

厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金

放射線教育プログラムによる放射線業務従事者の  
知識向上と不安低下度の定量的解析

平成30年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 岡崎 龍史

平成31 (2019) 年 3月

## 目 次

I. 総括研究年度終了報告		
放射線教育プログラムによる放射線業務従事者の知識向上と不安低下度の定量的解析	1	
研究代表者 岡崎 龍史		
II. 分担研究年度終了報告		
1. 放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会		
–これまでの海外視察及び調査結果を反映して–	5	
研究代表者 岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室	教授
研究分担者 森 晃爾	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学研究室	教授
研究分担者 立石 清一郎	産業医科大学保健センター	准教授
研究分担者 松田 尚樹	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門	教授
研究分担者 鈴木 啓司	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門	准教授
研究分担者 長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座	教授
研究分担者 島田 義也	量子科学技術研究開発機構	理事
研究分担者 神田 玲子	量子科学技術研究開発機構	センター長
研究分担者 加藤 尊秋	北九州市立大学国際環境工学部	教授
研究協力者 蓑原 里奈	産業医科大学実務センター	助教
研究協力者 林 卓哉	産業医科大学実務センター	修練医
(資料1-7)講義スライド		
2. 机上訓練による緊急時組織連携体制改善（組織間連携による放射線不安軽減策の評価）	65	
研究分担者 加藤 尊秋	北九州市立大学国際環境工学	教授
研究代表者 岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室	教授
研究分担者 長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座研究室	教授
(資料8) 机上訓練結果		
3. 放射線業務従事者に対する放射線教育による知識向上と不安軽減の解析	70	
研究代表者 岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室	教授
研究協力者 林 卓哉	産業医科大学産業医実務研修センター	修練医
研究協力者 佐藤 健一	広島大学原爆放射線医科学研究所	准教授
研究分担者 森 晃爾	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学	教授
研究分担者 立石 清一郎	産業医科大学保健センター	准教授
研究分担者 松田 尚樹	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門	教授
研究分担者 鈴木 啓司	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門	准教授
研究分担者 長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座	教授
研究分担者 島田 義也	量子科学技術研究開発機構	理事
研究分担者 神田 玲子	量子科学技術研究開発機構	センター長
研究分担者 加藤 尊秋	北九州市立大学国際環境工学部	教授
(資料9-11) 質問調査票	(千代田前半、福島前半、後半共通)	
(資料12) 確認テスト		
4. 放射線業務従事者における放射線不安の二面性-チェルノブイリから学ぶ放射線不安の光と影-	97	
研究分担者 長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座	教授
研究代表者 岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室	教授
研究分担者 立石 清一郎	産業医科大学保健センター	准教授
5. 放射線不安に対する産業保健的検討～ウクライナの放射線作業従事者や支援者インタビューから～	105	
研究分担者 立石 清一郎	産業医科大学保健センター	准教授
研究代表者 岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室	教授
研究分担者 長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座	教授
(資料13) 新人チェルノブイリ原発作業員用講義スケジュール		
(資料14) 上級者用講義プログラム		

# I. 総括研究報告

## 放射線教育プログラムによる放射線業務従事者の知識向上 と不安低下度の定量的解析

研究代表者 岡崎 龍史 産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室 教授

### 研究要旨

本研究において、放射線業務従事者は放射線に対する不安が残っていることがわかった。特に、20代や経験年数が浅いと不安が高かった。しかし、平成29年度における本研究班の放射線教育講習会を行ったのちは、放射線知識が向上し、かつ正しく理解できると、放射線不安は軽減した。平成30年度においても、放射線業務従事者に対し、教育講習会にて座学講義と実習を行った。事前に福島原発作業者がどのような教育内容を希望するのかを調査するべく、ウクライナのチェルノブイリ原子力発電所（原発）作業における法による教育方針や作業員に対する調査を行った。チェルノブイリ原発作業者は放射線に対する不安が全くないが、その理由として、教育施設が充実しており40時間の講義と実習が義務付けられていること等が考えられた。福島第一原発（福島原発）を視察し、作業内容を確認した上で、放射線事故例を紹介し、被ばくや汚染による人体影響につなげ、実習を行い体験することによって放射線を理解できるような放射線教育プログラムの内容を検討し、前年度と比較して改良した。

座学講義では、一方的な講義でなく、受講生に途中で問題を出し解答を求め、あるいは計算を行うこと等の工夫をしている。放射線リスクコミュニケーションにおいては、リスク認知に影響を及ぼす因子に配慮した座学講義と傾聴法を用いたロールプレイを行った。また災害対応机上訓練として受講生間で議論した。リスクの相場感を認知するための防護装備着脱・汚染検査・線量評価等の実習を行い、受講生の主体的な授業参加を特徴とする講習会を行った。

知識向上と不安軽減の評価は、独自に作成した質問調査票及びGHQ（精神健康調査）12とSTAI状態-特性不安尺度）票を用いた。今回の放射線教育により、知識が向上し、不安が軽減する効果がみられた。受講生からもかなり高い講習内容であったと評価を受けている。座学講義内容は一部はe-learning化としてDVDを作成し、受講できなかった方へ活用してもらうようにした。

### A. 研究目的

本研究の目的は、放射線業務従事者に対する放射線教育講習プログラムを開発し、放射線知識の向上と不安軽減効果がみられるか解析することである

今回は、被ばく線量の比較的低い千代田テクノ株式会社社員と協力企業（千代田社員）、及び被ばく線量の高い福島原発作業に従事する放射線業務従事者（福島原発作業員）を対象とした。知識の向上並びに不安軽減効果の定量的評価は、教育前後での講義に沿った問題に対する正答率の変化、並びに独自に作成した質問調査票、General Health Questionnaire（精神健康調査:GHQ）12及びState-Trait Anxiety Inventory（状態-特性不安: STAI）検査により不安度を解析した。

教育講習会の内容を平成29年度と比べ、さらにバージョンアップするために、福島原発視察やウクライナにおける法令教育、被ばく管理並びに研究施設を視察した。原発作業員の話聞くことによって、講習会内容を検討した。

