

原子力災害における 救護活動マニュアル

平成 25 年 5 月版



目 次

はじめに

本編

第1章 救護班の活動指針及び行動基準

- 1 活動指針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 2 救護班の行動基準・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

第2章 緊急被ばく医療アドバイザー

- 1 緊急被ばく医療アドバイザーの配置・任命・・・・・・・・ 7
- 2 緊急被ばく医療アドバイザーの役割・・・・・・・・ 7
- 3 緊急被ばく医療アドバイザーの派遣・・・・・・・・ 8

第3章 緊急被ばく医療指定施設等の対応

- 1 緊急被ばく医療指定施設等の医療活動・・・・・・・・ 9
- 2 緊急被ばく医療の専門家の派遣・・・・・・・・ 9
- 3 緊急被ばく医療指定施設等の役割・・・・・・・・ 9

第4章 救護班要員に対する放射線防護の教育・研修

- 1 全国赤十字救護班研修会・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
- 2 各支部における救護班基礎研修会・・・・・・・・ 11

第5章 放射線の基礎知識・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

別紙

平成24年度第4回全国赤十字救護班研修会資料

- 「災害救護活動における緊急被ばく医療の知識」・・・・・・・・ 13

はじめに

東日本大震災の発生から 2 年が経過しました。改めて、この震災で亡くなられた全ての方々に心から哀悼の意を表しますとともに、被災された皆様にお見舞い申し上げます。

日本赤十字社は、東日本大震災において、発災当日から全国の救護班を被災地に派遣し、福島県においては沿岸部の市町村で救護班が活動を開始しました。

しかしながら、日本赤十字社の救護活動においては、従来、原子力災害時の明確な行動の準拠を定めておらず、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生すると、放射線災害に対する対応準備をしていない救護班に対して、安全を保障することができなくなりました。

このため、3 月 13 日夕刻に福島県支部において、支部職員と各救護班等が参集して放射線下における救護活動対策会議が開催され、同会議において福島県支部では、放射線下での安全対策が確保できないため、各救護班は派遣元である支部や病院へ連絡し指示を受けることとなり、県外からの救護班は逐次福島県から後退していきました。

その後、日本赤十字社としては、3 月 15 日に当該発電所から半径 30 キロメートル以内での活動は行わない旨の対応方針を決定し、3 月 22 日からは、福島県支部に緊急被ばく医療アドバイザーの派遣と必要な防護資機材の整備が開始され、4 月 22 日の本社からの通知により福島県における救護班の安全対策体制がようやく確立されました。こうした安全対策が取られたことから、徐々に福島県での救護活動が再開されました。

残念ながら、放射線下で活動する救護班の安全確認について明確な基準をもたず、必要な資機材の準備を行っていなかったため、福島県内での救護活動は思うようには出来ませんでした。このような東日本大震災の苦い経験から、日本赤十字社は、原子力災害が発生した場合の救護活動では、きちんと必要な資機材を整備すること、救護班に対する放射線の正しい理解が必要なこと、そして救護班の行動基準を明確にすることの重要性を学んだのであります。

日本赤十字社の救護班は、緊急被ばく医療の専門家チームではありません。従って、原子力災害への対応には自ずと限界があります。しかしながら、複合災害における放射線による被害が発生した場合の関係医療機関の連携、緊急被ばく医療部門と災害医療部門との協力関係は極めて重要であり、このためには、日本赤十字社として何が出来て、何が出来ないかを先ず明らかにすることが大事だと考えております。

こうした経緯から、この度、日本赤十字社長崎原爆病院長の朝長万左男先生や独立行政法人放射線医学総合研究所の明石真言先生、国立病院機構災害医療センターの近藤久禎先生など、社内外の専門家の指導を受けながら、原子力災害における日本赤十字社の救護班の行動マニュアルを作成したものであります。本マニュアルに基づいて平成 25 年度から防護資機材等の必要な装備の整備と救護班に対する安全対策の場を設定することで、災害能力の強化を着実に進めていくこととします。

平成 25 年 3 月
事業局長 富田博樹

第 1 章 救護班の活動指針及び行動基準

1 活動指針

原子力災害が発生した場合の日本赤十字社の救護活動は、政府等が一般の立ち入りを制限する警戒区域以外の地域で実施し、救護活動中の累積被ばく線量は、1 ミリシーベルトを超えない範囲とします。

2 行動基準

- (1) 原子力災害の発生又はその恐れのある場合、救護活動に従事する救護班要員は、派遣前に臨時の健康診断を受け、派遣の可否は、所属施設長が決定します。
また、救護班の編成にあたっては、可能な限り診療放射線技師を加え、活動中の安全対策に留意します。
- (2) 救護班要員は、放射線防護に必要なデジタル式個人線量計や防護服セット、安定ヨウ素剤等を携行します。
また、可能な限り、救護班毎に空間線量率測定用サーベイメーターや身体汚染スクリーニング用 GM サーベイメーターを携行します。
なお、各救護班要員の被ばく線量を正確に把握するため、デジタル式個人線量計等の計測器が正確に機能するか事前にチェックし、必要に応じて所要の補正を行うものとします。
- (3) 救護班要員は、被災地支部災害救護実施対策本部（以下「被災地支部災対本部」という。）において、原子力災害に係る情報や安全対策について情報を収集するとともに、活動上の統制事項や留意事項を確認します。
- (4) 救護班要員は、日々の活動終了時に、自らの被ばく線量を測定・記録します。
救護班要員の活動中の累積被ばく線量が1 ミリシーベルトを超える恐れのある場合、班長は、当該要員に対して活動の中止と安全な地域への退避を命じます。
- (5) 警戒区域等から避難した住民に対応する場合は、救護班は、地方公共団体等が行うスクリーニング、除染及び医療救護の一体的な受け入れ体制のもとで、これに従事する専門家の指示に従い、救護活動を実施します。
なお、救護班は、自ら行うことが出来る医療救護活動の範囲を明確にして、関係各機関に対して十分な周知を図るものとします。
- (6) 救護班は、救護活動の終了に伴い撤収する時、被災地支部災対本部に救護班要員の被ばく線量の記録を提出します。

被災地支部災対本部は、救護活動期間が終了した時、救護班要員の被ばく線量の記録（以下「被ばく歴」という。）を本社に提出します。本社は、被ばく歴を保管します。

- （７）救護班要員の所属施設長は、国が別に基準を定める放射線業務従事者等を除き、累積被ばく量が１ミリシーベルトを超えた者については、当該日より１年間、原子力災害における救護活動に従事させないものとします。

<参考１> 累積被ばく線量１ミリシーベルトを基準とする考え方

１ 国際放射線防護委員会（ＩＣＲＰ）勧告による個人の線量限度の考えを尊重

●ＩＣＲＰによる線量限度は、個人が様々な線源から受ける実効線量を総量で制限するための基準として設定されています。線量限度の具体的数値は、確定的影響（※１）を防止するとともに、確率的影響（※２）を合理的にできる限り小さくするという考え方に沿って設定されています。水晶体、皮膚等の特定の組織については、確定的影響の防止の観点から、それぞれの閾（しきい）値を基準にして線量限度が決められています。がん、遺伝的疾患の誘発等の確率的影響に関しては、放射線作業者の場合、容認できないリスクレベルの下限值に相当する線量限度を年あたり２０ミリシーベルト（生涯線量１シーベルト）と見積もっています。公衆に関しては、低線量生涯被ばくによる年齢別死亡リスクの推定結果、並びにラドン被ばくを除く自然放射線による年間の被ばく線量１ミリシーベルトを考慮し、実効線量１ミリシーベルト／年を線量限度として勧告しています。なお、線量限度は、個人の被ばく線量を制限するために設定され、すべての被ばく源からの線量の合計を制限するものであります（但し、医療被ばく、自然放射線被ばくを除く）。

２ 赤十字国際委員会（ＩＣＲＣ）による助言を参考

●福島第一原子力発電所事故に際して、ＩＣＲＣの放射線災害に関する専門家が平成２３年３月１９日に来社し、日赤は原子力災害対応の助言を受けました。助言内容は、放射線災害のトレーニングを受けていない要員は公衆と同じとみなすこと、その場合、ＩＣＲＰの勧告に基づき、１任務につき１ミリシーベルトを上限とする基準で臨むこと、救護要員は個人線量計を携帯して任務にあたること、滞在時間を短くするため夜は安全な場所に退避して休むこと、専門家が常にアドバイスできる体制を確保すること、各要員の現地での滞在時間や場所、被ばく量などを記録しておくことなどであり、この助言を参考に福島県での救護活動を行いました。

※１、２については、別紙「災害救護活動における緊急放射線被ばく医療の知識」の３８ページを参照して下さい。

＜参考 2＞ 累積被ばく線量 1 ミリシーベルトを基準とした場合の活動範囲
(東京電力福島第一発電所事故を例に具体化)

●日本赤十字社の救護班の活動期間は、初動の 1 次派遣で 3 日間、2 次派遣で 5 日以内、それ以降は 1 週間以内を基本としています。

●救護班が、平均毎時 10 マイクロシーベルトの空間線量率の現場で 3 日間休みなく活動し続けるとした場合、累積被ばく線量は 720 マイクロシーベルト（10 マイクロシーベルト×24 時間×3 日）と見積もられます。但し、これは 1 日最大 24 時間屋外にいたと仮定した場合であって、夜間は線量の低い場所に移動すれば、被ばくの影響を更に軽減することが出来ます。

●図 1（4 ページ）は平成 23 年 3 月 17 日時点における東京電力福島第一原子力発電所から 20 km 以遠の空間線量率測定点とそこでの空間線量率を示しています（文部科学省資料）。

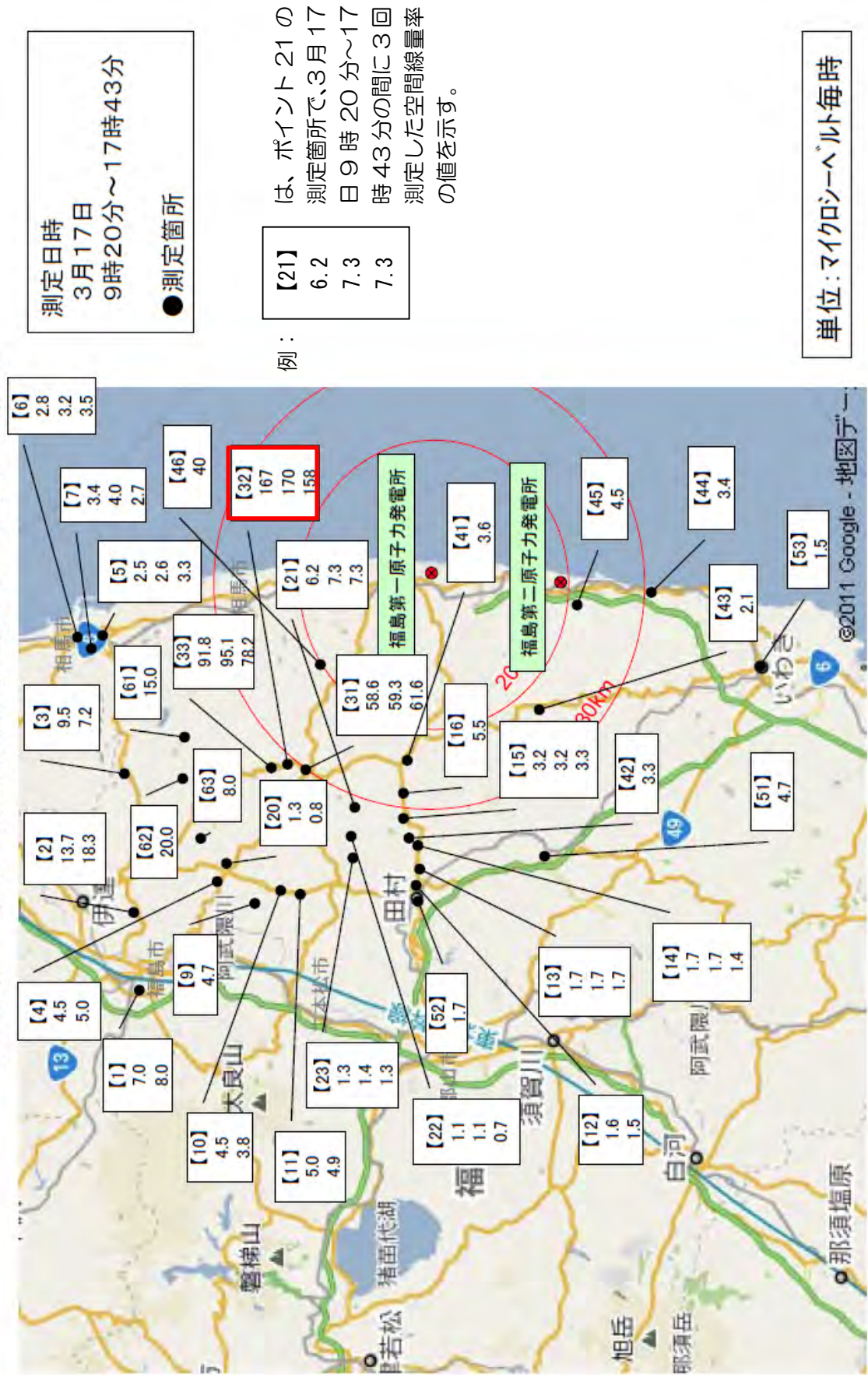
ポイント 32 のように一部の地域では毎時 100 マイクロシーベルトを超える高い空間線量率が示されており、避難区域（事後の警戒区域）外とは言え累積被ばく線量 1 ミリシーベルトの基準内では活動が困難な地域もあります（但し、この場合でも救護班が安全な地域に移動する時間的余裕は確保できます）。

一方、大半の地域では空間線量率が毎時 10 マイクロシーベルト以下であり、多くの地域で 3 日間以上の救護活動は十分可能であることが分かります。

●また、当時、福島赤十字病院周辺の屋外の空間線量率が毎時 8～10 マイクロシーベルトだったのに対し、病院建物内では毎時 1 マイクロシーベルト以下でした。つまり、屋内で活動する場合には、実際の被ばく線量はかなり低くなります。

●従って、原子力災害が発生した場合の救護活動で大事なことは、活動地域の空間線量率と自らの累積被ばく量をしっかりと把握しながら、あわてず落ち着いて活動することです。

福島第一原子力発電所周辺のモニタリング結果



文部科学省ホームページより引用

〈図 1〉

＜参考 3＞ 臨時の健康診断

臨時の健康診断は、問診を主体に行います。問診にあたっては、被ばくの有無、自覚症状の有無の調査及び評価を行い、医師が必要と認める場合には、表 1 に掲げるような放射線業務従事者に準じた検査を行います。

電離放射線障害防止規則

（健康診断）

第五十六条 事業者は、放射線業務に常時従事する労働者で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替えの際及びその後六月以内ごとに一回、定期に、次の項目について医師による健康診断を行わなければならない。

- 一 被ばく歴の有無（被ばく歴を有する者については、作業の場所、内容及び期間、放射線障害の有無、自覚症状の有無その他放射線による被ばくに関する事項）の調査及びその評価
- 二 白血球数及び白血球百分率の検査
- 三 赤血球数の検査及び血色素量又はヘマトクリット値の検査
- 四 白内障に関する眼の検査
- 五 皮膚の検査

2 前項の健康診断のうち、雇入れ又は当該業務に配置替えの際に行わなければならないものについては、使用する線源の種類等に応じて同項第四号に掲げる項目を省略することができる。

3 第一項の健康診断のうち、定期に行わなければならないものについては、医師が必要でないと認めるときは、同項第二号から第五号までに掲げる項目の全部又は一部を省略することができる。

4 第一項の規定にかかわらず、同項の健康診断（定期に行わなければならないものに限る。以下この項において同じ。）を行おうとする日の属する年の前年一年間に受けた実効線量が五ミリシーベルトを超えず、かつ、当該健康診断を行おうとする日の属する一年間に受ける実効線量が五ミリシーベルトを超えるおそれのない者に対する当該健康診断については、同項第二号から第五号までに掲げる項目は、医師が必要と認めないときには、行うことを要しない。

厚生労働省ホームページより引用

＜表 1＞

＜参考＞ 救護班要員の被ばく線量の記録の一例

個人の被ばく管理

派遣元	派遣先	救護班名	職員コード	氏名			
〇〇支部	△△支部	〇〇支部 第1班	〇〇〇〇	日赤 太郎			
日時	活動地域	活動内容	活動時間	被ばく線量	累積被ばく線量	服装	宿泊場所
25年 2月12日	〇市△町	救護所開設	1200～ 2000	1 μ Sv	1 μ Sv	救護服	〇市△町
25年 2月13日	同上	同上	0800～ 1900	5 μ Sv	6 μ Sv	救護服 +マスク	同上
25年 2月14日	同上	同上	0800～ 1730	10 μ Sv	16 μ Sv	防護服	同上
25年 2月15日	同上	同上	0800～ 1730	7 μ Sv	23 μ Sv	救護服 +マスク	同上
25年 2月16日	同上	同上	0800～ 1730	6 μ Sv	29 μ Sv	救護服 +マスク	同上
25年 2月17日	同上	撤収	0700～ 1000	1 μ Sv	30 μ Sv	救護服 +マスク	

＜表 2＞

第2章 緊急被ばく医療アドバイザー

1 緊急被ばく医療アドバイザーの配置・任命

- (1) 日本赤十字社は、原子力災害の発生又はその恐れがある場合、放射線下での救護活動を安全適切に行うため、被災地支部災対本部及び必要に応じて本社災害救護実施対策本部に、放射線対応専門要員（医師）と放射線対応支援要員（診療放射線技師）からなる緊急被ばく医療アドバイザーを配置します。
- (2) 本社は、あらかじめ適任者を緊急被ばく医療アドバイザーに任命すると共に、毎年、その者の情報を更新し、支部、施設と情報の共有を図ります。
- (3) 緊急被ばく医療アドバイザーの任命は、支部長の推薦を受けて、社長が行います。

