

日本放射線事故・災害医学会雑誌

*Journal of Japanese Association  
for Radiation  
Accident/Disaster Medicine*

Vol.3  
No.1  
2017





## 巻頭言

日本放射線事故・災害医学会雑誌 JJARADM 第3巻1号をお届けいたします。

1997年8月に発足した放射線事故医療研究会から日本放射線事故・災害医学会へと発展し、早3年余の月日が流れました。2011年に起きた東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故を契機に、2015年8月には原子力規制庁により新たな原子力災害医療体制が構築され、国レベルの高度被ばく医療支援センター及び原子力災害医療・総合支援センターの指定が行われました。これに伴い、原子炉施設等立地道府県、及びその他重点区域内の道府県(立地道府県等)は、原子力災害拠点病院の指定並びに原子力災害医療協力機関の登録に着手しています。まだ全ての立地道府県等でこの体制が整ったわけではありませんが、幸いにして今日現在に至るまでこの新体制が動くほどの事故は起きていません。早いもので来年には、「3年毎に施設要件の見直しを検討する」年となります。

さて、放射線による被ばく事故は稀とは言われていますが、世界中を見渡すと年に一件くらいの頻度で起きています。ここ数年では、2011年9月12日に米国テキサス州の南東部に位置するラバカ郡(Lavaca)で、放射線技師の訓練生が線源に触れ、第一から三指に20-30 Svの被ばくをするという事故がありましたが、幸いにして全身の被ばく線量は14 mSvと大きくはありませんでした。また2013年12月2日、メキシコ市近郊テポハコ(Tepojaco)で、メキシコ北部の都市ティファナ(Tijuana)の病院から搬送中の<sup>60</sup>Co(約3,000 Ci)の医療用線源を積んだトラックが強奪され、2日後に市の近郊の畑に捨てられているのが発見されています。国際原子力機関IAEAによれば、一般の方1名が肩に皮膚障害を起し、その他60-70名が検査を受けた、と報告されています。

国内を振り返ると、今年6月6日に日本原子力研究開発機構(JAEA)大洗研究開発センター燃料研究棟において発生した汚染及び内部被ばくについて触れざるを得ません。この事故は、プルトニウムやアメリカシウムによる体内汚染事故ですが、「原子力災害対策特別措置法」及び「武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律」(国民保護法)に基づいたものではなく、また「国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構法」(個別法)に基づくものでもありません。量子科学技術研究開発機構(量研)の放射線医学総合研究所(放医研)が一医療機関として診断(線量評価)と治療(体内除染)を行ったものです。 $\alpha$ 核種の体内被ばくの線量評価には、専門性は言うまでもなく、時間とマンパワーが不可欠であることを改めて思い知らされました。一方、症状が現れない被ばくの場合、(線量)=(検査結果並びに診断)であり、発災事業者が、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき行う、原子力施設故障等報告書法令報告に記載する線量並びにその評価方法等は、個人情報として扱われるべきものである等戸惑うことも多くあり、当学会で議論させて頂きたいと思います。さらに小さな事象ですが、昨年9月に東京都にある業者でのX線発生装置による被ばくがありました。今年6月下旬には、愛知県のビル解体工事現場で、ウラン系列とトリウム系列の放射性核種を含む砂状のものが入った袋が複数あり、作業員がその周囲で作業し、袋を開け触ってしまった、という事例の相談がありました。幸い被ばくも汚染もないことが分かりましたが、これも被ばく医療の一端です。

当学会の活動に関して、御報告させて頂きます。第4回日本放射線事故・災害医学会年次学術集会の際に議論し、放射線事故および原子力災害時の医療について取りまとめた「日本放射線事故・災害医学会提言」を、2017年7月10日に原子力規制委員会に提出しました(<http://jaradm.org/teigen.html>)。この提言は、放射性同位元素使用施設等のあるすべての地域において、傷病者及び患者が一定以上の質の被ばく医療を受けられるように被ばく医療の体制を整備するべきであり、「緊急被ばく医療のあり方について」(原子力安全委員会)に代わるものを策定するべきであること、医療機関や医学、物理学、生物学などの教育機関、研究機関での被ばく医療の専門的教育・研修を充実させ、国、地方自治体、学会が高い意識を持ち、恒久的な人

材育成と人材確保を計画すべきであること、そして基礎研究の分野を含め、被ばく医療に関わる研究基盤を築くとともにその研究を推進すべきことを骨子としており、原子力規制委員会が積極的に取り組むことを期待しております。

当学会は、放射線事故と災害での医療について、学術的知見を共有し、より良い実現に向かって社会に対して提言を行い、また自らそれらを実践していくことを目指しています。これまでも、国内外の事故情報を公表非公表に関わらず、提供してきました。当JJARADM第3巻1号では、第3回学術集会（平成27年8月29日、福島県立医大）と第4回学術集会（平成28年9月10日、量研放医研）における資料、さらに我が国には数台しかないと言われている肺モニタの解説を掲載しました。皆様のご参考になれば幸いです。

最後になりましたが、今後とも日本放射線事故・災害医学会会員のみならず、会員以外の方にも積極的な投稿を期待しています。

平成29年9月

日本放射線事故・災害医学会  
代表理事 明石 眞言

## 目次

巻頭言.....	3
資料	
肺モニター：放医研の実例から.....	1
矢島 千秋	
論文紹介「Using Clinical Signs and Symptoms for Medical Management of Radiation Casualties – 2015 NATO Exercise」.....	5
国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 富永 隆子, 明石 真言	
第3回日本放射線事故・災害医学会 学術集会.....	7
シンポジウム「今後の放射線事故・災害対応—多機関連携のあり方—」	
I. 教育に関して.....	7
原子力安全研究協会 放射線災害医療研究所 山本 尚幸	
II. 初期被ばく医療機関として.....	7
市立八幡浜総合病院麻酔科・救急部 越智 元郎	
III. 二次被ばく医療機関として.....	8
福井大学 大学院地域医療高度化教育研究センター 小淵 岳恒	
IV. 福島第一原発事故における中央特殊武器防護隊の活動.....	9
福島県危機管理部災害対策課 防災専門監 元中央特殊武器防護隊副隊長 渡邊 勲	
V. 高度被ばく医療支援センター.....	9
放射線医学総合研究所 明石 真言	
VI. 原子力施設内での緊急作業中の医療体制の整備について.....	10
厚生労働省安全衛生部 安井 省侍郎	
第4回日本放射線事故・災害医学会 学術集会.....	12
教育講演「内部被ばく線量評価の考え方と実際」.....	12
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所 栗原 治	

特別講演「国際大型イベントの危機管理」.....	22
横浜国立大学大学院 環境情報研究院 リスク共生社会創造センター 野口 和彦	
シンポジウム1「新たな被ばく医療体制における関係機関の連携」.....	26
I. 長崎大学における高度被ばく医療センターの活動と課題.....	26
長崎大学原爆後障害医療研究所 高村 昇	
II. 原子力災害医療・総合支援センターとしての役割.....	29
広島大学大学院救急集中治療医学 廣橋 伸之	
III. 原子力災害医療拠点病院の活動と課題.....	32
青森県立中央病院救命救急センター 花田 裕之	
IV. 放射線医学総合研究所の活動と課題.....	36
量研機構放射線医学総合研究所 立崎 英夫	
V. 線量評価における課題と関係機関の連携.....	38
日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門核燃料サイクル工学研究所 百瀬 琢磨	
VI. 地域における原子力防災研修と訓練.....	43
原子力安全技術センター 土岐 邦彰	
シンポジウム2「CBRNE テロ・災害での多機関連携」.....	46
I. CBRNE テロ・災害での多機関連携をサミット医療、災害医療の発展から考える .46	
救急救命九州研修所 北九州市危機管理参与 郡山 一明	
II. 国民保護法訓練における多機関連携.....	49
茨城県日立保健所 入江 ふじこ	
III. NBC テロと日本の危機管理体制.....	54
日本大学危機管理学部 河本 志朗	
編集後記.....	56

## 資料

### 肺モニター：放医研の実例から

矢島 千秋

#### はじめに

体内に取り込んだ放射性物質から放出される放射線を身体の外側に設置した放射線測定器を用いて測定し、体内放射能を評価する方法を体外計測法という<sup>1)</sup>。ホールボディカウンタ(WBC)や甲状腺モニターによる評価方法も体外計測法の一つであるが、肺モニターは吸入により肺に沈着したプルトニウム<sup>239</sup>(<sup>239</sup>Pu)やアメリシウム<sup>241</sup>(<sup>241</sup>Am)などのアクチニド核種を対象とした体外計測器であり、核燃料物質等を取り扱う事業所従事者の定期検査や汚染事故発生時に吸入汚染の有無や吸入量の初期判断のために用いられる。

肺モニターの放射線測定器には高純度ゲルマニウム半導体検出器(HPGe検出器)やNaI(Tl)/CsI(Tl)型ホスウィッチ<sup>\*1</sup>検出器などが用いられる。肺に沈着した<sup>239</sup>Pu/<sup>241</sup>Amが $\alpha$ 線を放出して $\alpha$ 壊変する際、エネルギーが低い $\gamma$ 線、特性X線<sup>\*2</sup>がともに放出される。 $\alpha$ 線は飛程が短く、水や皮膚、筋組織で遮蔽されるため体外から測定することはできないが、一部の $\gamma$ 線、特性X線はこれらの組織による遮へいをくぐって体外に到達し、測定することが可能である。<sup>239</sup>Puの場合は約17キロエレクトロンボルト(keV)や20 keVの特性X線、<sup>241</sup>Amの場合は59.5 keVの $\gamma$ 線をおもな測定対象とする。

用途の特殊性もあり、肺モニターの実際はあまり知られていない。肺モニターの概要解説として、本稿で

は国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(量研)放射線医学総合研究所(放医研)に設置された肺モニターを紹介する。

#### 放医研の肺モニター

放医研肺モニターを図1に示す。測定装置と被検者用チェアが外寸幅27 m、奥行1.9 m、高さ2 mの鉄室内に設置されており、測定時には扉を閉ざして使用する。鉄室は宇宙線などのバックグラウンド放射線の遮へいのため用いられ、鉄壁厚は20 cm、鉄室内側に鉄から順に3 mm厚鉛、1 mm厚銅、3 mm厚プラスチックが貼り付けられている。

放射線測定器には低エネルギーX線測定対応型のHPGe検出器(米国キャンベラ社製)が用いられている。放射線測定器部分を図2に示す。Ge結晶の直径は70 mm(厚さ20 mm)、有効面積は約3800 mm<sup>2</sup>、検出器窓材は0.6 mm厚カーボン複合材である。HPGe検出器は2基1組で液体窒素デューワーに接続され冷却されており、左肺用、右肺用の2組で合計4基のHPGe検出器が用いられている。左肺用、右肺用測定装置ごとの位置微調整と被検者チェアの前後のスライドと合わせて被検者と検出器の位置調整を行う。

$\gamma$ 線、特性X線のスペクトル取得にはソフトウェア



図1 量研放医研に設置されている肺モニター

In vivo measurement of plutonium/americium lung burdens at NIRS

Kazuaki Yajima

Department of Radiation Measurement and Dose Assessment, National Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所 計測・線量評価部内部被ばく線量評価チーム

(受理日：2017年9月11日)



図2 高純度ゲルマニウム半導体検出器4基から構成される放射線測定器

ア Apex-Invivo(米国キャンベラ社製)を用いている。本ソフトウェアでは4基のHPGe検出器からスペクトルデータを個別に取得するとともに、それらを合算したスペクトルを算出する。

### 肺モニター測定例

放射能定量のためには、あらかじめ人体を模擬した模型(ファントム)と既知放射能の肺線源を用いて放射線測定器の測定値と肺に沈着した放射能との関係付け(校正)を行う必要がある。低エネルギーの $\gamma$ 線・特性X線は身体組織中での減弱も大きく、測定値は胸部組織の厚さなど被検者の体格に依存する。そこで、肺モニター校正時にはファントムの前面に幾つかの胸部厚を模擬した胸部プレートをかぶせて測定を行い、胸部厚補正データを取得する。放医研が保有し肺モニター校正に用いているJAERIファントムとLLNLファントムをそれぞれ図3及び図4に示す。JAERIファントムは日本原子力研究所で開発されたファントムで、モデル体格は日本人を想定した身長1.68 m、体重63.5 kgである<sup>2)</sup>。LLNLファントムは米国ローレンスリバモア国立研究所で開発されたファントムで、モデル体格は身長1.77 m、体重76 kgであり、JAERIファントムに比べて幾分か大きめの体格となっている<sup>3)</sup>。それぞれ複数の筋肉、脂肪組成を想定した胸部厚の異なる胸部プレートが付属しており、胸部プレートの入替え測定結果から胸部厚補正式を導出する。実際の校正では、ファントム、胸部プレート、肺線源核種の組み合わせだけではなく、ファントムとHPGe検出器との位置関係にも注意して測定を実施する必要がある。



図3 JAERIファントム(右:ファントム本体、左:胸部プレート)

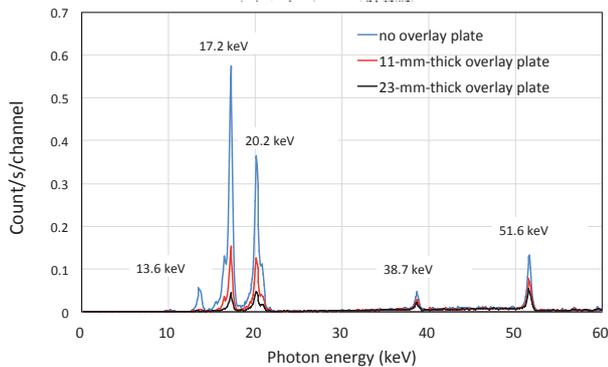
JAERIファントムは日本原子力研究所で開発され、モデル体格は日本人を想定しており、身長は1.68m、体重は63.5kgである。



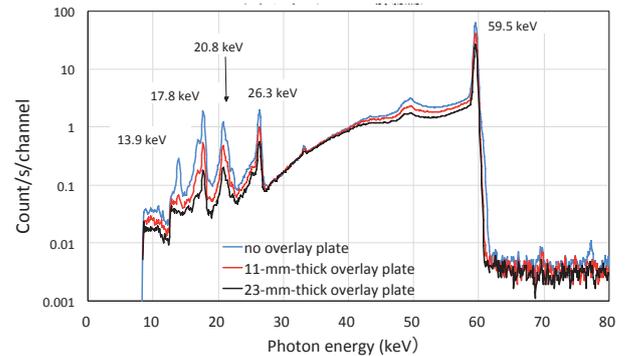
図4 LLNLファントム(右:ファントム本体、左:胸部プレート)

LLNLファントムは米国ローレンスリバモア国立研究所で開発され、モデル体格は身長1.77m、体重76kgであり、JAERIファントムに比べて幾分か大きめである。

肺モニターの測定スペクトル例として<sup>239</sup>Pu肺線源を収めたLLNLファントム及びこれに厚さの異なる2種類の胸部プレート(平均厚11 mm、23 mmで物質組成は50%筋肉、50%脂肪と等価)を載せて校正測定を行った際のスペクトルを図5に示す。<sup>241</sup>Am肺線源に対する同様のスペクトルを図6に示した。なお、図6は59.5 keVピークが突出しているため縦軸を対数表示とした。<sup>239</sup>Puスペクトルの17keVピークに着目すると、23 mm厚胸部プレートを設置した場合は胸部プレートなしの場合に比べてピーク値が10分の1以下になっており、胸部厚が計数値に大

図5 肺モニターで測定した<sup>239</sup>Pu スペクトル

<sup>239</sup>Pu 肺線源を収めた LLNL ファントムと胸部プレート（平均厚 11 mm、23 mm）を用いて校正測定を行った際のスペクトル

図6 肺モニターで測定した<sup>241</sup>Am スペクトル

<sup>241</sup>Am 肺線源を収めた LLNL ファントムと胸部プレート（平均厚 11 mm、23 mm）を用いて校正測定を行った際のスペクトル

きく影響することが判る。<sup>241</sup>Am スペクトルにおいても胸部プレート厚さの増加による計数值減弱の影響は顕著である。したがって、肺モニターによる測定では胸部厚に応じた検出効率の補正が不可欠であり、超音波（エコー）等により被検者の胸部厚の測定を行うこともある。<sup>239</sup>Pu スペクトルの 17keV ピーク値に比べて <sup>241</sup>Am スペクトルの 59.5keV ピーク値は二桁大きい。放医研肺モニターにおける定量下限値は、測定時間や被検者の体格や測定装置配置等にも依存するが、<sup>241</sup>Am で数ベクレル (Bq)、<sup>239</sup>Pu は数千 Bq である。

## おわりに

肺モニターは HPGe 検出器や鉄室などの物的資材の投入が必要であるとともに、適切な運用・維持のためには低エネルギー X 線、γ 線測定、人を測定する体外計測法に関する専門性を有する人材の働きも必要である。一般的な肺モニターの <sup>239</sup>Pu の定量下限値は、概ね数千 Bq 以上であり微量の検出は出来ない。したがって、プルトニウムの吸入量・摂取量評価のためにはバイオアッセイ法等の結果と合わせて総合的な評価が必要であるが、肺モニターはバイオアッセイ法と比べて迅速に測定と解析が可能のため、吸入の有無や吸入量の初期判断に用いるには有効な方法である。

## 用語の解説

### \* 1 ホスウィッチ検出器 (phoswich detector)

2 種類のシンチレータを組み合わせて共通の光電子増倍管に光学的に結合した検出器。2 種類のシンチレータの減衰時間の差からくる出力パルス形状の違いを利用して測定する事象の識別を行う。NaI(Tl)/CsI(Tl) あるいは NaI(Tl)/CsI(Na) 型ホスウィッチ検

出器は、バックグラウンド放射線を抑制して低エネルギー X 線測定ができることから肺モニターによく用いられてきた。

### \* 2 特性 X 線 (characteristic X-ray)

エネルギー準位の高い軌道から低い軌道へ電子が遷移する際に放出される X 線。そのエネルギーは電子が遷移する軌道間のエネルギー差に等しく、X 線を放出する元素に特有である。K(L) 軌道へ電子が遷移する際に放出される X 線を KX(LX) 線と呼ぶ。<sup>239</sup>Pu(<sup>241</sup>Am) の α 壊変に伴い放出される X 線は子孫核種 <sup>235</sup>U(<sup>237</sup>Np) の LX 線である。

## 参考文献

- 1) International Commission on Radiation Units and Measurements, Direct determination of the body content of radionuclides, ICRU report 69, Journal of the ICRU 3(1), (2003)
- 2) Shirotani, T., Realistic torso phantom for calibration of in-vivo transuranic-nuclide counting facilities, J. Nucl. Sci. Technol., 25, 875-883 (1988)
- 3) Griffith, R.V., Dean, P.N., Anderson. A.L., Fisher, J.C., A tissue-equivalent torso phantom for intercalibration of in-vivo, transuranic-nuclide counting facilities (IAEA-SM-229/56), In: Advances in radiation protection monitoring, International Atomic Energy Agency, Vienna, 493-504 (1979)

The 60<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japanese Radiation Research Society

The 60<sup>th</sup> anniversary ceremony

# 日本放射線影響学会 第60回大会

## 日本放射線影響学会第60回大会記念式典

生命

を護るもの、  
攻めるもの、

放射線

特別講演 10月25日(水)

放射線と  
リスクコミュニケーション

新山陽子先生  
(京都大学 名誉教授)

幹細胞と放射線医学

須田年生先生  
(慶應義塾大学 名誉教授)

■大会事務局■

量子科学技術研究開発機構内  
e-mail: ml-jrrs60kinen@qst.go.jp

市民公開講座 10月28日(土)

「放射線治療」と「原発」  
—放射線と人間の関係をめぐる両義性について—

なかにし礼先生  
(作家・作詞家)

2017年

10月25日(水) - 28日(土)

記念式典 10月27日(金)

京葉銀行文化プラザ  
千葉市中央区富士見 1-3-2

大会長 明石眞言

(国立研究開発法人  
量子科学技術研究開発機構)

*Blance in Benefit and Risk from Radiation*

共催：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

後援：千葉市、千葉市教育委員会、日本医師会、ちば国際コンベンションビューロー 他

## 資料

# 論文紹介「Using Clinical Signs and Symptoms for Medical Management of Radiation Casualties – 2015 NATO Exercise」

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
富永 隆子, 明石 真言

最近、急性放射線症 (ARS) の診断と治療方針の決定に関する inter-comparison study の論文が発表された。これは被ばく後 5 日以内の症状などのデータを用いて、各国の専門機関で行った診断結果を比較するもので、ドイツ軍の放射線生物研究所が中心となった「Using Clinical Signs and Symptoms for Medical Management of Radiation Casualties – 2015 NATO Exercise」(H. Dorr, M. Abend, W. F. Blakely, D. L. Bolduc, et.al, Radiation Research 187, 273–286, 2017) である。この論文は、北大西洋条約機構 (North Atlantic Treaty Organization, NATO) の加盟国の 8 つの専門家チームに、被ばく後 5 日以内の症状や検査結果を送り、各機関が独自に診断をする inter-comparison であり、被ばく線量に関する情報が得られ難い早期における症状や臨床所見は、重篤な放射線被ばくの診断と治療方針の決定に役立つとしている。一方この論文は、2015 年 11 月に 86 歳で生涯を閉じた、ドイツのウルム大学元学長 Theodor M. Fliedner 博士に捧げる、とされている。ご存知の方も多いと思うが、Fliedner 博士は、Lifework となる System for Evaluation and Archiving of Radiation accidents based on Case Histories (SEARCH)<sup>1)</sup> を元に、放射線被ばくの診断システムである METREPOL (MEDical TREATment ProtocOLs for radiation accident victims)<sup>2)</sup> を構築した。1999 年のウラン加工工場臨界事故では、早期から日本に対してアドバイスを送り、この事故を契機にヨーロッパにおける高線量被ばくの診断と治療に関して統一な考えを出そうと努力した学者である。大学を卒業直後からニューヨーク州ロングアイランドの中部にある物理学の研究所 Brookhaven National Laboratory で研究を開始したことが、放射線被ばくに関わる機会となっている。

放射線被ばく後の早期 (5 日以内) に出現する放射線被ばくの臨床症状と兆候 (例えば、嘔吐、下痢、皮膚紅斑や血球数の変化など) は、急性放射線

症 (Acute Radiation Syndrome, ARS) の重篤度の予測と診断及び治療方針決定に役立つとされている。実際ウラン加工工場臨界事故では、患者を受け入れた放射線医学総合研究所も ARS の前駆症状から大まかな線量を出している<sup>3)</sup>。METREPOL は ARS の重篤度を、4 つの主要器官即ち神経血管 (neurovascular system, N)、造血 (hematopoietic system, H)、皮膚 (cutaneous system, C)、そして消化管 (gastrointestinal system, G) の症状から、RC (Response categories) 0 から 4 として分類している (表 1)。

この METREPOL の分類による 167 症例と SEARCH にある実際の 24 症例について、被ばく後 1～3 日と被ばく後 1～5 日の臨床所見の表を 5 カ国 8 チームに送り、ARS の重篤度などを評価する演習を行い、この論文ではその結果が報告されている。治療方針の決定、即ち予測される放射線障害の重篤度と治療について、初期の症状や検査結果から被ばくのシナリオを描き、被ばくの程度、推定値を得ることが極めて重要である。症状と兆候は「臨床的線量評価」として ARS の重篤度を推定することに使用できるという考えである。この演習は、高線量被ばくの可能性がある多数の被災者の早期 ARS の診断について、NATO 内の専門知識を持つメンバーで構成された医療チームの能力を評価することが目的であった。

方法は、長距離列車に放射線源が 1 時間放置されていたという想定で、以下の 191 症例について、被ばく後 1-3 日、被ばく後 1-5 日の臨床症状と所見について 8 チームにデータを送付した。データをもとに各チームはそれぞれの症例の重篤度、治療方針 (入院治療の是非) を独自に判定した。

- ・ SEARCH データベースの 24 の実症例 ; RC2 ; 2 例、RC3 ; 10 例、RC4 ; 12 例
- ・ METREPOL を基礎とした 78 例 ; RC1 ; 45 例、RC2 ; 17 例、RC3 ; 10 例、RC4 ; 6 例
- ・ 平均値にもとづく、被ばくしていない 89 例

表1 カテゴリーごとの治療法と障害の程度

カテゴリー Response category (RC)	自己回復 Autologous recovery	治療 Therapeutic interventions
RC4	Most unlikely	幹細胞移植
RC3	Possible	増殖因子
RC2	Likely	支持療法（成分輸血）
RC1	Certain	治療無しあるいは一般療法

文献 2) から引用、改変

送付されたデータ；

- ・ 悪心、嘔吐、気分不良、腹痛、下痢、食思不振、頭痛、神経学的症状の出現及び消失時刻、重症度
- ・ 体温の変化
- ・ 血圧
- ・ 心拍数
- ・ 皮膚の兆候；紅斑、部位、体表面に占める割合
- ・ 粘膜炎；部位、重症度
- ・ 末梢血の血球数
- ・ その他の臨床血液検査所見；CRP, LDH, ALP, アミラーゼなど

ARS の診断 と入院治療の必要性の判断は、すべてのチームで正しく認識された (ARS は  $89.6 \pm 3.3$  %, SD、入院治療の必要性の判断は  $88.8 \pm 4.6$  %, SD)。ARS の重症度の判定に関しては、RC2 と RC3 は過大評価となる傾向があり、RC4 は 94 ~ 100% の割合ですべてのチームが判定できた、としている。筆者らは、RC0 (被ばく無し) と RC1 との区別に関しては問題もあるが、複数の症状を比べることは初期症状から治療方針の決定の強力な武器になると結論した。元々早期の線量評価に時間と労力を費やすことに疑問を持っていた故 Fliedner 博士の影響が強い論文であるが、ドイツ以外の国を含めた inter-comparison study で、METREPOL を実証した、という点で意味を持つといえる。

## 参考文献

- 1) Friesecke I, Beyrer K., Greiner C., Wedel R., Fliedner T. M. SEARCH: a system for evaluation and archiving of radiation accidents based on case histories. Radiat Environ Biophys 2000 39:213-7.