### B. 研究方法

#### 1)放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会 -これまでの海外視察及び調査結果を反映して-

千代田社員で行われる放射線安全・一般安全講習会の中で、東京、大阪、福岡及び仙台の4会場で教育プログラムを導入した。座学講義として「放射線の人体影響」、「モニタリングとリスクアセスメント」及び「原子力災害医療と福島事故後の放射線影響」を行った。講師が参加できない場合は、講師同志講義内容を理解し、代理講義を行うようにした。前年度はあらかじめビデオを撮り、放映した会場もあったが、教育効果としてはやや落ちると考えられたためである。また今回これらの講義内容は、e-learning用に撮影を行った。

福島原発作業員に対しては、福島原発協力企業棟にて2回行った。福島原発座学講義として「放射線の人体影響」、「モニタリングとリスクアセスメント」

及び「原子力災害医療と福島事故後の放射線影響」、また「放射線リスクコミュニケーション」の講義と傾聴法のロールプレイを行った。リスクの相場感を認知するための防護装備着脱・サーバイメータを用いた汚染検査及び線量評価の実習を充実させた。机上演習として、グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応演習を行った。

また、グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応として、机上訓練を行った。被ばく環境下での緊急時の組織的活動能力を改善する方法を検討した。

## 2) 放射線業務従事者に対する放射線教育による知識向上と不安軽減の解析

千代田社員と福島原発作業員の作業状況並びに職場環境に合わせて、放射線の知識及び不安に対する質問調査表を平成29年度のものを作成し、作成した。また、GHQ12及びSTAI検査も用いて評価した。講義内容に合わせた確認テストを作成した。

知識の向上や放射線影響による不安の程度は、講義前後での変化を解析した。統計解析は、対応のある2群間の比較、Wilcoxon符号付順位和検定を行った。また、教育回数と放射線不安に関するパス解析も行った。

## 3) ウクライナにおける放射線業務従事者に対する放射線管理及び教育

新石棺設置が完了し、被ばくの可能性がより低減された状況において、現在チェルノブイリ原発作業員に対して、不安の変化について聴取を行った。現在のチェルノブイリ原発作業員らに対してインタビューを行った。

事故当時の緊急作業員(リクビダートル)に対して、政府の対応、医療事情、教育、放射線影響等についてインタビューした。サマシヨール(チェルノブイリ原発近郊立入禁止区域自発的帰村者)に対するインタビューも行うことができた。

スラブチッチ教育訓練センターでは、現在チェルノブイリ原発作業員になるための教育プログラムを視察した。また教員は緊急作業員でもあり、当時の様子をインタビューした。

国家公務員中央訓練センターにおいては、国立労働保護局、中央訓練センター長、原子力担当局長、労働組合担当者、エネルギー担当官、心理生理学担当者及び労働保護研究者(教授)からウクライナでの労働者の管理について説明を受けた。

チェルノブイリ専門病院及びチェルノブイリ原発構内診療室を視察した。

### (倫理面への配慮)

講習会参加は任意とし、現場管理者が同席することで、参加者の身体・心理面の影響について問題点を認知対応出来るよう配慮した。

インタビューは同意が得られた方に対してのみ行い、

質問は現地の現場管理者が同伴し、心神面に配慮した。合わせて個人情報には匿名化し、個人同定不能な内容として記録した。

本研究は、産業医科大学倫理委員会にて承認を得て行った(H28-140号)。

## C. 研究結果

### 1) 放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会 -これまでの海外視察及び調査結果を反映して-

座学講義はいずれも、一方的講義でなく、途中で問題を入れ、解答してもらうような工夫をした。講義内容は「放射線の人体影響」、「モニタリングとリスクアセスメント」及び「原子力災害医療と福島事故後の放射線影響」であり、それぞれが繋がるようにしている。つまり、放射線事故例を紹介し、身近な内容から、自らが被ばくや汚染した場合のリスクの相場観がわかるような内容としている。

「放射線リスクコミュニケーション」に関しては、座学講義とロールプレイを行った。昨年行った内容を修正し、実効性や効果を確認した。1. リスク管理の知識が過度の不安を軽減するのに重要であることを理解する講義、2. Slovicが開発したリスクランキング法、3. 傾聴や共感を身に付けるためのロールプレイやシナリオ作りの演習を行い、放射線不安の評価をした。

講義内容

#### 1. 「放射線人体影響」

放射線の基本(単位、用語等)、人体の影響(確定的影響、確率的影響)及び放射線事故例について講義した。

#### 2. 「モニタリングとリスクアセスメント」

放射線測定値から健康リスクを推定する過程を計算を交えて講義した。放射線測定の項目を外部被ばく、内部被ばくそれぞれについて整理し、各項目の意味するところと単位系、さらに実用量と防護量についての整理を行った。

#### 3. 「原子力災害医療と福島事故後の放射線影響」

福島事故後の放射線影響として、放射線による直接の健康影響と放射線の直接影響では説明できない健康影響を、それぞれ原発作業員と公衆について解説した。

以下、福島原発作業員の講習会でのみ実施。

#### 4. 「放射線リスクコミュニケーション」

座学講義、Slovic式リスクランキング法によるリスク認知調査、傾聴や共感を身に付けるためのロールプレイやシナリオ作りの演習を行った。

#### 5. 防護装備着脱・汚染検査及び線量評価実習

##### a. 防護装備着脱

普段、防護服着脱を行っているが、汚染なく脱衣できているかどうかをブラックライトに反応する塗料を用いて確認した。また汚染の影響についても説明した。

呼吸用保護具(フルフェイスマスク及び使い捨て式防じんマスク)を装着し、漏れ率を測定した。ほぼ5%以下

の漏れ率であり、装着に関しては大変良い成績であった。

#### b. サーベイメータ実習

ZnS、GM 及び NaI サーベイメータがそれぞれ  $\alpha$  線、 $\beta$  線及び  $\gamma$  線測定用であり、その使い分けと現場での運用方法を実習した。各測定器と汚染検査形数値、空間線量当量率及び個人線量当量率の関係を理解させ、その値から健康リスクへの相場観を把握してもらった。

#### 6. 机上訓練

グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応演習である。参加者をグループ分けし、原発構内での傷病者発生した場合の処置や搬送、また現場で受ける放射線の影響や放射性物質の場所を探すための測定器はどれを用いるのかを含めて議論し、各グループの意見を発表してもらった。