2 緊急被ばく医療アドバイザーの役割

- (1) 放射線対応専門要員（医師）
 - ア 救護班要員に対する安全対策事前教育
 - (ア) 放射能に関する知識
 - (イ) 防護服の着脱方法
 - (ウ) 線量計の使用法
 - イ 救護班に対する活動中の緊急避難指示
 - (ア) 防護服着用指示
 - (イ) 避難指示
 - ウ 救護班要員に対する安全対策事後教育
 - (ア) 線量計数値に基づく健康管理
 - (イ) 今後の生活上の留意点
- (2) 放射線対応支援要員（診療放射線技師）
 - ア 線量計の管理
 - (ア) 空間線量率測定用サーベイメーターによる空間線量率の把握
 - (イ) 線量計等の調整及び具体的な使用方法の説明
 - (ウ) 救護班要員の被ばく線量の記録管理
 - (エ) 線量計等の貸出返却の記録管理
 - イ 防護服の管理
 - 防護服の補給と救護班要員への供給及び貸出返却の記録管理
 - ウ その他、放射線対応専門要員から指示された事項

3 緊急被ばく医療アドバイザーの派遣

- (1) 本社は、原子力災害の発生又はその恐れがある場合、速やかに被災地支部災対本部へ派遣する緊急被ばく医療アドバイザーを決定し、該当者が所属する施設を所管する支部に派遣を要請します。
- (2) 要請を受けた支部は、該当者を被災地支部災対本部に派遣します。
- (3) 被災地支部災対本部は、派遣された緊急被ばく医療アドバイザーの助言に基づき、安全対策に留意しながら救護班による医療救護活動を行います。

第3章 緊急被ばく医療指定施設等の対応

1 緊急被ばく医療指定施設等の医療活動

原子力災害が発生した場合、被災地支部管内の地方公共団体が緊急被ばく医療機関に指定した施設及び広島赤十字・原爆病院、日本赤十字社長崎原爆病院並びに福島赤十字病院（以下「緊急被ばく医療指定施設等」という。）は、国が設置する原子力災害現地対策本部や地方公共団体からの要請に基づき、原子力災害に係る当該施設での実施可能な緊急被ばく医療活動を実施します。

2 緊急被ばく医療の専門家の派遣

本社は、被災地支部からの要請に基づき、緊急被ばく医療の専門家の派遣が必要と認めた場合は、緊急被ばく医療指定施設等を管内に有する非被災地支部に、緊急被ばく医療の専門家の派遣を要請します。

要請を受けた支部は、可能な限り、緊急被ばく医療活動を支援するため医師、診療放射線技師及び看護師からなる緊急被ばく医療の専門家を、要請のあった被災地支部管内の医療施設に派遣します。

3 緊急被ばく医療指定施設等の役割

- （１）我が国の緊急被ばく医療体制は、汚染の有無にかかわらず初期診療や救急診療を実践する「初期被ばく医療機関」、専門的な診療を実践する「二次被ばく医療機関」、高度専門的な診療を実践する「三次被ばく医療機関」からなり、日本赤十字社の緊急被ばく医療指定施設等を表3に示します。

支部	病院名	指定等
宮城県支部	石巻赤十字病院	初期被ばく医療機関
福島県支部	福島赤十字病院	県民健康管理調査実施機関
茨城県支部	水戸赤十字病院	初期被ばく医療機関
福井県支部	福井赤十字病院	初期被ばく医療機関
滋賀県支部	長浜赤十字病院	二次被ばく医療機関予定
京都府支部	舞鶴赤十字病院	初期被ばく医療機関
島根県支部	松江赤十字病院	初期被ばく医療機関
広島県支部	広島赤十字・原爆病院	原子力放射能障害対策研究所
愛媛県支部	松山赤十字病院	二次被ばく医療機関
佐賀県支部	唐津赤十字病院	二次被ばく医療機関
長崎県支部	日本赤十字社長崎原爆病院	原子力放射能障害対策研究所

<表3>

(2) 緊急被ばく医療体制を表4に示します。

区分	初期被ばく医療体制	二次被ばく医療体制	三次被ばく医療体制
診療機能	外来診療	入院診療	専門的入院診療
医療機関等	1.避難場所（救護所） 2.保健所 3.事業所内医療施設（現場救護所）等 4.車輛、船舶、航空機 5.地域防災計画に定められた医療機関等 ^{*1、2}	地域防災計画に定められた医療機関等	1.放射線医学総合研究所（放射線医学総合研究所緊急被ばく医療ネットワーク会議を含む） 2.地域の三次被ばく医療機関
サーベランス、スクリーニング線量評価	1.汚染部位のサーベランス 2.スクリーニング 3.簡易な放射線測定による個人線量評価	1.汚染部位のサーベランス 2.スクリーニング 3.専門的な個人線量評価（三次被ばく医療機関からの技術支援）	1.汚染部位のサーベランス 2.高度専門的な個人線量評価
除染	ふき取り等の簡易な除染等	シャワー設備等を利用した除染等	初期及び二次医療機関で行われる除染に加え、必要に応じた肺洗浄等の高度な専門的除染
診療	1.3.7化カリの薬剤投与等放射線障害予防処置 2.救急蘇生法（ACLS ^{*3} ）等 3.合併損傷（創傷、熱傷等） 4.内部被ばく患者に対する初期対応等	1.局所被ばく患者の診療の開始 2.高線量被ばく患者の診療の開始 3.合併損傷の治療 4.内部被ばくに対する診療の開始等	1.重篤な局所被ばく患者の診療 2.高線量被ばく患者の診療等 3.重症の合併損傷の治療 4.重篤な内部被ばく患者に対する診療等
資機材等	被ばく患者の救急外来診療を行う医療関係者に必要な資機材等、その他	除染用シャワー設備等、広域災害医療情報システム等の資機材、その他	専門的線量評価資機材、広域災害医療情報システム等の資機材、その他
病診(病)連携	1.外来診療の実施 2.外来診療⇒転送	1.入院診療 2.診療開始⇒転送	専門医療機関間での転送
研修、訓練	1.研修、訓練の実施 2.緊急被ばく医療マニュアル作成	1.研修、訓練の実施 2.緊急被ばく医療マニュアル作成 3.被ばく医療の指導者の育成	
支援機能	1.医療機関と原子力事業者の連携（各種サーベランス、放射線管理要員の派遣等） 2.原子力事業者間の相互連携、支援等	1.初期被ばく医療及び二次被ばく医療機関相互への技術的支援、専門家派遣 2.原子力緊急事態用救急医療機材の貸出等	1.地域ブロック内の調整 2.他の緊急被ばく医療機関への技術的支援、専門家派遣 3.原子力緊急事態用救急医療機材の貸出等
備考	1.既存の避難所や保健所、救急医療機関等を含めた複数の医療機関により、相互に診療機能を分担してもよい。 2.汚染患者の初期救急医療が可能な施設を整備する。	1.既存の医療機関では、放射線測定、除染及び救急医療等の診療機能を複数の医療機関により、相互に分担してもよい。 2.救急被ばく医療の新設、移転等に際しては、救急被ばく医療に必要な設備、資機材が同一医療期間内に整備されることが望まれる。	

* 1 汚染患者の初期救急医療が可能な施設を整備する（原子力施設近隣の機関）

* 2 救急対応ができる事業所契約医療機関を含む

* 3 Advanced Cardiac Life Support

独立行政法人国立病院機構 災害医療センターのホームページより引用

<表4>

第4章 救護班要員に対する放射線防護の教育・研修

1 全国赤十字救護班研修会

- (1) 本社は、全国赤十字救護班研修会等において、緊急被ばく医療アドバイザーによる放射線環境下での救護活動における安全対策の教育を、救護班要員に対して行います。
- (2) 本社は、上記教育に併せて、個人線量計等資機材の取扱要領や防護服の装着要領等に基づく実習を、救護班要員に対して行います。

2 各支部における救護班基礎研修会

各支部は、全国赤十字救護班研修会における資料等を活用し、支部管内において教育・研修の機会を設け、放射線環境下での救護活動における安全対策を普及します。

第5章 放射線の基礎知識

原子力災害が発生した場合の救護活動では、放射線と放射線防護の知識がとても重要です。救護班要員自らが、放射線に対する正しい知識を持ち、過度な放射線不安を取り除くことが大切です。

放射線の基礎知識については、別紙の緊急被ばく医療の専門家である日本赤十字社長崎原爆病院長の朝長万左男先生の講話「災害救護活動における緊急放射線被ばく医療の知識」[平成 24 年度第 4 回全国赤十字救護班研修会資料(平成 25 年 1 月 14 日)]を参照して下さい。

平成25年1月14日(月)

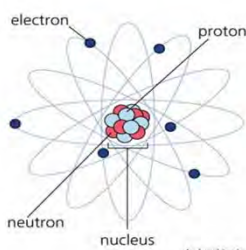
＜平成24年度全国赤十字救護班研修会＞

災害救護活動における 緊急放射線被ばく医療の知識

1. 放射線の基礎知識
2. 原爆:高線量被ばく
3. チェルノブイリ:甲状腺内部被ばく
4. 福島:低線量被ばく
5. 緊急被ばく医療の基礎と実際

日赤長崎原爆病院

病院長 朝長万左男



核分裂(20世紀)と核融合(21世紀)

核分裂エネルギー $E=mc^2$

はじめに

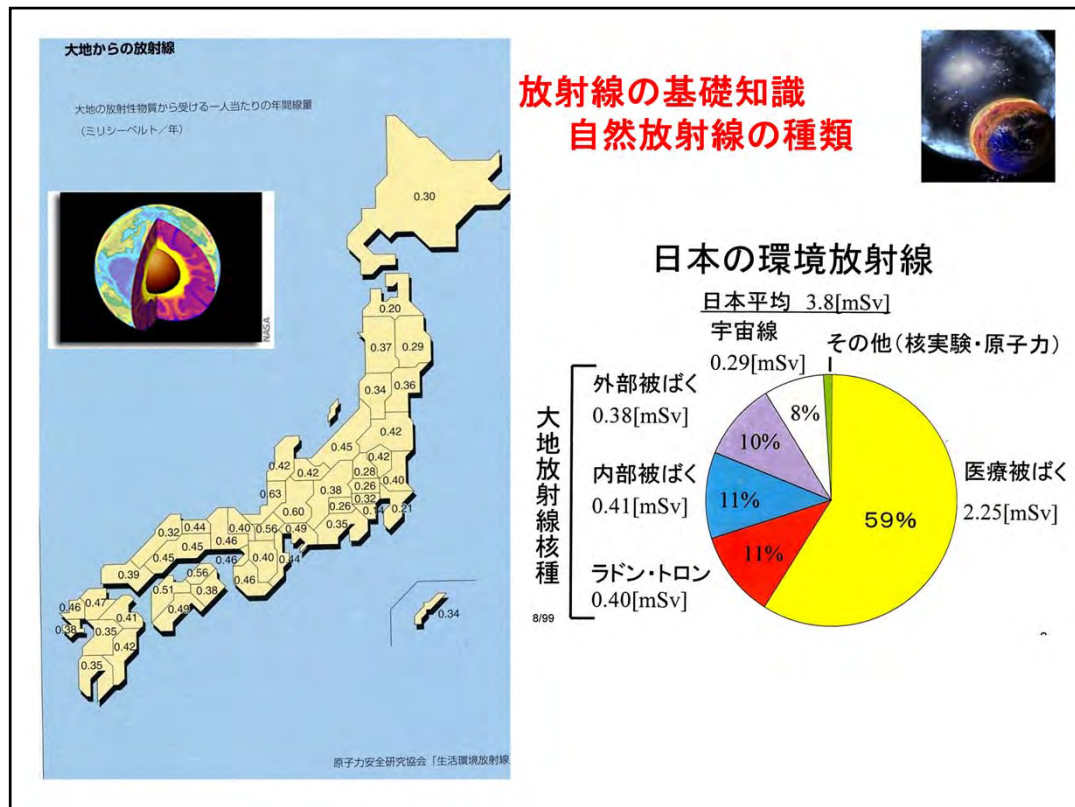
日赤としては、災害救護活動の中において、緊急被ばく医療の正式な体制とマニュアルの準備がなされていなかったと伺っています。

現在その確立のために本社において鋭意取り組んでおられ、その一貫として本日の研修会が企画されたものと理解しています。

今回は講義時間の制限がありますので、用意したスライドについて全てを説明することができません。

そこで、ノートの形式で記述しておき、十分話せなかったスライドについては、後日、皆様にノートを読んでいただく方式をとることに致しました。

どうかご利用ください。



まず放射線の基礎編です。

太古から人類は放射線とつきあってきました。

地球のマグマから地表までのウランウムやその分解産物のラドンなどが環境放射線源となっています。イラン、ブラジル、中国の一部では相当な高い環境放射線があり、数百万人の住民が生涯にわたって被ばくしています。生涯線量は数百ミリから1シーベルトを超える場合もあります。このような被ばく住民でがんの発生率が上昇しているという証拠は見つかっていません。

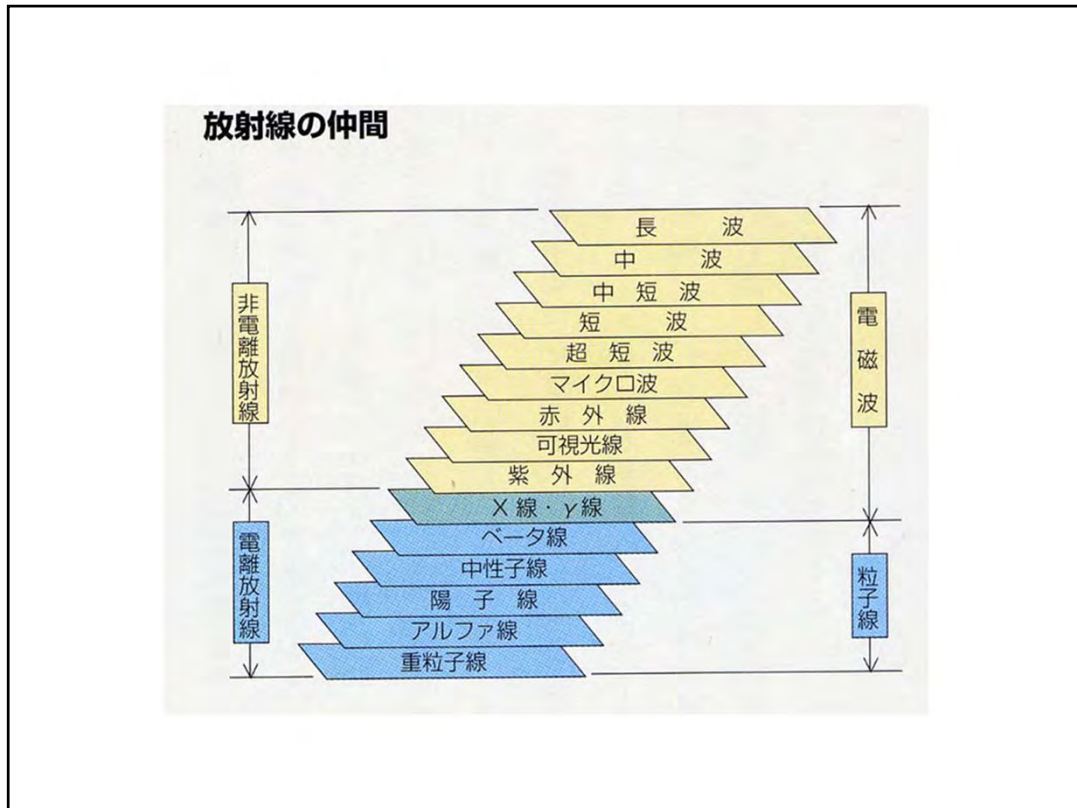
ラドンは呼吸によって体内に入り内部被ばくの原因となります。とくにウランウム鉱山では、鉱員の肺がん発生が報告されています。

宇宙からも放射線が降り注いでいます。

土壌の放射性物資のカリウム40は食物の形で摂取しています。このため我々人間はきわめて微量の放射性物質を自らの体内にも持っています。

このグラフは日本人の平均被ばく線量を示しています。

年間3.8mSvで、そのうち約60%は医療被ばくということになっています。

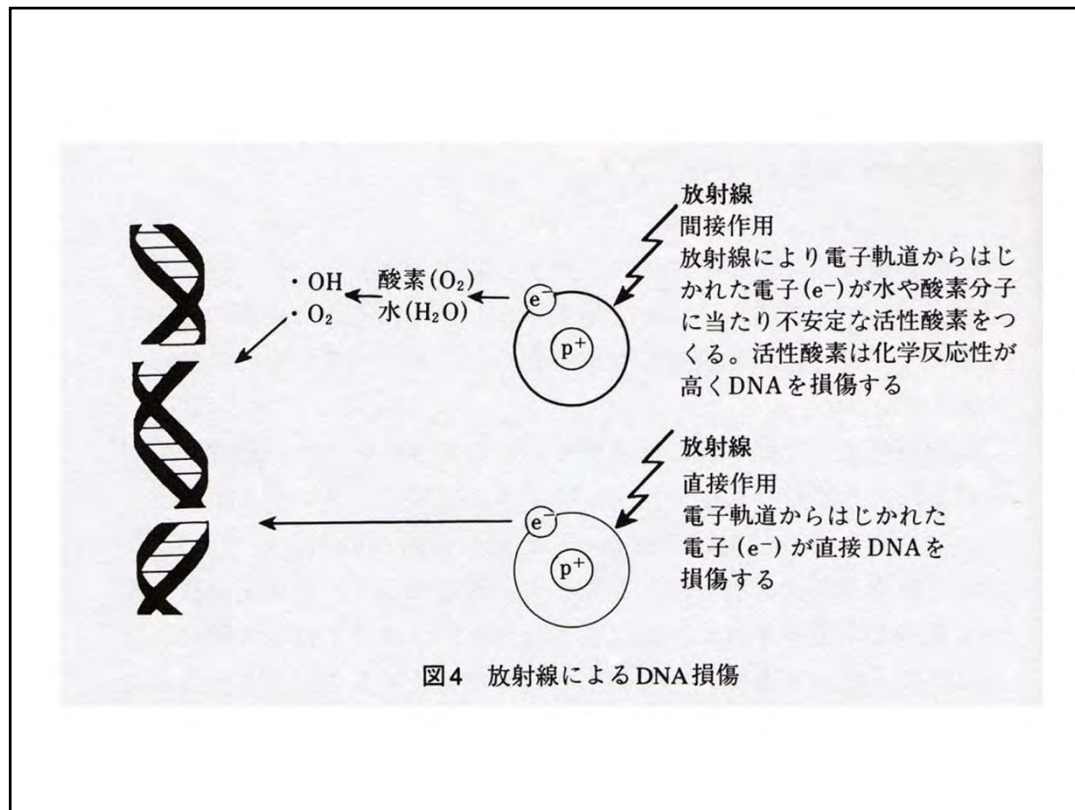


放射線には2種類あり、非電離と電離に分類できます。

ラジオ波や可視光線までは人体に有害とは考えられていません。

紫外線は表層の皮膚に対しては有害で、皮膚がんの原因となります。

電離という意味は、光と同じ粒子の波動である放射線が水分のある環境（たとえば人体の細胞）で通過する軌跡において水などを分解してイオンを発生させることを意味します。これが後ほど示すように、DNAの切断につながります。