- 2) Fliedner TM, Friesecke I, Beyrer K (Editors). Medical management of radiation accidents—manual on the acute radiation syndrome. London: British Institute of Radiology; 2001.
- 3) Akashi M, Hirama T, Tanosaki S, Kuroiwa N, Nakagawa K, Tsuji H, Kato H, Yamada S, Kamata T, Kinugasa T, Ariga H, Maekawa K, Suzuki G, Tsujii H. Initial symptoms of acute radiation syndrome in the JCO criticality accident in Tokai-mura. J Radiat Res. 2001 Sep; 42 Suppl:S157-66.

## 資料

### 第3回日本放射線事故・災害医学会 学術集会 シンポジウム「今後の放射線事故・災害対応—多機関連携のあり方—」

2015年8月29日(土)に福島県立医科大学で開催された第3回日本放射線事故・災害医学会学術集会におけるシンポジウム「今後の放射線事故・災害対応—多機関連携のあり方—」で発表された内容を紹介する。

#### I. 教育に関して

原子力安全研究協会 放射線災害医療研究所  
山本 尚幸

(公財)原子力安全研究協会は平成13年度から文部科学省の委託を受け、人命尊重を最優先、包括的で一元的な体制、既存の救急医療や災害医療の体制との整合性等を基本理念とした「緊急被ばく医療のあり方について」に基づいた被ばく医療研修を実施した。多職種連携については、事故の発生から搬送、医療対応に至るまでの過程を、事業者、搬送・医療関係者、行政など多職種で編成した班で検証し相互理解を深めた。

2011年に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故では、広範囲の住民避難が必要となり、それまでの被ばく医療体制は十分に機能できなかった。国の防災体制は改組され、新たに原子力災害対策指針が示され、周辺住民等の傷病等に対して原子力災害医療という概念が示された。

平成25年度には、原安協は規制庁の委託を受け全国の医療、搬送、行政の防災担当者等を対象とした原子力災害医療研修を行った。多職種連携は独立した研修項目となり、原子力防災体制を学ぶとともに各地域の具体的な初動対応等について検証した。受講者や専門家から研修の継続が要望され、内容向上のための提案がなされた。しかし、平成26年度には統一的な研修資料等の作成、地域で研修を実施できる講師の育成をテーマとした研修と変わった。

我が国の原子力事故・災害に対する医療研修は、二度の大きな転換点を経て変遷した。東海村臨界事故後には、救急医療を基本の考え方として比較的少数ながら重症度の高い傷病者の発生も念頭に置いた知識や技術の習得、地域における施設間連携等の研修が行われ、福島第一原子力発電所事故後には多数の住民に対する

災害医療の研修となった。全体として両者は救急医療と災害医療という異なった基本理念を有しているが、放射線事故においてもトリアージや広域連携といった災害医療に準じた対応が求められる局面があり、原子力災害時でも個々の傷病者に対する医療機関での対応は救急医療でありことから、一方に傾斜した教育では不十分と考えられる。両者はそれぞれに多少の特別な知識や技術はあるが内容は大部分共通する。また、受講者は両者でかなり重複があると考えられる。頻度が低い事象であり知識や技術を維持するには、反復継続した教育が必要となることを考えても、放射線事故と原子力災害を区別せず普遍的な教育体制を構築することが望ましい。

#### II. 初期被ばく医療機関として

市立八幡浜総合病院麻酔科・救急部  
越智 元郎

今後の放射線事故・災害対応における多機関連携のあり方について、初期被ばく医療機関の視点から述べる。

##### 1. 緊急被ばく医療(狭義)

当院は原子力発電所(以下、原発)の事業所内診療所を除く唯一の初期被ばく医療機関であり、原発その他で発生した被ばく傷病者を受け入れ、スクリーニング、除染/緊急治療を行い、必要により高次ひばく医療施設へ転送する。これらの役割を円滑に実施できるよう、訓練やマニュアル整備に努めている。ただし、過疎地の病院として医師不足などの問題を抱えており、高次施設との間でドクターヘリなどによる積極的な連携をはかる必要がある。

##### 2. 原発過酷事故時の対応

福島事故の反省を受けて、原発過酷事故後の緊急時

態勢について検討中である。その主眼は入院患者等と職員の安全性の確保であり、行政から避難または屋内退避指示が出た段階では、発災時の勤務職員全員で患者避難を遂行する（避難指示までは初期被ばく医療・災害拠点病院として傷病者を受け入れる）。一方、勤務中の被ばく線量低減策としては、一般職員を含めて放射線業務従事者の線量限度を活動の上限とする。また有志職員（女性は妊娠の可能性がないことを書面で届け出）が100mSvを上限として活動する。

実入院患者ならびに職員に対するアンケート調査をもとに試算すると、原子力災害時に病院避難団として避難する患者は入院患者の64%程度とみられたが、担送・護送患者の比率は上昇する。一方、約90%の職員が放射線業務従事者の線量限度内で勤務できると答えたが、100mSvを上限として勤務できる職員は36%（女性看護師も同様）にとどまる。職員の累積被ばく線量が女性放射線業務従事者の線量限度である5 mSvに近づいた段階で入院患者避難が全く行われていなければ、職員1人当たりの患者治療・ケアに要する業務負荷は平常時の約2倍になると考えられた。これらの業務を実施し円滑に避難するためには、外部からの公的な支援が必須であると考えられた。

### 3. 原子力防災訓練について

福島事故後4回の愛媛県原子力防災訓練を振り返ると、要配慮者の避難については17人から96人の小規模の避難訓練が実施されている。しかし入院患者避難の訓練は行われたことがない。今後は原子力災害時の入院患者を多機関連携して実施できるよう、呼びかけていきたい。

以上、初期被ばく医療、原発苛酷事故時の避難（訓練を含む）の観点から各種機関との連携の必要性について述べた。

## III. 二次被ばく医療機関として

福井大学 大学院地域医療高度化教育研究センター  
小淵 岳恒

緊急被ばく医療は通常の業務内で出会うものではなく非常に稀な分野である。そのため普段は地域医療を行っているが、場合により緊急被ばく医療モードに切り替える必要に迫られたときには定期的に知識のアップデートを行い、関連部署との訓練を行っていただければスムーズかつ的確に医療を提供することは困難であ

る。

福井県は原子力発電所を多く有しており、1次被ばく医療機関は嶺南の4病院であり、2次被ばく医療機関は災害拠点病院である福井県立病院である。福井大学医学部附属病院は2次被ばく医療支援機関としての位置づけであり、有事の際は人的支援を行う役割を担っている。

2004年に生じた、関西電力美浜発電所の事故の教訓より、多数傷病者が発生した際には単一の医療機関では対応困難であることを学び、それまで福井県立病院だけであった2次被ばく医療機関に福井大学医学部附属病院・福井赤十字病院・福井県済生会病院・勝山総合病院・公立丹南病院を2次被ばく医療支援施設して加え有事の際、迅速に医療を提供できるよう体制作りを行った。

福井大学では、2012年をプレコースとして、2013年～2015年と医師、初期研修医、看護師、放射線技師を対象に「緊急被ばく医療総合シミュレーション基礎コース」Fundamental Radiation Emergency Simulation Course (FRESCO) を行っており医療者を対象にシミュレーションを通して人材の育成と教育を行ってきた。

FRESCOは被ばく医療の基礎を学ぶだけでなく、通常行っている地域医療・救急医療の延長線上に被ばく医療を位置づけることであり、原子力発電所内での心筋梗塞事例や多発外傷事例、救護所での対応など、より実践的なシミュレーションを中心に日常業務にちょっと工夫を行うだけで被ばく医療を行うことができるということを認識してもらうことを目標としている。

また、医師・看護師・放射線技師を1チームとした他職種混成チームを作成することでコミュニケーションや緊急被ばく医療の連携を学ぶことができる。さらに有事の際には「顔の見える関係」が非常に重要であるため、FRESCOを受講した医療者が多機関に在籍することでよりスムーズに医療対応が行えると考えている。

今後、消防機関、行政機関とも調整を行いより多機関で実践的なシミュレーションに発展できるように進めていきたい。

## IV. 福島第一原発事故における中央特殊武器防護隊の活動

福島県危機管理部災害対策課 防災専門監  
元中央特殊武器防護隊副隊長  
渡邊 勲

本大震災において自衛隊は災害救援・復旧活動と原子力災害対処を、中央特殊武器防護隊は3月11日から原子力災害対処活動に実施しました。

3月11日、私は先発として大宮から大熊町のオフサイトセンターに出発、緊急自動車として走行しました。この約1ヶ月前、埼玉交通機動隊の指導を受け緊急自動車走行訓練を実施していました。これは、サリン事件の時、緊急走行がうまく出来なかった反省から、初めて行った警察との連携訓練でした。私を含め、運転に関わった者は大変役に立ちました。

発災当初は福島第1、第2原発の両方が危険な状況でした。現地対策本部から第2原発への給水要請を受け、13日夕から翌14日朝にかけて、水タンク車により、近くの川から取水しては原発に給水を繰り返しました。隊員はこの間「防護マスク」を肌身離さず携行していました。このころ、オフサイトセンターでは、医療班の放医研の先生などと連携し、除染のための施設の開設と予行を実施していました。これが、後の水素爆発に伴う汚染負傷者への対応を容易ならしめたのです。

翌14日朝、福島第1原発に給水を要請され向かいました。この時、水素爆発が起き、強い爆風と崩壊した原子炉建屋の大量のコンクリート瓦礫が車両の運転席に降り注ぎました。乗車していた隊員は、幸い軽傷で済みましたが、この時浴びた塵は強い放射能を有していたため、速やかに現場を離れ、すぐにオフサイトセンターに開設した除染施設に向かい、直ちに除染することにより、放射線の大量被曝を免れました。

地上偵察では、放射線班を中心に、放射線測定をする各機関が測定値の信頼性を確保するため計測位置(ディテクター)の高さを統一したり、計測器について話し合いました。

患者さんの輸送においては、病院関係者との調整が、非常に重要だったと聞いています。第1原発において汚染された東電職員を福島県立医大に開設した除染施設で除染した際には、汚染された衣服を全部裁断し、身体を水洗して除染した後、病院内に搬入し医師の手当てを受けました。この現場の班長が、「医大の先生

と予行をしていたので、しっかり対応できたと思う。」という感想を持っていました。

本活動においても、関係する機関と事前に調整をし、予行をすることにより、対応がより適切になったことは間違いありません。

## V. 高度被ばく医療支援センター

放射線医学総合研究所  
明石 真言

我が国の防災体制は大規模な自然災害や事故の経験を契機として充実強化されてきた。緊急被ばく医療体制は平成7年の阪神・淡路大震災、平成9年の旧動力炉・核燃料開発事業団(動燃)アスファルト固化処理施設における火災爆発事故、そして平成11年に起きたJCOウラン加工工場における臨界事故が契機となり、「緊急被ばく医療のあり方について」(平成13年6月原子力安全委員会)が報告され、各地域に初期及び二次被ばく医療施設、そして全国レベルに三次被ばく医療機関が整備された。平成23年3月11日に起きた東日本大震災時の経験を踏まえ、原子力規制委員会は原子力災害時の医療体制の見直しを行った。新体制では、被ばくの有無にかかわらず多数の傷病者を受け入れ、かつ被ばくがある場合には適切な診療を行う「原子力災害拠点病院」と、原子力災害拠点病院において行われる診療や地方公共団体が行う原子力災害対策等を支援する「原子力災害医療協力機関」を地方自治体が整備し、また全国レベルとして、原子力災害拠点病院では対応できない高度専門的な診療を必要とする患者の診療や線量評価・放射線防護を含めた支援、教育研修等を行う「高度被ばく医療支援センター」と、原子力災害時における原子力災害医療派遣チームの派遣調整や地域のネットワーク構築支援等を行う「原子力災害医療・総合支援センター」を整備することとされている。

高度被ばく医療支援センターとは、従来の“三次被ばく医療機関”と似た機能を持ち、原子力災害拠点病院等で対応できない高線量外部被ばく患者や長期的かつ専門的治療を要する内部被ばく患者(プルトニウムの内部被ばく等)の診療、高度専門的な物理学的及び生物学的個人線量評価(スペクトル分析による核種同定、放射性物質の精密分析、リンパ球による生物学的線量評価等)を提供できる、若しくは関係機関との連

携により専門的治療を提供できる体制が確保されていること、全国規模の原子力災害医療関係者による情報交換等のための定期的会合の開催、原子力災害医療拠点病院の中核人材に対しての教育、訓練支援、専門派遣チームの派遣等がその要件となっている。現在、放射線医学総合研究所（放医研）のほか、弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学がこの高度被ばく医療支援センターに指定されている。従来の三次被ばく医療機関に相当する機関が5つに増えたが、各施設の特徴をどう生かすか、また協力と連携や、教育、研修のあり方、情報共有などが今後の課題である。

## VI. 原子力施設内での緊急作業中の医療体制の整備について

厚生労働省安全衛生部  
安井 省侍郎

### 1. はじめに

原子力施設における緊急作業中の医療体制は、原子力事業者の責任において整備すべきものとされていたが、東京電力は、事故時、発電所内に必要な医療スタッフを独力で確保できなかった。このため、厚生労働省が関係医療機関等に医師等の派遣要請を行い、発電所内の医療スタッフの24時間常駐を実現した[1]。厚生労働省では、今後、仮に緊急作業を実施する場合に備え、原子力施設内での医療体制の確保方策について、有識者ヒアリングを行い、その結果をとりまとめて公表した[2]。本稿は、その主な内容を紹介する。

なお、本稿での見解や結論は、著者個人のものであり、厚生労働省の公式な見解ではない。

### 2. 課題及び必要な対応

#### 1) 課題

今回の原発事故の教訓を踏まえ、平成26年1月改正の防災基本計画では、原子力事業者は、関係官庁と、「緊急時の医療に精通した医師等のネットワーク」を活用した医療従事者の派遣又は斡旋について緊密な関係を維持することが盛り込まれた[3]。これに応えるために、全国の原子力施設の事故に即応するネットワークを新たな形で構築する必要がある

#### 2) 課題に対する対応

① 施設内の医療設備については、原子炉から十分な隔離距離がある建屋内に、医療資材・設備を持ち込み、

応急処置室を設置できる場所を確保する必要がある。

② 緊急時に派遣される医療スタッフ等については、被災地以外の地域から派遣すること、実地研修を含む複数回の研修により養成し、資格を維持するために定期的な講習の受講を求める必要がある。

③ 施設内外の連携を図るための協議組織については、患者の搬送と受け入れ医療機関の特定に特化することとし、既存の協議組織に加わる形でも差し支えないこと、地域防災計画や地方公共団体の計画との整合していること、広域連携を図ることが必要である。

④ 患者搬送訓練等については、汚染傷病者の搬送と受け入れの訓練に特化すること、派遣医療スタッフ等も参加すること、高度な被ばく医療実施機関までの搬送訓練も行うこと、過酷事故にも対応できる厳しい訓練シナリオを設定することが必要である。

⑤ 派遣される医療スタッフ等の派遣については、身分保障・費用は原子力事業者の責務とすること、医療スタッフ等を派遣候補者名簿に登録すること、所属医療機関に派遣の了解を得ておくこと、原子力事業者の要請に基づき、待機要請、派遣要請等を行う仕組みを構築することが必要である。

⑥ ネットワークの運営については、登録者を確実にフォローできること、医療スタッフ等が公務として事故対応に従事できるよう、公的な団体であるべきであること、既存の放被ばく医療に関する技術、人材、機材の活用を図ることが必要である。

### 3. 考察及び結論

厚生労働省は、検討会の結論を踏まえ、平成27年度に、対象を限定したモデル的な取組を委託事業として実施し、課題の整理と対策の検討を行う。その成果を踏まえ、原子力事業者の事業者責任を踏まえた上で、全原子力施設を対象とした事業が円滑に実施できるよう、事業の実施形態について、今後、十分な検討が必要である。

## 参考文献

- 4) 厚生労働省. 福島第一原発で常時医師を配置する体制が整いました. 2011年5月27日. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001dnajhtml>
- 5) Yasui, S., Lessons Learned: Medical and Health Care Management for Emergency Workers at the TEPCO Fukushima Daiichi NPP Accident. J. Occup. Environ. Hyg. 11.5

(2014): D49-D58.

- 6) 厚生労働省. 原子力施設内での緊急作業中の労働被災者対応のあり方に関する有識者ヒアリング結果取りまとめ. 2015年2月20日. <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11303000-Roudoukijunkyokuanzeneseibu-Roudoueseika/0000084405.pdf>
- 7) 中央防災会議. 防災基本計画. 2015年7月7日. [http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon\\_basic\\_plan150707.pdf](http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basic_plan150707.pdf)

## 第4回日本放射線事故・災害医学会 学術集会 教育講演「内部被ばく線量評価の考え方と実際」

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所

栗原 治

放射性核種を吸入や経口により体内に取り込むことで内部被ばくを生じる。内部被ばくによる線量を計算する方法は国際放射線防護委員会 (ICRP) の刊行物に示されているが、その基礎となるのは、計算機上でモデル化された標準的な体格や代謝特性を有する仮想的な人 (標準人) から得られる実効線量係数や核種の残留率 / 排泄率などの線量諸量である。

ICRP が開発した内部被ばく線量評価のためのモデルは、核種の体内動態を複数のコンパートメントによって記述したモデル (体内動態モデル) と評価対象となる器官 (組織や臓器) の線量を算定するためのモデル (線量評価モデル) に大別される。前者は、過去に発生した内部被ばく事故事例や動物実験などを参考にし、核種の体内動態を合理的に説明するように開発されたモデルである。各コンパートメント間の核種の移動は一次の連立微分方程式によって表現され、これを数値的に解くことにより、評価期間における各コンパートメント中の総崩壊数が計算される。後者の線量評価モデルは、線源器官における放射性壊変による標的器官へのエネルギー付与や、特定器官 (呼吸器、胃腸管、及び骨格) において核種の沈着位置分布と高放射線感受性を有する部位を考慮した線量を算定するためのモデルである。これには、人体中の器官の形状や位置関係をモデル化した数学ファントムも関与している。この様な内部被ばく線量評価のための一連のモデルは、ICRP によって半世紀以上にわたって開発が続けられている。

内部被ばく線量評価を行う上での注意点は、使用する線量諸量の前提条件やモデルの限界を十分に理解することだろうと考える。例えば、ICRP 刊行物に与えられる吸入摂取の際の実効線量係数は、吸入エアロゾルの粒径を  $5 \mu\text{m}$  (または  $1 \mu\text{m}$ ) とした条件で計算されている。実際の粒径がこれと異なれば、実効線量係数だけでなく残留率や排泄率も変化するため、個人モニタリング結果からの摂取量の算定にも影響を及ぼす。また、呼吸器官の各領域に沈着した核種の血中への吸収速度は、元素やその化合物の種類に応じて3種類に分類 (タイプ F, M, S) されるが、実際の吸収速度とは一致しない場合が多い。そのため、比較的高い線量の内部被ばくが見込まれる場合には、個人モニタリングを長期間継続し、得られた実測値に一致するようにモデルパラメータを調整することもある。ただし、このような線量評価の精緻化を図ったとしても、ICRP モデルによって評価できるのは、あくまでも防護量としての実効線量や等価線量である。然るに、緊急被ばく医療処置の対象となるような高線量域に ICRP モデルを適用することは本来の用途ではないが、代替えとなる適当な線量評価手法も存在しないのが現状である。今後、核医学分野で既に行われている手法も参考にし、必要とされる線量評価や生じうる不確かさについて関係者間で議論してゆく必要があると考える。

# 内部被ばく線量評価の考え方と実際

第4回日本放射線事故・災害医学会  
2016年9月10日

量子科学技術研究開発機構  
放射線医学総合研究所  
栗原 治

## 本日の講演内容

- 線量評価のためのモデル
- 線量評価の実際
- 原子力災害時の線量評価のあり方

## 線量評価が必要となる状況

○放射性核種を予期せず体内に取り込んでしまったとき…



職業被ばく



公衆被ばく

**目的**

- 規制値(線量限度など)との比較
- 防護対策の実施判断
- 被ばく医療の実施判断(詳細な線量評価含む)