### 2) 放射線業務従事者に対する放射線教育による知識向上と不安軽減の解析

質問調査票での結果は、平成 30 年度においても、福島原発作業員の方が千代田社員に比べて被ばく線量は高く、不安度も高かった。特に 20 歳代の不安は高かった。しかしながら、今回の講習プログラム後は、不安の軽減をみることができた。パス解析においても、これまでの教育回数が多くなれば、職場の不安が減少することも示された。同時に確認テストの正答率は講義後に有意な上昇を認め、知識の向上もみられている。

自由記載欄においても、非常に評価の高い講習会と記載があり、千代田社員及び福島原発作業員共に継続を望む意見があった。福島原発作業員では、作業員全員が受けられるようにすべきという意見もあった。講師による受け手の理解の違いもあると考えられる。

### 3) ウクライナにおける放射線業務従事者に対する放射線管理及び教育

#### 1. National Research Center of Radiation Medicine (NRCRM)に入院中のリクビダートルへのインタビュー

事故当初は、命令で作業に当たることが多く、ほとんど放射線の教育を受けないまま、仕事をこなしていた。したがって、放射線に対する不安はなかったようである。その後体調の変化から、放射線の影響であることを学ぶようになった。

#### 2. チェルノブイリ特別区と周辺の避難指示区域内のサマシオールへのインタビュー

空間線量は許容できる値であると認識し、居住している。放射線の不安は特にないようである。野菜等を自家栽培していた。

#### 3. チェルノブイリ原発作業員へのインタビュー

新石棺を建設した Novarka の元請けの作業員数名にインタビューした。教育により放射線の知識が増え、またきちんと管理されている中での作業なので、放射線に対する不安はなかった。

4. スラブチッチ教育訓練センターでの教官インタビュー  
チェルノブイリ原発作業員は当センターで 40 時間の講習と実習を受けることが義務付けられている。最終的に試験に合格する必要がある。

センターの教官で緊急作業員である 2 名にインタビューした。当時はソ連であったので、情報は秘密にされ、特に不安を感じることなく働いていた。

その後、事故が起こる前提で教育が重要で、いかに防護するかを教育するようになっている。

#### 5. 国家公務員中央訓練センター

労働者全員に、労働保護に関する法律を学ばせる。労働保護の観点から、模擬作業などの教育を行ってから危険作業を行うように法律で決められている。

ヨーロッパは心理的な研究は発展しており、心理生理的なアンケートを労働者に行う。また家族の不安も聞き入れやすくしている。

原子力担当局は環境局から分離され、原発作業員の仕事面だけでなく、余暇についても検討している。チェルノブイリを見学することができるようになり、放射線の理解も進んでいる。

心理生理センターが設立され、心理検査が行われるようになった。危険業務によっては必須で、他の業務は推奨となっている。不安については、脈拍、呼吸あるいは 1 分測定検査などで評価している。

#### D. 考察

### 1) 放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会 -これまでの海外視察及び調査結果を反映して-

放射線不安を軽減するのに効果的な講義、実習及び机上演習を検討した。講義は一方的としないこと、設問を加え途中で解答してもらう形式にしたこと、事故例等身近な情報を提供し、汚染と被ばくのリスクの相場観を理解できるようにすることを目標に行った。その内容を体験するような実習を行い、さらに放射線の理解を深めることができた。

単に知識量だけでなく、不安を持つ作業員に合わせた対応で不安軽減効果が異なることを講義し、リスクを実践(ロールプレイ)してもらうことでその重要性を理解を得られたと考えられる。

机上訓練は、企業や職種を越えた緊急時の連携能力が高まれば、放射性物質による汚染の可能性がある現場で働く際の不安軽減に役立つ可能性があると考えられた。

### 2) 放射線業務従事者に対する放射線教育による知識向上と不安軽減の解析

放射線不安は、被ばく量、職種、業種あるいは年齢等によって、個人差がある。しかしながら、今回の講習会の教育によって、有意に知識は向上することにより、有意に不安度が低下することが確認された。

### 3) ウクライナにおける放射線業務従事者に対する放射線管理及び教育

チェルノブイリ原発作業員は放射線不安が全くない。放射線教育訓練センターによる教育の充実や国家による管理のためであると考えられる。放射線教育は、一方的で単純な知識教育のみでなく、放射線量や影響等、具体的な意味を理解させることが重要である。技能や態度も視野に入れた当事者意識を高める教育プログラムにすることが重要である。さらに、具体的に事故が起こることを前提としたトレーニングやシミュレーションを教育に加えて行う必要性があると考えられる。

#### E. 結論

##### 1) 放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会 -これまでの海外視察及び調査結果を反映して-

リスクの相場観を理解することで、放射線の知識が向上し、不安を軽減するのに効果的な講義、実習及び机上演習を行うことができた。

##### 2) 放射線業務従事者に対する放射線教育による知識向上と不安軽減の解析

今回の教育講習会によって、知識を向上させ、不安度を減少させる効果が見られた。

### 3) ウクライナにおける放射線業務従事者に対する放射線管理及び教育

放射線業務従事者に対する教育が充実しており、国を挙げて管理を行っており、放射線不安を持つ従業員は全くいない。

#### F. 健康危険情報

本研究では、国内外の移動において危険が伴う程度である。特に海外は保険加入等の対策を行った。

#### G. 研究発表

##### 論文

Anan T, Mori K, Kajiki S, Tateishi S

Emerging Occupational Health Needs at a Semiconductor Factory following the 2016 Kumamoto Earthquakes: Evaluation of Effectiveness and Necessary Improvements of List of Post-disaster Occupational Health Needs, Journal of occupational and Environmental Medicine. Vol 60(2), 198-203, 2018

Mori K, Tateishi S, Kubo T, Kobayashi Y, Hiraoka K, Kawashita F, Hayashi T, Kiyomoto Y, Kobashi M, Fukai K, Tahara H, Okazaki R, Ogami A, Igari K, Suzuki K, Kikuchi H, Sakai K

Continuous Improvement of Fitness for Duty Management Programs for Workers Engaging in Stabilizing and Decommissioning Work at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Journal of Occupational Health, 60(2), 196-201, 2018

#### 学会発表

岡崎龍史, 横尾誠, 松田尚樹, 鈴木啓司, 長谷川有史, 神田玲子, 島田義也, 加藤尊秋, 蓑原里奈, 立石清一郎, 森晃爾.