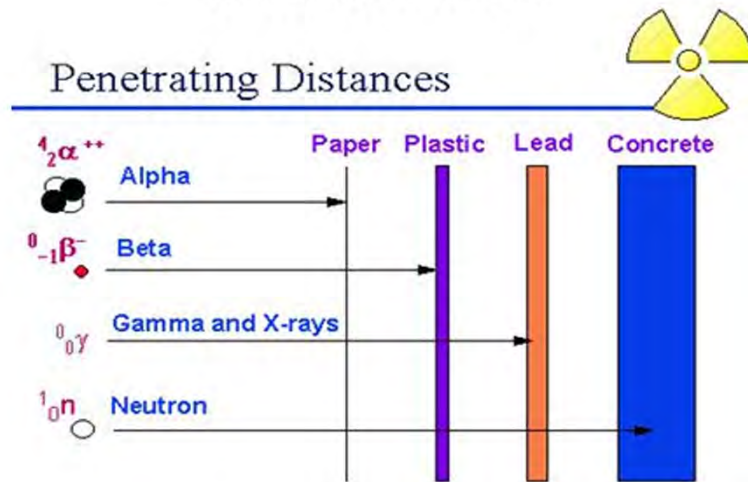
いわゆる活性酸素と呼ばれるスーパーオキシドやOHラジカルは間接的にDNAを切断します。

イオン化で生じる電子は直接DNAの二重鎖を切ります。

これによってその量が多いと、細胞は種々の程度にDNA損傷を受け、細胞死（アポトーシス）に陥ったりして、急性放射線症Acute Radiation Syndrome（ARS）を引き起こします。

細胞が死なない場合は、二重鎖切断の修復が種々の酵素群によって行われますが、時にエラーが生じ、遺伝子変異Mutationが引き起こされ、これが白血病や固形がんの原因になります。

放射線の基礎知識 放射線の種類



主な放射線の種類とその性質（物質透過性）を示しています。

アルファ線とベータ線は飛距離はわずかですが、体の中に沈着した放射性物質から長時間にわたって放出されると、大きな細胞障害（細胞死や遺伝子変異）を生じることになります。

ガンマ線とX線は鉛を通過できません（防護）。

中性子線は厚いコンクリートでやっと止まりますが、水の中では急速に減衰します。

放射線に関する単位

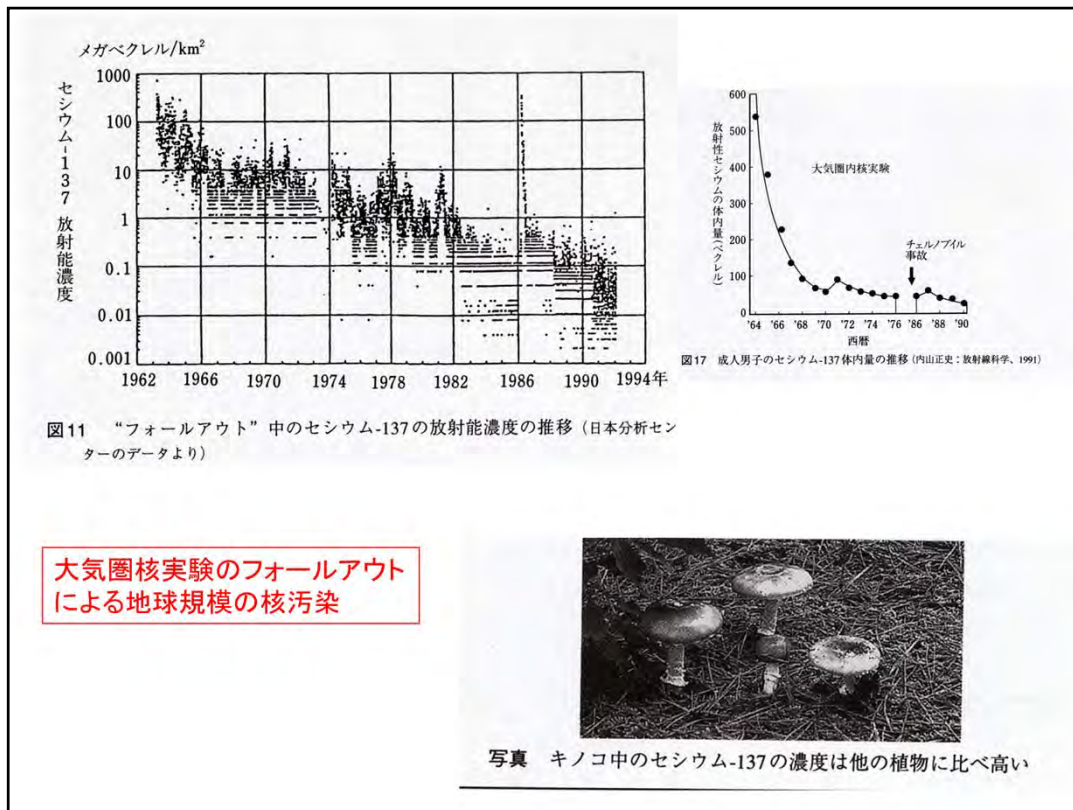
単位名	記号	説明
シーベルト	Sv	重量あたりの吸収エネルギー量に、放射線の種類による生体への影響度合の違いを考慮した係数を乗じて求めた放射線の線量。 (係数： X線・ベータ線 1 アルファ線 20 中性子線 5～20)
グレイ	Gy	重量あたりの吸収エネルギー量で表した放射線の線量
ベクレル	Bq	1秒間に壊変する原子核の数で表した物質の放射線を出す能力 放射能の単位

放射線の強さ（エネルギー）の単位を示します。

シーベルト（Sv）は人体に与えるエネルギーを表しています。ガンマ線、X線、ベータ線を1とするとアルファ線や中性子線は同じ空中線量（グレイで表します）でも、細胞には5～20倍強いエネルギーを与えます。従って、Svで表して人体影響を測ることがなされています。

ベクレルは放射性物質が1秒に1個の放射線を出すときの単位です。食物1kg中100ベクレルの放射能があるという風に使われます。

ベクレルからグレイに換算する係数が、それぞれの放射性物質で定められています。



環境放射線でもうひとつ1950年代から始まった核実験、特に大気圏核実験から放出された放射線物質のセシウム、プルトニウム、ストロンチウムなどが地球上にフォールアウトとなって、汚染を引き起こしました。

セシウム137が現在までずっと追跡されていますが、核実験が禁止された1980年初頭から急激に減少してきていますが、1986年のチェルノブイリ事故では日本でも一時的に再上昇しました。

右上のグラフは人体に入ってきたセシウムを測ったデータです。これらの放射性物質は、キノコなどの植物にも吸収され、人体に入ってきます。

体内、食物中の自然放射性物質（平均的日本人の場合）

●体内の主な放射性物質から受ける一人当たりの年間線量

カリウム40	0.20ミリシーベルト
炭素14	0.014ミリシーベルト
ルビジウム87	0.003ミリシーベルト
鉛・ポロニウム210	0.16ミリシーベルト

●食物中のカリウム40の放射能量（ベクレル/kg）

米 30	食パン 30	魚 100	牛肉 100
牛乳 50	ドライミルク 200	ホウレン草 200	干しいたけ 700
干ごぼう 2000	生わかめ 200	お茶 600	ポテトチップ 400
清酒 1	ビール 10	ワイン 30	

科学技術庁「生活環境放射線」ほか

放射線の基礎知識 食品の放射線含有量

写真16 目で見る自然放射線（名古屋大学工学部原子核工学科、森研究室、日本原子力産業会議、中部原子力懇談会資料より）

放射能ゼロの
食品でメニューを
作ることはほぼ不可能

土壌中のカリウム40やフォールアウトのセシウム137などは、土壌を汚染し、野菜や間接的にはミルクなどにも入ってきて、食物に放射性物質が検出されます（ベクレルで表します）。

シイタケが高く、酒はきわめて低くなっています。おそらく醸造過程で抜けていくのでしょう。

長期間野菜のスライス面にX線フィルムを接着しておいて、現像をするとこのように野菜の写真が浮かび上がってきます。

このように我々は環境放射線と食物放射線の存在によって、放射線が全くない環境で生活することはまずできません。

長崎大学ホールボディカウンター(WBC)



鉄室
壁厚鉄20cm、
鉛3mm、プラスチック5mm



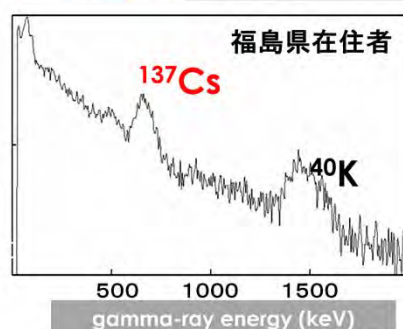
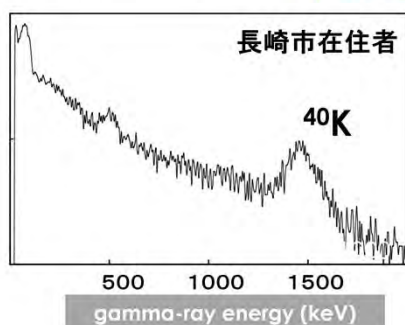
NaI(Tl)シンレーション検出器

直径8インチ×厚さ4インチ、
上下一対

光電子増倍管

直径3インチ×8本

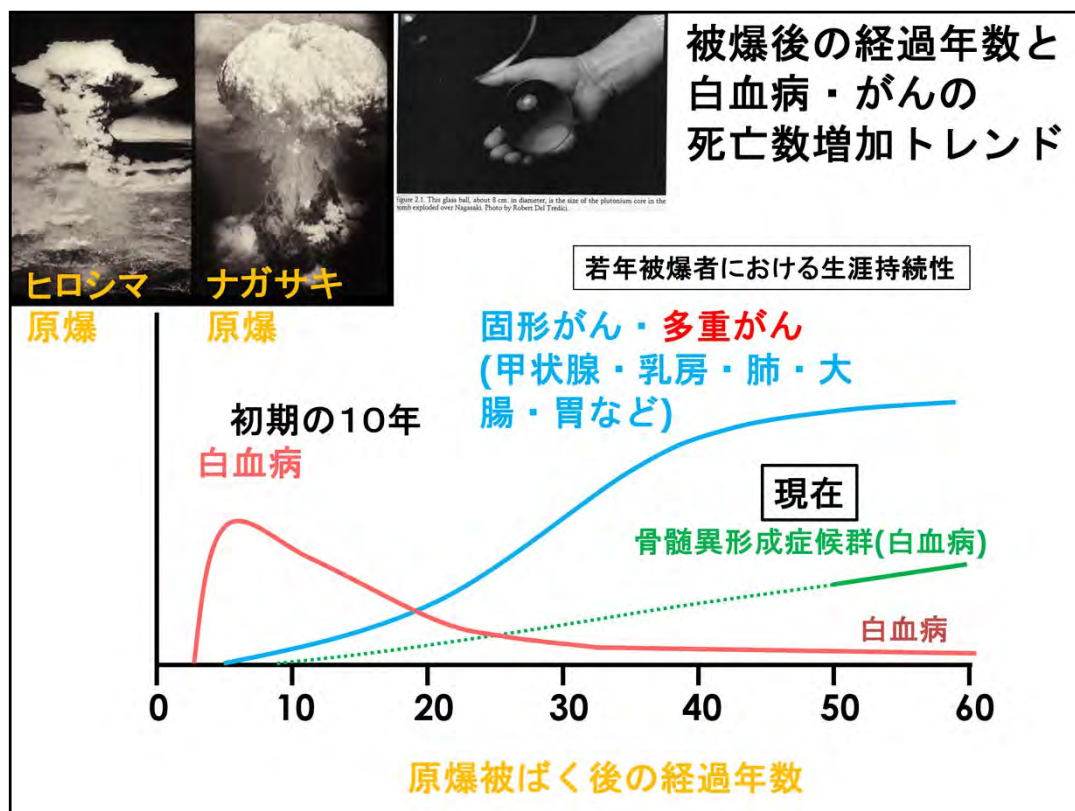
長崎大学のドクター
のべ150名のうち
80%がCs137 ピーク
確認、ただしK40ピーク
より低い



同センター提供

長崎大学が保有するホールボディカウンター（WBC）でカリウム40のピークをきれいにとらえたものです。右の福島から来た住民の方の場合は、同じくらいの微量のセシウム137が検出できました。

長崎大学のドクターが延べ150名、福島において緊急被ばく医療に参加していますが、長崎に帰った後WBC測定をすると約80%においてセシウム137が検出されています。これらの量は微量であり、人体影響は考えられません。



ここから原爆、すなわち高線量被ばくの話になります。
 原爆から67年たった現在までのヒバクシャにおける白血病とがんのトレンドを
 まとめた図です。
 白血病は初期の10年にピークがみられ、その後低下したものの、現在子供の時
 に被ばくした、いわゆる若年ヒバクシャが高齢となって、骨髄異形成症候群
 (MDS) が増加しつつあり、一部は急性骨髄性白血病 (AML) へ進展します。

固形がんは白血病に10～20年遅れてリスク上昇が始まり、現在もこれが持続し
 ています。さらに一人のヒバクシャが二つ以上のがんを発症する重複がんも増え
 つつあり、全身被ばくによる多臓器のヒットが原因と考えられています。

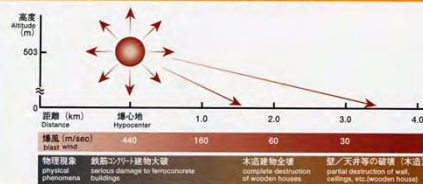
Physical Damages Caused by the Nagasaki Atomic Bombing



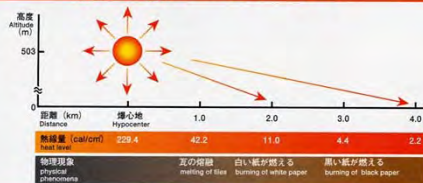
長崎原爆の物理的影響

Physical Effects Caused by the Nagasaki Atomic Bombing

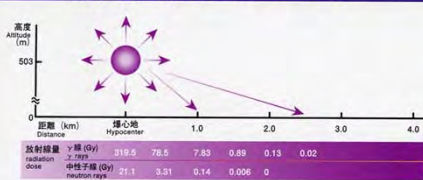
爆風 (Blast wind)



熱線 (Heat rays)



放射線 (Radiation)



長崎の事例で説明します。

長崎は3方を山で囲まれ、この赤い浦上地区が壊滅しました。約7万人が即死または3ヶ月以内に急性放射線症（ARS）で亡くなりました。広島は約12万人が死亡しています。

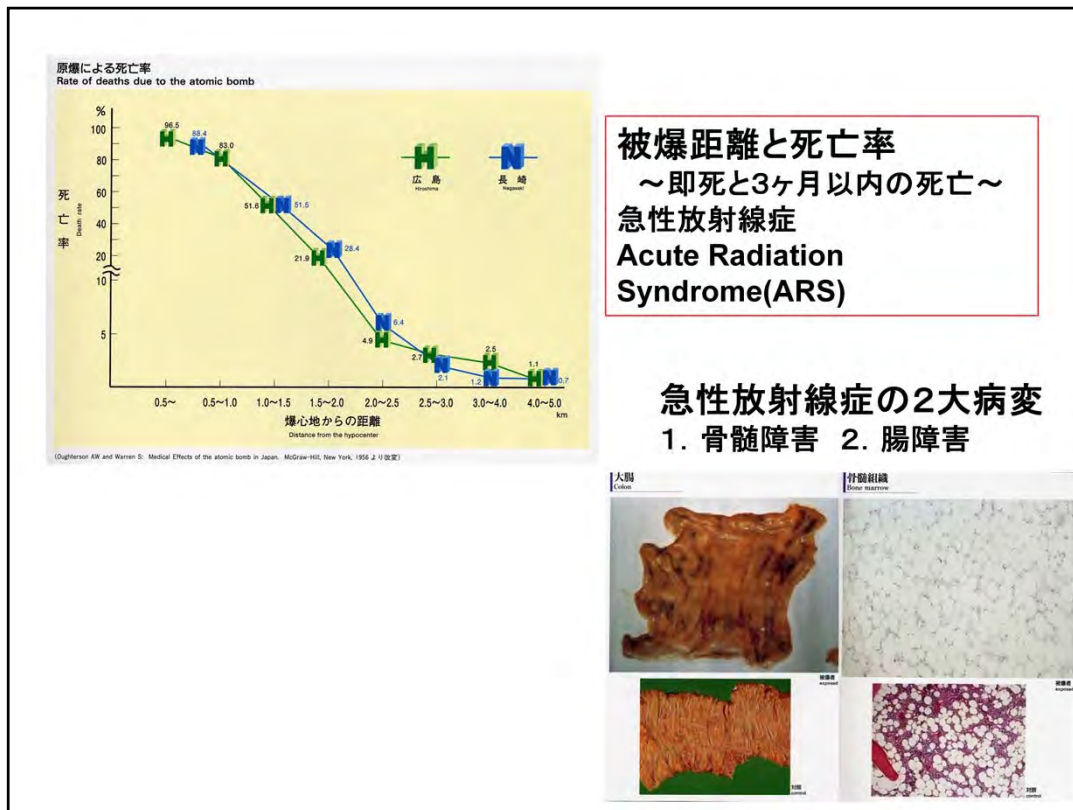
長崎では約8万人が、広島では14万人がかろうじて生存し、ヒバクシャとして戦後を生きてこられました。