○施設設計や個人モニタリングの立案など



職業被ばく  
公衆被ばく

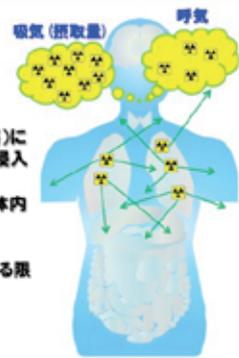


放射性医薬品の投与

**目的**

- 施設安全性の評価
- 規制値との比較
- 治療や診断に伴う線量の把握

## 内部被ばくの特徴



吸入、経口、経皮(傷)によって核種が体内に侵入

元素の種類によって体内での分布が異なる

核種が体内に残留する限り被ばくが継続する

α核種の内部被ばくが特に問題

線量評価には**摂取量**の推定が必要

摂取量の推定には**シナリオ(放射性物質の摂取時期、摂取経路、性状などの条件)**が必要

## 内部被ばく線量評価の方法

**個人モニタリング**

体外計測法:  $\text{残留量} \div \text{残留割合} = \text{摂取量}$

バイオアッセイ法:  $\text{排泄量} \div \text{排泄割合} = \text{摂取量}$

**摂取量 (Bq)** × **線量係数 (Sv/Bq)** = **被ばく線量 (Sv)**

↑  
後で説明

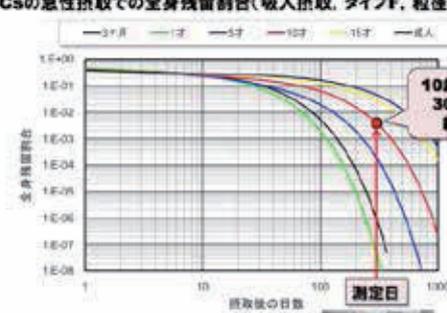
**環境モニタリング**

空気中濃度 × 呼吸量 = 摂取量 (土壌中濃度 × 再浮遊係数 × 呼吸量 = 摂取量)

飲食物中濃度 × 食べた量 = 摂取量 (土壌中濃度 × 飲食物への移行係数 × 食べた量 = 摂取量)

## 個人モニタリング結果から摂取量へ

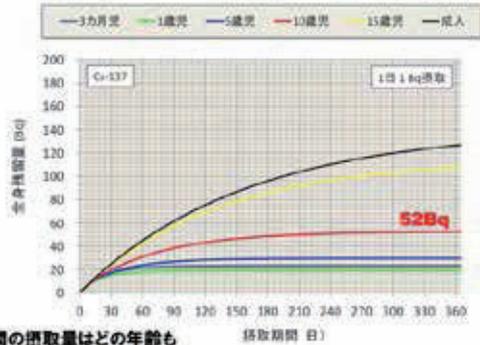
$^{137}\text{Cs}$ の急性摂取での全身残留割合(吸入摂取、タイプF、粒径 $1\mu\text{m}$ )



摂取量は全身残留量の約250倍となる。  
( $1 \div 0.004 = 250$ )

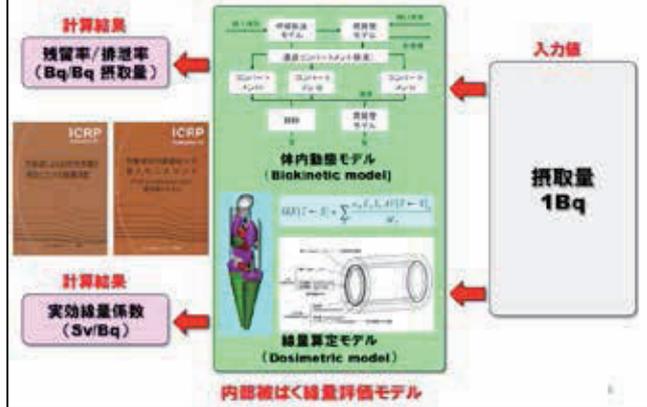
## 個人モニタリング結果から摂取量へ

毎日1Bqの<sup>137</sup>Csを経口摂取し続けた場合の全身残留量



1年間の摂取量はこの年齢も  
365Bq

## 内部被ばく線量評価のためのモデル



## 実効線量(当量)係数-作業者

核種	タイプ	Publication 68				Publication 54	
		$t_1$	粒径1 $\mu\text{m}$	粒径5 $\mu\text{m}$	$t_1$	クラス	粒径1 $\mu\text{m}$
<sup>60</sup> Co	M	0.1	$9.6 \times 10^{-8}$	$7.1 \times 10^{-8}$	0.1	W	$8.0 \times 10^{-8}$
	S	0.05	$2.9 \times 10^{-8}$	$1.7 \times 10^{-8}$	0.05	Y	$4.1 \times 10^{-8}$
<sup>100</sup> Ru	F	0.05	$8.0 \times 10^{-8}$	$9.8 \times 10^{-8}$	0.05	D	$1.5 \times 10^{-8}$
	M	0.05	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.7 \times 10^{-8}$	-	W	$2.5 \times 10^{-8}$
	S	0.05	$6.2 \times 10^{-8}$	$3.5 \times 10^{-8}$	-	Y	$1.2 \times 10^{-7}$
<sup>131</sup> I	F	1.0	$7.6 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^{-8}$	1.0	D	$8.8 \times 10^{-8}$
	V	1.0	$2.0 \times 10^{-8}$	-	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	F	1.0	$6.8 \times 10^{-8}$	$9.6 \times 10^{-8}$	1.0	D	$1.3 \times 10^{-8}$
<sup>137</sup> Cs	F	1.0	$4.8 \times 10^{-8}$	$6.7 \times 10^{-8}$	1.0	D	$8.7 \times 10^{-8}$
<sup>238</sup> U	F	0.02	$4.9 \times 10^{-7}$	$5.8 \times 10^{-7}$	0.02	D	$6.4 \times 10^{-7}$
	M	0.02	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	0.002	W	$1.7 \times 10^{-8}$
	S	0.002	$7.3 \times 10^{-8}$	$5.7 \times 10^{-8}$	-	Y	$3.2 \times 10^{-8}$
<sup>239</sup> Pu	M	$5 \times 10^{-4}$	$4.7 \times 10^{-8}$	$3.2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-4}$	W	$1.1 \times 10^{-8}$
	S	$1 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-4}$	Y	$8.1 \times 10^{-8}$

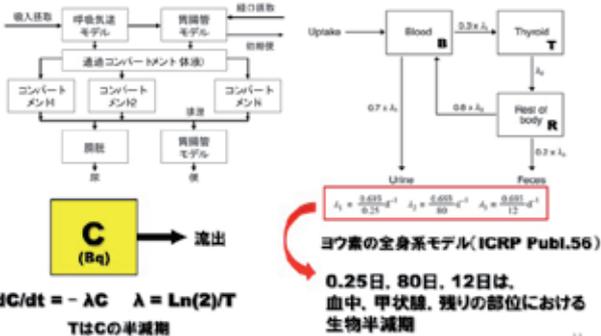
## 実効線量(当量)係数-作業者

核種	タイプ	Publication 68				Publication 54	
		$t_1$	粒径1 $\mu\text{m}$	粒径5 $\mu\text{m}$	$t_1$	クラス	粒径1 $\mu\text{m}$
<sup>60</sup> Co	M	0.1	$9.6 \times 10^{-8}$	$7.1 \times 10^{-8}$	0.1	W	$8.0 \times 10^{-8}$
	S	0.05	$2.9 \times 10^{-8}$	$1.7 \times 10^{-8}$	0.05	Y	$4.1 \times 10^{-8}$
<sup>100</sup> Ru	F	0.05	$8.0 \times 10^{-8}$	$9.8 \times 10^{-8}$	0.05	D	$1.5 \times 10^{-8}$
	M	0.05	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.7 \times 10^{-8}$	-	W	$2.5 \times 10^{-8}$
	S	0.05	$6.2 \times 10^{-8}$	$3.5 \times 10^{-8}$	-	Y	$1.2 \times 10^{-7}$
<sup>131</sup> I	F	1.0	$7.6 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^{-8}$	1.0	D	$8.8 \times 10^{-8}$
	V	1.0	$2.0 \times 10^{-8}$	-	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	F	1.0	$6.8 \times 10^{-8}$	$9.6 \times 10^{-8}$	1.0	D	$1.3 \times 10^{-8}$
<sup>137</sup> Cs	F	1.0	$4.8 \times 10^{-8}$	$6.7 \times 10^{-8}$	1.0	D	$8.7 \times 10^{-8}$
<sup>238</sup> U	F	0.02	$4.9 \times 10^{-7}$	$5.8 \times 10^{-7}$	0.02	D	$6.4 \times 10^{-7}$
	M	0.02	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	0.002	W	$1.7 \times 10^{-8}$
	S	0.002	$7.3 \times 10^{-8}$	$5.7 \times 10^{-8}$	-	Y	$3.2 \times 10^{-8}$
<sup>239</sup> Pu	M	$5 \times 10^{-4}$	$4.7 \times 10^{-8}$	$3.2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-4}$	W	$1.1 \times 10^{-8}$
	S	$1 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-8}$	$8.3 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-4}$	Y	$8.1 \times 10^{-8}$

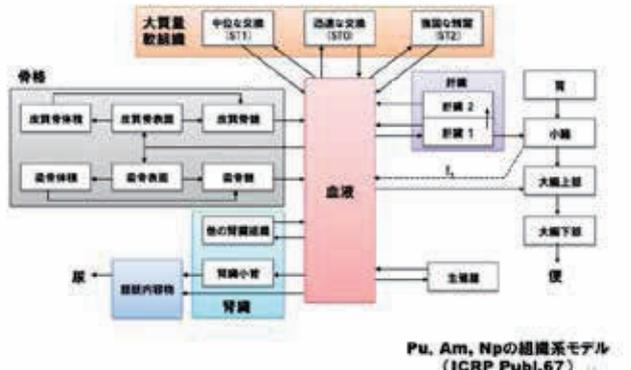
↑ 比較 ↑

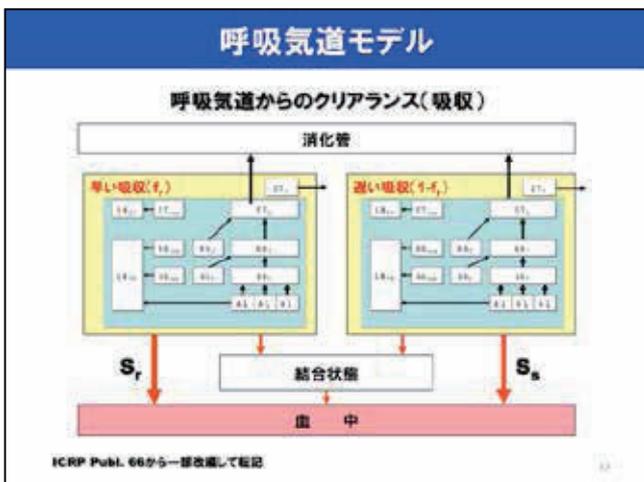
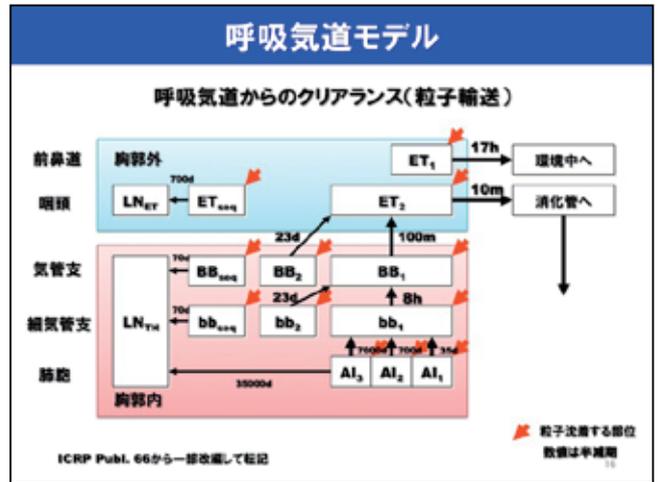
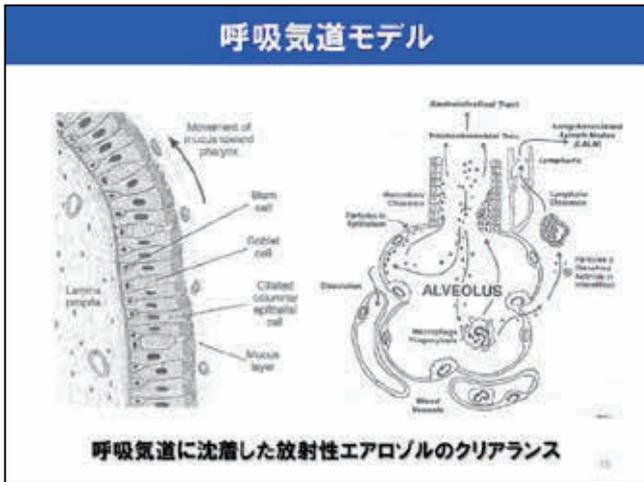
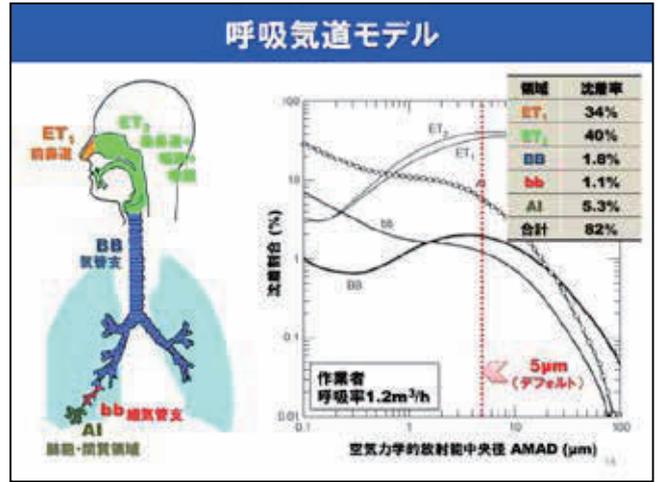
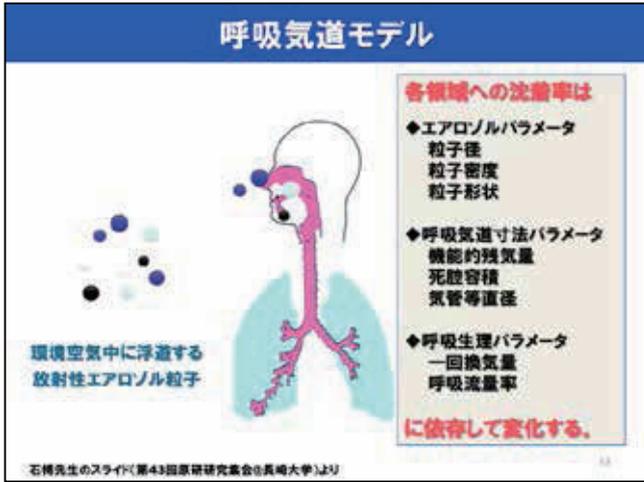
## コンパートメントモデル(例)

体内の放射性核種の動態を数学的に記述するモデル



## コンパートメントモデル(例)





### 呼吸気道モデル

#### 吸収タイプ(Fast, Moderate, Slow)

タイプ	F	M	S
迅速に吸収される割合 $f_i$	1	0.1	0.001
迅速な吸収 $s_i(d^{-1})$	100	100	100
遅い吸収 $s_i(d^{-1})$	-	0.005	0.0001

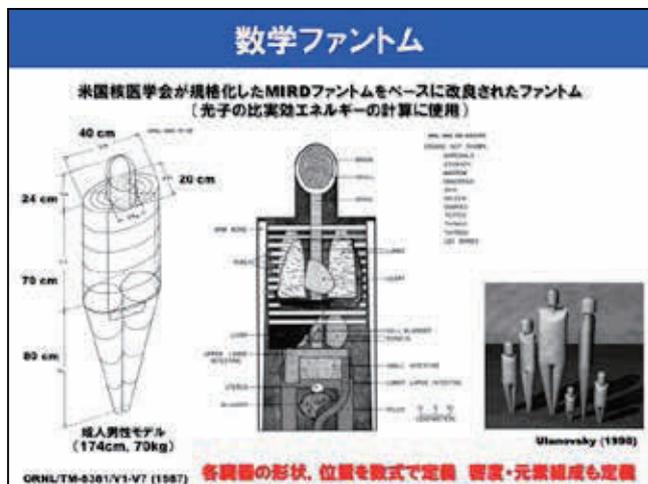
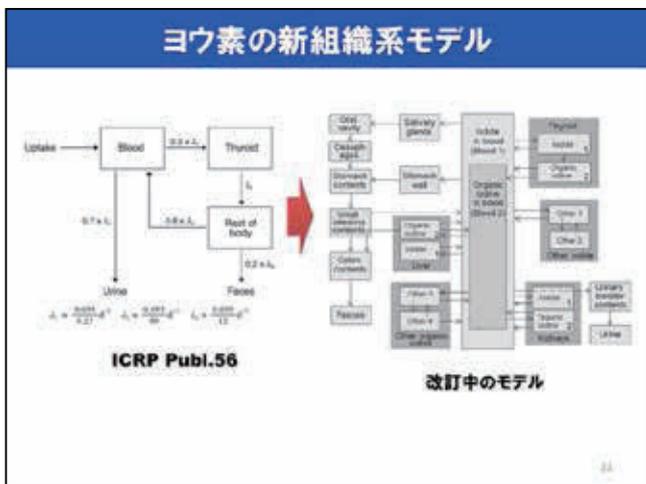
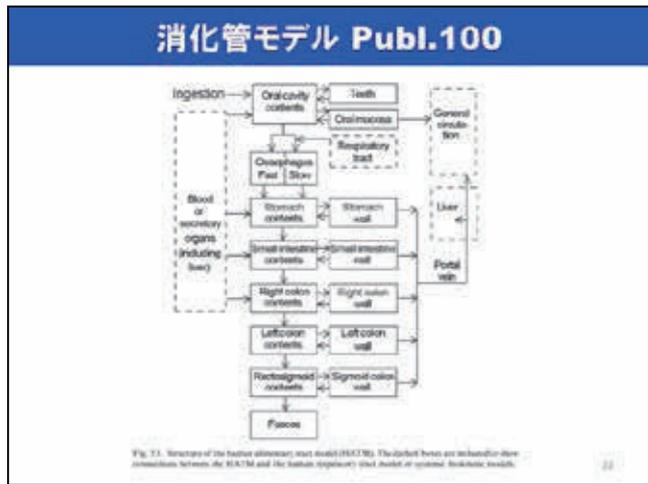
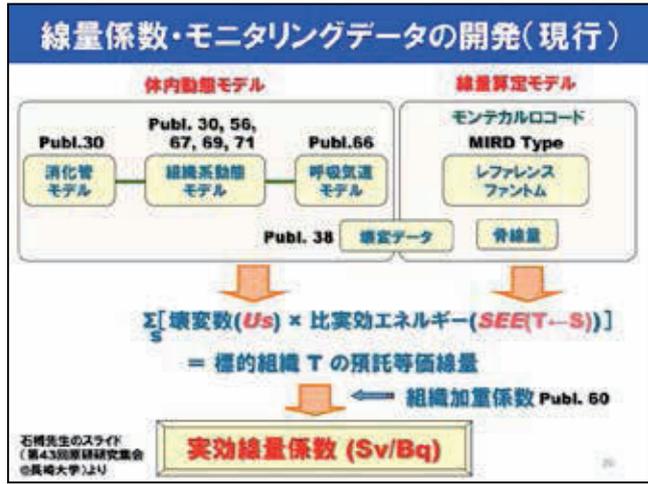
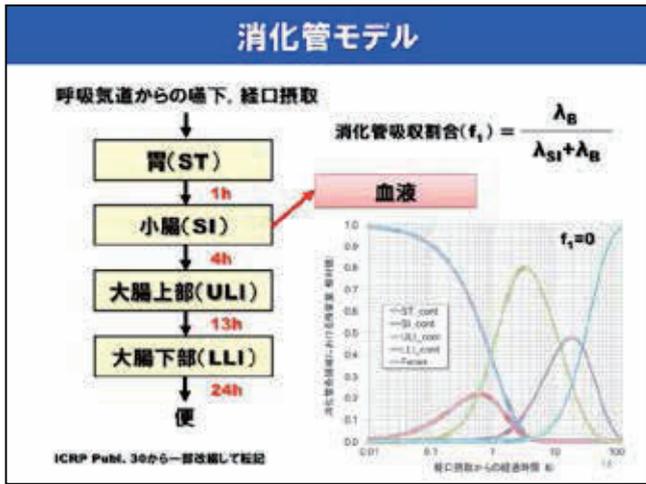
#### 生物学的半減期の特徴(目安)

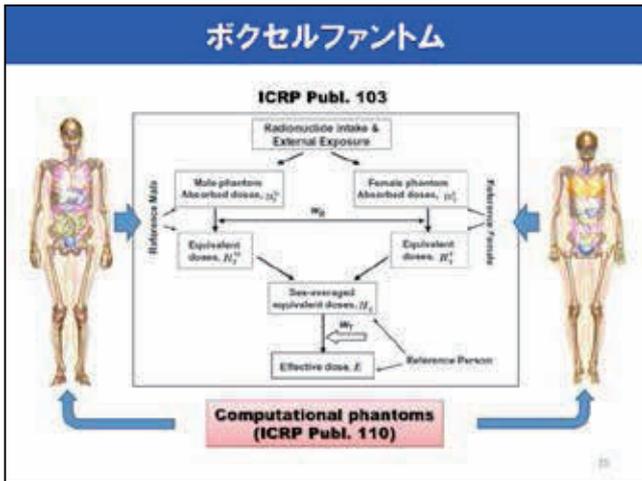
<b>F</b>	100%が約10分の半減期で血液中に移行する
<b>M</b>	10%が約10分の半減期、90%が約140日の半減期で血液中に移行する
<b>S</b>	0.1%が約10分の半減期、99.9%が約7000日の半減期で血液中に移行する

Co: タイプ M (不特定の化合物)  
タイプ S (酸化物、水酸化物ハロゲン化物、硝酸塩)

I: タイプ F (全ての化合物)  
Cs: タイプ F (全ての化合物)

Sr: タイプ F (不特定の化合物)  
タイプ S (チタン酸ストロンチウム)





### 線量評価の例1

ある原子力発電所の定期点検作業中に作業者が<sup>60</sup>Coを含むダストを吸入したおそれのある事象が発生した。事故翌日のWBC測定によって1MBqの残留量が全身にあることが確認された。この作業者の摂取量及び実効線量を評価する。

摂取量 = 残留量 ÷ 残留率 ←

実効線量 = 摂取量 × 実効線量係数 ←

### 線量評価の例1

#### <sup>60</sup>Coの線量算定のデータ(ICRP Publ.78)

吸入摂取におけるパラメータ(吸収タイプ、線量係数、f<sub>1</sub>値及び化合物)

摂取	f <sub>1</sub> 値	線量係数 (Sv/Bq)	化合物
吸入、タイプ1	0.1	7.1E-09	不特定の化合物
吸入、タイプ5	0.05	1.7E-08	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫酸塩

残留率、排澄率(タイプ3、粒径5μm)

摂取後の時間 (日)	全身	肺	1日当たりの尿中排澄率	1日当たりの便中排澄率
1	4.9E-01	6.4E-02	5.7E-03	1.1E-01
2	2.5E-01	6.3E-02	3.1E-03	1.6E-01
3	1.4E-01	6.2E-02	1.2E-03	8.0E-02
4	9.8E-02	6.1E-02	6.7E-04	3.4E-02
5	8.0E-02	6.1E-02	5.0E-04	1.3E-02
...	...	...	...	...
10	6.5E-02	5.8E-02	2.8E-04	6.7E-04