放射線業務従事者に対する放射線教育講習会の知識向上と不安軽減の解析. 成 30 年度日本産業衛生学会九州地方会学会. 戸畑. 6 月 29-30 日

岡崎龍史.

福島原発作業員の放射線教育と不安に対するテキストマイニング法による解析. 第 55 回放射線影響懇話会. 久留米. 7 月 21 日

岡崎龍史

廃炉作業者の不安と放射線リテラシー, 日本放射線影響学会 第 61 回大会 シンポジウム 2(多面的アプローチにより福島の今を知る) 長崎. 11 月 7-9 日

加藤尊秋, 岡崎龍史, 長谷川有史

原子力発電所廃炉作業者の緊急時における連携体制づくりのための机上訓練. 日本リスク研究学会 第 31 回年次大会. 福島. 11 月 9 日~11 日

#### H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

なし

## II. 分担研究報告



労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減のための放射線教育講習会  
-これまでの海外視察及び調査結果を反映して-

研究代表者	岡崎 龍史	産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学研究室 教授
研究分担者	森 晃爾	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学研究室 教授
研究分担者	立石 清一郎	産業医科大学保健センター 准教授
研究分担者	松田 尚樹	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門 教授
研究分担者	鈴木 啓司	長崎大学原爆後障害医療研究所放射線リスク制御部門 准教授
研究分担者	長谷川 有史	福島県立医科大学医学部放射線災害医療学講座 教授
研究分担者	島田 義也	量子科学技術研究開発機構 理事
研究分担者	神田 玲子	量子科学技術研究開発機構 センター長
研究分担者	加藤 尊秋	北九州市立大学国際環境工学部 教授
研究協力者	簗原 里奈	産業医科大学実務センター 助教
研究協力者	林 卓哉	産業医科大学実務センター 修練医

研究要旨

チェルノブイリ原子力発電所(原発)事故急性期の緊急作業員(リクビダートル)に対する放射線教育は、十分には行われなかった。教育の欠如が、彼らの現在の身体症状に対する客観的評価を妨げている可能性を否定できないばかりか、幸福感の喪失、社会不満の一因となっている可能性が示唆された。現在のチェルノブイリ原発廃炉作業員に対しては十分な放射線教育が義務付けられており、また現場で働く意識も高いことから、放射線不安がほぼない。一方、廃炉作業の現場では作業員が放射線防護のための基本的なルールに違反する事例が存在し、放射線不安が存在しないことが上記と関連している可能性が示唆された。

東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)作業員においては、約30%に放射線に対する不安を持つ作業員がいる。福島原発構内を視察し、また作業員と議論した上でどのような講習会の内容を求めているか、あるいはどのようなことが理解されていないかを検討した。

チェルノブイリ原発や福島原発における放射線業務従事者の声を反映し、別途過年度調査により抽出されたことを鑑みて講習会プログラムを作成した。今年度の講習会は、受講生の主体的な授業参加すること、リスク認知に影響を及ぼす因子に配慮し、放射線作業者自身の不安軽減を目的とした講義プログラムを行うこと、グループリーダーの果たす模範的な役割の重要性認識することを基本方針とした。本年度の放射線業務従事者向け講習会では、座学講義より実習・机上演習の割合を増やすとともに、以下の4点に留意した。Ⅰ. 主体的な参加を実現するための講義、Ⅱ. リスクコミュニケーション(リスコミ)を含めた座学講義とロールプレイ学習、Ⅲ. リス

クの相場感を認知するための防護装備着脱・汚染検査・線量評価実習、IV. グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応演習(机上演習)。

上記により、放射線の基礎知識を用いた現状評価による放射線リスク評価のみならず、現場危機を想定し、そこに基本的ルールを当てはめることで、危機における現場安全を担保することを目指した。さらにリスコミの手法を取り入れ、不安軽減のためのコミュニケーションの方法を教示することにより、結果として放射線不安低減を図ることが出来た。

#### A. 研究目的

これまでの福島原発及び海外視察で得た情報を元に、昨年度の放射線教育講習会の内容をよりアップデートし、放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減を図るより良い放射線教育講習会を行うこと。

#### B. 研究方法

チェルノブイリ原発や福島原発における放射線業務従事者の声を反映し、別途過年度調査により抽出されたことを鑑みて講習会プログラムを作成した。今年度の講習会は、受講生の主体的な授業参加すること、リスク認知に影響を及ぼす因子に配慮し、放射線作業員自身の不安低減を目的とした講義プログラムを行うこと、グループリーダーの果たす模範的な役割の重要性認識することを基本方針とした。本年度開催した放射線業務従事者向け講習会では、座学講義より机上演習・実習の割合を増やすとともに、以下の4点に留意した。Ⅰ. 主体的な参加を実現するための講義、Ⅱ. リスコミを含めた座学講義とロールプレイ学習、Ⅲ. リスクの相場感を認知するための防護装備着脱・汚染検査・線量評価実習、Ⅳ. グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応演習(机上訓練)。

実習と机上訓練は、(株)千代田テクノル放射線安全・一般安全講習会では行っていない。

講習会開催日程とプログラムを以下に示す。

(株)千代田テクノル放射線安全・一般安全講習会

第1回:平成30年9月20日(木) 東京会場

第2回:平成30年10月4日(木) 大阪会場

第3回:平成30年10月12日(金) 福岡会場

第4回:平成30年10月23日(火) 仙台会場

内容

09:10～09:40 アンケートと簡易試験

09:40～10:40 放射線の人体影響(岡崎)

10:50～11:50 モニタリングリスクアセスメント(松田)

12:50～13:50 原子力災害医療と福島事故後の放射線影響(長谷川)

15:10～15:30 アンケートと簡易試験

#### 福島第一原子力発電所作業員向け講習会

第1回目日時:平成30年10月31日(水)

第2回目日時:平成30年11月30日(金)

場所:福島第一原発協力企業棟

内容

09:00-09:30 アンケート並びに簡易試験

09:35-10:35 放射線の人体影響(岡崎)

10:40-11:40 モニタリングとリスクアセスメント(松田)  
原子力災害医療と福島事故後の放射線影響(長谷川)

11:45-12:15 放射線リスクコミュニケーション1(神田)

13:15-14:15 放射線リスクコミュニケーション2(神田)