ここで示すものは、主に放射線影響研究所と長崎大学・広島大学の共同研究で明らかにされた原爆放射線による、白血病とがんの誘発に関する知見のまとめです。

原爆のエネルギーは右に示すように、爆風と熱線および放射線の3つですが、放射線は全エネルギーの約15%と、最も少ないものでした。

原爆放射線の線量は同心円を描いて減衰しました。

未だ論争がありますが、人体に影響するような量の放射線は最大2.5Kmまで達したと考えられています。主な成分はガンマ線と中性子線でした。



まずARSです。

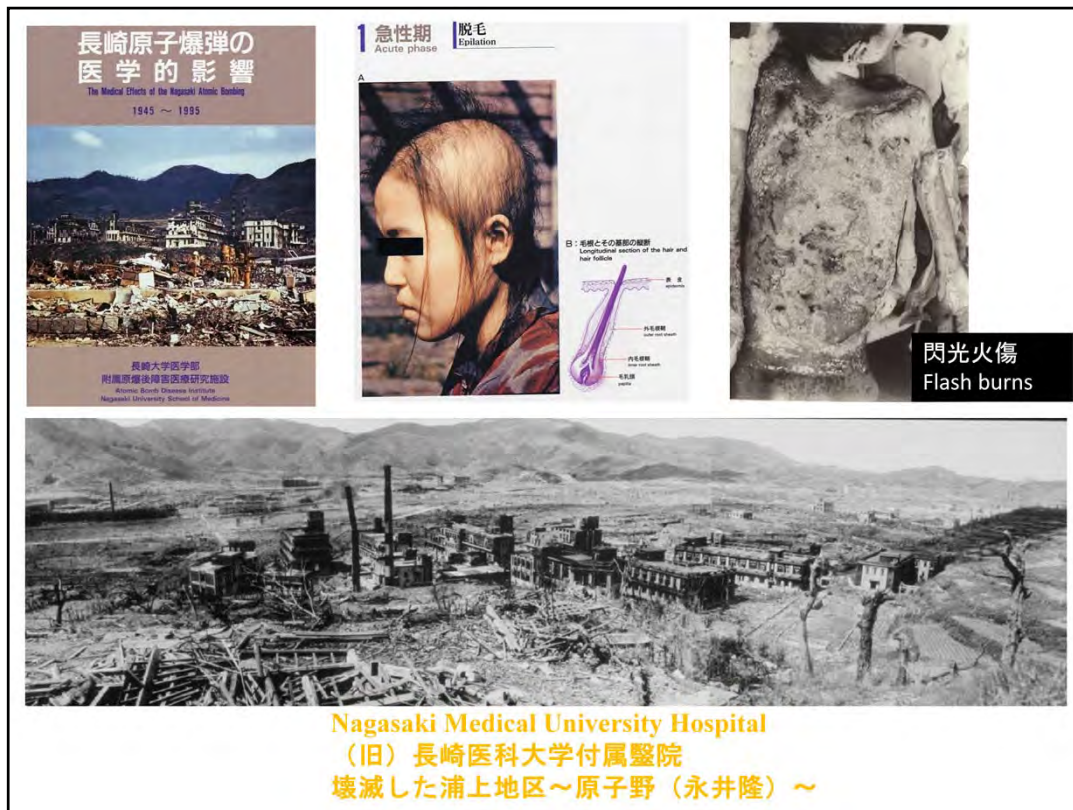
1. 5Km 以内の近距離ヒバクシャでは、1～5Svを被ばくしましたが、1週間以内に、細胞分裂が活発な部分である毛髪の脱毛、骨髄不全、消化管の粘膜障害が、放射線被ばくによって生じた激しい細胞死アポトーシスによって始まります。

これが進むと、造血障害による貧血および白血球と血小板の減少、粘膜障害による下痢、血便が生じ多くの方が被ばく後、3ヶ月内に亡くなりました。

これを急性放射線症（ARS）と呼んでいます。

上段のグラフは爆心からの距離と死亡率の関係を見たものですが、広島と長崎の生存曲線は見事に重なっており、まるで実験を2回やっているように感じられます。

下段の組織図は、上は、大腸粘膜の脱落と骨髄の脂肪髄化を示します。下は、それぞれの正常対照です。



脱毛はもっとも確実な高線量被ばく（1 Sv以上）の指標でした。2週後くらいから急激に髪が抜け始めます。毛根の細胞死によるものです。右の少年は背中に熱線による重度の閃光火傷を負っています（被ばく距離1.7km）。

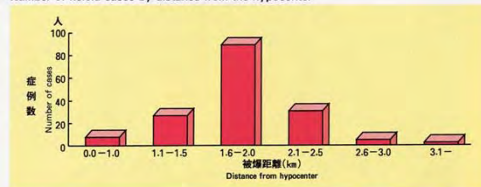
下は爆心から600メートルの長崎医科大学の廃墟です。900名の教授・学生が死亡しました。

2 後障害初期 Early phase of late effects

ケロイド Keloid



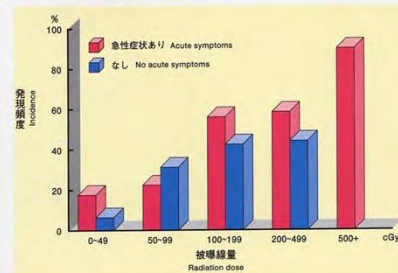
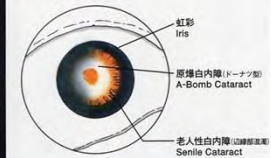
ケロイドの症例数（被爆距離別）
Number of keloid cases by distance from the hypocenter



原爆白内障 Atomic bomb cataract



白内障模式図
Scheme of Cataract



火傷は、治癒過程でこのようにケロイドを生じてくる例が大半でした。特に若い女性にとって悲惨なものとなりました。

放射線被ばくにより眼のレンズに白内障が起ってきます。最近の研究で100mSv程度の低い線量でも起こることが分ってきました。

小頭症 Microcephaly



被曝線量(cGy) Exposure dose	胎齡18週未満 Gestational age 0~17 Weeks	胎齡18週以上 Gestational age 18+ Weeks
0 ~ 9	0 / 1	0 / 9
10 ~ 19	0 / 7	0 / 6
20 ~ 29	0 / 5	2 / 7
30 ~ 39	2 / 4	0 / 6
40 ~ 49	0 / 6	0 / 3
50 ~ 99	0 / 9	0 / 11
100 ~ 149	0 / 2	1 / 5
150 ~	8(3) / 9	2(1) / 9
胎内被爆合計 Total	10(3) / 43	5(1) / 56
対 照 Control	10/246	

() は知能発育障害の例数
Of all the microcephaly, the number in parentheses means the number of mental retardation.
(Miller & Blot, 1972年より改定)

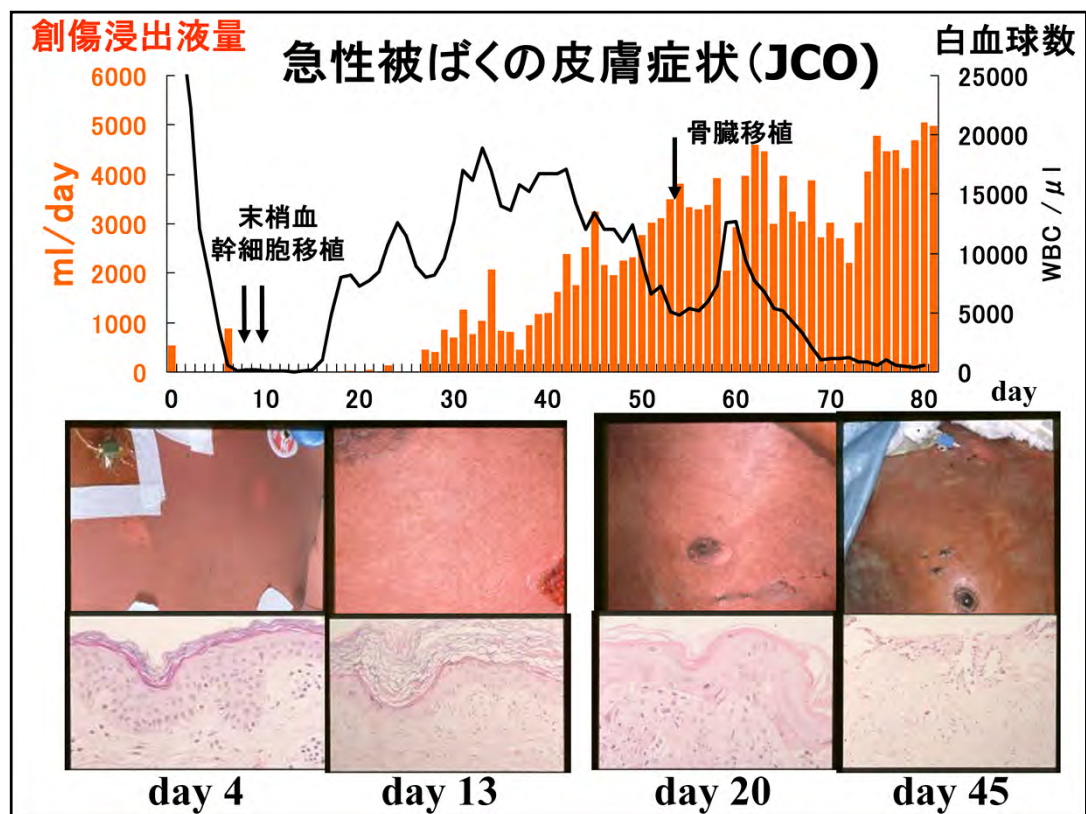
妊娠前期に胎児が被ばくすると中枢神経系の発達障害を生じ、小頭症が増加しました。

茨城県東海村ウラン加工施設臨界事故(1999年9月)

作業員3名が(内2名死亡)高度に被ばくし、1名は約20Sv、他の2人も6～8Sv、2～3Svの被ばくが推定された。この事故では臨界状態が継続し、高線量の中性子線や γ 線が出つづけ、施設の敷地外にもその影響が及び、周辺住民等をも巻き込む事故となった。敷地周辺にいた住民7名(最大15mSv)、JCO社員56名(最大47mSv)、消防士及び防火作業従事者60名(最大13mSv)が被ばくを受けた。

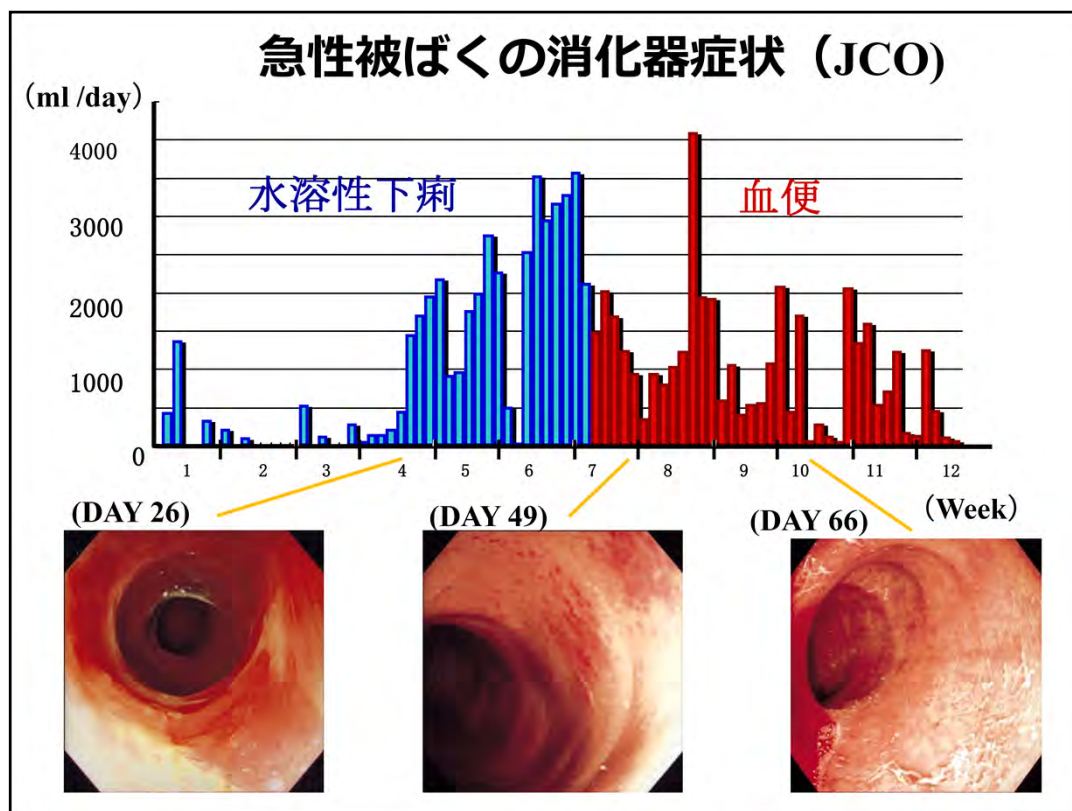


ここで、1999年に起こった東海村の中性子被ばく事故によるARSを見てみましょう。事故の内容はここに記した通りです。



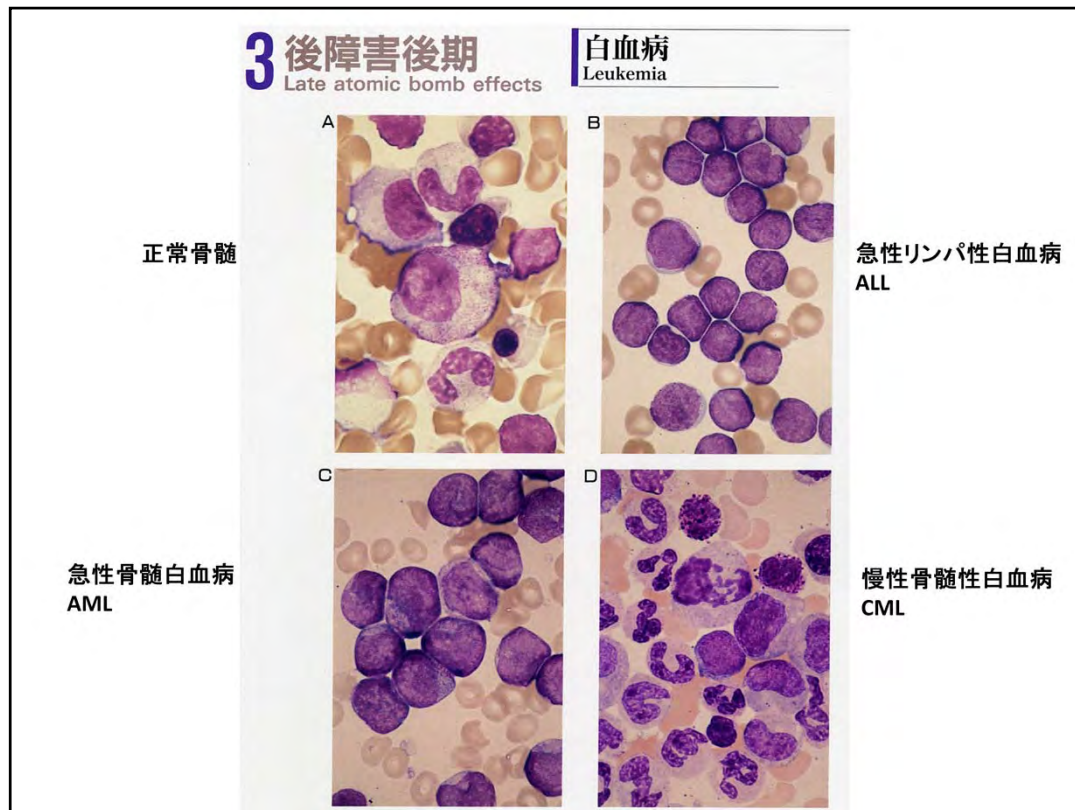
2 OSvの最大級の高線量被ばく例の皮膚は45日の間で完全に壊死していきました。

この例では骨髄も完全に破壊されましたが、造血は骨髄移植で何とか回復していますが、皮膚の障害と次の腸管の粘膜障害で、死の転機となりました。



大腸粘膜も約2か月で壊死してしまいました。

このように高度の全身被ばくによる多臓器不全は、おそらくノーベル賞の山中教授のiPS細胞のような細胞を移植しての多臓器再生医療しか、救えないものと考えられます。

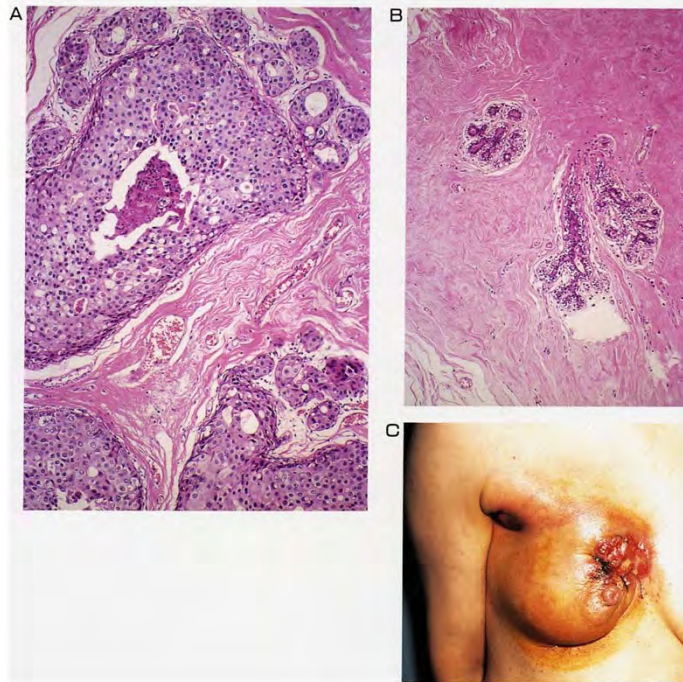


ARSによる死亡が見られなくなった後、数年間は何ごともなく経過し、ヒバクシャも仕事に復帰できるようになりました。

しかし3年後から、ぽつりぽつりと白血病の発症がみられるようになり、急速に多発するようになりました。急性リンパ性白血病(ALL)は主に子供に生じ、急性骨髄性白血病(AML)と慢性骨髄性白血病(CML)は、おもに成人に生じています。