### 線量評価の例1

#### <sup>60</sup>Coの線量算定のデータ(ICRP Publ.78)

吸入摂取におけるパラメータ(吸収タイプ、線量係数、f<sub>1</sub>値及び化合物)

摂取	f <sub>1</sub> 値	線量係数 (Sv/Bq)	化合物
吸入、タイプ1	0.1	7.1E-09	不特定の化合物
吸入、タイプ5	0.05	1.7E-08	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫酸塩

残留率、排澄率(タイプ3、粒径5μm)

摂取後の時間 (日)	全身	肺	1日当たりの尿中排澄率	1日当たりの便中排澄率
1	4.9E-01	6.4E-02	5.7E-03	1.1E-01
2	2.5E-01	6.3E-02	3.1E-03	1.6E-01
3	1.4E-01	6.2E-02	1.2E-03	8.0E-02
4	9.8E-02	6.1E-02	6.7E-04	3.4E-02
5	8.0E-02	6.1E-02	5.0E-04	1.3E-02
...	...	...	...	...
10	6.5E-02	5.8E-02	2.8E-04	6.7E-04

### 線量評価の例1

摂取量 = 残留量 ÷ 残留率  
 = 1E+06 ÷ 0.49 = 2.04E+06  
 = 2.04MBq

実効線量 = 摂取量 × 実効線量係数  
 = 2.04E+06 × 1.7E-08  
 = 0.0347Sv  
 = 34.7mSv

### 線量評価の例1

### 線量評価の例1

他の粒径と吸収タイプの条件での線量評価結果

条件	$f_i$	$e(50)$ Sv/Bq	全身残留率 (摂取1日後)	摂取量 Bq	実効線量 mSv
タイプS, 5 $\mu$ m	0.05	1.7E-08	0.490	2.0E+06	35
タイプS, 1 $\mu$ m	0.05	2.9E-08	0.346	2.9E+06	84
タイプM, 5 $\mu$ m	0.1	7.1E-09	0.485	2.1E+06	15 <b>5.6倍</b>
タイプM, 1 $\mu$ m	0.1	9.6E-09	0.340	2.9E+06	28



31

### 線量評価の例1

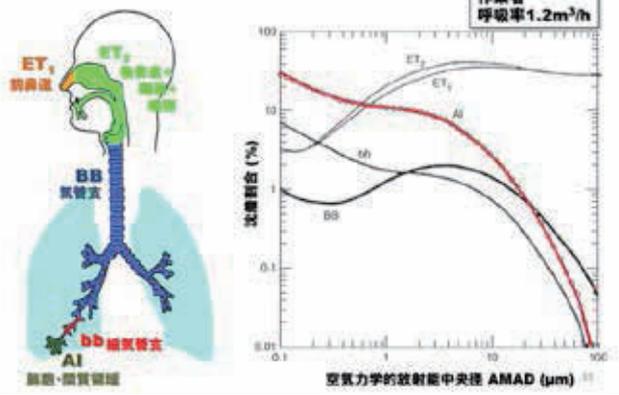
他の粒径と吸収タイプの条件での線量評価結果

条件	$f_i$	$e(50)$ Sv/Bq	全身残留率 (摂取1日後)	摂取量 Bq	実効線量 mSv
タイプS, 5 $\mu$ m	0.05	<b>1.7E-08</b>	0.490	<b>2.0E+06</b>	<b>35</b>
タイプS, 1 $\mu$ m	0.05	<b>2.9E-08</b>	0.346	<b>2.9E+06</b>	<b>84</b>
タイプM, 5 $\mu$ m	0.1	7.1E-09	0.485	2.1E+06	15
タイプM, 1 $\mu$ m	0.1	9.6E-09	0.340	2.9E+06	28



32

### 線量評価の例1



### 線量評価の例1

呼吸気道各領域における沈着割合

Table A3. Fractional deposition in regions of the respiratory tract for reference workers as a function of aerosol size (Publication No. ICRP, 1984, Table 3D)

Normal mean breathing rate = 1.2 m<sup>3</sup>/h

AMAD	ET <sub>1</sub>	ET <sub>2</sub>	AI <sub>nasal</sub>	AI <sub>oral</sub>	BS <sub>nasal</sub>	BS <sub>oral</sub>	AI	BS
0.5	0.9 × 10 <sup>-1</sup>	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>	0.9 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>
0.7	0.7 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.8 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>
1	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>
2	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.7 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>
3	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.8 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>	0.6 × 10 <sup>-1</sup>
5	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	0.9 × 10 <sup>-1</sup>	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.4 × 10 <sup>-1</sup>	0.7 × 10 <sup>-1</sup>	0.7 × 10 <sup>-1</sup>	0.7 × 10 <sup>-1</sup>
7	0.05 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	0.05 × 10 <sup>-1</sup>	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	0.3 × 10 <sup>-1</sup>	0.8 × 10 <sup>-1</sup>	0.8 × 10 <sup>-1</sup>	0.8 × 10 <sup>-1</sup>
10	0.02 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	0.02 × 10 <sup>-1</sup>	0.05 × 10 <sup>-1</sup>	0.2 × 10 <sup>-1</sup>	0.9 × 10 <sup>-1</sup>	0.9 × 10 <sup>-1</sup>	0.9 × 10 <sup>-1</sup>
15	0.01 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	0.01 × 10 <sup>-1</sup>	0.02 × 10 <sup>-1</sup>	0.1 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>
20	0.005 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	0.005 × 10 <sup>-1</sup>	0.01 × 10 <sup>-1</sup>	0.05 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-1</sup>

ET<sub>1</sub> → 咽頭中へ  
ET<sub>2</sub> → 胃に落下→直接中消化(消化管吸収は少ない)  
AI領域での沈着率の差が 全沈着率と線量係数の差に近い!!  
ET<sub>1</sub>, ET<sub>2</sub> 線量にはあまり寄与しない  
線量に寄与(特に肺)

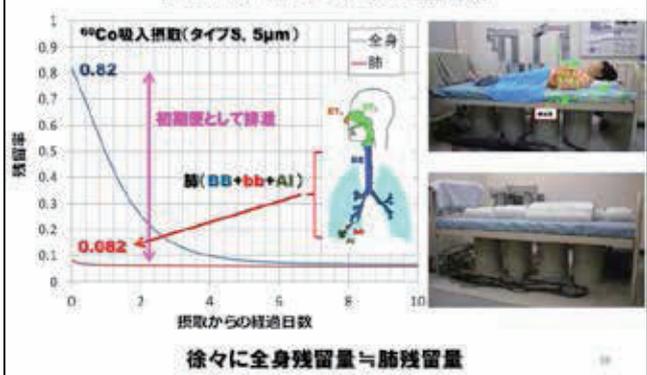
### 線量評価の例1

<sup>60</sup>Coの等価線量係数・実効線量係数(Sv/Bq)

組織・臓器	$w_t$	タイプS, 5 $\mu$ m	タイプS, 1 $\mu$ m	タイプM, 5 $\mu$ m	タイプM, 1 $\mu$ m
生殖腺	0.20	2.3E-09	2.4E-09	3.1E-09	3.1E-09
骨髄(赤色)	0.12	6.3E-09	1.2E-08	3.0E-09	4.1E-09
結腸	0.12	4.8E-09	4.6E-09	5.0E-09	4.3E-09
肺	0.12	<b>9.6E-08</b>	<b>1.7E-07</b>	3.4E-08	4.9E-08
胃	0.12	6.5E-09	1.2E-08	3.2E-09	4.3E-09
膀胱	0.05	1.1E-09	1.2E-09	2.3E-09	2.4E-09
乳房	0.05	1.2E-09	2.3E-08	3.5E-09	5.8E-09
肝臓	0.05	1.0E-08	1.9E-08	6.1E-09	8.1E-09
食道	0.05	1.4E-08	2.6E-08	4.3E-09	6.8E-09
甲状腺	0.05	5.1E-09	9.4E-09	2.7E-09	3.6E-09
皮膚	0.01	2.9E-09	5.3E-09	1.7E-09	2.3E-09
骨表面	0.01	4.9E-09	8.8E-09	2.8E-09	3.7E-09
残りの組織・臓器	0.05	5.0E-09	9.0E-09	2.7E-09	3.5E-09
実効線量		1.7E-08	2.9E-08	7.1E-09	9.6E-09

### 線量評価の例1

ホールボディカウンタによる全身計測



### 線量評価の例2

原子力機構・核燃料サイクル工学研究所・再処理施設での事例

#### 事例のサマリー

- 1978年11月30日、作業員2名が再処理施設の熱回収セル内で職欠。
- 職欠の原因は、直前の作業で使用したドライアイス、セル下部での換気率が過大評価。
- 迅速な救命措置により2名は回復。
- 体表面汚染(特に顔面に高い汚染有)を除去後、WBCによって肺沈着量を約1年にわたって測定。
- 主要核種は $^{106}\text{Ru}$ であり、当時の線量評価で決定機器である肺の線量は0.7 rem (=7 mSv, 50年間)

詳細はJAEA-Conf 2007-002に掲載

### 線量評価の例2

当時使用されたWBC

#### 作業員Aの $^{106}\text{Ru}$ 肺残留量

経過日	肺残留量 (Bq)	経過日	肺残留量 (Bq)
0.2	6.7E+04	118	1.0E+03
1	3.7E+03	146	9.6E+02
2	2.4E+03	181	7.4E+02
3	2.0E+03	209	6.3E+02
5	1.7E+03	235	4.8E+02
9	1.6E+03	272	4.4E+02
15	1.7E+03	300	4.4E+02
27	1.5E+03	335	< 3.7E+02
62	1.5E+03	364	< 3.7E+02
92	1.1E+03		

\* A collimator of the detector was removed only at the first measurement.

### 線量評価の例2

#### 作業員Aの $^{106}\text{Ru}$ 日便中排泄量

経過日	試料重量 (g)	日排泄量 (Bq)
1	145	4.4E+04
2	43	1.2E+04
3	93	4.1E+03
4	225	2.7E+02
5	119	3.7E+01
6	51	< 3.7E+01

6.1E+04

#### 作業員Aの $^{106}\text{Ru}$ 日尿中排泄量

摂取から1週間に採取した全ての日尿試料は検出限界値(37Bq)未満

### 線量評価の例2

#### WBCのスキャン測定

### 線量評価の例2

摂取経路の仮定

↓ 吸入摂取

↓ エアロゾル粒径

↓ 吸収タイプ

5日間の便中排泄量/5日目の肺沈着量 = 6.1E+04/1.7E+03=35.8

### 線量評価の例2

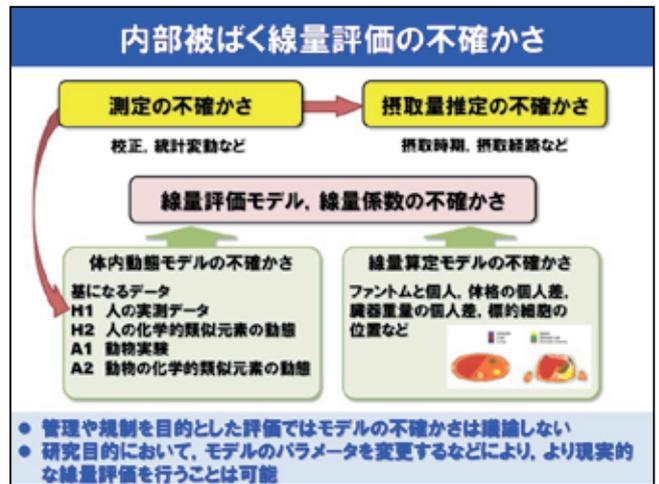
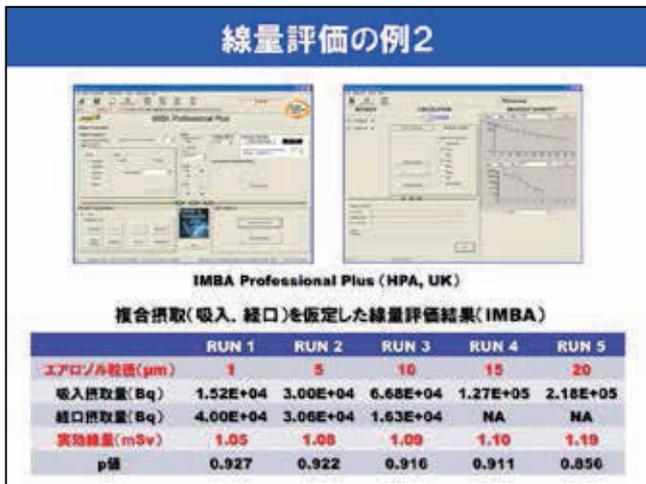
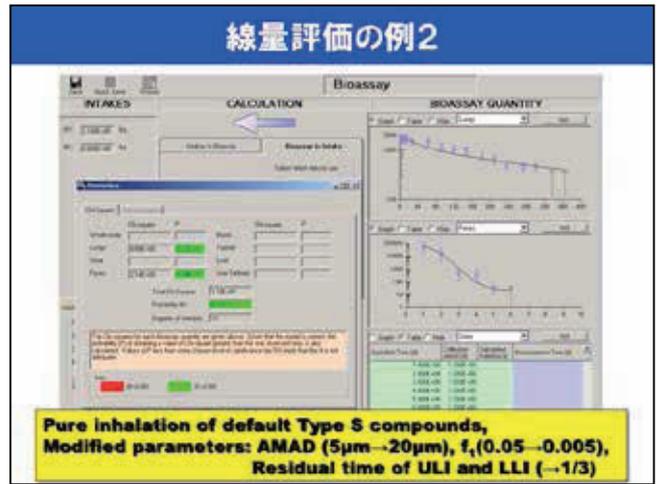
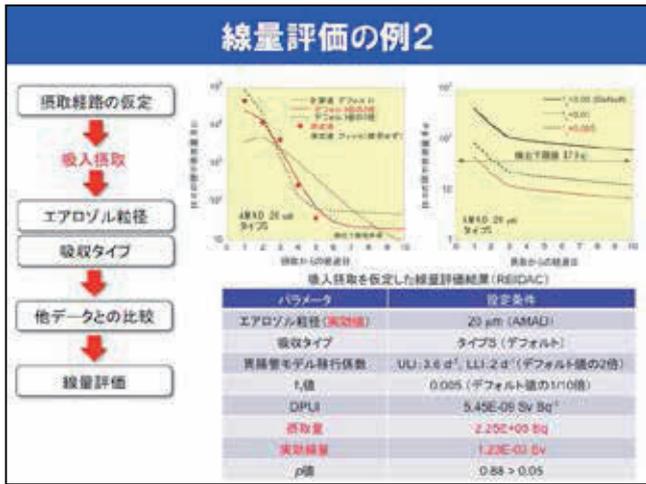
摂取経路の仮定

↓ 吸入摂取

↓ エアロゾル粒径

↓ 吸収タイプ

モニタリングデータとの一致度で評価

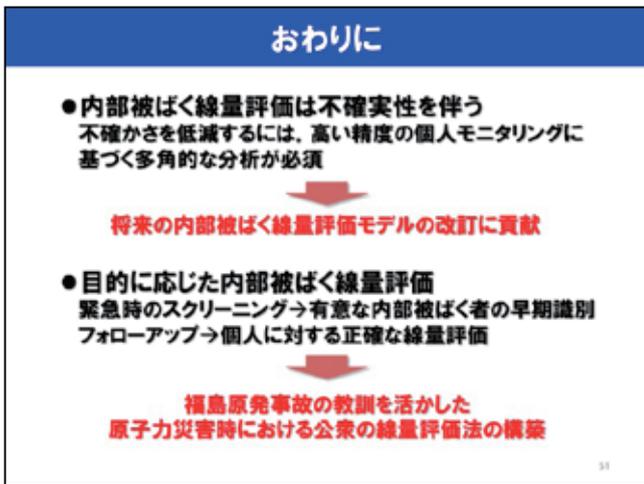
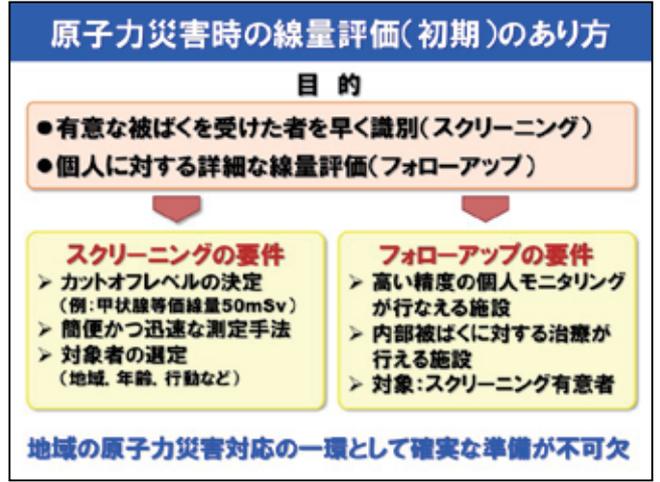


あと少し。

47

### 福島原発事故において見出された課題

- **個人モニタリングの遅れ(住民)**→住民避難や飲食物摂取制限などで被ばくは低減できたものの, **初期内部被ばく線量の推計が困難**(短半減期核種に対する認識が不足)
- **モニタリング対象者の選定(住民)**→事故初期の甲状腺被ばくスクリーニング検査(3地域のみ), WBC検査では子供(体内半減期の短い)を優先して実施
- **個人モニタリングの課題(住民, 作業員)**→上昇した放射線バックグラウンド環境下での実施, 大規模な自然災害(インフラの破壊, 停電)



**ご清聴有難うございました**

32

第4回日本放射線事故・災害医学会 学術集会  
特別講演「国際大型イベントの危機管理」

- 2020年の東京オリンピック・パラリンピックに迎えるあたり日韓 FIFA ワールドカップを振り返る -

横浜国立大学大学院 環境情報研究院 リスク共生社会創造センター

野口 和彦

2020年に東京でオリンピック・パラリンピックを迎える。この4年間に、東京・日本等で大型イベントの開催に影響を与える可能性のあるリスクは、台風・地震をはじめとする自然災害、国際紛争、サイバーテロ等、多種多様である。これらのリスク・危機に如何に対応していくかは、日本の力を示すものとして世界が注目をしている。また、大型イベントの危機管理は、単に安全であれば良いわけではなく、多くの人に喜びをもたらすものでもある必要がある。

本講演は、2002年に開催された日韓 FIFA ワールドカップにおける危機管理の経験と20年間の世界状況や技術の変化を踏まえた上で、大型国際イベントの危機管理の要点を整理する。

国際大型イベントの危機管理

-2020年の東京オリンピック・パラリンピックに迎えるあたり  
日韓 FIFA ワールドカップを振り返る-

2016年9月10日

横浜国立大学  
リスク共生社会創造センター センター長  
環境情報研究院 教授 野口 和彦

国際大型イベントの危機管理を考える意義

- 一般のリスク・危機対応は、防災・安全や経営等が対象
  - リスクの捉え方(安全分野を例に)
    - これまでの視点・・・発生したトラブルをどう防ぐか
- リスクも、事故や災害自体をリスクとして捉える
- リスクは、小さくすべきものと認識
- さらに、リスク特定が、経験した事故の整理に留まる傾向が
- **スポーツイベントのリスクマネジメント・危機管理を知ることで、リスク・危機対応の多様な視点を知る**

1

変化するリスクの定義

- **リスクの定義によって異なるリスクの意味**
- これまでのリスクの考え方
  - アメリカ原子力委員会:  
「**リスク = 発生確率 × 被害の大きさ**」
  - MIT:「**リスク = 潜在危険性／安全防護対策**」
  - ハインリッヒの産業災害防止論:  
「**リスク = (潜在危険性が事故となる確率) × (事故に遭遇する可能性) × (事故による被害の大きさ)**」
  - ISO/IEC ガイド51:  
「**危害の発生確率及びその危害の重大さの組み合わせ**」

2

新たなリスクの捉え方

- **リスクを社会・組織目的達成の指標として捉えると**
  - 社会・組織のリスクを体系化して、どのリスクを選択するかが重要になる
  - **多様な可能性の中から何を選択しどう対応するか**
- ISO31000のリスク定義
  - **目的に対する不確かさの影響**
    - 注記1 影響とは、期待されていることから、よい方向及び／又は悪い方向に逸脱すること
    - 注記2 諸目的は、例えば財務・安全衛生・環境に関する到達目的など、さまざまな側面をもち、戦略・組織全体・プロジェクト・製品・プロセスなどさまざまなレベルで設定され得る

～後略

3

**リスク最適化を目指す最新のリスクマネジメント**

- **マネジメント** ⇔ **管理**
- リスクマネジメントの変化: サッカーを例に
  - 今までのリスクマネジメントは、点を取られることへの対応 (**リスク管理の視点**)
  - 今のリスクマネジメントは、試合目的達成のための対応 (**リスクマネジメントの視点**)
  - 部分最適化 ➡ **全体最適化**へ
- **自分の業務も全体最適化の中で考えることが重要**
- **保有しているリスクを認識していないと危機管理も機能しない**

4

**大規模スポーツイベントにおけるリスク・危機対応の要点**

- 大会として**何がリスク・危機なのか**を定める
  - リスク対応と安全対応は同じではない
- リスク・危機対応の**優先順位**を定め、関係者で共有
- 大会開始前、開催中の大会中止要件を決定
- リスク・危機の把握
  - リスク・危機の整理(地震等への対応は必須)
  - 対応範囲を定める(危機をコントロールできることは無関係)
- リスク・危機への対応基本方針と対応を検討
  - リスクマネジメント・危機管理の考え方を共有する
- リスクマネジメント・危機管理レベルの検証と強化
  - 教育・訓練の計画と実施

5

**大規模スポーツイベントにおけるリスク・危機事例**

- 大会の**開催ができない**
  - 大規模自然災害の発生(開催値、開催値以外)
  - 原子力発電所(F1)事故の影響の再発
  - パンデミック、テロ等の発生
  - 大規模停電等インフラ機能の停止 等
- 大会の**運営に支障**が発生する
  - 競技施設、情報システム等の不備の発覚
  - スケジュールが混乱する
  - 放送等に支障が発生する 等
- 事故・テロの発生等による**人的被害**の発生
- 日本の信用を失う
- 大会が赤字になる

6

**大規模スポーツイベントのリスク・危機とは**

- **何事もなければ、成功か?**
  - 何もトラブルがなくても、本来の目的を達成できなければ、マネジメントは失敗
    - 地域政策も、企業経営も同じ
- **成功の定義が大事**
  - **楽しく無ければスポーツイベントではない**
  - 関係者の大会のリスクに関する意識の共有が大事
    - **担当者が自分のリスクを小さくすると、大会のリスクが大きくなる**

7

**国際スポーツ大会のリスク・危機対応の特徴**

- **楽しむイベント**でのリスクマネジメント
  - イベント運営と危機対応のバランスが難しい
  - 過度の警備はイベントの趣旨に合わない
- **土地勘の無い多数の外国人の存在**
  - 日本の習慣に馴染みのない多数の人々
  - 多数のVIPの存在
  - 経験の無い地震等への戸惑い・怖れ
  - 世界への情報発信の重要性: 各国大使館との連携も課題
- **海外からの注目が集まっている時期**の対応
  - 小さなトラブルまで、即時に世界に通報される
  - 言葉・常識の差異から、非難を受けることも
- **暫定的な組織**で対応することの問題