14:20-15:20 防護服着脱、測定実習、マスクフィットテスト(岡崎、松田、長谷川、立石)

15:30-17:10 机上訓練(加藤、長谷川、岡崎)

17:10-17:30 アンケート並びに簡易試験

(倫理面への配慮)

講習会参加は任意とし、現場管理者が同席することで、参加者の身体・心理面の影響について問題点を認知対応出来るよう配慮した。

## C. 研究結果

### I. 主体的な参加を実現するための座学講義

下記の1から3までの内容に関しては、e-learning用としてDVDを作成した。

#### 1. 放射線の人体影響(資料1)

一般的に、内部被ばくと外部被ばくの影響と遺伝性影響についてはよく誤解されている。講義の最初に、「実効線量が確定したとして、内部被ばく1Svと外部被ばく1Svでは、内部被ばくの方が人体への影響は大きい」及び「両親(ヒト)が被ばくした場合、子孫は放射線の影響を受ける可能性がある」という問いをし、講義途中でともに間違いであることがわかるようにした。

講義項目は、放射線の基本的な内容(用語、単位、確定的影響、確率的影響)に加えて、放射線事故例において、どのような影響(症状や疾患)がみられたかを紹介した。事故例を紹介することにより、どのような放射線核種が原子力災害にて発生するのか、それらはどのような影響があるのかを説明した。身近な放射線業務における影響を理解しやすいように工夫している。

さらに、汚染と被ばくの影響の違いについて説明し、汚染による放射線影響の程度を理解してもらうようにした。この内容は、次の座学講義や実習に繋がるものとし、講習会の導入としている。

#### 2. モニタリングとリスクアセスメント(資料2)

昨年度は、放射線の安全取り扱いの基本、ICRP2007年勧告やIRRS(IAEA)の指摘に対応した我が国の放射線防護行政及び法令改正の状況、及び最新の原子力災害対策指針による緊急モニタリング体制について紹介してきたが、その流れの発展版として、本年度はモニタリングからリスクアセスメント、すなわち放射線測定値から健康リスクを推定する過程を計算を交えて講義した。

(株)千代田テクノルによる安全教育では、講義前のイントロダクションとして、前年解説した緊急モニタリング体制について、緊急モニタリングセンター(EMC)要員の実際の訓練の写真を紹介し、知識とリアリティの関連性を高めるようにした。次いで放射線測定項目を外部被ばく、内部被ばくそれぞれについて整理し、各項目の意味するところと単位系、さらに実用量と防護量についての整理を行った。その後、外部被ばくと内部被ばくの線量評価をそれぞれ2問ずつ例題を解くことにより経験し、得られた被ばく線量によるリスクを法的基準値、確定的影響のしきい値、確率的影響のリスク、などを物差しにして推定した。

福島原発作業員対象の講義では、原子力災害対策指針、緊急モニタリング体制、運用上の介入レベル(OIL)と防護措置、及び特定原子力施設(1F)に関して特に措置を講ずべき事項を解説し、水晶体等価線量を例として被ばく管理の状況についても紹介した。その後、被ばく線量評価とリスク推定を例題を用いて行った。

いずれの講義でも、比較的簡単に得られる放射線測定による数値を健康リスクと対応させることにより、現場で得られた数値の意味するリスクをほぼ定量的に理解することのできる、一種の相場観を養うことを試みた。

#### 3. 原子力災害医療と福島事故後の放射線影響(資料3)

福島事故後の放射線影響として、放射線による直接の健康影響と放射線の直接影響では説明できない健康影響を、それぞれ原発作業員と公衆について解説した。さらに、原子力災害における医療と放射線、及び原子力災害における専門家の役割について説明した。

原子力災害の特徴として、放射線は五感では感知できない、専門的な未知の用語や知識が一部求められる、遅発性・晩発性障害の可能性が存在する、精神的不安が強く関連する、発生要因に人的因子が関与する、社会的関心が高いがある。しかし、検知、線量推計、放射線から受ける影響の推計が可能であることを説明している。

原子力災害医療における防護対象と特徴として、多くは即治療が必要な傷病を負っていないが、将来の疾患への配慮が必要である。作業員においては、急性放射線健康影響や死亡はなかったが、重篤な心理的影響があった。UNSCEAR2013 年報告書によると、公衆においてもがん発生率の上昇は予測されないとされていることを講義した。

今回の講義の特徴として、以下に示すような問いをいくつも項目の前に先に提示した。受講者には赤・青・黄の三色の付箋を講義前に配布し、問い毎に正解と考える回答の色を挙げていただいた。正答は必ずしも一つとは限らず、設問によっては正答無しの設定も一部設けた。受講生の主体的な参加を実現した。

**問.**

250mSv(緊急時の線量限度)を超えた作業員の被ばくについて適切な記載はいずれか？

- 1. 急性放射線健康影響や死亡は認めなかった。
- 2. 初期の放射性ヨウ素吸入による内部被ばくが主因であった
- 3. 中央制御室の作業中の被ばくが主因であった

## II. リスコミを含めた座学講義とロールプレイ学習(資料4)

昨年度行ったリスク認知に影響を及ぼす因子に配慮し、放射線作業員自身の不安低減を目的とした講義プログラムを修正して、その実効性や効果を確認した。

東電福島原発事故で作業中の職員に対し開発した講習プログラム(講義名:放射線リスクコミュニケーション)を実施し、実習生の反応やアンケート等でその効果や実効性を確認した。

プログラム内容を記す。

- 1) Slovicが開発したリスクランキング法によるリスク認知調査を実施し、個人差が大きいことを理解する。
- 2) 放射線に関する不安は、放射線に関する知識の量や内容にも依存し、特にリスク管理の知識が過度の不安を軽減するのに重要であることを理解する。

3) 実際に放射線に不安を抱く職員や家族との対話に必要な知識とスキルを習得する。傾聴や共感を身に付けるためのロールプレイやシナリオ作りの演習を行う。

今年度は、昨年度より演習時間を増やし、受講生のシナリオ発表が増えるよう修正した。受講生は積極的に講義・演習に取り組み、受講後のアンケートの結果でも概して好評であった。また「放射線リスクコミュニケーション」を他の実習の前に実施することにより、その後の実習と「不安低減」との関係について、受講生に伝えるようにした。