白血病は約15年持続した後、急速に減少傾向となりました。

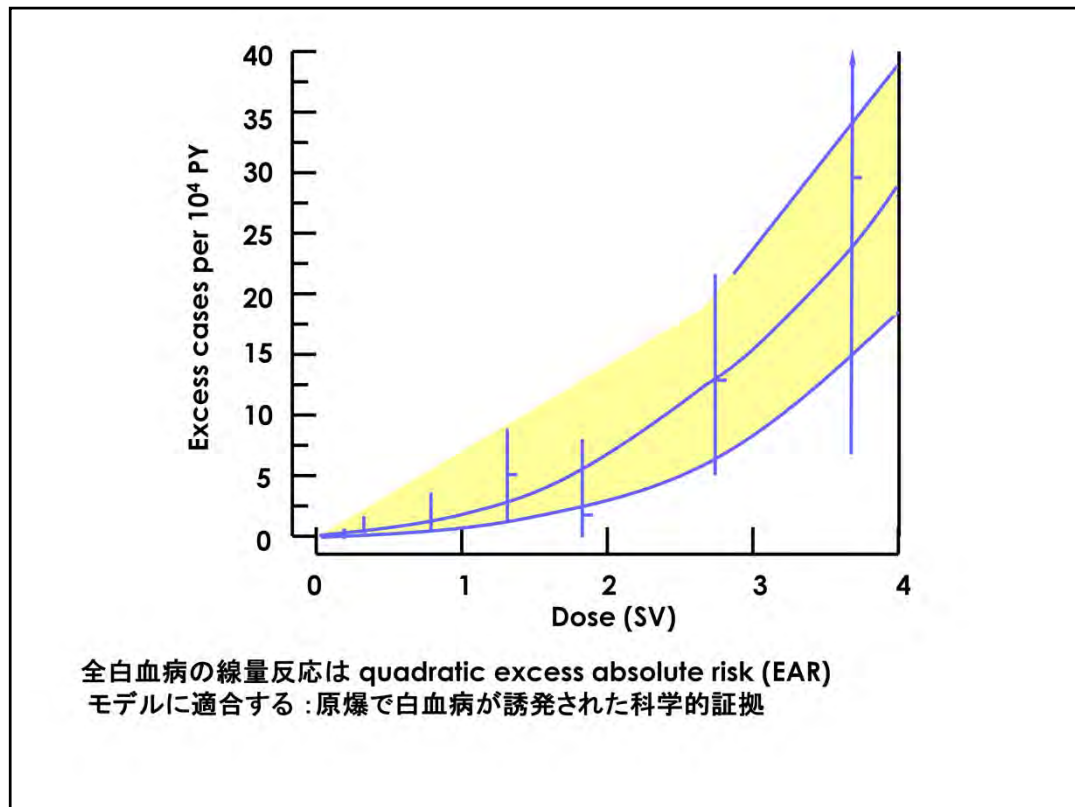
乳癌 Breast cancer



白血病の発生率が下がってきたので、原爆後障害は終了かと思われましたが、今度は固形がんの発症率の上昇が見られ始めました。

思春期に原爆にあった動員学徒の女子学生が、40代になるころから乳がんの発症が始まるというように、多くの臓器のがんが増加してきました。

若年者ほど放射線に弱く、より高いリスクが見られました。



ALL、CML、AMLをあわせた全白血病の線量反応関係を示したグラフです。

1 Svまでは直線的に上昇し、その後は二次曲線として上昇しています。これは症例が一番多いAMLが特に二次曲線を示すためにこのようになります。

ALLとCMLは直線性を示します。

なぜこのように線量反応が異なるのかはわかりませんが、放射線が引き起こす遺伝子変異の数が線量が高くなるとともに増加しているのではないかと推定されています。

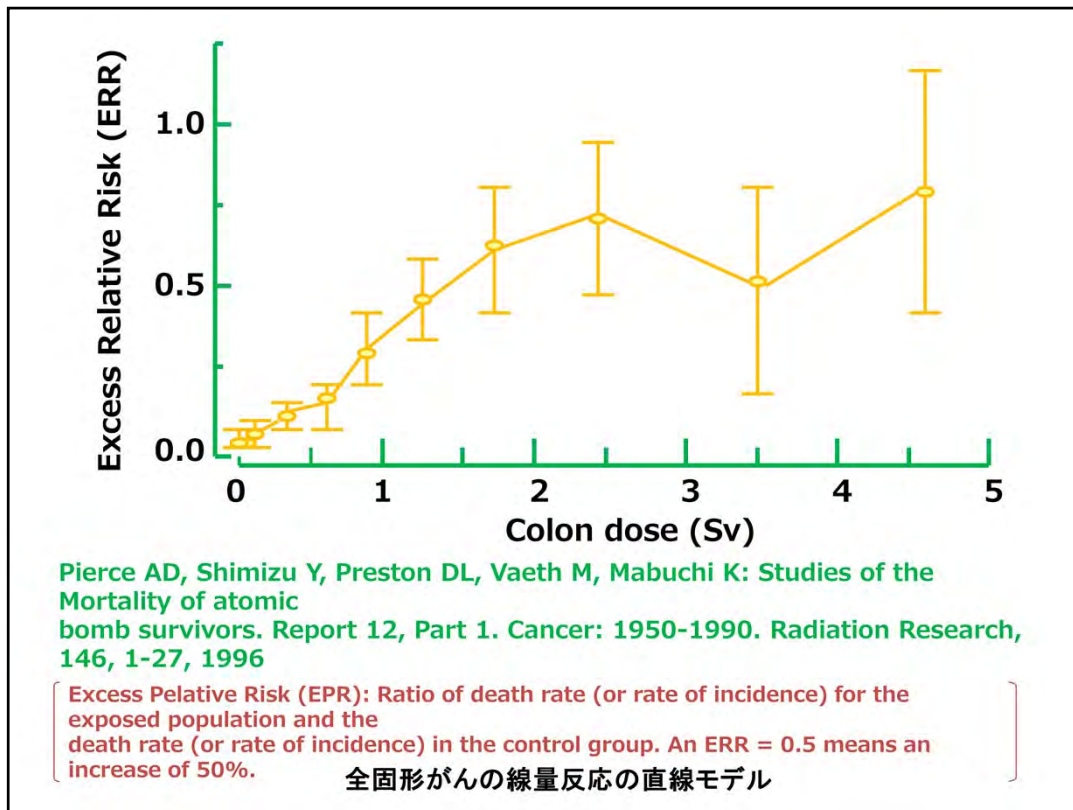
このグラフで白血病の過剰発生が統計学的に有意になるのは、2番目のバーのところで、線量は200mSvであります。

後で示すがんの場合は100mSvから有意となります。

このような最小線量が真の閾（しきい）値かどうかは論争がありますが、8万人のヒバクシャの解析では200mSv以下の低線量ヒバクシャは約5万人くらいおられますが、この母集団の数では、有意な過剰発生は証明できないと考えられます。

このような低線量の影響は数十万人～百万人のデータが必要であるといわれています。福島はこれに当てはまります。

いずれにしても200mSv未滿で統計学的に有意の上昇がみられないことは、影響がないといってよいかもしれません。この境界領域についての考え方を後ほど述べます。このあたりの知識は被ばくしたことで不安になっている住民のころのケアにも必要になってきます。



白血病をのぞく、全固形がんにおける線量反応を示します。直線的に過剰な発生が増加します。100mSv から有意に上昇しています。

しかし100mSvにおける過剰はわずかに0.5%の増加です。

わかりやすく言いますと、100mSv 被ばくした場合、10万人に100人のがんが出るとき、100.5人出る程度の上昇という勘定になります。

しかし1Svくらいになると160人すなわち60%増になります。

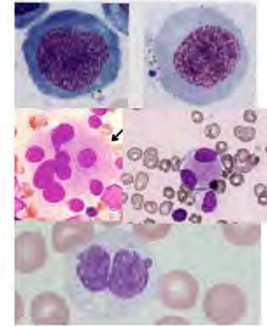
爆後65年後、現在の問題(1)

長崎原爆被爆者におけるMDSの臨床疫学研究

- MDS: Myelodysplastic syndromes, **骨髄異形成症候群**
- 造血幹細胞の質的異常に起因するクローン性血液疾患

臨床的特徴

1. 血球に形態異常がある(**異形成dysplasia**)。
2. 骨髄内には造血細胞が十分あるにもかかわらず、末梢血は汎血球減少をきたす(**無効造血**)
3. 未熟な**芽球レベル**の細胞が出現しているが白血病の基準を満たさない。
4. 病型にもよるが**20-30%が白血病に移行(前白血病状態)**
5. 白血病とは質の異なる**染色体異常**がある(約50%)
6. いくつかの病型があり予後が異なる
7. 診断・治療が難しい
8. **高齢者に多く、今後増加する可能性**



病因と先行研究

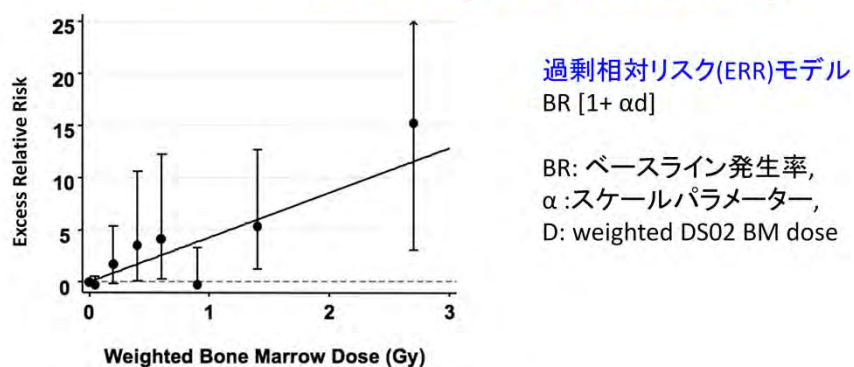
- 放射線被ばくは白血病の病因として確立しているが、MDSに対しては確立していない。
- **原爆被爆者におけるMDSの先行疫学研究**は少数例報告に留まっている。
- 大規模疫学研究が待たれている。

ここからは現在進行中のMDSの発生について述べます。

MDSは貧血や白血球減少などで発症し、骨髄の細胞に形態学的に異形成が認められることで診断されます。本来高齢者の造血障害です。

病型が8つに分かれ、急性骨髄性白血病になる確率がそれぞれ低から高まで異なりますが、全体では、20～30%の方々が急性骨髄性白血病（AML）に進展します。したがって前白血病状態とも呼ばれます。

被爆者MDS発生リスクの多変量解析 Dose-response relationship



- 1) 有意な **linear** dose response 関係が認められた($P < 0.001$)。

AMLの線量-反応関係でみられたquadratic model (Preston et al)は適合しなかった($P = 0.46$)

- 2) 1GyあたりのERR = **4.3** (95%CI, 1.6-9.5)と推定。

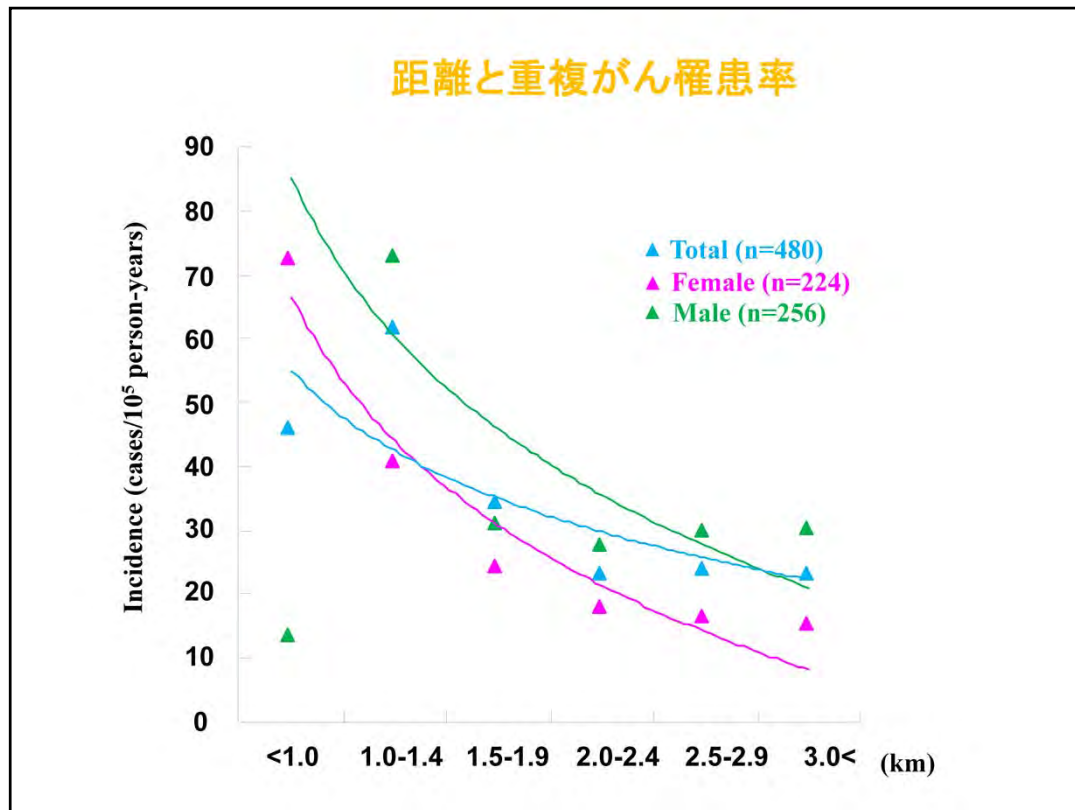
AMLのERR 1Svあたり**3.3** よりやや高値であったが、linearity patternが異なるため簡単に比較できない。

線量反応を示します。

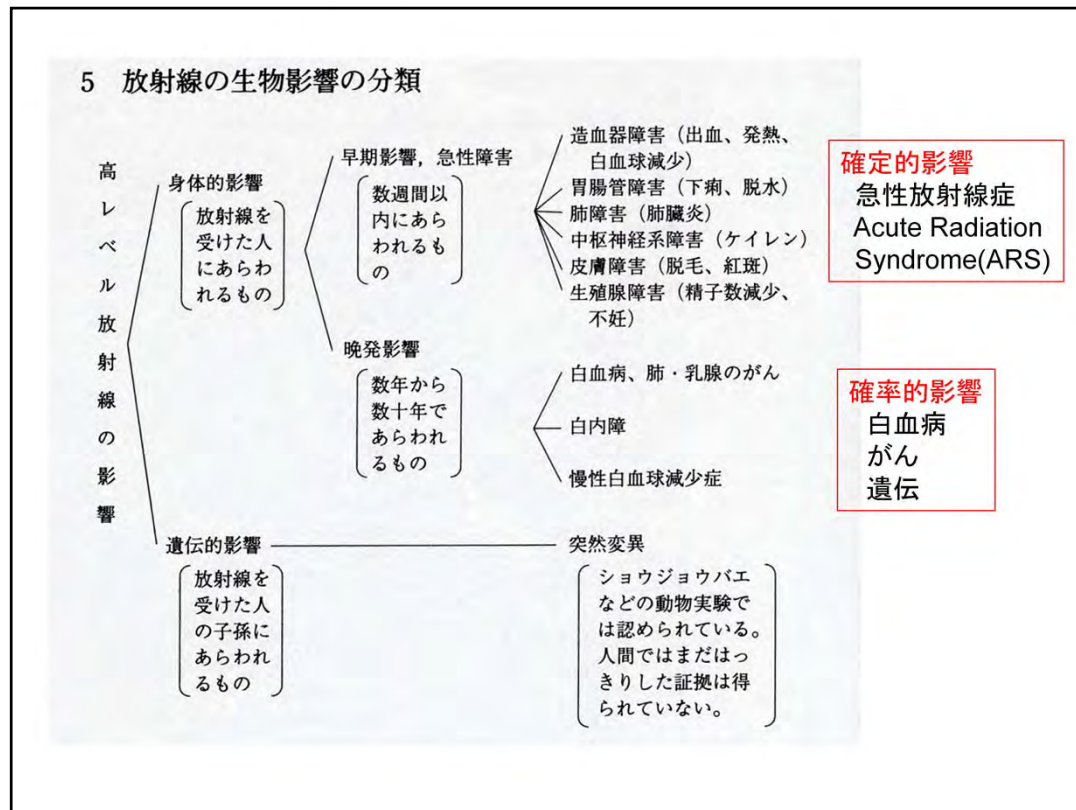
このように直線的に上昇していきます。

ここでも二つ目のバーで示す200mSvから、有意な上昇が確認できます。

白血病と全く同じ所見です。



最近の傾向として、一人の被ばく者に2つ以上（最大5つ）の原発がんが発生する多重がんの患者が増えています。私共の原爆病院でも、被ばく者のがんが多いのですが、その10%は多重がんです。



この原爆の人体影響の研究結果から、現在この図のように、身体的影響を早期の急性障害と、数年後から現在に続く晩発影響に分けます。

急性障害はすでに述べたように、細胞分裂が活発な臓器ほど障害を受けやすく、10人が10人、少々の個人差がありますが、一定の線量以上、これを閾値と呼びますが、それ以上の線量を被ばくすると、ほぼ必ず起るという意味で確定的影響といいます。

これに対して白血病やその後遅れて出てきた固形がんなどは、本来の発生率は、前者は10万人に5人とか、後者は100人と低いものであり、確率的に生じてくるため、確率的影響といいます。