8

- 2002年日韓ワールドカップを事例として

9

### 事例として①: W杯の危機とは

- 危機とは、フリーガンやサポーター暴動の事か
- 雨や地震の対策が重要だったW杯
- 専門の目から見た危機事象の思い込み
  - 6月の日本は、梅雨の時期
  - 大雨対策、台風対策が重要
  - ヨーロッパではあまり問題にならない地震に対する備えも大きな課題
    - スタジアムに被害が無くとも、東海道新幹線が不通となれば、日本を縦断する大きな国際大会が影響を受ける

10

### 事例として②: 日本の常識・世界の常識

- 日本が世界を経験したイベントFIFA W杯で多様性を知った
  - 10の地域が多様な世界を知った
  - 決勝戦のチケット販売でのブラジル人とドイツ人の行列が世界の多様性を示す
- 順番や正解を決めたがる日本
  - 多様であることを認めることの重要性
  - 一つの型の効率性と危うさを知ることが大事
- 日本と韓国、さらにはFIFAにおける考え方の相違をすり合わせが必要だったW杯
  - 根回しが下手な日本
  - リスクマネジメントでは、問われなくても必要なことを進言

11

### 事例として③: W杯のリスクマネジメント

- リスクマネジメントの優先順位と対応を決め共有した
  - 危機に至る事象を約50の項目に整理し、対応と共に整理し、配布
  - 試合の中止要件を整理しFIFAへ提出
  - 事前に施設を運営状況を見てチェック
    - 特に、新規設備のチェックは多様な視点からチェック
- 暫定的組織で実施しなくてはならない危機への対応
  - 初めて顔をあわせる人々でリスクマネジメントを実施
    - 優先順位の共有化
    - 事前の研修と訓練の実施
    - 本部における集中管理と現場対応
      - シンプルに、ポケットマニュアルの作成

12

### 事例として④: 機能達成を考えさせられたW杯

- ゴールシーンが見られない車椅子席⇒多様な状況を考える安全
- 急なスタンド ⇒ ポジティブ機能優先
- 雨を防ぐことができない屋根
  - 事故時対応策の有効性を検証



雨が3階まで振り込むスタジアム

13

### 事例として⑤: 日本の常識、世界の常識

- 縦割り論理での対応の限界がある危機対応
  - 役割を決めたがる日本
  - チケット問題をリスクマネジメントの対象から外した反省
- チケット問題への対応にみる専門家と社会の意識・常識の差異
  - 350万枚の数パーセントは問題ないか
  - 6万人収容のスタジアムが何故5万5千人で満員なのか
  - 受身にまわる広報
- ADカードの発行にみる常識
  - 上司が部下をカバーしなくては気のすまない日本と機能で考えるFIFA



14

### 事例として⑤: 日本の方法が救ったW杯

- 微笑みのW杯と言われたことの誇り
- カメルーンを待ちつづけた中津江村が残したもの
- フリーガンの行動を制した日本人の応援でも
- ベッカム様のおかげも
- グローバルスタンダードと固有性
  - 標準化対応で世界に対応
    - 避難マーク等災害対応に必要な事項の共有化
  - 日本らしさ対応で新たな価値観の提示を

15

## まとめ

16

### 東京オリンピック・パラリンピックを成功させるために

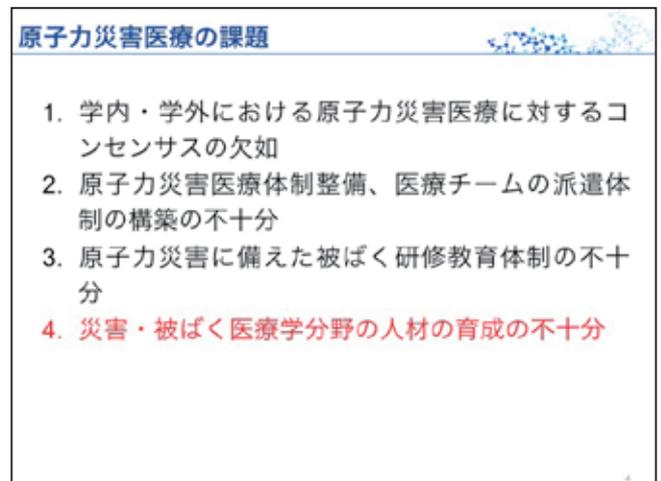
- 東京オリンピック・パラリンピックを成功させるために必要な**機能の把握**を行う
- 必要な機能を完遂するために実施すべきことを整理し、その**責任を明確**にする
- リスクマネジメントの実施に必要なことを、大会全体の視点から常にチェックし、分担した役割の**不完全性をカバー**する仕組みを構築する
- 大会として**優先順位に従ってリスクマネジメント・危機管理**を実施
  - 担当者としての優先順位ではない
- **敵を知り己を知らば百戦危うからず**
  - 自分の仕事に誇りを持ち、プロとしての技術の練磨を行う

17

第4回日本放射線事故・災害医学会 学術集会  
シンポジウム1「新たな被ばく医療体制における関係機関の連携」

I. 長崎大学における高度被ばく医療センターの活動と課題

長崎大学原爆後障害医療研究所  
高村 昇



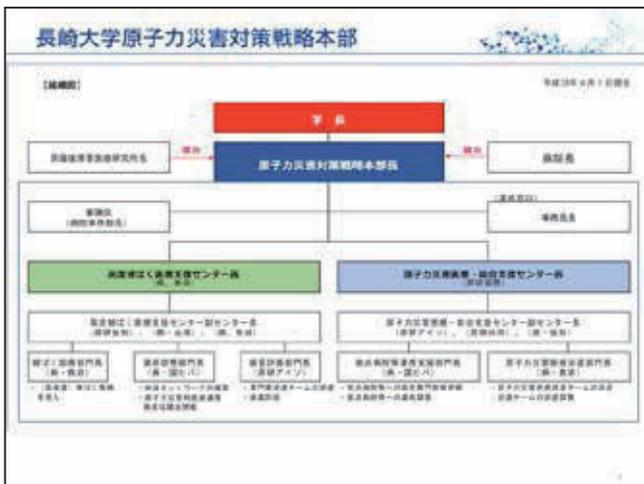


長崎大学における高度被ばく医療支援としてのこれまでの活動について

原子力災害対策戦略本部の設置

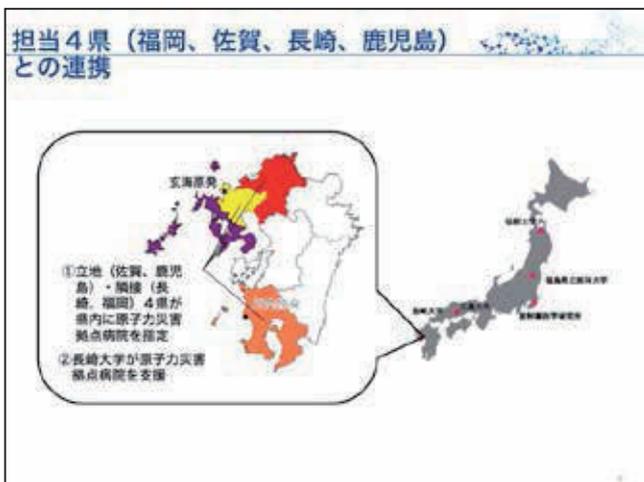
平成27年8月26日付けで原子力規制庁から指定された「高度被ばく医療支援センター」及び「原子力災害医療・総合支援センター」を総括し、学長直下、原子力防災において部局横断による対応が可能となることを目的とし、長崎大学に平成28年4月1日付けで新たに「原子力災害対策戦略本部」を設置した。

また、両支援センターへの学内外からの相談窓口として、原子力災害対策戦略本部内に事務局を設け、専従の職員を配置している。



支援センター5施設間の連携

- ・支援センター事務局長会議
- ・各支援センターのコアメンバーによる意見交換会
- ・原子力災害時医療連携推進協議会（地域、全国）
- ・相互訪問 など



「原子力災害対策戦略本部」の活動実績

- 1. 担当エリアにおける意見交換の実施**  
新たな原子力災害医療体制整備に向けて、現状確認を含め、立地県等の担当者との意見交換の実施（長崎県、鹿児島県、佐賀県、福岡県）
- 2. 原子力災害拠点病院の指定状況**  
①平成27年度指定：担当エリア4県中 0県  
②平成28年度以降の指定に向けて検討：担当エリア4県中 4県  
・平成28年度以降に原子力災害拠点病院を指定予定
- 3. 地域ネットワークの構築支援**  
地域ネットワークの構築支援として、立地県等が実施するネットワーク会議等に出席
- 4. 立地県等主催の原子力防災訓練等への参加**  
担当エリアが指定された平成27年10月以降、原子力防災訓練等に訓練講師、指導助言役又はオブザーバーとして参加（愛媛県、佐賀県、鹿児島県）

平成28年度 地域原子力災害時医療連携推進協議会（九州地区）

1. 7月25日（月）
  - (1) 状況説明
    - 「原子力災害時における医療体制について」
    - 「長崎大学の現在の状況について」
  - (2) 講演
    - 「長崎大学の福島原子力発電所事故時の初期対応について」
  - (3) 事例紹介
    - 「福岡県における県民健康調査について」
  - (4) 全体会
    - 「今後の原子力災害時医療体制について」
  - (5) 施設見学
2. 7月26日（火）
  - (1) 分科会
    - 「拠点病院指定における現在の状況及び諸課題等について」
  - (2) まとめ

11

3県合同原子力防災訓練  
（平成27年11月28日）



12

地域ネットワークの構築に向けての課題

立地県等が指定する原子力災害拠点病院について、多くの県では、旧二次被ばく医療機関から移行する方向で検討している。また、担当者からの意見として、特に多く聞かれた内容は、次のとおり。

1. 県として指定する際に、どの程度要件を満たしていれば良いか。
2. 施設管理者（病院長）等の役職者の理解を得る必要がある。
3. 原子力災害医療派遣チームの整備に向けて、明確な活動マニュアルがない現状では指定を検討している病院への説明が困難である。
4. 複合災害を念頭に置いた場合、DMATと原子力災害医療派遣チームの整合性を考えたときに本当に原子力災害医療派遣チームに人材を確保できるのか（原子力災害医療派遣チームが既に一般災害対応のDMATとして出払っている可能性がある）。

13

原子力災害対策戦略本部の今後の課題

1. 高線量被ばく傷病者搬送受け入れに向けた体制の整備
2. 地域ネットワークの有機的な構築・連携
3. 原子力災害医療体制整備、医療チームの派遣体制の構築
4. 原子力災害に備えた被ばく研修教育体制の構築
5. 災害・被ばく医療学分野の人材の育成

14

長崎大学・福岡県立医科大学  
共同大学院  
災害・被ばく医療科学共同専攻（修士課程）



放射線被ばくを伴う発災から復興支援まで専門的知識を持った、保健看護・医・技師のプロフェッショナルへ

福島第一原子力発電所事故での反省～  
人材育成の必要性



「災害・被ばく医療科学共同専攻」立ち上げへ

15



## II. 原子力災害医療・総合支援センターとしての役割

広島大学大学院救急集中治療医学  
廣橋 伸之

原子力災害医療・総合支援センターとしての役割

広島大学大学院 救急集中治療医学  
広島大学高度救命救急センター・集中治療部  
広島大学緊急被ばく医療推進センター  
廣橋 伸之

福島原子力災害における広島大学の支援活動

緊急被ばく医療派遣 (D-1900-6以上) 福島市 二本松市 福島第一原子力発電所

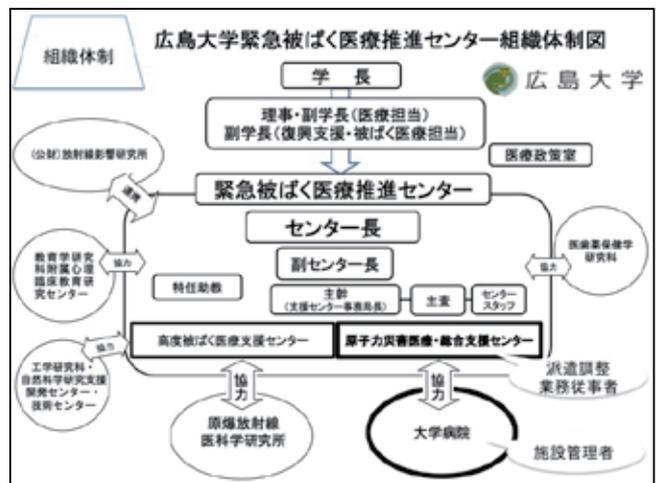
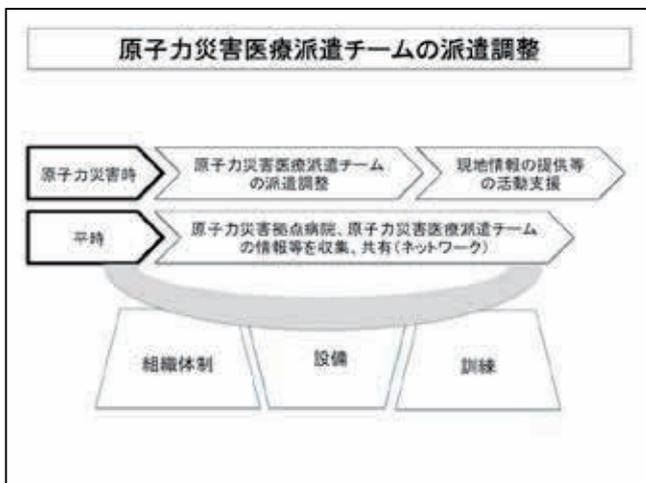
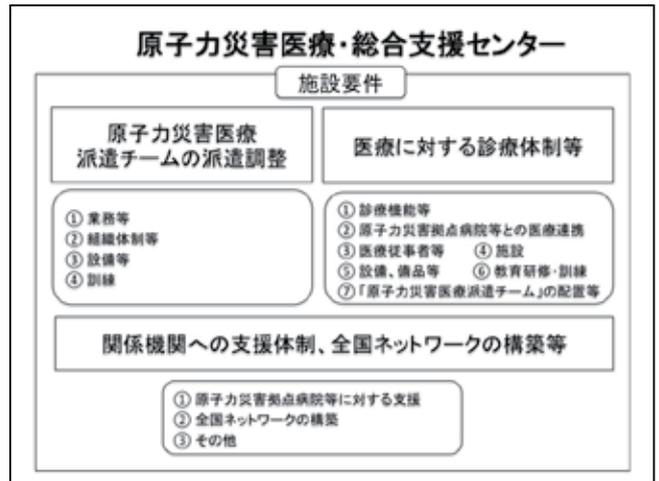
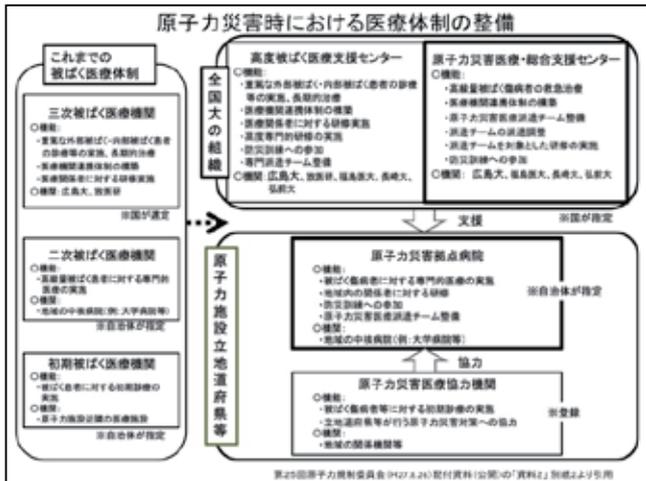
オフサイトセンター 救急者への説明会 福島第一原発 緊急対応 自衛隊・消防士への 研修 福島第一原発 緊急対応 自衛隊・消防士への 研修

広島大学との協定 協定調印式 日本赤十字社との協定

福島第一原子力発電所事故の教訓から

1. 指揮系統のあり方の再検討  
自治体を中心とした防災体制づくり
2. 緊急避難体制の整備  
周知な事前準備と計画的避難
3. 被ばく医療体制の充実  
被ばく医療の教育・医療への組み込み
4. 放射線に関する情報システム強化  
モニタリングポスト増設と柔軟な対応





**設備**

派遣調整に必要な設備  
通信ネットワーク設備  
衛星回線等の通信機器を装備した車輛

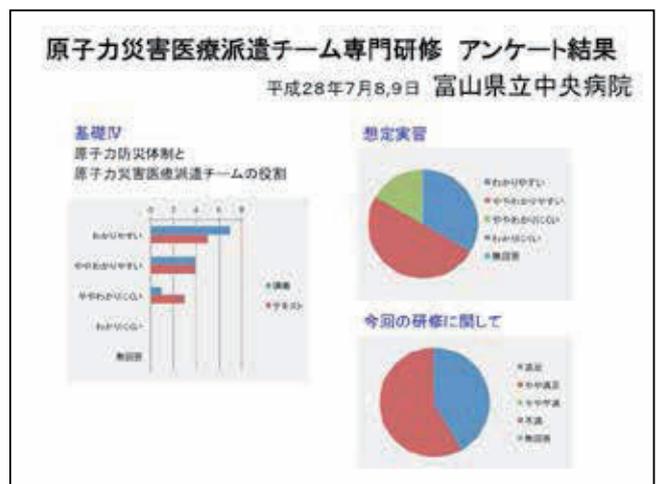
災害用 衛星ブロードバンド設備搭載車両

**訓練**

自施設における定期的な派遣調整訓練  
原子力災害拠点病院が実施する派遣訓練  
国又は立地道府県等が開催する訓練

平成27年11月9日 愛媛県原子力防災訓練(国)における活動

平成27年度 原子力防災訓練 派遣	実施月	実施地
10月	鳥根県、鳥形県	
11月	愛媛県、石川県、富山県、京都府、佐賀県、岐阜県	
12月	鹿児島県	



### 原子力災害医療派遣チーム専門研修 アンケート結果

平成28年7月8,9日 富山県立中央病院

**【医師】**

- テキストが分かりにくい。結局何が重要なのか分からず、焦点がぼやけている。
- 想定付与があいまい。
- インストラクターの言うことに統一性がない所がある。
- 実技中、もう少し関与してほしい(傍観しすぎ)。

**【看護師】**

- 試行錯誤している段階での研修であると思うが、随機応変や自ら考えるという説明もあった中で、ある程度の一貫性が必要ではないかと思った。
- 診療の際の手技について、解りにくかった。デモンストレーションを見せて頂ければ理解しやすい。
- 実習の1クール目終了後、改善すべき点について具体的な例を示してもらえたらもっとイメージを膨らませて2クール目に入れたと思う。

**【放射線技師】**

- 前もって本を読んでいたが、実際に教えてもらい理解できた。
- 前もって準備が必要なものも判った。

### 医療に対する診療体制等

原子力災害拠点病院等の医療連携

① 診療機能等  
② 原子力災害拠点病院等との医療連携  
③ 医療従事者等  
④ 施設(専用施設)  
⑤ 設備、備品等  
⑥ 教育研修・訓練  
⑦ 「原子力災害医療派遣チーム」の配置等

原子力災害拠点病院の施設要件

● 原子力災害拠点病院では対応できない高線量被ばく、傷病者の診療、専門的治療

● OIL4 超傷病者、被ばく傷病者に対応可能な高度救命救急センターの診療(骨髄移植や重症熱傷等含む)

原爆放射線医学研究所 RIRBM

富山県立中央病院 広島大学病院

### 世界に向けた人材育成・共同研究

放射線災害復興を推進する人材育成のための大学院コース

放射線による障害の治療および予防に関する研究を3大学共同で発展

原子力災害医療体制の充実

放射線災害復興を推進する人材育成のための大学院コース

放射線による障害の治療および予防に関する研究を3大学共同で発展

原子力災害医療体制の充実

### 関係機関への支援体制、全国ネットワークの構築等

① 原子力災害拠点病院等に対する支援  
② 全国ネットワークの構築

- ・ 関連医療機関との全国的な連携・協力体制が平時より構築され、全国規模の原子力災害医療関係者による情報交換等のための会合を定期的に開催する。
- ・ 原子力災害拠点病院等の「原子力災害医療派遣チーム」の派遣調整のため、平時から、全国規模の連携・協力体制のネットワークを構築する。

③ その他

原子力災害時、国及び立地道府県等からの要請で専門家を派遣する体制

済生会川内病院訓練 平成28年7月2日 鹿児島県

### 医療機関連携体制(全国ネットワーク)の構築

#### 西日本ブロック地域協議会(H16~H24)

文部科学省 委託事業 議題(各地区とも共通)

- 西日本ブロックから放射線への患者搬送に係る問題点、課題について
- 各府県の緊急被ばく医療体制の現状について
- 患者搬送フロー図、事故発生時の連絡網についての再確認
- 継続したネットワーク(顔の見える関係)の強化について

九州地区 佐賀 長崎 鹿児島 福岡

中国・四国地区 岡山 鳥取 島根 愛媛 山口

近畿・北陸地区 石川 福井 京都 大阪 富山 岐阜 滋賀

#### 意見交換会(H25, H26)

原子力規制庁 委託事業 議題(各会場とも共通)

- 新たな原子力災害医療体制について
- 人材育成・教育研修について
- 継続したネットワーク(顔の見える関係)の強化について

鳥取 島根 岡山 山口 愛媛 福岡 佐賀 長崎 鹿児島 鹿儿島

神奈川 静岡 富山 石川 福井 岐阜 滋賀 京都 大阪

北海道 青森 宮城 福島 茨城 新潟

### 医療機関連携体制(全国ネットワーク)の構築

原子力災害医療派遣チーム研修に関する関係者間の意見交換会 5月31日 放医研研修棟2階講義室

議事内容

- ① 各センターより「原子力災害医療派遣チーム研修」の実施概要について
- ② 今後の「原子力災害医療派遣チーム研修」の実施計画について
- ③ 本研修実施にあたっての問題点・課題
- ④ その他 ビブスの標準化について