## III. リスクの相場感を認知するための防護装備着脱・汚染検査及び線量評価実習

### 1. 防護服着脱実習

福島原発構内建屋周辺のレッドゾーンと言われるエリアで就労する場合、必ず防護服を着脱するが、実際に汚染がない状態で脱衣できているかを体験してもらった。手洗いチェッカーとして売られている塗料を防護服装着した際に塗布し、脱衣した時に衣服についていないかどうかブラックライトで確認をした。汚染があった場合に放射線の影響について、「人体影響」で講義した内容を確認してもらった。



### 2. 呼吸用保護具の適正使用(資料5)

呼吸用保護具について解説を行ったのち、防護服を装着した受講生はフルフェイスマスク(重松製:取替え式防じんマスク DR185L4N)を、それ以外の方は使い捨て式防じんマスク(重松製: DD02-S2-2K)を装着し、マスクフィッティングテスター(重松製 MT-03)で漏れ率を測定した。

産業現場で平均漏れ率は 24.3%と岡山労災病院の報告がある。今回、あまりフィットテストを行っていないようであった。眼鏡や髪の毛のために漏れ率が高い方もいたが、それ以外の方は、フルフェイスマスクにおける漏れ率は約  $4.5 \pm 2.6\%$  であり、使い捨てマスクは  $0.97 \pm 1.1\%$  と好成績であった。



### 3.サーベイメータ実習(資料6)

福島原発で実際に用いられているサーベイメータのうち、ZnS、GM 及び NaI サーベイメータの使い分けと現場での運用方法を実習した。被ばく線量は  $\gamma$  線を測定する NaI サーベイメータで推計し、現場の汚染部位検知と汚染密度の測定を  $\beta$  線を測定する GM サーベイメータを用いて行うことを目標とした。ZnS サーベイメータは  $\alpha$  線を測定し、飛程が短いこと、紙で遮蔽されることを説明した。

この実習の到達目標は、①各測定器の原理と構造を、検出する放射線の性質と関連づけて理解すること、②各測定器を利用する具体的な局面を理解すること、③各測定器と汚染検査形数値、空間線量当量率及び個人線量当量率の関係を理解すること、④各測定器から得られる数値から得られる健康リスクの相場観を理解すること、である。

また、現場で実際に傷病者が発生した想定で、現場救助に出動した時に、自らの放射線安全を担保する方法を実習した。



4. グループリーダー養成と基本的なルール確認のための現場リスク認知と対応演習(講義・机上訓練)(資料7)

災害医療の視点から作業現場における傷病者対応において、優先順位の原則スリー「S」、1. Self (自分の安全確保)、2. Scene (周囲の安全確保)、3. Survivor (要救助者の安全確保)の講義を行った。単に熱意があるというだけで現場に入って活動してはいけないこと、現場で活動するには、それに相応しい知識と、装備が不可欠であることを説明した。

現場作業員が傷病者に遭遇した時の安全管理(安全の確認)についての指導・周知事項(傷病者に駆け寄る前に、どんな安全の確認をするように教育していますか?)、及び現場作業員が傷病者に遭遇した時の現場処置についての指導・周知事項(傷病者を発見した時に、どんな事をするように教育していますか?)について、各企業が行なっている内容を紹介した。現場安全の基本的なルールを、放射線防護と同時に啓発した。各資料は事前に各企業が作業員に定めている基本的なルールを統合して作成した。

上記の内容は、机上訓練における対応の基本ルールとして適用反映した。6グループに分け、事故想定をし、現場で受ける放射線の影響や放射性物質の場所を探すための測定器はどれを用いるのかを含めて机上訓練を行った(別章参照)。



### D. 考察

今年度の講義、実習及び机上訓練は、放射線の基本的な内容から、放射線業務に必要な知識を理解し、測定から被ばくや汚染の相場観を理解した上で、放射線に対する知識を深め、不安を軽減する教育内容を目指した。今回の受講生は、各企業のグループリーダーが主に参加することを想定し、その啓発と養成に有用と考えた。とも多職種が共通のテーマや課

題について意見を交わす機会では、極力現場の専門家に議論やグループ意見のまとめを依頼することがある。今回の講習会のように、異なる職種が一堂に会することで、危機時に必要となる連携・分担についても全体像を捉えながら認識出来ると考えられた。

リスコミにおいては、昨年度本研究で開発したロールプレイやシナリオ作りといった演習に関してはいくつか懸念材料があったものの、結果的には想定以上のシナリオを完成させるチームが現われた。今年度の受講生の反応や演習の取組み・成果が昨年度とほぼ同様であったことから、実効性や効果を評価するためのデータが収集できた。シナリオの仮想状況(職員や家族の不安状況)を受講生に合わせることで東電福島原発作業員以外の講習でも利用できる内容であった。

#### E. 結論

本調査研究によって、現場安全を担保しつつ、放射線の知識を向上させ、放射線不安を低減し、全体としての健康リスクの低減を担保する教育講習会であった。

### 放射線の人体影響




産業医科大学 放射線健康医学  
岡崎 龍史

## 放射線学入門

—福島第一原発事故を受けて—  
—一般向け緊急被曝ガイド—

産業医科大学 産業生態科学研究所  
**放射線健康医学研究室**

お問い合わせ先: j-hsyknk@mbox.med.uoeh-u.ac.jp

図説 放射線学入門 改訂版

### 基礎から学ぶ緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学研究室 教授 岡崎 龍史



医療科学社

## 問題です

1. 実効線量が確定したとして、内部被ばく1Svと外部被ばく1Svでは、内部被ばくの方が人体への影響は大きい。
2. 両親(ヒト)が被ばくした場合、子孫は放射線の影響を受ける可能性がある。