遺伝的影響はまだ被ばく者の子供では証明されていませんが、マウスなどでは証明されており、これも確率的影響に入ります。

原爆・核実験・原子力災害

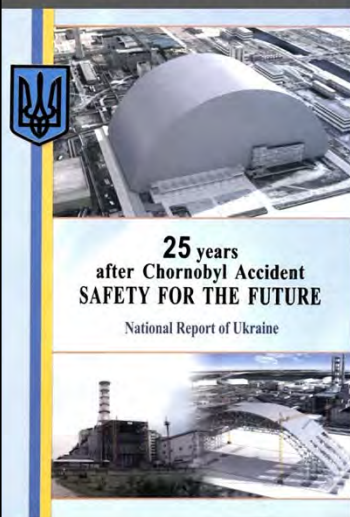
1944年ー 米国ネバダ核実験
1945年8月6日 広島原爆
1945年8月9日 長崎原爆
1949ー1991年 ソ連核実験(セミパラチンスク等)
1952年ー イギリス核実験
1954年ー 米国ビキニ環礁水爆実験(マーシャル諸島)
1957年 旧ソ連キシテム核廃棄処理場事故(レベル6)
1960年ー フランス核実験
1964年ー 中国核実験
1974年ー インド核実験
1979年3月 米、スリーマイル島原子力発電所事故(レベル5)
1986年4月 チェルノブイリ原発事故(レベル7)
1998年ー パキスタン核実験
2006年ー 北朝鮮核実験
2011年3月11日 福島第一原発事故(レベル7)

ここで種々の事故による放射線被ばくを見てみましょう。とくにチェルノブイリ原発事故を少し詳しく見てみます。

チェルノブイリ原発事故（旧ソ連）

1986年4月26日

約700万テラベクレル 原爆200発相当
被ばく者約500万人(子供100万人)

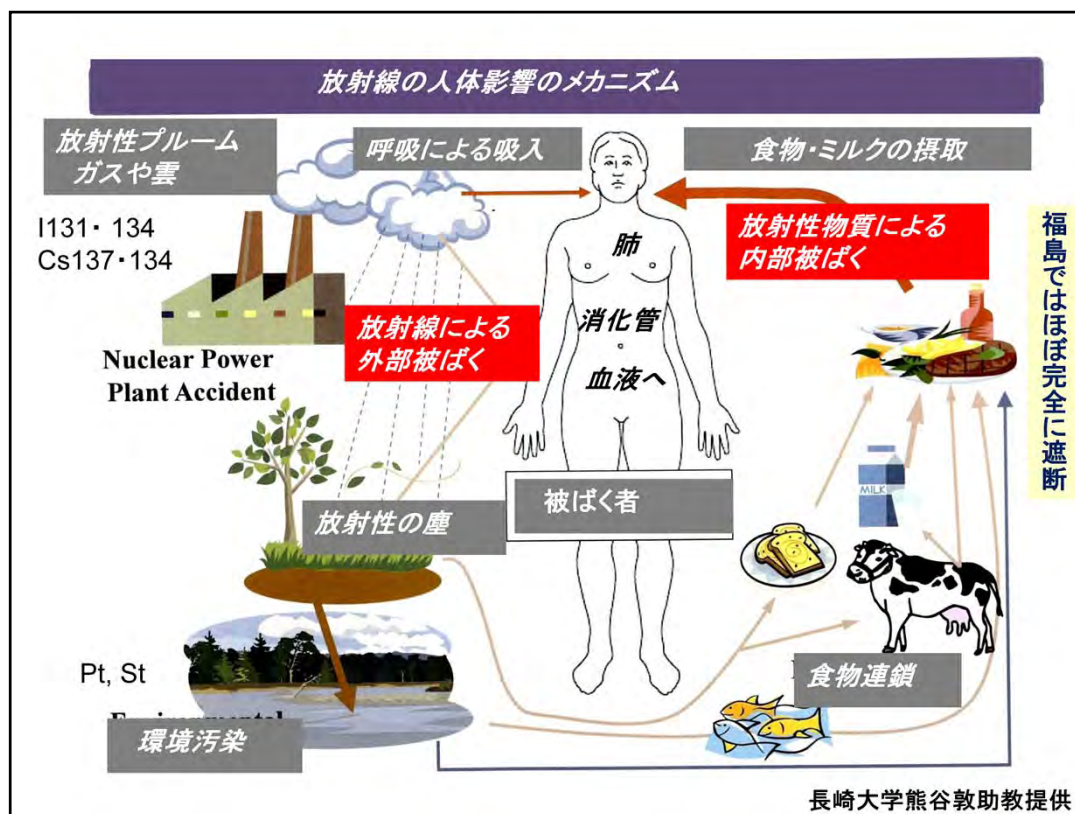


長崎大学熊谷敦助手提供



世界最大の原発事故です。放射性物質の放出は福島の数倍以上といわれています。ウクライナからベラルーシ、ロシア、さらにはスκανジナビアまで拡散しました。

最も重大な人体影響は子供たちに生じてきた甲状腺がん、昨年までの25年間で7,000例に達し、現在もリスクは続いています。



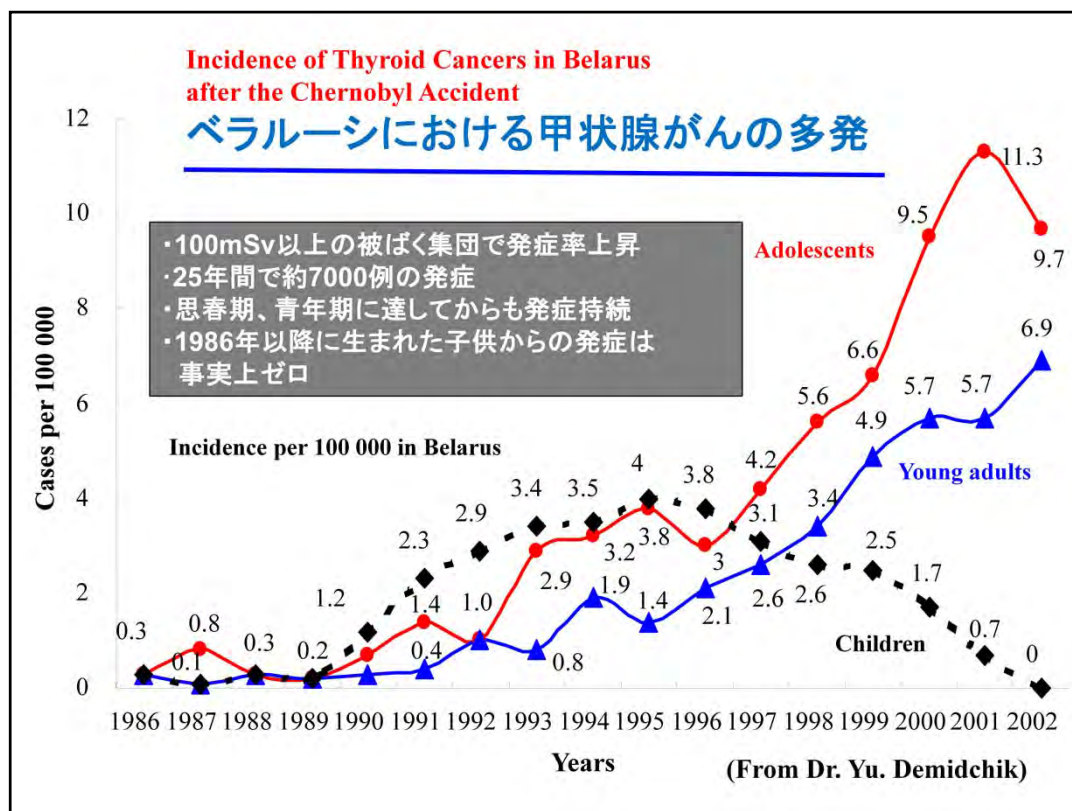
原発事故では、多くの放射性核種が放出されますが、主なものはヨウ素131、セシウム137、ストロンチウム、プルトニウムなどです。

被ばくの様式には、外部被ばくと内部被ばくがあり、その総合化されたものとなり、被ばく線量の算定なども複雑になります。

内部被ばくは食物連鎖によるもので、チェルノブイリでは、牛や馬などが汚染した牧草を食べ、これから取られたミルクを子供が飲んで、ヨウ素131を取り込み、甲状腺が内部被ばくした経路が主要なものです。

外部被ばくはセシウム137やヨウ素131が空気中の粒子にくっついて浮遊する（プルーム）間にガンマ線を出し続け、これが人体に照射されます。

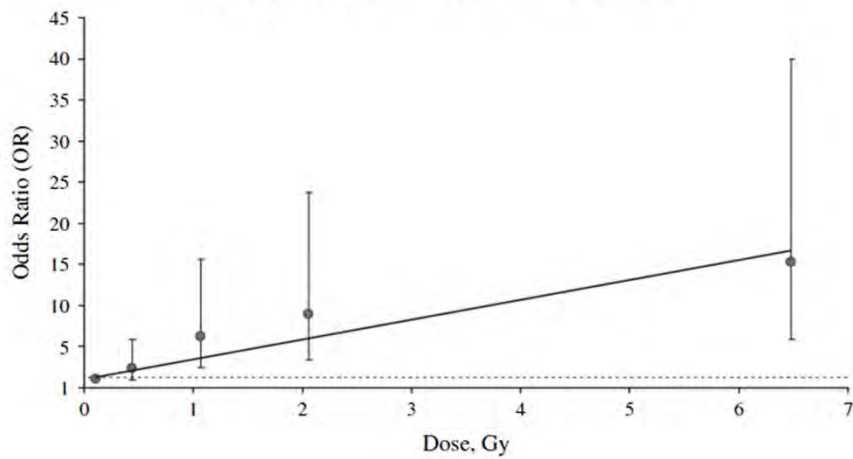
食物連鎖は川や海の魚まで達します。



チェルノブイリでは、1986年の事故後3年後頃から、黒の菱形で示すように甲状腺がんがではじめています。25年間で7,000例の発症が確認されています。安定ヨウ素剤を投与されたポーランドでは甲状腺がんは全く出ませんでした。ソビエト政府は放射性ヨウ素が放出された事実を隠したため、防止できませんでした。これは人災です。

また子供たちが成長して、思春期になっても（赤）、また成人になっても（青）発症が続いており、原爆と同様生涯持続性の可能性があります。

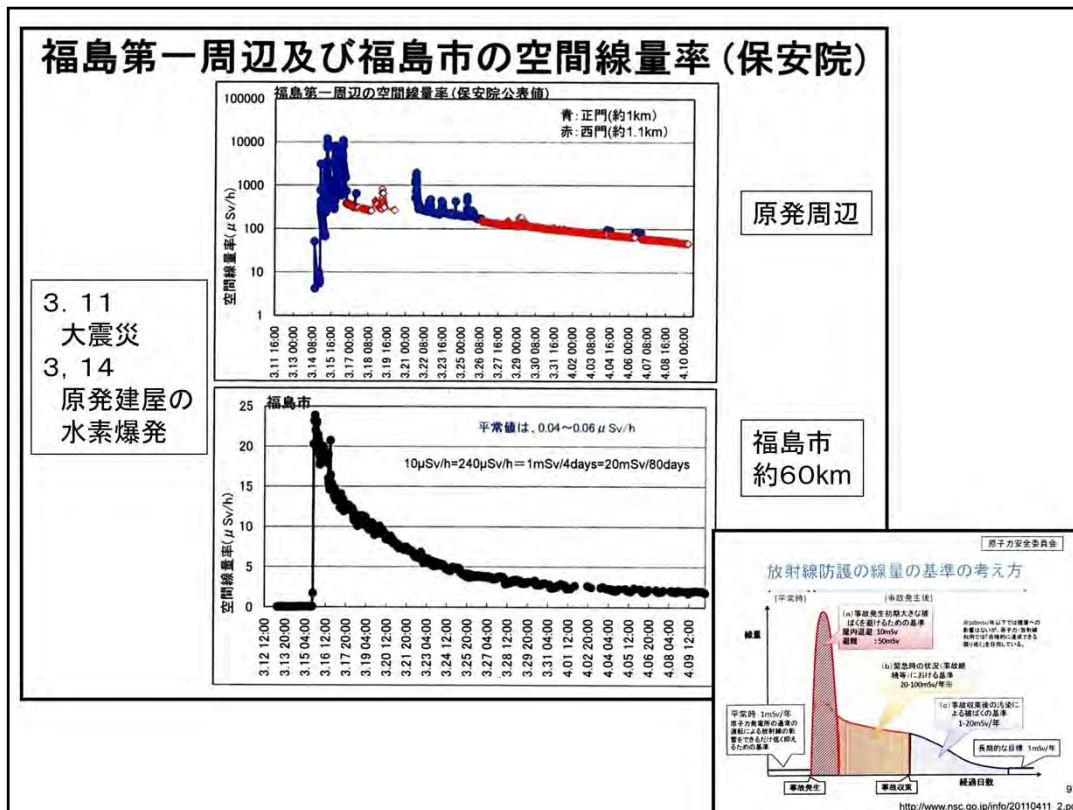
Prevalent thyroid cancer in Ukraine Tronko et al. 2006



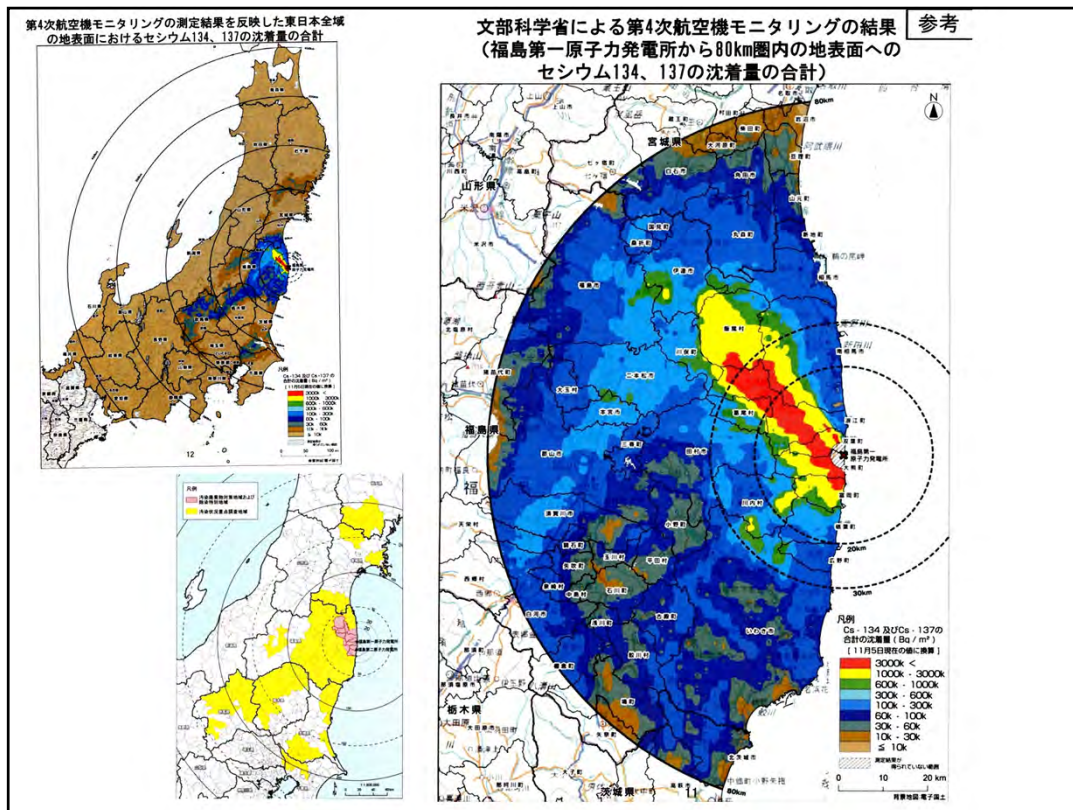
線量が算定された例は少ないのですが、かろうじて得られた線量反応は、原爆で見られたグラフに近似しています。



いよいよ福島第一原発事故です。これは極めて大規模な低線量被ばく事例となりました。



事故直後数週間の原発付近と60km離れた福島市における空中線量のグラフですが、幸い原子力安全委員会がマニュアルで示しているのと同じように、収束傾向を認めます。しかし広範囲の土壌汚染があり、セシウムの半減期の30年を考えると、今後も長期間続きます。



みなさんご存知のように原爆の同心円とは全く異なる楕円形のラグビーボール状の線量分布となっています。



3月28日
福島市内
の田畑



日赤福島県支部のすぐ近くの農地です。セシウムは土壌の表層部に固着して、なかなか除染は困難です。野菜の葉っぱに付いたものは比較的よく洗い流すことができます。

福島医大における住民・傷病者対応



日本赤十字社
福島県支部
放射線対策室

福島医大被ばく医療センター提供

下は、日赤福島県支部放射線対策室で、私も放射線アドバイザーして3月末に約1週間勤務しました。救護活動に入る全要員に個人線量計を携帯してもらい、全被ばく線量を日々記録して、労務管理を徹底しました。

上は住民の原発従業員の下肢の皮膚の放射線汚染の治療と被ばくスクリーニングの状況です。

避難住民に対する放射線スクリーニング



スクリーニング人数	100,000cpm 以上の人数
206,825人	102人

福島県立医大を中心に行われたスクリーニングで、20万人中、100,000 c p m以上の汚染を示した人は102人でした。幸い、被ばく線量が少ないことを示唆していました。