3道県

12府県

4県

5県

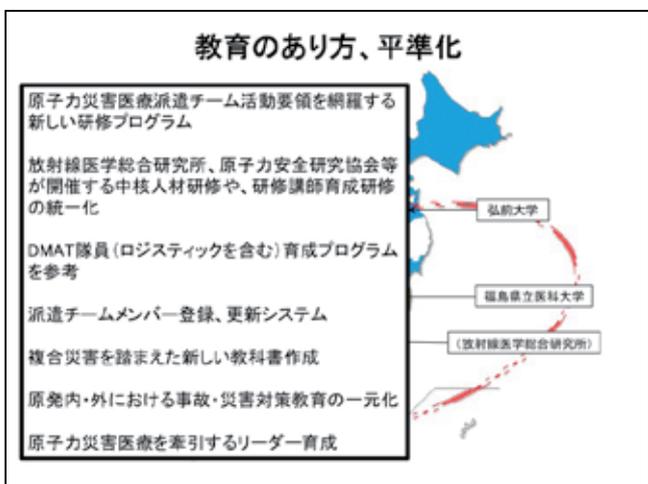
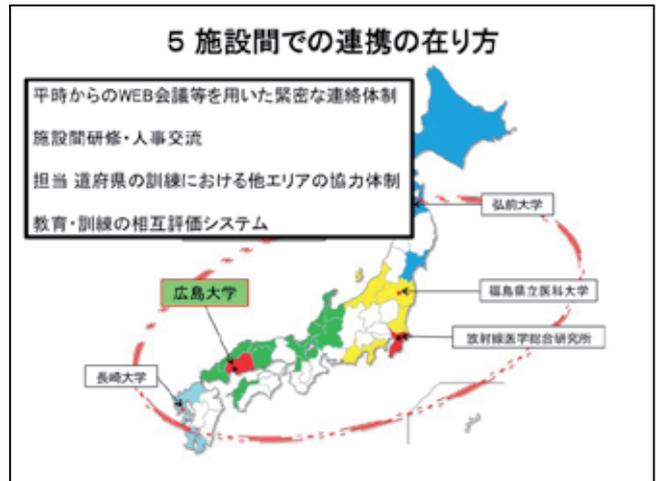
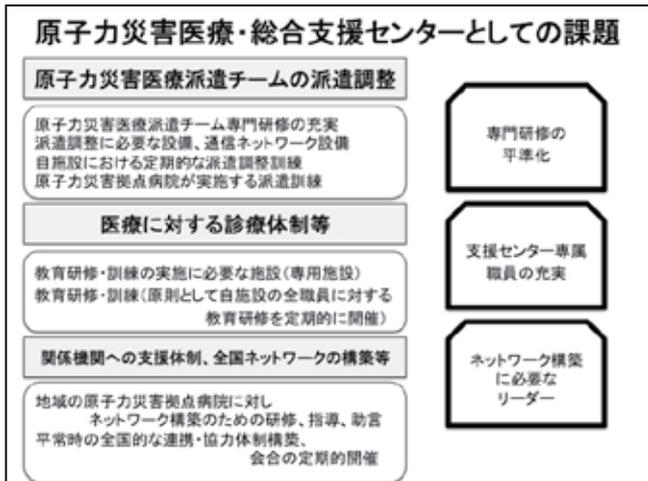
広島大学 福島県立医科大学

平成27年度 原子力規制庁委託事業 全国原子力災害時医療連携推進協議会 準備会合(平成28年3月25日)

長崎大学

原子力災害医療・総合支援センター 担当エリア

(放射線医学総合研究所)



### III. 原子力災害医療拠点病院の活動と課題

青森県立中央病院救命救急センター  
 花田 裕之

## 原子力災害医療拠点 病院の活動と課題

青森県立中央病院  
 花田裕之 佐藤裕太 齋藤兄治 小笠原賢

## 原子力災害拠点病院の要件

原子力災害拠点病院等の施設要件 原子力規制庁 H27.4

(ア)診療体制等  
 (イ)必要な施設及び設備など  
 (ウ)教育研修・訓練の実施、関係機関への支援体制等  
 (エ)「原子力災害医療派遣チーム」の配置等  
 (オ)指定にあたっての留意点

### 診療体制など

- ①診療機能
  - 【救急医療の提供体制】
  - 【被ばく医療の提供体制】
  - 【救急医療と被ばく医療の連携体制】
- ②他の原子力拠点病院等との医療連携
- ③医療従事者など
  - 【施設管理者】
  - 【原子力災害に対する中核人材の配置】
  - 【原子力災害発生時における、専門的な知識および技能を有する医師の配置】
  - 【原子力災害発生時における、専門的な知識および技能を有する医師以外の配置】



### 診療体制など→当院は

弘前大学緊急被ばく医療人材育成講座修了  
 泌尿器・救急医 1名 看護師 2名  
 NIRS被ばく医療セミナー受講  
 救急医 3名

救急認定看護師 3名  
 災害担当危機管理官(災害事務担当)2名  
 防災消防課経験 救急担当事務官 1名

原子力災害医療派遣チーム養成講座受講  
 救急医 2名 放射線技師 1名 ロジ 1名



### 診療体制など→当院は

- ①診療機能
  - 【救急医療の提供体制】 ○
  - 【被ばく医療の提供体制】 ○
  - 【救急医療と被ばく医療の連携体制】 ○
- ②他の原子力拠点病院等との医療連携 △
- ③医療従事者など
  - 【施設管理者】 災害医療コーディネーター+CBRN研修
  - 【原子力災害に対する中核人材の配置】 ○
  - 【原子力災害発生時における、専門的な知識および技能を有する医師の配置】 ○
  - 【原子力災害発生時における、専門的な知識および技能を有する医師以外の配置】 ○



### 施設及び設備

- ①施設等
  - A) 除染を行うために必要な除染室
  - B) 被ばく傷病者等に対して救急処置室
  - C) OIL4超傷病者、被ばく傷病者の入院病室
  - D) 災害拠点病院としての施設
- ②設備、備品等
  - A) 医療従事者用防護資器材と個人線量計
  - B) 空間線量測定器
  - C) 外部被ばく線量評価用測定器
  - D) 内部被ばく線量評価用測定器
  - E) 診療設備と医薬品
  - F) 除染資器材
  - G) 汚染物の一時保管設備
  - H) 災害用衛星電話、衛星インターネット環境



### 施設及び設備→当院は




## 施設及び設備→当院は

### ①施設等

- A) 除染を行うために必要な除染室
- B) 被ばく傷病者等に対して救急処置室
- C) OIL4超傷病者、被ばく傷病者の入院病室
- D) 災害拠点病院としての施設

- A)~C) それぞれ、専用設備はなし。
- C) 救急ICUの個室可能  
空調、排水は独立していない  
CBRNE多数傷病者の除染設備なし



## 施設及び設備→当院は

### ②設備、備品等

- A) 医療従事者用防護資器材と個人線量計
- B) 空間線量測定器
- C) 外部被ばく線量評価用測定器
- D) 内部被ばく線量評価用測定器
- E) 診療設備と医薬品
- F) 除染資器材
- G) 汚染物の一時保管設備
- H) 災害用衛星電話、衛星インターネット環境



## 施設及び設備→当院は



## 施設及び設備→当院は

### ②設備、備品等

- A) 医療従事者用防護資器材と個人線量計 ○
- B) 空間線量測定器 ○
- C) 外部被ばく線量評価用測定器 ○
- E) 診療設備と医薬品 ○
- F) 除染資器材 ○
- 物の一時保管設備 ○
- 用衛星電話、衛星インターネット環境○



全てあり、1回/年メンテしているが、  
すぐに使える状態にない  
→保管場所・技術者



## 教育研修・訓練

### ①教育・研修

- A) 自施設の全職員
- B) 管轄内の原子力災害医療協力機関

### ②訓練

- A) 関係職員への定期訓練
- B) 県の原子力災害訓練
- C) 県と国の総合防災訓練

### ③連携

- A) 県内施設間のネットワーク会議
- C) 県の原子力災害対策への参加



## 教育研修・訓練→当院

### ①教育・研修

- A) 自施設の全職員 →今年度開始
- B) 管轄内の原子力災害医療協力機関 来年度以降

### ②訓練

- A) 関係職員への定期訓練
- E) 県の原子力災害訓練 →10/26
- F) 県と国の総合防災訓練 弘大と県の訓練に参加

### ③連携

- A) 県内施設間のネットワーク会議 →1月予定
- C) 県の原子力災害対策への参加 →県立病院





## まとめ

- ①原子力災害拠点病院として、今年度から活動を始めたが、これまで培ってきた人材が役立っている。
- ②資機材は関係諸機関の協力により、かなりそろっている。
- ③施設内での研修を始めたが、他職種参加ではあるものの、絶対数がまだまだ少ない。
- ④施設外への研修、実習は今後の課題。
- ⑤「高度被ばく医療支援センター」および「原子力災害医療・総合支援センター」である弘前大学との連携、八戸市立市民病院、原子力災害協力病院との連携については、開始されたばかりであるが、もともと日常医療を通じて関係は深い。



## 今後の課題

- ①院内に原子力災害医療、緊急被ばく医療について理解してもらうため、研修参加者の底辺拡大が必要（例 研修医参加の必修化、将来的には医療従事者教育への必修項目化）
- ②資機材を使える人材育成と試用回数の増加（検体の確保が必要）
- ③抜き打ち的なブラインド訓練の実施
- ④他職種への普及のため、県全体での研修会の定期開催
- ⑤連携については訓練時の相互チェック、連携を取り入れた訓練など



## IV. 放射線医学総合研究所の活動と課題

量研機構放射線医学総合研究所  
立崎 英夫



第4回日本放射線事故・災害医学会  
2016年9月10日

### 放射線医学総合研究所の 活動と課題

量子科学技術研究開発機構  
放射線医学総合研究所

被ばく医療センター  
立崎英夫

### 放射線医学総合研究所(放医研) 背景・位置づけ

- 防災基本計画
  - 原子力災害時に指定公共機関
    - 公費の被ばく線量測定
    - 医療に関する専門家派遣
    - 原子力災害合同対策協議会への参加
    - 被ばく患者等の診断検査等
- 国民保護基本指針
  - 指定公共機関
    - 被ばく患者診療等
- 千葉県地域防災計画
  - 国、国立研究開発法人放射線医学総合研究所等の協力を得て緊急時被ばく医療対策
- 千葉市国民保護協議会
  - 指定公共機関として参加
- 量研機構法
  - 国体行政機関又は地方公共団体の委託が必要と認めて依頼した場合  
→放射線による人体の障害の予防、診断及び治療
- 原子力規制委員会/規制庁
  - 高度被ばく医療支援センターの指定（2015年8月）

## 主な特徴

- 特に高度被ばく医療支援センターの機能

- 内部被ばくの診療
- 線量評価
- 教育研修
- 国際貢献

## 内部被ばくの診療

- 内部被ばくの線量評価  
→後述

- プロトニウム専用施設



- 除去剤備蓄

ブルシアンブルー、Ca/Zn-DTPA



### 線量評価

- 体外計測
  - ホールボディカウンター(WBC) (精密型を含め複数台)
    - 精密型WBC検査
    - 精密型WBC検出器
  - 甲状腺モニター
    - 甲状腺モニター
    - ベッド型WBC
    - 立位型WBC
  - 肺モニター
    - 校正用のファントム
    - 他機関の校正支援
- バイオアッセイ
  - プルトニウム等アクチノイドを含むバイオアッセイ機能
  - ビキニ水圏関連資料の線量評価に関する研究

バイオアッセイサンプル

### 線量評価

- 線量換算
  - モンダールIII 開発
  - 内部被ばく線量ソフト
- 染色体分析による生物線量評価機能
  - WHOバイオドースネットワーク協力
  - ISO協力
- 専門家のネットワークを構成
  - 生物学的線量評価
  - 物理学的線量評価
  - 被ばく医療

MONDAL3  
Bioassay Software for Internal Dosimetry  
© 2008 NIRS, IAEA, WHO, ISO, University of Tsukuba

### 教育研修

- 教育研修の専用施設
  - RI使用可能実習室
  - 研修専門部門(人材育成センター)
- 新規教育研修をリード
  - 新しい原子力災害時の医療体制を担う人材を教育

◆ 原子力災害時医療中核人材研修

- 目的: 医療施設での被災者の受け入れ高度・専門的な実習と研修管理各機関での中心的人材養成
- 対象: 原子力災害拠点病院 医師、看護士、診療放射線技師

◆ ホールボディカウンター(WBC)計測研修

- 目的: 計測研修(専門家育成)
- 対象: 原子力災害拠点病院
  - 被ばく線量測定・評価に従事
  - 計測と周辺機器の管理も行う人

### 放医研における緊急被ばく医療関連研修 H21-H28年度(8月まで)

課程名	開催回数	参加者数	オブザーバー数
Hospital course (医療従事者・指導者育成・中核人材)	20	542	24
原子力災害医療担当事務者研修コース	1	25	0
NIRS-IAEA-REAC/TS training course	1	24	4
1F救急室派遣看護師対象 NIRS緊急被ばく医療講習会	1	11	-
Pre-hospital course (初動セミナー+CRテロセミナー)	18	501	69
染色体による線量評価セミナー	5	70	8
WBC計測研修(千葉)	1	12	9
福島県対象WBC検査研修	2 (内1回@福島)	35	0

計1220名

### 国際貢献

国際機関への協力+

2002年以来  
500名以上の  
海外からの研修受講者

NIRS 放医研

### その他の特徴的機能

- 被ばく医療ダイヤル:
  - 専門的助言のための電話相談
  - 通常時から24時間体制
  - 医療関係者や防災関係者を対象
- REMAT: (Radiation Emergency Medical Assistant Team)
  - 事故時の専門家の派遣体制
  - 専用車両(3台)や資機材

REMAT



対応実績	
1954年	第五号電丸
1971年	イリジウム線源被ばく事故
1986年	チェルノブイリ原発事故(帰国者検診)
1999年	JCO臨界事故(線量評価、診断と治療、住民対応、フォローアップ検診)
2000年	JR高槻駅コウ素散布事件(消防への指示)
2000年	電子機器工場へ線源被ばく事故(線量評価、診断治療)
2001年	高校授業中の被ばく事故(線量評価)
2001年	病院の被ばく事故(線量評価、警察へのアドバイス)
2005年	低エネルギー線被ばく(照射装置の線量評価、診断)
2006年	医用Liウム増感事件(日本人検出者バイオアッセイ、線量評価)
2007年	国立大学被ばく(線量評価等)
2008年	イリジウム線源事故(広報、行政対応)
2008年	同位体サミットR子口医療対応現地特種
2010年	APFC2010 R子口医療体制対応
2011年	東京電力福島第一原子力発電所事故対応 (患者診断と治療、OFC等派遣、一時立ち入り企画運営、電話相談、他)
2016年	伊勢志摩サミットR子口医療対応(医療本部、空港特種)

課題
<ul style="list-style-type: none"> <li>JAEAの一部と統合しQST 放射線防護専門家:20名以上増加</li> <li>人材育成           <ul style="list-style-type: none"> <li>パイロット研修による標準プログラム提示、</li> <li>教材提供</li> </ul> </li> <li>立地県及び隣接県以外:           <ul style="list-style-type: none"> <li>これまでも多くの放射線事故対応 被ばく医療研修・非立地都道府県の人材も</li> <li>非立地都道府県の医療施設 → 被ばく医療に従事出来る人材の育成と施設整備</li> </ul> </li> <li>高度被ばく医療支援センター:           <ul style="list-style-type: none"> <li>条件を満たす中で、特微的機能の強化</li> </ul> </li> </ul>

## V. 線量評価における課題と関係機関の連携

日本原子力研究開発機構  
バックエンド研究開発部門核燃料サイクル工学研究所  
百瀬 琢磨

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

### 線量評価における課題と関係機関の連携

日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所  
百瀬 琢磨

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

### 線量評価における課題と関係機関の連携

- 緊急被ばく医療と線量評価
- 線量評価上の課題
- 被ばく医療機関との連携について

2

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

### 緊急被ばく医療と線量評価

3

IAEA安全基準 No.GSG-2  
原子力又は放射線の緊急事態への準備と対応に用いる判断基準

(表1)緊急事態における防護措置と他の対応措置の体系

被ばくに伴う可能性のある健康影響の種類	防護措置と他の対応措置の履行のための基本	
	予測線量	実けた線量
重篤な確定的影響 <sup>a</sup>	重篤な確定的影響を防止するために、悪条件下であっても予防的な緊急防護措置を実施	重篤な確定的影響の治療と管理に向けた他の対応措置 <sup>b</sup>
確率的影響の増加	合理的に可能な限り確率的影響のリスクを低減するために、緊急防護措置の実施と早期防護措置の開始	確率的影響の早期検知と有効な管理に向けた他の対応措置 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 包括的判断基準は、重篤な確定的影響の閾値に近づいた線量レベルで設定されている。  
<sup>b</sup> このような措置の中には、緊急の医療検査、治療されているような治療や治療、汚染管理、適切なならびに汚染除去、長期的な健康調査への参加、及び総合的な不安定かつランダム化が含まれる。  
<sup>c</sup> このような措置の中には、移住や汚染食物の長期的な摂取制限が含まれる。  
<sup>d</sup> このような措置の中には、特定の線量への個人検量に基づくスクリーニング、医学的遠隔検査への参加の必要性の検討、及び様々な環境での情報提供に基づく決定可能なリスク評価が含まれる。

4

### 確定的影響防止に関する包括的判断基準

表2 重篤な確定的影響を回避または最適化するために、いかなる状況下でも防護措置や他の対応措置を講じることが見込まれる急性線量に対する包括的判断基準

Table 2 Summary criteria for deterministic adverse and other responses, without emergency response actions to reduce the risk of stochastic effects

Examples of acute effects of other organ sites

Examples of acute effects of other organ sites

- 外部急性被ばく(<10h) **受けた線量**
  - RBE加重吸収線量(AD)
    - 皮膚 100cm<sup>2</sup> 10Gy-Eq
    - 赤色骨髄等(組織、臓器、水晶体) <sup>(1)</sup> 1Gy-Eq
    - 胎児 0.1Gy-Eq
    - 組織 表皮下0.5cm 25Gy-Eq
- 急性摂取による内部被ばく
  - RBE加重吸収線量(AD(30日)) <sup>(2)(3)</sup>
    - 赤色骨髄 0.2Gy (Z≥60), 2Gy (Z≤60)
    - 甲状腺 2Gy
    - 肺 30Gy
    - 経腸 20Gy
    - 胎児 0.1Gy

(注1) 強透過性放射線の均一曝射での被ばくに伴う内部組織、臓器(赤色骨髄、肺、小腸、生殖器、甲状腺)、水晶体も含まれる (注2) AD(30日)は積分期間が30日間の摂取吸収線量

### 確率的影響低減に関する包括的判断基準

確率的影響リスクを低減するため、緊急時被ばく状況での防護措置と他の対応措置に対する包括的判断基準(表3)

Table 3 Summary criteria for stochastic adverse and other responses, without emergency response actions to reduce the risk of stochastic effects

Examples of acute effects of other organ sites

- 以下の包括的判断基準を超える**受けた線量** **受けた線量**
  - 実効線量(E)
    - 1か月間で100mSv
  - 胎児の等価線量(H<sub>胎児</sub>)
    - 子宮内で成長する全期間で100mSv

### 緊急被ばく医療における線量評価

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

- 線量評価の対象者
  - 避難住民、防災関係者、オンサイト作業者
  - 最もシビアな放射線環境に遭遇する可能性があるのはオンサイトの作業者
- 目的
  - 緊急及び長期的な医療措置決定の根拠となる、既に「**受けた線量**」を評価する
  - 本人への情報提供
  - 健康影響に関する科学的な知見を得る

### IAEA EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013 Tables

#### 軽水炉の過酷な状況に起因する緊急事態において公衆を防護するための措置

医学追跡調査のための、本表に示すカテゴリーの人々に対する線量を推定する必要がある

項目	コメント
放出時又は放出後にPAZ及びUPZ内にいた人	緊急事態時における滞在場所及び行動に関する情報を提供する必要がある。皮膚及び甲状腺をモニタリングする必要もある。
OIL1 又はOIL2 を超える地域にいた人(地上沈着の線量率)	
皮膚上の放射性物質濃度がOIL4を超える人(皮膚の線量率)	OIL4を上回る皮膚の汚染は、医学追跡調査を正当とするだけの放射性物質を吸入又は不注意に摂取したことを示し得る。
甲状腺からの線量率がOIL8を超える人(甲状腺からの線量率)	被ばくしてから1日から8日の間に、甲状腺及び皮膚のモニタリングを実施することが必要である。
OIL7を超える汚染濃度の食物、ミルク又は飲料水を摂取した人( <sup>137</sup> I/ <sup>134</sup> Cs濃度)	
懸念をもつ妊婦	以下に議論するように、胎児へのリスクは小さいものの、(現地の医者でなく)放射線被ばくによる健康影響の専門家のみがこれを評価できる。

### 「受けた線量」の評価対象と方法

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

- 評価対象
  - 実効線量、等価線量、RBE加重組織線量
- 方法
  - 外部被ばく
    - 個人線量計(補正、再校正含む)
    - 空間線量率と行動記録からの推定
    - 生体試料からの評価(染色体、ESR、放射化物)
    - 線量再構築(実測値で検証された計算評価)
  - 内部被ばく
    - 体外計測法
    - バイオアッセイ
    - 空気中、飲食物中の放射性物質濃度からの摂取量評価
    - 線量再構築(実測値で検証された計算評価)

### 線量評価上の課題

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 線量評価上の課題

- 甲状腺モニタリングの整備
- 内部被ばく線量測定に関する相互比較プログラムの整備
- 広域の放射線災害対策としての放射線モニタリングのあり方検討

11

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 甲状腺モニタリングの現状と課題

### 現状

- 原子力規制委員会の防災業務計画では、公衆の被ばく線量の把握体制の整備として、内閣府、環境省及び指定公共機関とともにホールボディカウンタ、甲状腺モニタ等の配備・維持管理、測定・評価委員の確保を行うとしている。
- 住民対象のWBC適用に関しては福島での経験があり、学会でも標準化に係る課題が検討されている。

### 課題

- 甲状腺からの線量率に対するOIL8の適用と手順の整備。被ばく後6日以内にモニタリングを実施することが必要とされる。現段階では原子力災害対策指針には導入されていない。
- 甲状腺モニタの配備数や維持管理の最適化
- 測定委員の育成

12

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 東電福島第一原発作業員の甲状腺残留量の測定

測定済人数 194人

<sup>131</sup>Iは全被ばく者560人中194人で検出。最大は $9.5 \times 10^3$  Bq (最終評価結果は540 mSv)

包括的診断基準のレベル  
甲状腺 2 Gy  
全身線量 100 mSv

摂取実効線量が20mSv(点線)、100mSv(実線黒)、250mSv(実線赤)に相当する甲状腺残留量を示す

13

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 作業員の甲状腺<sup>131</sup>I測定の実験から

- ヨウ素放出を伴う事故時には甲状腺モニタリングを出来るだけ早期に開始することが重要
- 内部被ばく検査には、バックグラウンドの影響の少ない測定場所の確保や被測定者の体表面汚染の適切な除染に留意すべき
- <sup>131</sup>I以外の検出困難な短半減期核種の評価は課題
- 体系的なフォローアップモニタリングの実施計画(複数回の測定、バイオアッセイや作業環境モニタリングとの突合せなどによる総合的な線量評価)

14

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 内部被ばく線量測定に関する現状と課題

### 現状

- 「原子力災害拠点病院等の施設要件」では、原子力災害拠点病院には被ばく傷病者等に対して線量測定、除染処置を行う等の体制があることとされた。
- WBC、甲状腺モニタなどが配備されている医療機関はあるが、尿、便などの試料を分析(バイオアッセイ)できる分析機関は現状極めて限られている。

### 課題

- 低頻度の事故に備えて、WBCや甲状腺モニタなどの装置を維持し、核種分析含めて使いこなす人材を育成することが必要。
- 環境モニタリング等日頃から放射能分析等を担当している分析機関が、バイオアッセイにも対応できるように協力体制の整備が必要。
- 軽水炉の場合はγ核種、ストロンチウム、トリチウムなど。

15

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 線量測定に関する相互比較プログラムの整備

相互比較プログラム: 核種及びその量をブライントした同一のファントム、模擬試料等を測定する。測定値と真値との差を測定機関間で比較する。  
一人材育成、測定技術の維持向上に効果的