答え ともに×

### 放射線の正体


放射線は、電離や励起を引き起こす粒子線あるいは電磁波


**小さな粒(粒子線)**  
 アルファ( $\alpha$ )線: 陽子2個、中性子2個からなるヘリウム原子核

中性子



陽子




重粒子線 

ベータ( $\beta$ )線: 電子  $9.1 \times 10^{-31}$  kg

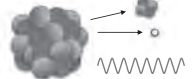
中性子線:  $1.6 \times 10^{-27}$  kg

陽子線:  $1.6 \times 10^{-27}$  kg

**見えない光(光子、電磁波)**  
 ガンマ( $\gamma$ )線、X線: 超高周波数(波長は短い)電磁波



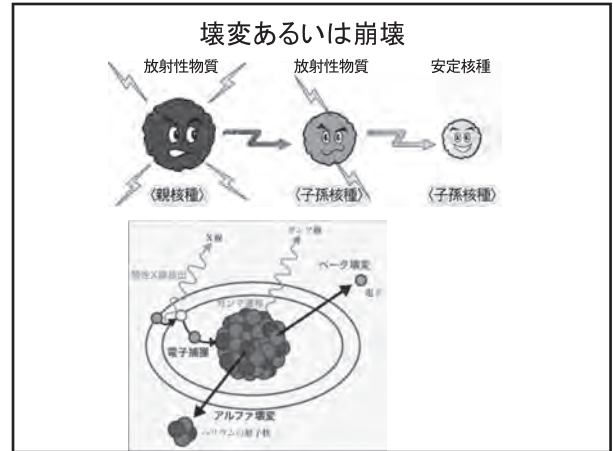

---

**放射性物質** 放射線をだす物質 

「放射能」とは、  
放射性物質が放射線を出す能力のこと。

「放射能漏れ」という言葉はありません！  
「放射性物質漏れ」が正しい。

放射線の単位			
	単位	意味	簡単に説明すると
放射能	Bq ベクレル	放射性物質が1秒間に崩壊(壊変)した数	放射性物質から1秒間に1つ放射線が出ると1ベクレル(1崩壊でα線とγ線またはβ線とγ線が同時に出ることもあるので、厳密には違います。)
吸収線量	Gy グレイ	ある任意の物質中の単位質量あたりに放射線により付与されたエネルギーの平均値 J(ジュール)/kgで表される。	放射線が物質に与えるエネルギーの単位
等価線量	Sv シーベルト	組織・臓器における放射線の影響を、放射線の種類やエネルギーによる違いを補正し、共通の尺度で表現する量	放射線の人に対する影響に用いる単位
実効線量	Sv シーベルト	等価線量を組織荷重係数によって補正し、全身の放射線影響の指標となる量	



放射線をうんちに例えると

放射性物質

吸った臭いの量: グレイ(Gy)

プーン

放射線

どれくらい臭いを出すか  
ベクレル(Bq)

ううっ

臭いが人体に及ぼす影響  
シーベルト(Sv)

**cpm (count per minute)**  
とは、放射線測定器で1分間に測った放射線数  
ガイガーカウンター

全ての放射線測定器で得られた測定値は、全放射能の値(Bq)ではない。計数効率(測定機器の放射線数を測ることの出来る割合)によって、測定値を補正し、放射能(Bq)を求める。

例  
標準線源(酸化ウラン $U_3O_8$ ): 500 Bq(1秒間の値)  
標準線源の測定値: 6000 cpm  
計数効率:  $6000 \text{ cpm} \div 60 \text{ 秒} \div 500 \times 100\% = 20\%$

仮に $^{137}\text{Cs}$ を測ったとして、1200cpmという値を得たとすると  
 $1200 \text{ cpm} \div 60 \text{ 秒} \div 20\% = 100 \text{ Bq}$

窓枠の面積 $20 \text{ cm}^2$ とすると  
 $100 \text{ Bq} \div 20 \text{ cm}^2 = 5 \text{ Bq/cm}^2$

患者受け入れ  
緊急時

10万cpm 線源から10cmの位置で0.001mSv/h  
1μSv/h

収束時

1万3千cpm  $\approx$  40 Bq/cm<sup>2</sup>

現在 650cpm  $\approx$  2 Bq/cm<sup>2</sup> 放射線管理要員

法令に基づく表面汚染密度限度

管理区域内:  
40 Bq/cm<sup>2</sup> (α線: 4 Bq/cm<sup>2</sup>)

管理区域持ち出し基準:  
4 Bq/cm<sup>2</sup> (α線: 0.4 Bq/cm<sup>2</sup>)

**1MBqの表面汚染のある患者の  
処置に当たる職員の被曝推定値**

20万cpm

	Co-60	I-131	Cs-137
線量率*	3.9 μSv/h	0.72 μSv/h	1.1 μSv/h
	0.0039 mSv/h	0.00072mSv/h	0.0011mSv/h
被曝量**	11.7 μSv	2.16 μSv	3.3 μSv
	0.0117mSv/h	0.00216mSv/h	0.0033mSv/h

\*点線源・距離30cmと仮定  
\*\*医師等は連続3時間作業する



1MBqの内部汚染患者の処置に当たる  
職員と家族の被曝の最大線量の推定値

	Co-60	I-131	Cs-137
職員*	29 $\mu$ Sv	10 $\mu$ Sv	15 $\mu$ Sv
	0.029 mSv	0.010 mSv	0.015 mSv
家族**	11 $\mu$ Sv	3 $\mu$ Sv	8.5 $\mu$ Sv
	0.011 mSv	0.003 mSv	0.0085 mSv

\*30cmの距離で1日8時間、2週間処置  
\*\*1mの距離で1日24時間、2週間連続して介護

Bq/cm<sup>2</sup>, Bq/cm<sup>3</sup>

$\mu$  Sv/h (時間)

mSv/h




ベクレルという単位



人体中の放射性物質の放射能

体内に  
カリウム40 (<sup>40</sup>K)  
炭素14 (<sup>14</sup>C)  
が含まれています。

この2つの核種で合計約6-7000ベクレルが人から通常でも放出されています。ベクレルだとどうしても大きな値になりますが、その数字に驚かないで。



バナナ1本約20Bq  
約0.1  $\mu$  Sv被曝します

40Kのせいです  
カリウムは色々な食物に含まれます

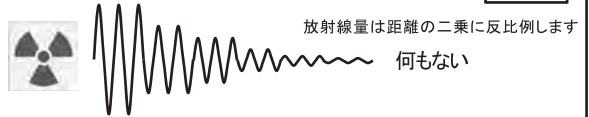
40Kは毎日数10ベクレル尿から排出

バナナのK(カリウム)含有量360mg  
<sup>39</sup>K(93.3%)、<sup>40</sup>K(0.0117%)、<sup>41</sup>K(6.7%)  
放射性物質  
半減期12.8億年

