の除染のためのサーベイ技術を持ち、除染シャワー、減衰タンクの設備を管理しています。特にこの部署の長、放射線科部長の森岡やRI科益井らスタッフは、院内外のRI対策は“我が部門が処するところ”と考えているようです。

● 救急外来は、救急患者の診療に明け暮れていますが、いざ原発での汚染を伴う傷病者が発生したときにどう対処するのでしょうか。ここでは一般シャワーしかなく、減衰タンクも持っていません。そして次から次へと来院する患者の対処に放射能汚染された救急外来の環境を容赦する訳にはいきませんので、救急の治療をしながら、RI部門のヒトと資材を使って協同して汚染の拡大防止に努めなければならないと感じているようです。この二つの院内部門は、原発での汚染を伴う傷病者に直接対応するであろう部署です。

この部署のスタッフに原発の作業現場を視察し、その管理レベルと想定される危険性の上限を理解してもらうのはとても大切なことと考え、それぞれの見学会を持ちました。さらに、イザというときに協同作業することになる原発の安全管理課の職員と顔見知りになることも有用でしょう。なんでもよく知ることが、安全な対策を生むものと考えています。

ところで、何が一番恐ろしいのでしょうか？

それは、全く予期しない、放射線事故でしょう。例えば、ここ松江でも何個かの病院、検査施設が使うRI検査試薬を積んだ車が毎日市内を走ります。この車が、一旦交通事故に遭遇したとき誰もRI関連情報を提供しないように思います。情報のない事象に、RIの対処をもとからするのは困難です。救急外来の入り口にサーベイメーターを常置しなくてはならない世界でしょうか？

もうひとつの怖いものは、“素朴で幼稚な”医者の信念です。例えば、CAPD（腹膜透析）は在宅自己管理の透析治療ですが、透析液の排液バックは「ゴミ」として出されます。この排液バックは当然、体液に接した液です。このバックに「感染性の危険があるか、どうか」を、保健所から問われると、廃棄物処理法を熟知しない“医者”は、単純に「感染性のあるゴミ」と、法の趣旨と現実の社会を振り返らない答えをするでしょう。これが、CAPD排液バックの回収処理の方法を昏迷に陥らせた元凶です（島根県の中では解消されていると思いますが）。汚染を伴う傷病者の放射線レベルと院内のRI検査直後の患者の放射線レベルなど、総合的な知識・理解も必要になります。医師会の産業医部会の原発現場研修は何回か行われていますが、特に医療現場でのRI管理レベルとサイト内での想定される汚染レベルの程度を比較しながら、産業事故への対処方法を考えていただけているように思っています。

さらにひとつは、“現場に居ない権威者”の言葉です。例えば、原発サイト内での転落事故などでサーベイメーターで検知できた汚染を伴っていたとします。汚染の拡大防止に十分な対処をしながら、搬送、救急救命をしましょう。マスコミの“除染をしてから、治療するのが鉄則ではないのか？”などとの問いに対する権威者の言が危惧されていました。

JAMMRA創刊号に鈴木元先生が記された、人命を優先して対処すべきという文章は心強いものでした。島根原発では、放射線専門医として広島大学の放射線科伊藤教授を仰ぎ、サイト内での想定される汚染傷病をシミュレートして救急対策要領が検討されています。これが絵に描いた餅にならないようにするには、一日コトある時の関連部署・機関の連携と、コトないときのお知り合い（人的ネットワーク?）の形成だと感じています。

放射線とは(Ⅱ) — 放射線がものに当たると

●—— 隈元芳 — (放射線医学総合研究所 特別研究員)

前回は、例えば、カリウム元素に、重さの異なるものがあり、そのうちあるものは、アルファ線、ベータ線、ガンマ線を放出するということを述べました。

●エネルギー

エネルギーは、元氣とか活力という意味です。時速150kmの野球のボールは時速100kmのものよりも、100℃のお湯は20℃の水よりも、大きなエネルギーを持っています。電子も速度が大きい時、大きなエネルギーを持っているといえます。なわを揺らして波を作った時、激しく振った時のほうが、ゆっくり振った時よりもエネルギーが大きいのです。電磁波も波と波の間隔が短いほうが、エネルギーは大きいのです。

●X線、ガンマ線

ガンマ線は光の仲間の電磁波です。前回はX線のことは述べませんでした、X線も電磁波です。X線は電子、陽子、アルファ線などの電氣を持った粒子が物質に衝突して停止させられたり、方向を変えられる時に発生します。走る時に持っていたエネルギーが電磁波という形に変わったのです。

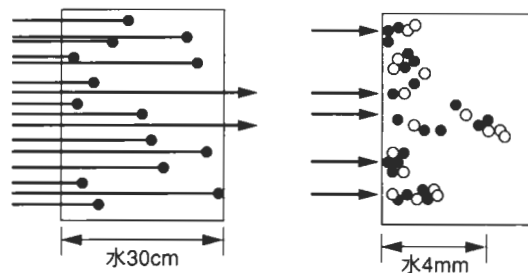
●X線、ガンマ線がものに当たると

夕刻、街頭を自動的に点灯するための光電管において、光が金属から電子を飛び出させていることを利用していることは、すでに述べました。X線、ガンマ線も、ものに当たると電子を原子から飛び出させ