### 体外計測装置

- WBC
- 甲状腺モニタ

### 生体試料の放射化学分析(バイオアッセイ)

- 尿試料
- 便試料

- 同一のファントムを測定し測定値を機関間で比較
- WBCに関しては放医研が実施した例がある。
- 国内では実施例見当たらず。国外では定期的な実施例がある。

16

**PROCORAD**  
Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis

PROCORAD HP

- 放射能毒性学に関連する化学分析の品質管理向上を推進するための非営利の協会(1995設立)
- 分析の品質評価と分析所の good practiceの促進のため、相互比較と会合を実施。1996年から毎年開催されている。
- プログラムの企画、模擬試料はCEA傘下の医学研究所等7機関が担当

- PROCORAD 2016
  - 24か国72分析所参加
  - 試料は10種類

H(尿)	アクチニド(標準溶液)
Hc, 2S(尿)	アクチニド(標-灰化)
γX放出核種(尿)	"SURPRIZE"(尿)
ウラン(尿)	ポロニウム(尿)→取消
アクチニド(尿)	ストロンチウム(尿)

17

PROCORAD2016参加機関の専門分野

専門分野	割合
環境試料分析	36%
研究開発機関	28%
生物学的検定/放射線毒性研究所	18%
その他	4%
Expert Lab	9%
内部検ばく標準計測	9%

環境試料分析機関が36%

18

PROCORAD2015 参加

実施期間

- 試料の受け取り 2015年3月初旬
- 測定結果の提出 2015年5月8日

対象試料及び核種

- 尿試料中アクチニド核種 (500 mL × 3試料)
- 便試料中(灰)アクチニド核種 (約2.0 g灰 × 3試料)

※ 試料3件のうち1件はブランク試料

Pu-238, Pu-239,240, Pu-241, Am-241, Cm-244分析を実施

分析方法

JAEA/NFCL標準分析作業法 周辺環境監視編「尿中のPu及びAmの系統分析法」及び「便中のPu及びAmの系統分析法」

※Puについては、Pu-241の定量のため、NdF<sub>3</sub>沈殿法を用いた。

19

PROCORAD2015 分析結果のとりまとめ

Sample B: <sup>239</sup>Pu

Lab No.	Activity (Bq/g)					
1	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
2	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
3	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
4	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
5	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
6	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
7	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
8	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
9	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
10	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
11	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
12	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
13	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
14	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
15	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
16	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
17	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
18	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
19	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
20	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
21	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
22	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
23	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
24	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
25	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
26	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
27	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
28	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
29	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01
30	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01	1.13E-01

- 参加ラボはWEBで結果登録
- 試料毎に核種、定量値、不確かさ、検出下限を報告
- 全参加ラボの報告値、バイアス、Z-Score等をフィードバック(左図)
- 分析結果の比較、分析法の向上等を検討するための会合を開催

JAEA/NFCL

20

PROCORAD2015 JAEA/NFCLの結果

- 尿試料中アクチニド核種 (500 mL × 3試料)  
Z score 全試料 ≤ 2 (acceptable result)
- 便試料中(灰)アクチニド核種 (約2.0 g灰 × 3試料)  
Z score 全試料 ≤ 2 (acceptable result)

TOP LABS

- Thailand: No. 10/10
- Ukraine: mean of bias = 2.5% and no. (bias) = 10% LAB09: 10/10
- Pakistan: 1st 3 best laboratories with mean of bias = 2.5% and no. (bias) = 10% LAB08: 10/10
- Australia: the 2nd best laboratories with mean of bias = 2.5% and no. (bias) = 10% LAB05: 10/10
- Canada: the 3 best laboratories with mean of bias = 2.5% and no. (bias) = 10% LAB06: 10/10

21

広域の放射線災害対策としての放射線モニタリングの現状と課題

現状

- 関係機関の国民保護計画・国民保護業務計画が定められている。
- 量研機構、原子力機構の指定公共機関としての国民保護計画には、放射線災害対策としての防災資機材(WBC、甲状腺モニタ)の整備、公衆の被ばく線量の把握等が定められている。

課題

- 都市部などの人口密集地域や原子力施設立地県以外の地域における放射線災害発生時には、情報の入手が一層困難となる可能性があるなど、原子力防災とは異なる側面があることから、放射線モニタリングや線量評価の体制(Population Monitoring)について検討しておく必要がある。

22

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## Population Monitoringに関する課題

- モニタリングに係る物的・人的資源の確保
- 対応拠点の確保(大規模災害時想定していた場所が使用不能となった場合のバックアップ含む)
- スクリーニングの手順及び判断基準
- 被ばくや汚染の可能性のある被災者の選別と登録
- 行動記録の作成と収集・統合
- 指定公共機関の職員等の線量の目安
- 専門的な技術支援
- ...

23

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## Population Monitoring in Radiation Emergencies

CDC: Population Monitoring in Radiation Emergencies. A Guide for State and Local Public Health Personnel 2<sup>nd</sup> Ed. (2014)

- Population monitoringの定義や目的の他、計画立案の要点を最初の数時間及び2日目以降に分けて解説。線量評価やラポの能力、心理学的な問題、被災者登録、線量再構築、訓練、コミュニケーションなどの要点が的確にまとめられている。避難所のフローチャート、訓練用の教材なども収録。



デジタルを含む放射線災害発生時に際する、多数の住民を対象とする放射線モニタリング(Population Monitoring)に関する公衆衛生計画担当者向けの手引き

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 被ばく医療関係機関との連携

25

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 緊急時の指定公共機関活動体制

**日本原子力研究開発機構**

**専任者(約50名)**  
(支援: 研修センター職員)

センター長  
総括班(当直含む)  
運営班  
福井支所

**指名専門家(約120名)**  
平常時はそれぞれの研究分野で研究開発、技術開発に専事する専門家を予め指名

**【8専門分野】**

- 環境モニタリング
- 環境影響評価
- 被ばく線量評価
- 放射線管理
- 境界・遠へい安全評価
- 輸送安全
- 核燃料工学
- 原子炉工学

↓ 派遣

原子力規制庁緊急時対応センター(ERC)、  
現地オフサイトセンター、現地緊急時モニタリング等

26

### 原子力緊急時支援・研修センターの活動について



原子力緊急時支援・研修センターは、原子力緊急事態発生時に、原子力規制庁の指示に基づき、被災地において、被災者の健康被害の軽減、被災者の生活の安定、被災者の心のケア、被災者の生活の再建に貢献することを目的として活動しています。

Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## まとめ

- 線量評価に関する課題として、甲状腺モニタリングの整備、内部被ばく線量測定に関する相互比較の整備、大規模な放射線災害に備える公衆モニタリングのあり方検討について述べた。
- JAEAは、環境モニタリング、環境影響評価、被ばく線量評価、放射線管理そのほかの原子力工学分野の専門家を擁しており、放射線緊急事態には支援研修センターを通じて人的、物的支援を行う体制を整備している。
- 本学会や検討会、相互比較プログラムなどを活用し、医療機関の関係者の方々と技術的な課題について情報交換を行うなど、普段から顔の見える関係構築に努めることが大切である。

28

JAEA Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 参考資料

29

JAEA Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## PROCORAD2015 試料の作成(例)

尿試料・アクチニド

- 試料作製はCEA/LAB Mが担当
- ボランティアから収集された尿250Lと既知の放射能標準溶液を用いて相互比較用試料を作成
- 未知の異なる核種を含む3試料を参加ラボへ送付

Exhaustion A :  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$   
Exhaustion B :  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu} + ^{241}\text{Am}$   
Exhaustion C : Blank

**PREPARATION AND CONTROL OF SAMPLE**

1. Identify you & your role, ensure minimum air support, and radiation protection
2. Check the accuracy of the liquid, volume and composition, etc.
3. Proceeding with the activity for the set of containers and amount
4. Spill prevention with spill absorbent material
5. Measure and control of radioactive material
6. Verify with photo comparison
7. Check the date and time
8. Storing the container in the container

30

GDC: Population Monitoring in Radiation Emergencies, A Guide for State and Local Public Health Planners 2nd Ed.(2014)

## what is population monitoring?

集団モニタリングとは、事象発生報告直後に開始され、影響を受ける可能性のあるすべての人々に対して、下記のためのモニタリングと評価が完了するまで続くプロセス。

- 必要な医療処置
- 身体、衣服表面の放射性汚染の検出(体表面汚染)
- 放射性物質の体内摂取(体内汚染)
- 体表面汚染及び内部汚染の除去(除染)
- 受けた放射線量と被ばくに伴う健康リスク
- 長期的な健康影響

目的

- 健康上緊急の危険に直面し、救急処置、医学的配慮、または除染を必要とする個人の特定
- 皮膚汚染や被ばくのための医療処置、さらなる評価、あるいは健康状態の短期的なモニタリングを必要とするかもしれない人々の特定
- 将来の健康への影響(痛など)のリスクを最小限にする実用的な手順の指導(可能な範囲で推進)
- 潜在的に影響を受けた集団の長期的な健康モニタリングを行うための登録

31

JAEA Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories  
Radiation Protection Department

## 緊急事態対応者の安全に関連する課題(米国の例)

- 緊急事態対応における災害被ばく限度(hazard exposure limits)に関する合意形成が必要
  - EPA, DHS, NCRP, IAEA, ORCPD, ICRP
  - 労働安全衛生基準(OSHA)の限度は緊急時対応のためのものではない
- 放射線モニタリング、サーベイランス
  - 個人モニタリング、フィールド用の放射線測定器の確保、維持
  - 長期サーベイランス、線量再構築
- 教育訓練
  - 放射線の基礎、インフォームドコンセント
  - 放射線事象対応への潜在的な気後れ

出典: James S. Spate (NIOSH, Centers for Disease Control and Prevention), Bridging the Gap: Public Health and Radiation Emergency Preparedness, March 21st-24th, 2011 in Atlanta, <http://www.idcrradiationconference.com/index.html>

32

## VI. 地域における原子力防災研修と訓練

原子力安全技術センター  
土岐 邦彰

地域における原子力  
防災訓練と研修

(公益)原子力安全技術センター  
原子力防災部 土岐 邦彰

## 東京電力福島第一発電所事故以前の 被ばく医療に係る研修

- 平成3年より科学技術庁(当時)第一次緊急医療研修  
第一次緊急医療活動とは  
身体汚染検査・ヨウ素剤の投与について
- 平成23年まで  
救護所活動について講義と実習の組み合わせで実施  
(一時帰宅の際に大いに役立ったとの評価)

開催回数 145回  
受講者数 2,860人

原子力事故時の対応に結びついた研修及び訓練とは

33

## 東京電力福島第一発電所事故での 課題

- Q1 なぜ、汚染患者をなかなか搬送することができなかったか？
- Q2 なぜ、医療機関は汚染患者を受け入れられなかったか？
- Q3 汚染患者を受け入れるには、一般の傷病者を受け入れる以外に何を知らなければ、何を注意すればいいのか？

原子力事故時の対応に結びつけた研修及び訓練とは

## 平成26・27年度に実施した 研修及び訓練

	種類	対象
研 修	・ モニタリング研修 ・ 原子力防災研修 ・ 原子力防災基礎研修 ・ 原子力施設における火災防護に関する研修	地方自治体職員 防災業務関係者
	・ 原子力防災基礎研修 ・ <b>原子力災害時医療研修</b> ・ 原子力防災に係る市町・消防職員向け講習会 ・ 住民向け講習会	地方自治体職員 防災業務関係者 住民
	・ 原子力防災訓練（モニタリング） ・ 緊急時モニタリングセンターに係る訓練	地方自治体職員 防災業務関係者
訓 練	・ 原子力防災訓練運営支援 ・ 原子力防災訓練評価 ・ 緊急時モニタリング訓練	地方自治体職員 防災業務関係者

## 東京電力福島第一発電所事故以降の例 鳥取県緊急被ばく医療研修 概要

- Q1 研修の目的：  
鳥根原子力発電所の事故に伴い原子力災害が発生した場合に備え、被ばく医療機関をはじめとする医療従事者等へ被ばく医療に必要な放射線と放射線の人体影響の知識及び技術の習得並びに理解促進を図り、被ばく患者の発生に適切に対応する体制の構築、被ばく医療に関する知識と技術を備えた医療人材等の確保を図る
- Q2 対象者：医療関係者及び搬送関係者
- Q3 期間：半日から1日
- Q4 実施場所：鳥取県内病院
- Q5 平成25年度から実施

## カリキュラム

### 医療機関向け

講 題	講 義	講 義	修 了 式
【講義1】 放射線の基礎 【実習1】 放射線測定器の取扱い	150分	【講義2】 被ばく医療機関での 汚染患者等の受入	60分
		【実習2】 被ばく医療機関での 汚染患者等の受入	120分

### 搬送機関向け

講 題	講 義	講 義	修 了 式
【講義1】 放射線の基礎 【実習1】 放射線測定器の取扱い	150分	【講義2】 汚染患者の搬送	60分
		【実習2】 汚染患者の搬送	120分

## 鳥取県緊急被ばく医療研修 特徴

- Q1 実際の資機材の活用
  - ・ 医療シミュレーター利用
  - ・ 消防及び自衛隊の救急車の利用
- Q2 研修と訓練の連携(平成27年度)
  - ・ 訓練で予定されているシナリオを研修の実習へ取り入れるが、より具体的に範囲を広げたシナリオにする
  - ・ 訓練で予定されているシナリオを研修の場で予習できる
  - ・ 訓練と研修を同じ資機材で実施する

## 鳥取県緊急被ばく医療研修 訓練で予定されているシナリオを 研修の場で予習

### 効果

- Q1 訓練参加者が自信をもって訓練に参加できる
- Q2 訓練の目的及び目標等が明確になる
- Q3 対応とその“なぜ”を理解できる
- Q4 研修での課題を整理することにより実践的な訓練が行われる
- Q5 研修での課題が克服できたことを確認できる
- Q6 机上と実践を短い間隔で経験することに新たな課題が抽出しやすくなる
- Q7 形式にとらわれない、万が一の原子力災害に備える実効性の高い訓練になる

### 訓練内容と研修シナリオの比較

訓練基本シナリオ	研修シナリオ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 境港市からの避難指示発出を受け、同市内の住民が徒歩で一時集結所へ参集し、バスによる住民避難を実施することとなった。(防災行政無線、消防団による避難広報)</li> <li>2. 住民のうち傷病者1名については、のため、初期被ばく医療機関である境港総合病院へ陸上自衛隊の救急車により搬送を行う。</li> <li>3. 傷病者に家族1名付き添い、救急車に同乗する。</li> <li>4. 境港総合病院では、サーベイメータによって汚染していることを確認し、必要な処置を行う。内部被ばくが疑われる。</li> <li>5. 二次被ばく医療機関である鳥取大学医学部附属病院へ搬送し、内部被ばく量等を確認した後、必要な治療を行う。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原子力事故発生から3日後(OIL2の20<math>\mu</math>Sv/hを超えたため)に、境港市(UPZ圏内)の屋内退避をしていた住民が避難することとなった。一人の住民が一時集結場所の近くで転倒し、けが(左鎖骨骨折、右下腿挫創)をした。境港市の職員から、市→県(医療対策支部)→県→(医療対策本部)→自衛隊と連絡がいき、傷病者を初期被ばく医療機関である済生会境港総合病院に自衛隊救急車で搬送することとなった。                     <ul style="list-style-type: none"> <li>①-a 自衛隊は、資機材の準備、救急車の養生を実施する。</li> <li>①-b 自衛隊員が傷病者をサーベイし、汚染していることが判明した。</li> </ul> </li> </ol>



### 訓練の評価

- CR 初期被ばく医療機関及び二次被ばく医療機関とも、汚染の恐れのある傷病者の受入れについて、**初めての訓練だったが、事前研修を行ったことにより、それなりの対応は実施できた。**
- CR **搬送においても大きなトラブルはなかった。**
- CR 日常的に養生シート等を備蓄する必要がある。

↓

研修の効果が評価されている

### 今後の課題

訓練のための研修ではなく、汚染患者の搬送・受け入れができる研修・訓練へ

- CR 訓練参加予定者以外の医療関係者も多く研修に参加してもらう
- CR 本研修が訓練に結びついた点の定量的な分析
- CR 訓練参加者へのアンケートの実施
- CR 訓練で明らかになった課題の研修への展開
- CR 研修及び訓練の継続的な改善
- CR 万が一の事故の対応に結びつく研修及び訓練プログラムの開発
- CR 全国への展開

### センターが行う原子力災害医療研修及び訓練

- CR 高度被ばく医療支援センターが行う研修
- CR 原子力災害医療・総合支援センターが行う研修
- CR 道府県が自ら行う研修

↓

- ・ 高度被ばく医療支援センター及び原子力災害医療・総合支援センターとの連携
- ・ 放射線防護に係る知識の提供
- ・ 原子力災害医療から外れる放射線事故に係る研修
- ・ 原子力防災訓練の支援及び評価

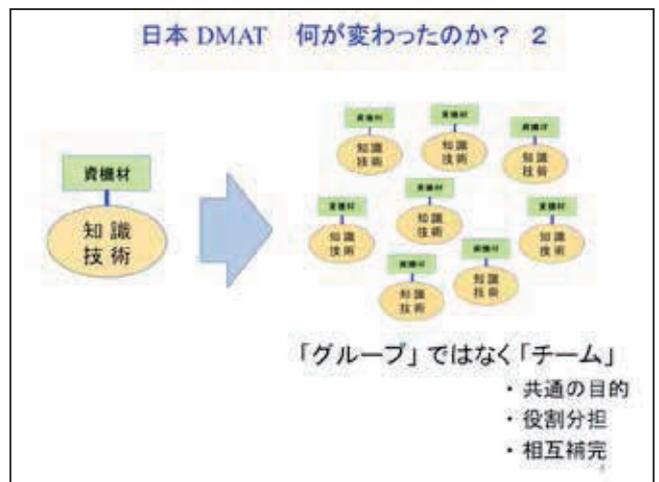
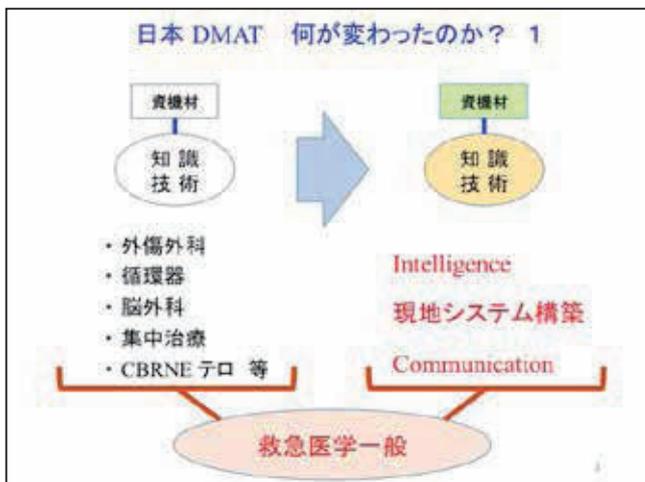
第4回日本放射線事故・災害医学会 学術集会  
シンポジウム2「CBRNE テロ・災害での多機関連携」

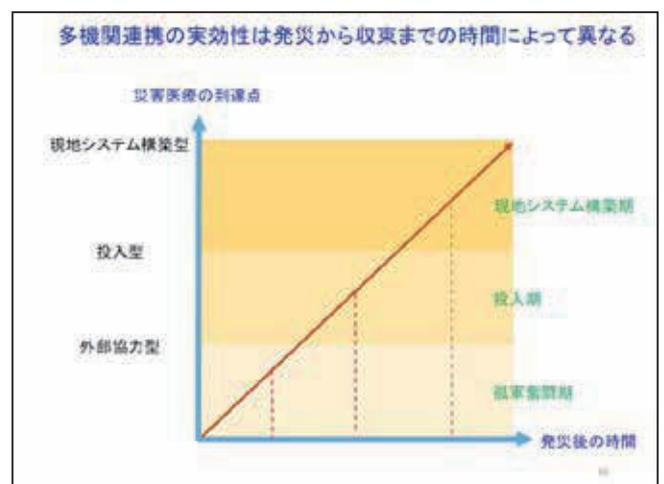
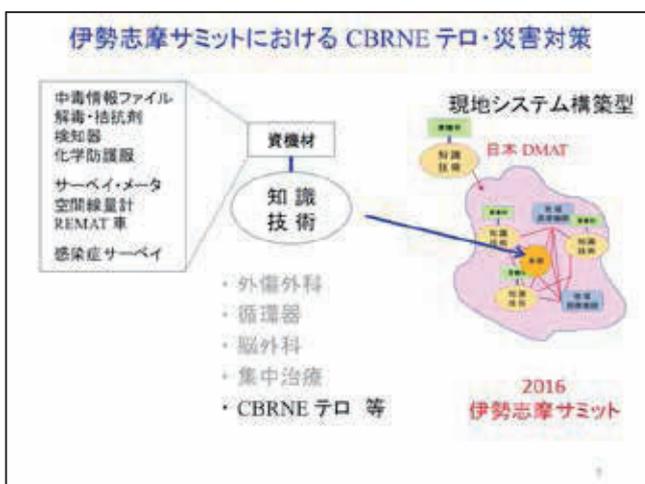
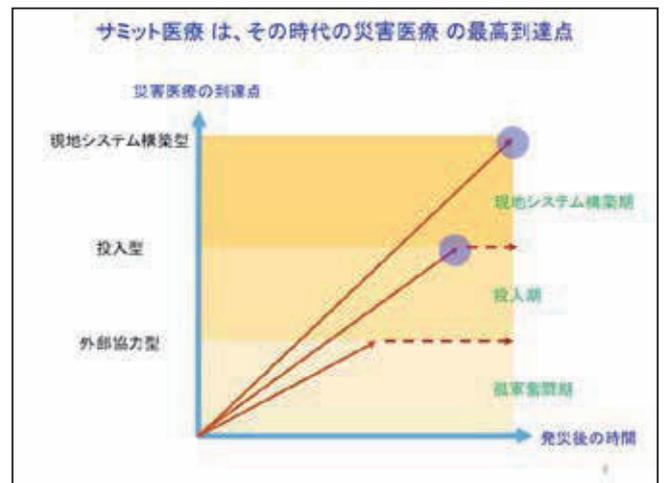
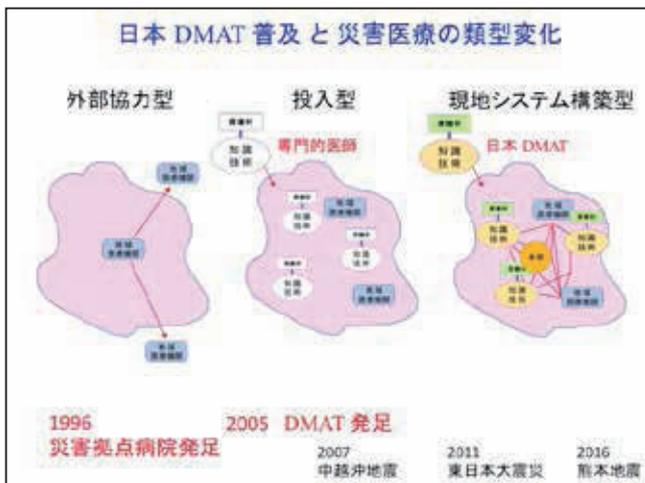
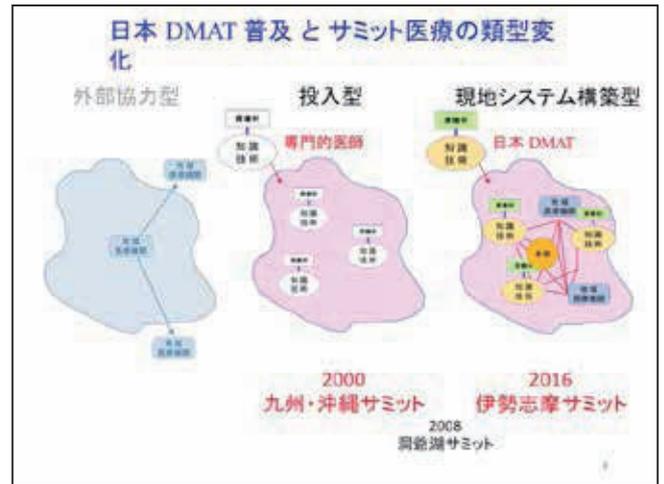
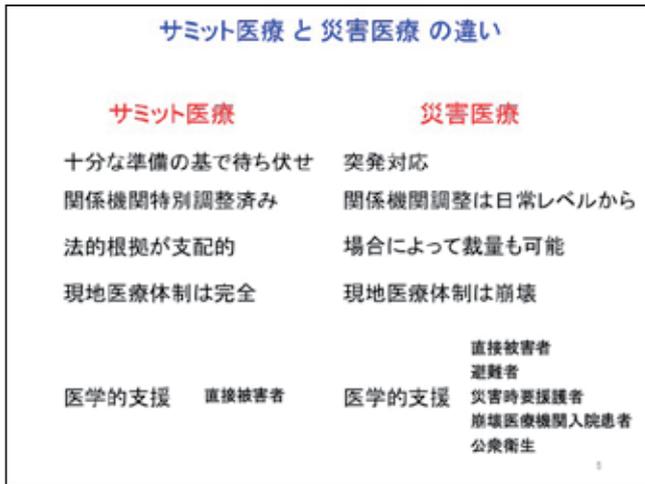
I. CBRNE テロ・災害での多機関連携をサ  
ミット医療、災害医療の発展から考える