100,000cpmはどの程度危険なのか？

100,000 cpm (1 μ Sv/h at 10 cm) の表面汚染を伴う
傷病者の医療行為を行うと仮定する

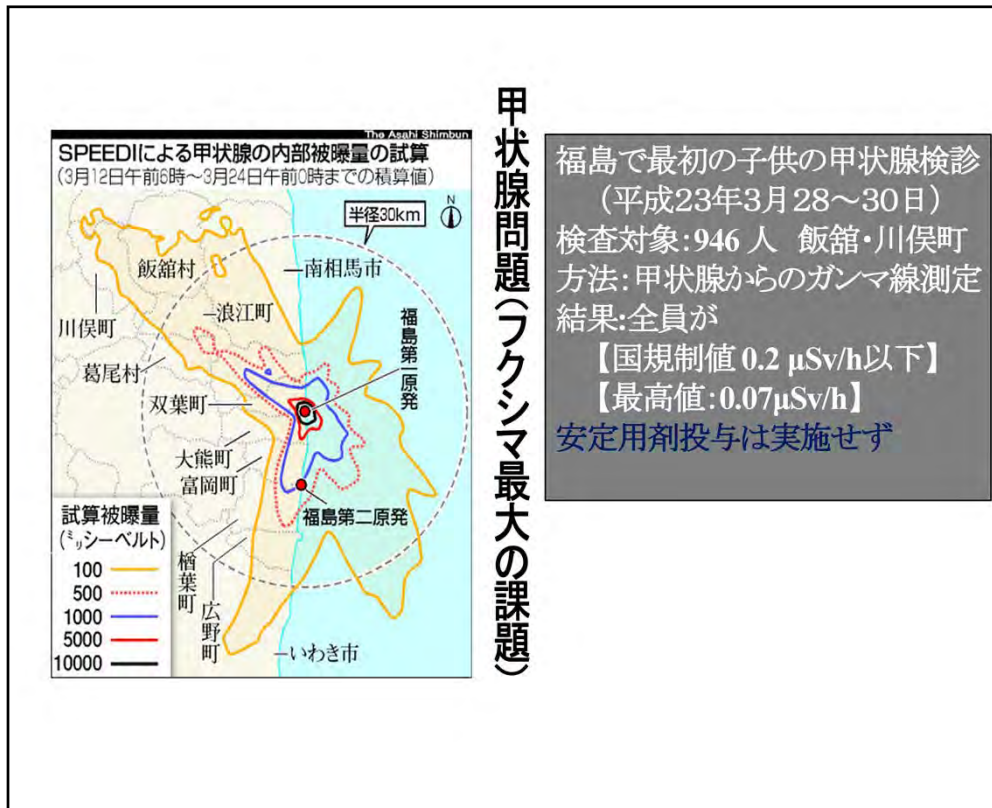
10cmの距離	: 1時間処置	: 1 μ Sv
40cmの距離	: 1時間処置	: 0.0625 μ Sv
100cmの距離	: 1時間処置	: 0.01 μ Sv

核種や汚染状況で差はあるが、おおよそ上記の
2次被ばくを受ける

100,000 cpmは、そこで1時間作業をすると、ここに示すような被ばく線量を受けることになります。



避難してきた住民の救護活動に出発する前に、放射線についてのブリーフィングを行い、線量計の取り扱い方法と、較正を実施して、救護班を送りだしました。このシステムは大きな安心を与えたと思います。



平成23年3月28日～30日の早い時点で行われた甲状腺の検診の結果です。幸いチェルノブイリの子供たちとは異なり、ヨウ素131による内部被ばくは国の規制値を下回っていました。その結果、安定ヨウ素剤の服用の指示も出されていません。

安定ヨウ素剤の投与について

- **3月16日**に原子力災害対策現地本部から「避難区域(20km)からの避難時における安定ヨウ素剤投与の指示」。
- **3月21日**に原子力災害対策現地本部から「安定ヨウ素剤の服用は、本部の指示を受け、医療関係者の立ち会いのもとで服用するものであり、個人の判断で服用しない」旨の指示。



被ばく開始から24時間以内に、安定ヨウ素剤を服用すると体内に入ってきたヨウ素131を甲状腺に取り込まないで済みます。チェルノブイリではポーランドが大規模投与を実施し、一人の甲状腺がんも出さないで済んでいます。

長崎大学ホールボディカウンター(WBC)



鉄室
壁厚鉄20cm、
鉛3mm、プラスチック5mm



NaI(Tl) シンレーション検出器

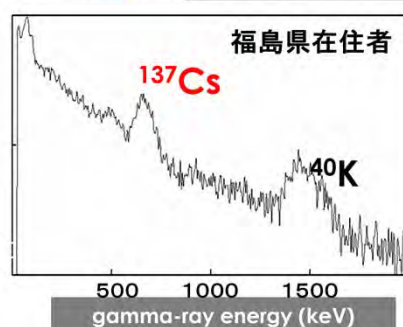
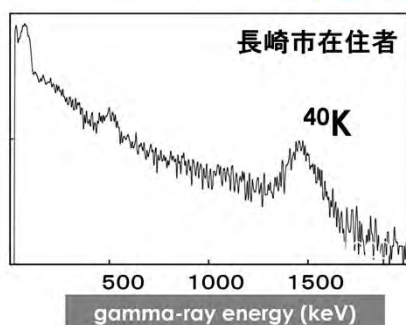
直径8インチ×厚さ4インチ、

上下一対

光電子増倍管

直径3インチ×8本

長崎大学のドクター
のべ150名のうち
80%がCs137 ピーク
確認、ただしK40ピーク
より低い

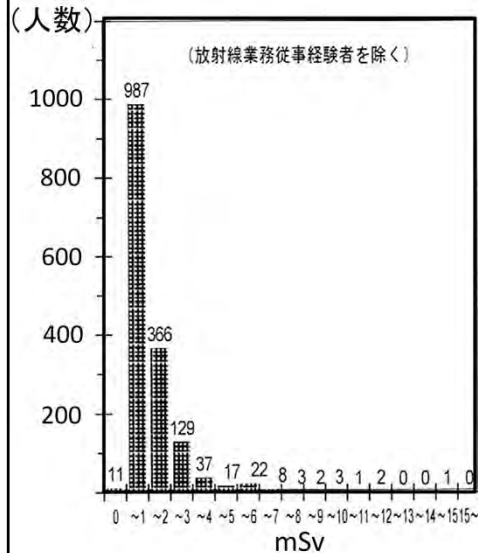


同センター提供

右のデータのようにセシウムが体内に入った場合、どのような内部被ばくが生じるかまだ不明の部分がありますが、チェルノブイリの事例でもヨウ素131による甲状腺がんのような明確な固形がんの誘発事例は明らかになっていません。

外部被ばく線量推計値

線量別分布



対象: 浪江町、飯館村、

川俣町山木屋地区の 1,589 人

方法: 放医研の

「外部被ばく線量評価システム」

期間: 7月11日までの4ヶ月間

結果: 最高値 14.5mSv

97.4%が5mSv以下

平成24年2月20日発表(福島県)

浪江・川俣・飯館3町10,000人対象

最初の4ヶ月間の積算線量(行動記録に基づく線量計算による)

1 mSv未満 5636人(57.8%)

1~10 mSv未満 4040人(41.4%)

10 mSv以上 71人

うち20mSv以上 2人(最大23mSv)

行動記録の回収率 52.1%

(福島県全体では21%にとどまる)

福島県では現在住民の協力を得て個人線量の推定が行われています、行動記録と食物摂取状況などから、外部被ばく線量と内部被ばく線量の計算を行っています。事故後の初期の毎日の記憶が定かではない住民が多く難航しているといわれます。

チェルノブイリと福島と比較

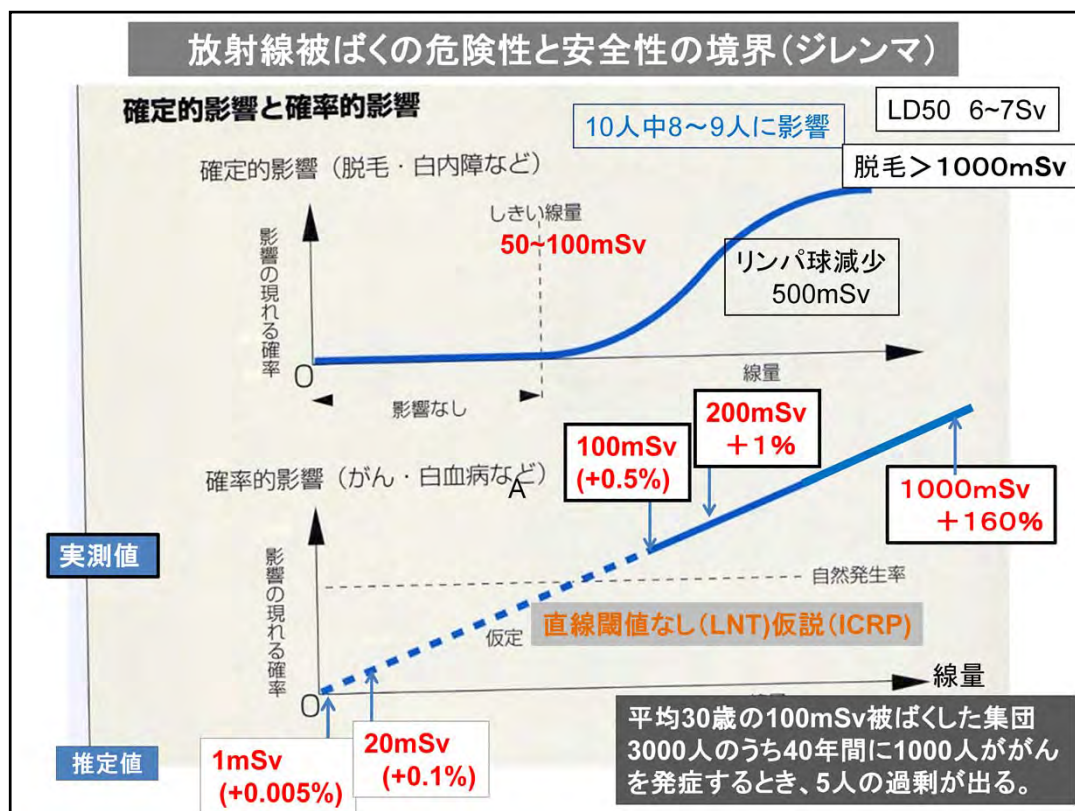
	チェルノブイリ	福島
原発作業員		
急性放射線症候群	134名	0名
死者	28名	0名
最大被ばく線量	13,700 mSv(外)	670 mSv(外+内)
平均被ばく線量	100 mSv (60-80万人)	9.7 mSv (3500人)
住民		
小児甲状腺がん	6000名以上発生	?
白血病	住民に有意な増加なし	?

UNSCEAR 報告書 他

これまでのところでチェルノブイリと福島と比較をすると、原発作業員では、ARSは134名対ゼロ、死亡は28名対ゼロ、最大線量も大きな差があり、平均被ばく線量も10分の1以下です。

住民においては、今後の経過を見ないと分かりませんが、小児甲状腺がんもほとんど出ないものと思われます。

白血病はチェルノブイリでも出ていません。このように原発事故の2つの事例は、原爆とは相当異なります。



ここで、線量と人体障害の関係についてまとめます。

すでに述べたように一定の閾値以上で発生率が上がる急性障害と、閾値がはっきりしない白血病やがんの場合があります。

とくに後者の場合、白血病の200mSv、がんの100mSv 以下の被ばく線量をどのように考えるか？という問題です。

放射線はどこまで微量でも危険という、下段のように直線を延長させる(点線部分)考え方があります。しかし実際問題としては、この被ばく線量領域では、すでに述べたように、白血病やがんの過剰な発生を証明することは不可能です。

このため放射線防護の観点からは、この直線仮説に準拠しながら、守るべき年間被ばく線量を十分に低い1mSv以下にしましょうという、国際放射線防護委員会(ICRP)の提案に沿って、我が国でも規制が法制化されています。原発の従業員など放射線業務に携わる人の基準は50mSv等にあげられています。今の福島原発では250mSvまで引き上げられましたので、0.5%の過剰な発生に気をつけるべき線量になってきています。

現在の福島市の空中線量は、3~4 μ Sv/hですから、発がんの観点からは、100~200mSvを超えるレベルまでには、計算上、相当な時間かかることがわかります。

緊急被ばく医療の準備と実際

作成者

元 長崎大学病院国際ヒバクシャ医療センター 副センター長

現 福島県立医科大学放射線災害医療センター 部長

大津留 晶 先生



福島県立医大に異動して現在住民の健康管理を行っている大津留晶先生は緊急被ばく医療の専門家ですが、この資料は、今回の研修会のために、特別に提供いただいたものです。

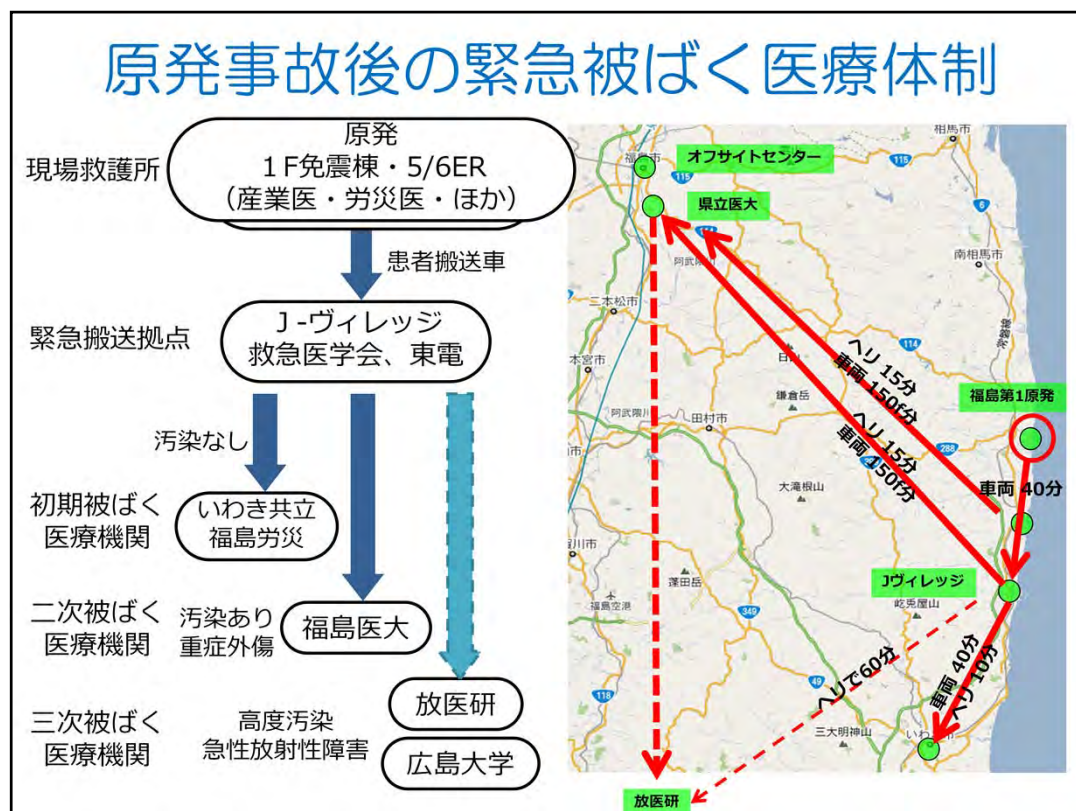
福島県の緊急被ばく医療体制

道府県	原発	初期被ばく医療機関 ★	二次被ばく医療機関 ★	三次被ばく医療機関 ★
福島県	福島第一 福島第二	福島県立大野病院 双葉厚生病院 今村病院 福島労災病院 南相馬市立総合病院	福島県立医科大学医学部附属病院	放射線医学総合研究所



日本全体と福島県内における緊急被ばく医療の体制を示しています。日本全体を東西の2地区に分け、東を、千葉の放射線医学総合研究所、西を、広島大学原爆医科学研究所が3次医療機関として統括するようになっています。長崎原爆病院は長崎大学原爆後障害研究施設とともに二次医療機関として広島大学を補佐する体制となっています。

現在福島県立医大の緊急被ばく医療の医療体制は、広島大学と長崎大学から異動した教員と福島医大の教員との合同体制で推進されています。



福島県内の病院の役割分担を示した図です。

赤十字が今後、災害救護の中で、緊急被ばく医療においてどのような役割を担うかについては、現在種々の検討がなされていると聞いています。



福島医大での緊急被ばく医療体制の各施設を示したものです。

福島医大病院における緊急被ばく医療

地震と津波、退避により5つの初期被ばく医療機関はすべて機能停止の状態であった。



放射線汚染傷病者の治療



シミュレーション



オフサイトセンターとのテレビ会議



福島医科大学緊急被ばく医療棟

スクリーニング、検診、皮膚汚染の治療、カンファランスのスナップ写真です。

緊急被ばく医療と一般救急医療との相違点

(1) 汚染管理及び放射線防御の必要性

- ① 医療・搬送関係者の被ばく線量の低減化を図るとともに、汚染の拡大防止の対策
- ② 関係者の被ばく線量の管理
- ③ 汚染のある場合の除染と、その確認
- ④ 除染に使用した資機材や汚染が確認されたものの保管と引渡し

(2) 内部被ばくの治療と放射性物質による汚染創傷部位処置

(3) 被ばく線量推定手段とそれに基づいた治療方針策定

(4) 放射線管理要員の協力

放射線被ばくの緊急医療と一般の救急医療の違いをまとめたものです。この違いの理解は極めて重要なものです。

緊急被ばく医療におけるバランス感覚



放射線被ばく者が同時に外傷を負っていたり、内科疾患を持っていたり、いろいろなケースが出てきますので、どちらの治療を優先するのか、バランスを常に考えなければなりません。もちろん救命が最優先されますので、除染などが後回しになる場合もあります。

今度の場合、種々の疾患を持つ高齢者が被ばくを避けるようにという指示のため、長距離の無理な移動を強いられ、死亡する事例が少なからず出ました。これはこのバランスの判断において問題が生じたと言えます。

今回の福島原発事故の特徴

- 緊急炉心停止には成功したが、メルトダウンと水素爆発により、レベル7の大事故。
- 健康リスク環境汚染核種は、I-131, Cs-134, 137が主体、Sr, Puは非常に低いレベル。
- 食品・水の汚染検査、出荷制限などにより、内部被ばくは十分低減されている（現在、空気や水は心配いらない、I-131 も検出せず）。
- 事故前と比べると空間線量率の高い地域はあり、外部＋内部被ばく線量が1mSvを越えることはあるが、大多数ではよく低減されている。

福島事故の要約ですが、結論として大規模の低線量被ばくであると言えます。

この低線量の人体影響を予測することは現時点では困難ですが、原爆の事例、チェルノブイリの甲状腺事例等に鑑みると、影響はあっても最小限のものであり、その影響の検出もなかなか困難であろうと予測されます。一方住民の一部には心配や不安を持つ方々が少なからずおられる状況も考える必要があります。このような方々には定期的な検診をお勧めして、安心の継続をはかり、生活の安寧を早期に取り戻さなければなりません。

傷病者の搬送

情報の収集(原子力・放射線災害の場合)

必要な情報

- ・ いつ、どこで、何が起こった？
- ・ 患者(傷病者)の数、症状、重症度は？
- ・ 病院到着予定時刻は？
- ・ 被ばく・汚染の有無、部位、程度は？
- ・ 原因となった核種は？
- ・ 患者(傷病者)のおおよその被ばく線量は？