ます。光、X線、ガンマ線などの電磁波が原子から電子を飛び出させる時、電磁波のエネルギーはまるまる電子に渡る場合と一部を渡し、残りのエネルギーが電磁波として走り去る場合があります。電子を飛び出させるまでは何事も起こさずに飛んで行きます。

●電子がものに当たると

電氣は力を及ぼします。同じ符号の電氣は退け合い、異なる電氣は引き合います。物質は、原子あるいは



左図は右より1MeVのガンマ線が入射したときの電子を弾き飛ばした点。右図は1MeVのベータ線が入射したときの電離(黒丸)と励起(白丸)を示す。電離、励起ともここに示したよりもはるかに多い。

原子の化合した分子でできていますが、電子が物質の中を走ると、その電子の持つ電氣の力で原子中の電子を弾き飛ばします。電氣を失ったり余分に電氣を持った原子、分子をイオンといい、これが生成されることをイオン化あるいは電離といえます。電離が起こると、分子の結合が切れたり、その切れたところが前と異なる状態で結合したりします。周りの水に化学変化を起こし、その変化した物質が高分子を壊すこともあります。この直接、間接の作用が、生物細胞中の高分子、とくにDNA

に起こり生物的修復が起こらないと、放射線障害が始まります。

●アルファ線がものに当たると

アルファ線は電氣を持った粒子であるという点では同じです。電子とアルファ線が同じエネルギーを持っている時、アルファ線は電子よりもはるかにゆっくり走っており、その結果、同じ長さの道のりで、生成される電離の数は、アルファ線のほうが、はるかに多いのです。このことが、前回の図に示したようにアルファ線がベータ線よりも薄い物質で停止する理由です。一般的に、アルファ線とベータ線は同じ程度のエネルギーを持っています。電離の密度が大きいと、上に述べた生物効果が大きくなるといわれています。

●放射線とは

放射線とは高エネルギー電磁波及び超高速で走っている荷電粒子のことです。超高速つまりエネルギーの大きい放射線は物質を通過するとき、原子の電子との衝突の機会が小さくなります。同じ数の放射線が一定の厚さのものに当たった時、エネルギーの大きい放射線ほど深く入り込みます。

本シリーズでは、放射線の専門家でない人に放射線の説明をする場合の例として、書いています。専門的なことは、中尾編「放射線事故の緊急医療」(ソフトサイエンス社)の中の丸山隆司著、「被曝線量評価とモニタリング」を参照して下さい。



第7回 WHO REMPAN会議風景

2 号 目 次

巻 頭 言

第7回 WHO REMPAN 会議報告
児 玉 和 紀(放射線影響研究所臨床研究部)
-1-

研究レポート

日本における放射線事故の発生状況
鈴 木 元(放医研放射線障害医療部)
-2~4-

汚染を伴う被災者の救急外来(Ⅱ)
衣 笠 達 也(三菱重工(株)神戸病院)
-5~7-

内部汚染患者の取り扱い(Ⅱ)
鈴 木 元(放医研放射線障害医療部)
-8~9-

地域レポート

中国電力島根原子力発電所と近隣医療機関としての当院の体制
石 田 尚 志、倉 橋 明 男(松江赤十字病院内科)
-10-

基礎知識

放射線とは(Ⅱ)——放射線がものに当たると
隈 元 芳 一(放医研特別研究員)
-11-

編集後記

-12-

編 集 後 記

今回、我が国における放射線事故の概況を取り上げてみました。放医研の近辺で、ここ十年間に2例のX線被曝事故が起きています。今回取り上げた事故例は、氷山の一角のように思われます。積極的にそれらの事故症例を掘り起こす必要があります。

六ヶ所村の再処理施設の稼働や老朽化した原子炉の解体作業などが日程に上ってきております。これに伴い、汚染を伴う労災事故が増える可能性があります。衣笠先生の報告にあるように、軽度の汚染があったために必要な医療が受けられないような事態が起こらないためにも、当研究会の役割は大きいと思います。

第2回放射線事故医療研究会の日程が決まりました。平成10年8月8日(土)9時半から東京大学の山上会館で行われます。午後にはフォーラムと懇親会を予定しております。午前の研究会では、放射線に関する教育講演の他、被ばく症例の臨床及びヨウ素剤投与の諸問題について討論したいと考えています。ふるってご参加下さい。JAMMRA第3号で、研究会とフォーラムのプログラムをお知らせする予定です。(鈴木)

予 告 第2回放射線事故医療研究会

会長：前川和彦(東大)
日時：平成10年8月8日(土)
AM 9:30~
場所：東京大学 山上会館
東京都文京区本郷7-3-1