救急救命九州研修所 北九州市危機管理参与  
郡山一明

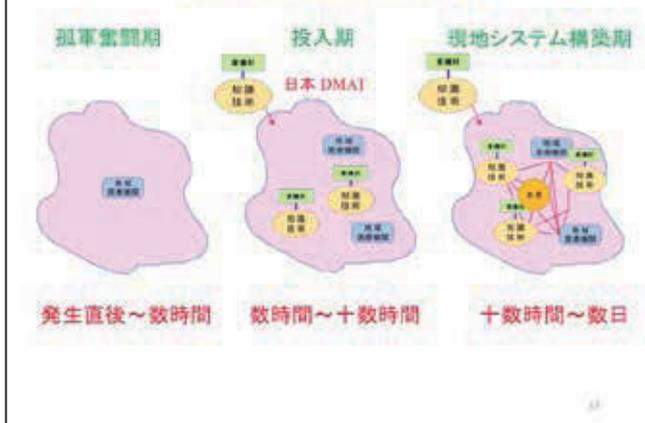
**CBRNE テロ・災害での多機関連携を  
サミット医療、災害医療の発展から考える**

救急救命九州研修所  
北九州市危機管理参与  
郡山一明

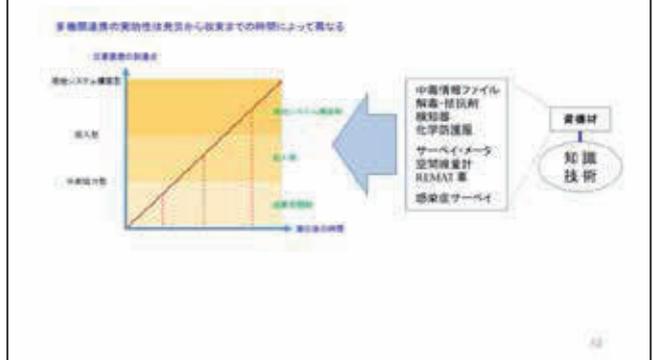




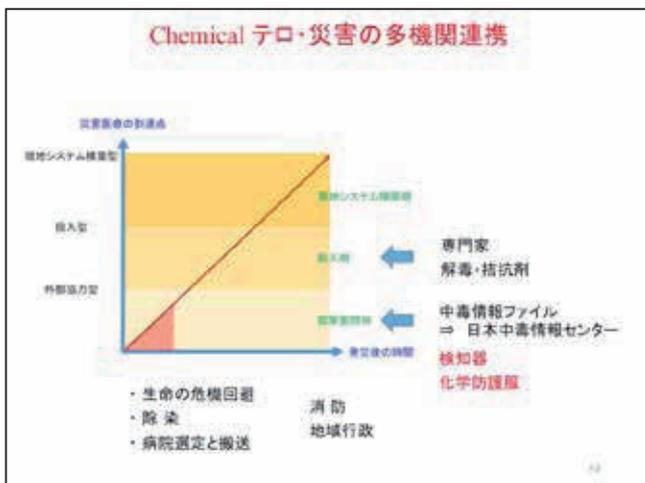
### 災害医療は経時的に完成する



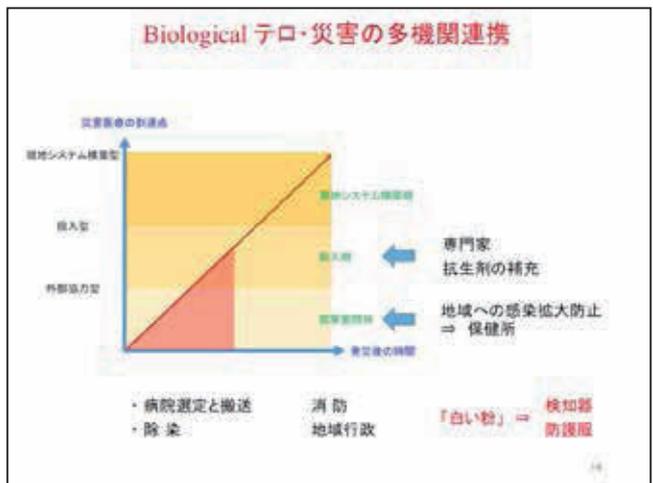
### CBRNE テロ・災害の多機関連携は、「CBRNE サミット整備をいつ投入するのか」を整理すればよい



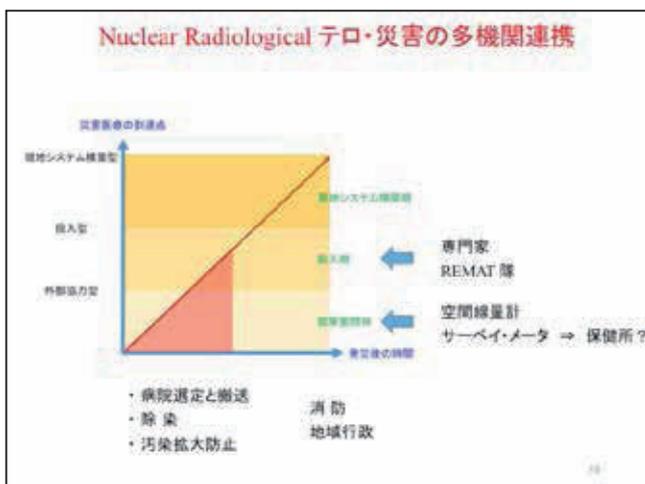
### Chemical テロ・災害の多機関連携



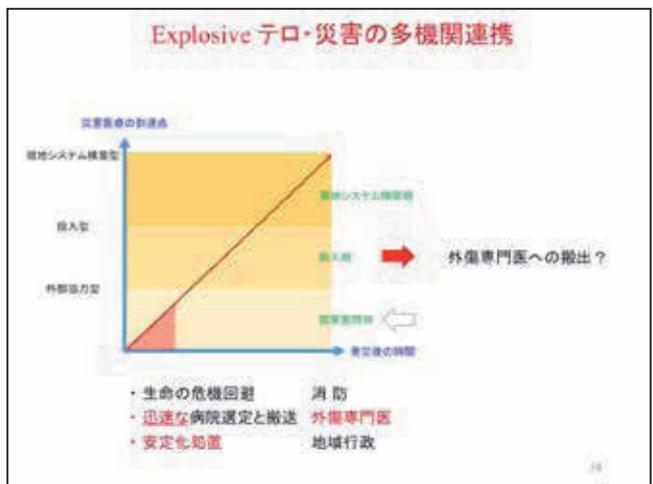
### Biological テロ・災害の多機関連携

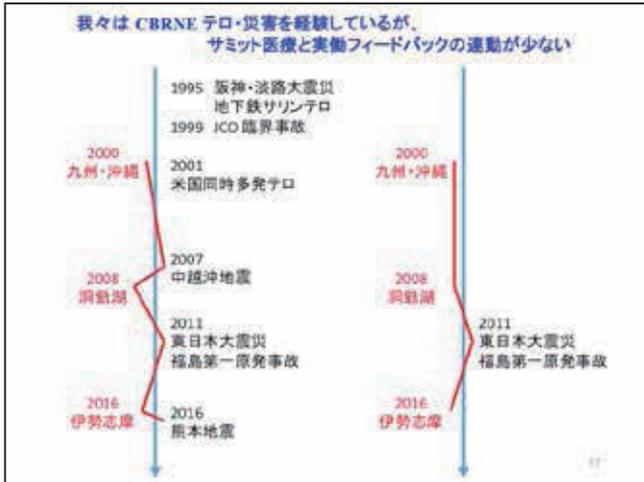


### Nuclear Radiological テロ・災害の多機関連携



### Explosive テロ・災害の多機関連携





- ### まとめ
- 日本のサミット医療、災害医療の発展**
    - (1) 外部協力型
    - (2) 投入型
    - (3) 現地システム構築型
  - 日本 DMAT の特異性**
    - (1) Intelligence, 現地システム構築、Communication
    - (2) チーム運営
  - サミット医療と災害医療**
    - (1) 到達点体制
    - (2) 災害医療構築の経時変化
    - (3) サミット医療を CBRNE テロ・災害の多機関連携へ導入
  - CBRNE テロ・災害と多機関連携**
    - (1) 祖軍奮闘期と地域行政
    - (2) 投入期と専門家
    - (3) Explosive テロ・災害対応の脆弱性

## II. 国民保護法訓練における多機関連携

茨城県日立保健所  
入江 ふじこ

2016.9.10  
第4回日本放射線事故・災害医学会  
シンポジウム② CBRNEテロ・災害での多機関連携

**国民保護訓練における多機関連携**  
Rテロを想定した国民保護共同実働訓練の  
企画・運営の体験から

茨城県日立保健所 入江ふじこ

**日時** 平成23年1月30日(日)午前10時から午後1時

**場所** 茨城県三の丸庁舎周辺, 国立病院機構水戸医療センター, 水戸済生会総合病院, 茨城県庁

**訓練想定**  
RDD(ダーティーボム爆破)によるRテロ(死傷者190名)

**訓練の特徴**

- ① Rテロ想定初の国・県・市共同実働訓練
- ② 他都道府県でのRテロ発災時にも対応可能な、関係機関の連携・協力体制の確立を視野に入れた訓練  
⇒ 被ばく医療機関以外の医療従事者も参加

**事前準備**

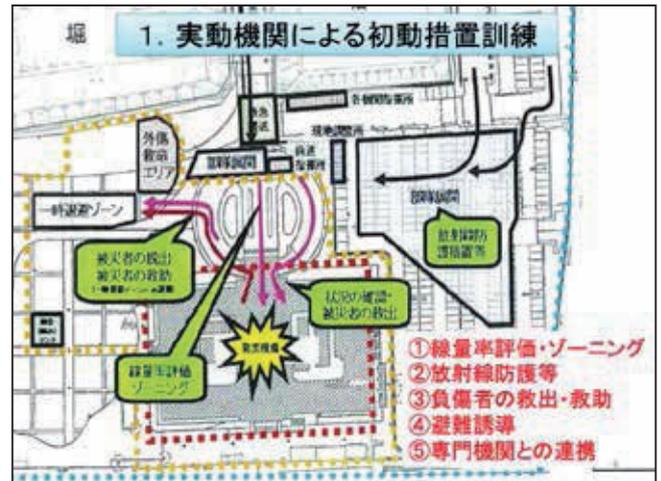
- ① シナリオワーキンググループ会議 2回
- ② 現地機関との調整会議 5回
- ③ 研修会 2回

協力医療機関

- 日立総合病院
- 水戸済生会総合病院 (非被ばく医療機関)
- 水戸協同病院
- 水戸赤十字病院
- 水戸医療センター (被ばく医療機関)
- 日立中央病院
- 茨城県庁
- 茨城県立総合医療センター
- 茨城県立中央病院
- 茨城県立東部病院
- 茨城県立西部病院
- 茨城県立北部病院
- 茨城県立南部病院
- 茨城県立東部医療センター
- 茨城県立西部医療センター
- 茨城県立北部医療センター
- 茨城県立南部医療センター

## 主要訓練項目

- ①実動機関による初動措置訓練  
R子体発災時のゾーニング、線量率評価、放射線防護、負傷者の救出・救助、避難誘導、線源の回収・搬送、汚染拡大防止措置等
- ②医療救護訓練(爆発による外傷+被ばく医療)  
外傷に対する応急処置と被ばく医療、汚染者の除染、搬送、緊急被ばく医療機関・救命救急センター等における負傷者受入
- ③専門機関との連携訓練  
放射線専門家の助言及び派遣要領
- ④避難所開設・運営訓練  
被災者の登録・受付、スクリーニング、WBCによる汚染者の内部被ばく評価、メンタルヘルスへの配慮(健康相談、地域住民の不安の除去)
- ⑤本部会議等の運営訓練



発災現場(茨城県水戸三の丸庁舎)



放射線空間線量率の測定・評価及びBC剤の検知(県機動隊NBC部隊・消防)



放射線危険区域、準危険区域の設定、前進指揮所の設置



庁舎内の不審者・不審物の検索、放射線空間線量率の測定・評価及びBC剤の検知(県機動隊NBC部隊、消防)



負傷者の救出(消防救助部隊)



負傷者の救出及び誘導(消防救助部隊)



一時退避ゾーンにおける負傷者のトリアージ(医療チーム)



外傷救命エリアにおける負傷者の応急処置(医療チーム)



負傷者の搬送(陸上自衛隊)

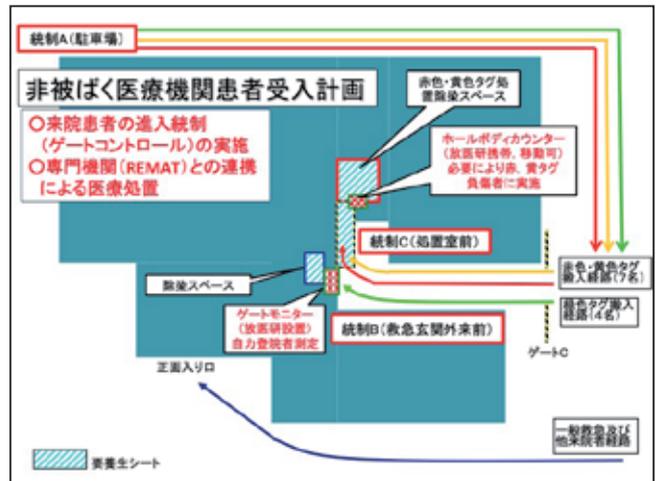


医療スタッフの搬送  
(海上自衛隊ヘリ)

負傷者の搬送(県消防防災ヘリ、ドクターヘリ)



汚染した被災者の誘導(陸上自衛隊) → 簡易除染



負傷者(赤タグ)の汚染検査  
-放医研・REMAT-(水戸済生会総合病院)



自力登院者のスクリーニング・除染(水戸済生会総合病院)



**今後の課題(非被ばく医療機関における医療救護活動)①**

- 全体の安全管理、他機関との連携はよく出来ていたが、院内での汚染の広がりなど不十分な部分もあった
- 高度の救急医療レベルにある病院に、予め一定の研修を付与することで、専門家チーム(REMAT)の指導のもと、特殊災害事案に対してもある程度効果的な医療対処が望めるのでは？
- 被ばく医療の知識・技術の習得には、半日の研修では不十分(少なくとも数日は必要)

27

**今後の課題(非被ばく医療機関における医療救護活動)②**

- 訓練を経験したことで、医療機関、医療従事者の意識が変わった？
  - 「防護服、個人線量計を装着して、放射線管理をしながら現場に入っていけば、ある程度大丈夫」
  - 東日本大震災、福島原発事故後の医療活動にも役立った
- DMAT, ドクターヘリの被ばく医療への参加は可能か？

28

## 今後の課題(救護所・避難所運営)①

- テロなど有事に保健所職員がどこまで対応できるか？
  - 日中であれば、保健所職員が発災後概ね1時間以内に現場に資機材を運搬することはできるかもしれない
  - 養生後、避難所を開設するには、時間がかかる
- 現実には、近隣の医療機関が、現地救護所と同様の役割を担わなければならない可能性？

29

## 今後の課題(救護所・避難所運営)②

- 避難所・救護所の設置、運営に関する保健所の体制が不十分
  - 一般行政部門の県職員数は、2005年→2016年に18%削減、診療放射線技師の保健所への配置は、1999年→2014年に12名から2名に減少
  - 東日本大震災後の6年間、県で原子力防災訓練が出来ていない(UP2圏内96万人の避難計画、退避時検査の詳細が決まらないため)

30

### III. NBC テロと日本の危機管理体制

日本大学危機管理学部  
河本 志朗

## NBCテロと日本の危機管理体制

第4回日本放射線事故・災害医学会  
シンポジウム2「CBRNEテロ・災害での他機関連携」

2016年9月10日  
日本大学危機管理学部  
河本 志朗

第4回日本放射線事故・災害医学会 シンポジウム2

1

## 1 地下鉄サリン事件

事件の概要と意味

- 平成7年3月20日(月)午前8時ごろ、オウム真理教メンバーが、東京都内の地下鉄3路線の5本の列車内において、神経剤サリンを漏出させ、死者13人、負傷者6,300人以上。
- 神経剤サリンを使った世界初の大規模なテロ事件であった。
  - 大量破壊兵器(NBC)テロの世界的な警鐘
- 列車をねらった同時多発・無差別殺傷テロ事件であった。
  - 以後の同時多発テロへの影響

第4回日本放射線事故・災害医学会 シンポジウム2

1

## 1 地下鉄サリン事件

対応における問題点

- NBCテロへの備えがなかった。
  - 消防、警察などファーストレスポnderにも多くの被害者
  - 医療関係者にも二次被害者
- 関係機関の連携、情報共有が不十分であった。
  - 原因物質の特定、診断・治療情報
  - 自衛隊の支援
- 政府が一体となって総合力を発揮して対処する枠組みがなかった。

第4回日本放射線事故・災害医学会 シンポジウム2

1

## 2 政府の対策

内閣の危機管理機能の強化に関する意見集約

(行革会議の「中間整理」平成9年5月)

- 内閣危機管理監の設置(平成10年4月)
- 「重大テロ等発生時の政府の初動措置について」  
(閣議決定、平成10年4月)
- 危機管理関係省庁連絡会議の設置(平成10年4月)
- NBCテロ対策会議の設置(平成12年8月)
- 「NBCテロその他の大量殺傷型テロへの対処について」  
(平成13年4月)
- 「NBCテロ対処現地関係機関連携モデル」  
(NBCテロ対策会議、平成13年11月)

第4回日本放射線事故・災害医学会 シンポジウム2

1

## 2 政府の対策

### 対処能力の向上

- 全国の主要な消防本部への装備資機材の配備
- 主要な警察本部へのNBC対応専門部隊の設置と装備資機材の配備
- 全国の救急救命センターへの除染機材等の配備
- NBC対処訓練

## 3 自治体の対策

### 国民保護法の成立

- 平成16年6月14日 国民保護法成立 同年9月17日施行
- 平成17年3月25日 「国民の保護に関する基本指針」閣議決定
- 平成17年3月 都道府県国民保護モデル計画
- 平成18年1月 市町村国民保護モデル計画

↓

- 緊急対処事態の想定にNBCテロが含まれ、自治体の意識が高まった。
- 事態認定までの間における自治体の初動対処能力の向上が求められた。
- 国民保護計画の策定や訓練を通じて、自治体の危機管理体制や対処能力向上の取組が進められた。

## 4 他機関連携の取組

### 「NBCテロ対処現地関係機関連携モデル」

(NBCテロ対策会議、平成13年11月)

- 国民保護共同訓練(平成17年以降実施)
- 自治体における取組
  - ・ 杉並区におけるBテロ対処訓練
  - ・ 横須賀市における年次国民保護訓練
- 放医研における取組
  - ・ 国民保護CRテロ初動セミナー
  - ・ 千葉連携訓練

## 4 他機関連携の取組

### 「NBCテロ対処現地関係機関連携モデル」の改訂

#### 「NBCテロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」

(NBCテロ対策会議幹事会、平成26年1月29日改訂)

- 化学テロから「NBCテロ」へ
- 現地調整所の設置及び運営要領
- 医療機関との連携
- 汚染検査・除染等における連携
- 監視活動における連携

## 4 他機関連携の取組

### 乗り越えるべき課題

- お互いの違いを理解しているか
  - ・ 組織の特性、権限、能力、装備の違いを理解しているか
  - ・ 同じ現場でも活動の目的が異なることを理解しているか
  - ・ 相手が必要なもの、相手が持っているものを理解しているか
- 現場共通状況図(Common Operational Picture)が作れているか
- 現地調整所の役割が理解できているか
- 一緒に訓練を繰り返しているか
- 「現場で名刺交換」してはいないか

## 編集後記

この度、日本放射線事故・災害医学会誌 (Journal of Japanese Association for Radiation Accident/ Disaster Medicine, JJARADM) の第3巻1号をようやく世に送り出す事ができました。2015年、2016年の学術集会でのシンポジウムの発表内容を取りまとめた資料を掲載しておりますが、これは、学術集会参加者から発表の資料見たいという希望が多く寄せられ、発表者の方々にお願いして掲載が実現しました。ご協力いただいた多くの方に感謝申し上げます。

今後も編集委員会として、放射線事故・災害に関する貴重な情報を発信して、皆様のお役に立つ情報をお届けするよう取り組んでいきたいと思っております。最後になりましたが、貴重な論文や資料等を掲載できるよう学会員の皆様には、ご協力をお願い申し上げます。

編集委員 富永隆子

日本放射線事故・災害医学会 編集委員会

編集委員長 明石眞言  
編集委員 鈴木 元  
富永 隆子  
百瀬 琢磨  
吉田 光明

日本放射線事故・災害医学会雑誌

---

2017年9月15日 Vol. 3 No.1

発行者 日本放射線事故・災害医学会  
〒113-0033 東京都文京区本郷3-11-9  
ビクセルお茶の水 医療科学社 内  
TEL 03-3818-9821  
FAX 03-3818-9371

編集人 日本放射線事故・災害医学会編集委員会  
編集委員長 明石眞言  
〒113-0033 東京都文京区本郷3-11-9  
ビクセルお茶の水 医療科学社 内  
TEL 03-3818-9821  
FAX 03-3818-9371