情報の収集

原子力災害・放射線災害の場合、次のような情報を得る必要があります。

- ①いつ、どこで、何が起こったのか？
- ②患者さん(傷病者)の数、症状、重症度
- ③被ばくと汚染の有無、汚染有りの場合は、脱衣の有無、除染の有無、汚染の部位と程度？
- ④被ばくと汚染の原因と考えられる放射性核種？
- ⑤被ばくの程度、おおよその被ばく線量？
- ⑥病院到着予定時刻？

まず、医療機関が患者さん(傷病者)の受け入れ準備を行う際には、患者さん(傷病者)に放射性物質による汚染の可能性があるか否かという情報を得る必要があります。特に、事故初期では情報が乏しかったり、不正確であることは珍しくありません。線源が放射性物質である場合は、汚染の可能性があると考えて受け入れ準備を行うべきです。

二次汚染の防止



救急自動車の養生



ストレッチャーの養生

二次汚染の防止

◆救急自動車の養生

- ①車内にある備品等で移動可能なものおよび不要なものをいったん車外におろす。
- ②床を養生する（汚染防止措置）。床全体を滑り止め加工を施した強度のある酢酸ビニールシート等で覆う。
- ③次に車内の側面（サイドドア）および後方（バックドア）、前方をエプロンシートで養生する。
- ④車内で使用する備品等は露出させ、薄いビニールシート等で養生する。使用するときビニールをカッターナイフ等で切り開く。

◆ストレッチャーの養生

- ①ストレッチャーには、酢酸ビニールシート等を敷き、濾紙シートも併せて使用します。
- ②また、傷病者を包むためのディスポシート等を敷いておきます。
- ②養生に際しては、ストレッチャーの昇降機能および傷病者の固定機能を損なわないように留意します。
- ③バックボードを使用する場合は、濾紙シートを用いて養生を行います。その際、ベルト固定穴等は空けておきます。

傷病者からの汚染拡大防止



汚染傷病者搬送用シート
材質:プロポアファブリック
(ポリプロピレン)



汚染防止装備

傷病者からの汚染拡大防止

◆救急隊員は、スタンダードプレコーションの服装（上下）を基本とし、染拡大防止、放射線防護の観点から必要な装備を追加します。

- ①感染防護衣（上下）を着装します。
- ②シューズカバーを着装します。
- ③（放射線管理要員の管理の下）個人線量計を着装します。（原則として、男性：胸部、女性：腹部）
- ④帽子（ヘルメット）、マスク、ゴーグルを着装します。
- ⑤手術用ゴム手袋の上にプラスチック手袋をはめます。

◆汚染を伴う傷病者を直接処置に当たる者と、その他の者に区別します。

◆搬送終了後、汚染検査を受け、汚染がないことが確認されるまで、飲食、喫煙は避けましょう。

汚染傷病者搬送用シート（パッケージ）

- ①シュラフ状で、傷病者をすっぽり包み込む形になっています。1枚3万円程度です。材質は、プロポアファブリック（ポリプロピレン）です。
- ②身体全体を包み込むことにより、移送中に放射性物質による汚染が外部に飛散しないようにすることができます。
- ③このシートを使用する場合には、救急車内やヘリコプター内のビニールシートによる養生を省略することが出来て、とても簡便です。

医療機関での準備と処置

患者到着前の準備

- 情報の収集
- 緊急被ばく医療チームの招集
- 資機材の点検と準備
- 患者の動線、治療区域の確保・準備
- 院長や事務に連絡

患者到着前の準備

まず、医療機関が患者さん（傷病者）の受け入れ準備を行う際には、患者さん（傷病者）に放射性物質による汚染の可能性があるか否かという情報を得る必要があります。特に、事故初期では情報が乏しかったり、不正確であることは珍しくありません。線源が放射性物質である場合は、汚染の可能性があると考えて受け入れ準備を行うべきです。

①情報の収集

第一報では、少なくとも、いつ、どこで、何が起こったか、放射性物質による汚染や被ばくの有無、放射線管理要員の同行の有無？は入手すべき情報です。なお、情報収集にあたっては、予め関係機関共通の情報連絡様式を定めておくとい良いでしょう。

②緊急被ばく医療チームの招集

③患者動線、治療区域の確保・準備

④資機材の点検と準備

医療機関では、通常の医療処置に使用している機材に加え、放射線測定器（GMサーベイメータや個人線量計）、汚染拡大防止用の資機材（養生シート）および除染用の資機材が必要となります。

⑤院長や事務に連絡

緊急被ばく医療チームの構成

汚染作業区域内

チームリーダー医師、診療協力医師
看護師（医師の介助、患者の看護）
診療放射線技師（汚染の管理と測定）



汚染作業区域外で臨時の管理区域内

看護師（いわゆる外回り、記録）
診療放射線技師（汚染の管理と測定）



複数の事務職員（養生の手伝い、連絡等）

緊急被ばく医療チームの構成

1. 汚染管理区域内／除染チーム

- ①チームリーダーは、処置室における医療全体を統括し、優先順位に従い、処置に必要な全ての作業手順に関する指示を出します。
- ②診療協力医師は、基本的には救急医または外科医が担当し、チームリーダー、看護師の介助により、救命救急処置、除染処置、外科的処置等を行います。
- ③看護師は、処置を行う医師を介助し、患者さん（傷病者）を看護します。
- ④診療放射線技師は、患者の汚染測定、汚染作業区域内での汚染管理を行います。

2. 汚染管理区域外／支援チーム

- ①看護師は、いわゆる外回り、機材・薬品を手渡す機材出し、記録（汚染測定結果、医学的な記録）、機材出しの補助を行います。
- ②診療放射線技師または放射線管理要員は、「臨時の汚染管理区域」における汚染拡大防止のための汚染管理、処置作業を行った除染チームの汚染検査を行います。また、X線撮影が必要となる場合には、ポータブル撮影の準備および撮影を行います。

3. 複数の事務職員

養生の手伝い、事故に関する放射線学的情報を収集・伝達、人員・資機材の調整や調達を行います。

準備する資機材(線量測定)

- 放射線測定器、個人線量計
(再処理施設近隣の医療施設では
アルファ線用測定器が必要です。)
- 鼻腔スメア、口腔スメア採取のための綿棒
- 採血のための注射器、針、検体容器など
- 保管容器(スメア、嘔吐物、便、尿、洗浄液)
- ビニール袋に名前、採取・保管時刻を記載する油性マジック数本



線量測定用の資機材

- ①放射線測定器、個人線量計
→汚染検査用のGMサーベイメータ、警報(アラーム)付き個人線量計
- ②鼻腔スメア、口腔スメア採取のための綿棒
→体内汚染の疑いを後で評価するため
- ③採血のための注射器、針、検体容器など
- ④保管容器(スメア、嘔吐物、便、尿、洗浄液)
- ⑤ビニール袋に名前、採取・保管時刻を記載する油性マジック数本

準備する資機材(除染)

- ベッドに敷くシーツ数枚
- 除染部周囲を覆うためのデッキシート、固定用テープ
- 除染液の飛散を防ぐための紙おむつ(パッド)
- 残存汚染部を覆うテガダーム
- ウエットティッシュ、濡れタオル、
洗淨水、洗眼器、膿盆
- 中性洗剤、オレンジオイル、
生理食塩水、洗淨用注射器、三方活栓、延長チューブ
- デブリードマンのための医療材料



除染用の資機材

- ①ベッドに敷くシーツ数枚
- ②除染部周囲を覆うためのデッキシート、固定用テープ
- ③除染液の飛散を防ぐための紙おむつ(パッド)
- ④残存汚染部を覆うテガダーム
- ⑤ウエットティッシュ、濡れタオル、
- ⑥洗淨水、洗眼器、膿盆
- ⑦中性洗剤、オレンジオイル、生理食塩水、洗淨用注射器、三方活栓、延長チューブ
- ⑧デブリードマンのための医療材料

準備する資機材(汚染拡大防止)

- 処置室内の床や機器を養生するビニールシート
- 除染時に着用する个人防护衣
手術着、マスク、帽子、ゴーグル、手袋、長靴
- 治療／除染区域を分けるバリケード用テープ



エステクトシート



ポリエチレン濾紙シート



汚染拡大防止用の資機材

1. 処置室内の床や機器を養生するビニールシート

①エステクトシート：養生用ロールシート

→酢酸ビニールシートで、焼却が可能です。

②ポリエチレン濾紙シート

→片面が濾紙、もう片面がポリエチレン加工されており、水分が浸透しません。

2. 除染時に着用する个人防护衣

①手術着、マスク、帽子、ゴーグル、手袋、長靴

②医療スタッフは、汚染防護のため、撥水性の手術着や手術用の帽子、マスク、ゴム手袋(二重装着)等を装着します。

3. 治療／除染区域を区別するバリケード用テープ

患者の動線と治療区域の確保

患者の動線

- 可能であれば、一般患者の入口とは別の入口から搬入する。
- 患者の搬送経路の床を養生する。

治療区域

- 不必要な機器は、治療区域から運び出す。
- ロープ等を張って、一時的に管理する区域を設定する。
- 床面等を養生する。

患者の動線・治療区域の確保

1. 患者の動線

- ①可能であれば、一般患者の入口とは別の入口から搬入します。
- ②患者の搬送経路の床を養生します。

2. 治療区域

- ①不必要な機器は、治療区域から運び出します。なお、処置室内の動かせない機器、例えば電話、血圧計、点滴台などは薄いビニールシートでカバーします。
- ②ロープ等を張って、一時的に汚染を管理する区域を設定します。
- ③床面等を養生します。

治療区域の養生①



床の養生



汚染管理区域の設定

治療区域の養生①

1. 床の養生

①処置室内を「臨時に汚染を管理する区域」に設定し、酢酸ビニールシートで床を養生します。

②さらに、「臨時に汚染を管理する区域」内のストレッチャー3～4台分の広さを「汚染作業区域」に設定し、濾紙シートで養生し、周りをR1テープで固定します。

2. 汚染管理区域の設定

①処置室内を臨時の汚染管理区域として取扱い、人や物品の出入りを必要最小限に制限します。特に人の退出に関しては、原則として患者さん（傷病者）の退室が終了するまで、処置室から退出することを制限します。

②人や物品が処置室から出る場合は、GMサーベイメータ等を使って汚染検査を行い、汚染がある人は除染します。汚染がある物品はビニール袋等に入れて出します。

③処置室の入口には、トラロープ等を張り、人や物品の出入りを管理する係と汚染検査を行う係の2人を配置します。

治療区域の養生②



ストレッチャーの養生

治療区域の養生②

ストレッチャーの養生

- ①ストレッチャーをビニールシート等で養生し、その上に滅菌済ディスポシートを敷きます。
- ②なお、ストレッチャーには適宜取り替えられるようシートを複数枚敷いておきます。

緊急被ばく医療の原則

- まず生命を脅かすものを最優先して治療する。
- 自らを守る(個人防護衣、個人線量計)
- 放射能を測定する(汚染の有無、その程度)。
- 線量測定、核種の同定等のためにサンプルを採取する。
(口、鼻、傷、皮膚など)
- 放射性物質による汚染の拡大を防止する。
- 除染をする。
 - － **脱衣**により体表面汚染の大半が除染される。
⇒事故現場で行われることが原則
 - － 創傷汚染の除染は、医療機関で行う。
- 上記と並行して、通常の診断・治療を行う。

緊急被ばく医療の原則

- ①まず生命を脅かすものを最優先して治療を行います。
- ②放射能を測定し、汚染の有無や程度を把握します。
- ③線量測定、核種の同定等のためにサンプル(口、鼻、傷、皮膚など)を採取します。
- ④放射性物質による汚染の拡大を防止します。
- ⑤自らを守るため、個人防護衣を着用し、個人線量計を装着します。
- ⑥汚染部位の除染を行います。
 - ・脱衣により体表面汚染の大半が除染されます。⇒原則、出来る限り、事故現場で行います。
 - ・創傷汚染の除染は、医療機関で行います。
- ⑦根本的治療を行います。

緊急被ばく医療の原則

除染の目的

- 患者の放射線皮膚障害のリスクの軽減
- 内部汚染のリスクの軽減
- 医療従事者や環境への汚染拡大の防止

除染の方法

- **数人の場合**
基本は**拭き取り**です。
創傷部は、**洗浄**します。
- 多数傷病者発生時
シャワー



緊急被ばく医療の原則

1. 除染の目的

- ①患者の更なる放射線皮膚障害のリスクを軽減することです。
- ②患者さん（傷病者）の体内（内部）汚染のリスクを軽減することです。
- ③医療スタッフや環境への汚染拡大を防止することです。

2. 除染の方法

- ①基本は、脱衣と汚染箇所の拭き取りです。
- ②また、創傷部位の除染は、滅菌生理食塩水等による洗浄が主となります。
- ③除染のために脱衣した衣服、使用したウェットティッシュ、ガーゼ、洗浄水は、散逸しないようポリバケツやビニール袋等に入れて保管します。

この目的は、汚染拡大防止と線量評価や核種同定の重要な試料として用いるためです。

- ④残存汚染がある場合は、テガダーム等で汚染部位を覆い、拡散を防止します。

■健常皮膚の場合

- ①湿らせたガーゼ等で拭き取ります。
- ②汚染が残存する場合は、中性洗剤やオレンジオイル等を使用して拭き取ります。
- ③汚染レベルが下がらなくなったら、除染を中止します。

脱衣と放射線サーベイ

- 全身のサーベイ
- サンプルの採取
(鼻、口、創部、汚染部)
→ビニール袋に入れて
名前を記載すること



脱衣

- ①患者さん（傷病者）が脱衣されていない場合は、可能な限り処置室内に収容する前に脱衣を行うことが重要です。
- ②脱衣の際は、患者さん（傷病者）の容体に注意を払うことに加え、プライバシーに配慮しましょう。

全身のサーベイ

- ①全裸にした状態（体の一部を看護師がタオルで覆う）で全身の汚染検査を行います。
- ②背部も含めて全身を隈なく表面汚染検査を行います。

サンプルの採取

- ①生理食塩水で濡らした綿棒で口角、鼻腔のスメアを採取します。
- ②綿棒は、汚染作業区域外の看護師が持つスピッツやビニール袋に入れます。

創傷部の除染

- 温生食水で洗浄するのが原則
(熱すぎず冷たすぎず)
- 洗浄水(生食)を飛び散らせない
- 1回洗浄毎に手袋を交換する
- 洗浄水を貯めておく
- 紙おむつを敷いておくと便利



◆創傷汚染

①創傷汚染は、体表面汚染の中の特殊なものであり、文字通り皮膚等の傷口に放射性物質が付着して汚染された状態をいいます。

②創傷汚染の問題点は、創傷部に付着した放射性物質が創傷部に開口している毛細血管等から体内に入り体内汚染を生じ、さらには内部被ばくの原因となる点です。このため、放射性物質が体内に入ることを阻止する目的で、体表面汚染の中でも創傷汚染を別立てしています。

◆創傷部の除染

①原則、生理食塩水で洗浄します。(熱すぎず冷たすぎず)

②洗浄の際には、清潔なガーゼや綿球で軽く拭き取ることも可能です。

③創傷汚染から放射性物質を完全に除去することは不可能ですが、軽度の汚染が残存しても、後に浸出液や痂皮とともに自然に脱落していきます。

④洗浄水(生食)を飛び散らせないように注意します。紙おむつを敷いておくと便利です。

きれいに拭き取って再検査



きれいに拭き取って再検査

- ①除染後、GMサーベイメータで検査して除染の効果を確認します。
- ②残存汚染がある場合は、中性洗剤やオレンジオイルを使用して除染をします。
- ③それでも汚染が残っている場合は、創部に固着しているものとして除染をいったん終了します。
- ④皮膚に固着した汚染は、表皮の脱落とともに除染されることになりますので、残存汚染部位をガーゼ、テガダームで覆い、テープで固定します。

除染後の全身のサーベイ



除染後の全身のサーベイ

- ①患者さん（傷病者）全身のサーベイを行い、汚染のないことを確認します。
- ②輸液セットやドレーン等医療器具、患者さん（傷病者）の下に敷いているシートもサーベイし、汚染がないことを確認します。
- ③汚染があれば交換し、再度サーベイを行います。

臨時の管理区域から退出する時の注意

- 患者の退出時 → 再度サーベイ
- 医療者の退出時 → 脱衣&サーベイ



臨時の管理区域から退出する時の注意

1. 患者の退出時 → 再度サーベイ

- ①患者さん（傷病者）のストレッチャーの上に敷いてあったシート類をシート交換の要領で交換します。その際、患者の背部の汚染検査を行います。
- ②再度、患者さん（傷病者）の体表面の汚染検査をサーベイメータにて慎重に行います。
- ③別のストレッチャーに滅菌済ディスポシート、サージカルドレープ（大）を敷いておく。患者をこのストレッチャーに移します。
- ④患者さん（傷病者）を移したストレッチャーの車輪等の汚染検査を行います。
- ⑤患者さん（傷病者）を処置室から手術室へ搬出します。

2. 医療者の退出時 → サーベイ

- ①医療スタッフは手術着を脱いで、汚染検査を受け、汚染のないことを確認します。
- ②処置室内のサーベイを行い、汚染がないことを確認します。

後処理

- 放射性廃棄物等の処理
- 治療室／除染室のサーベイ
- 原状復帰の確認
- 患者と災害対応関係者の心のケアへの早期からの配慮



後処理

被ばく、汚染した患者さん（傷病者）の処置を行った医療機関や搬送を行った搬送機関については、患者さん（傷病者）の様態、汚染状況、治療経過ならびに処置後の安全等を確認し、公表する必要があります。

①放射性廃棄物等の処理

→放射線管理要員に処理を依頼しましょう。

②治療室／除染室のサーベイ

→汚染検査を行います。

③原状復帰の確認

→風評被害の防止の観点から、とても重要です。汚染検査の結果、汚染がない場合には、第三者公的機関により元の状態に復帰し、安全であることを公表してもらいましょう。

④患者のこころのケアへの早期からの配慮

→患者の不安を取り除くよう、早い段階から配慮しましょう。

謝辞

緊急被ばく医療の資料を御提供いただいた
福島県立医大 大津留 晶 教授に深謝します。