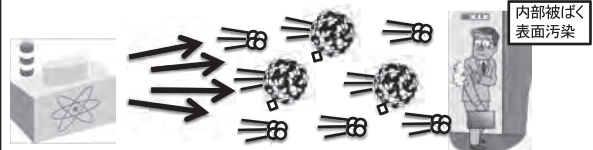
放射線と放射性物質の遠距離到達の違い

放射線線源からせいぜい数m離れれば線量は低くなります。この時の放射線はガンマ線やX線のこと。

外部被ばく



放射性物質とは放射性同位元素を含んでいるので、そのものから放射線が出ます。この時に問題になるのはアルファ線やベータ線。数mmから数cmしか飛ばない。



原発事故で生じる 主な放射性物質	半減期	出す放射線
$^3\text{H}$	12年	弱いβ線
$^{90}\text{Sr}$	28年	強いβ線
131 I	8日	β線, γ線
137 Cs	30年	β線, γ線
$^{239}\text{Pu}$ ( $^{40}\text{K}$ )	2万4千年 (12.5億年)	α線, γ線 γ線 中性子線

原子力災害等で核分裂が生じた際に内部被ばくが問題となる 放射性核種とその特性				
問題点 放射性物質	α線源	半減期が 長い	影響の大きい 臓器に沈着する	放出量や放出の 可能性が高い
Pu-239	○	○ 200年	肺、肝臓、骨	
Sr-90		○ 18.3年	骨	
I-131		8日	甲状腺	○
Cs-134 Cs-137		1歳 13日 10歳 50日 成人 110日		○
H-3		10日		○

放射線を火に例えると、影響は「モノ」によって違う

物質への影響: グレイ(Gy = J/kg)  
J(ジュール)は仕事、熱量、電力量  
に用いられる単位

放射線物質

放射能  
1秒間に出る  
放射線の数  
(Bq)

人体への影響: シーベルト(Sv)  
X線やγ線、β線(電子線)は、  
1Gy = 1Sv  
α線は、1Gy = 20Sv

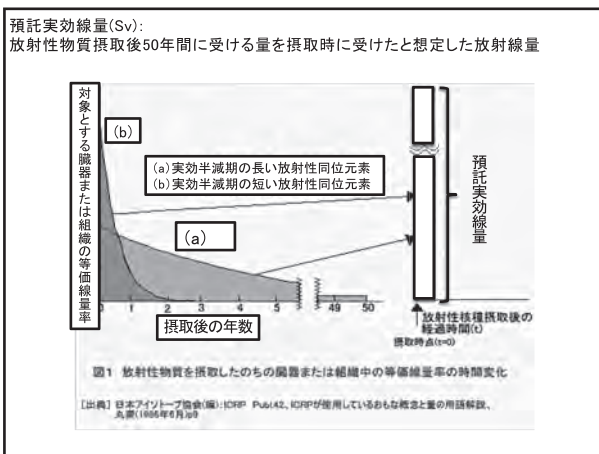
「公財」原子力安全研究協会緊急被ばく医療相談講座改題

外部被曝

内部被曝

(空気中の到達距離)  
・α線 → 45mm  
・β線 → 1m (MAX10m位)  
・γ線 →

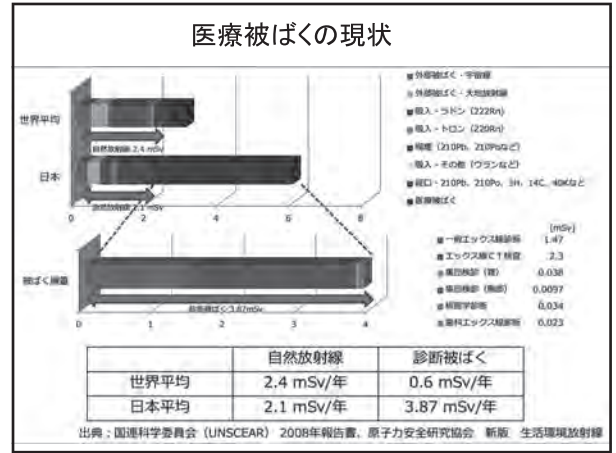
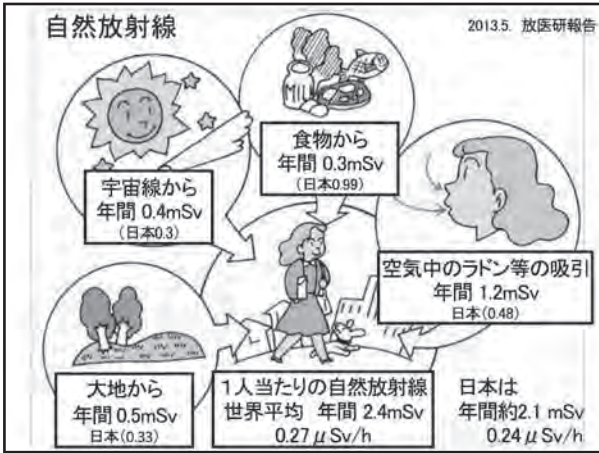
α・β線の場合  
体内の深い組織の細胞  
を全てのエネルギーを  
使い果たす!



「内部被ばく」も「外部被ばく」も  
人への影響はすべて  
シーベルト(Sv)の大きさに判断する

「シーベルト(Sv)」単位  
に正しく変換することで

人への影響を一つの物差し  
にあてはめることができる



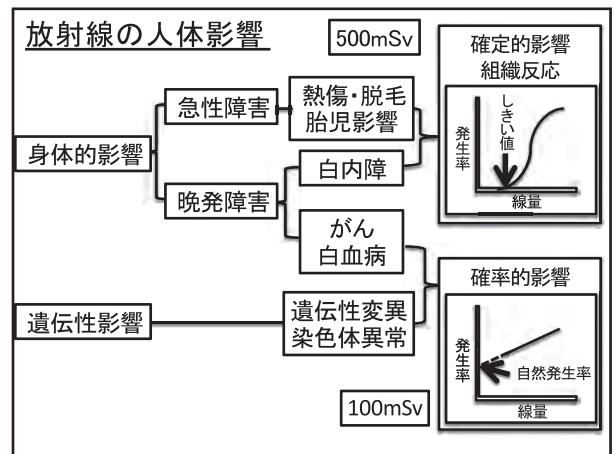
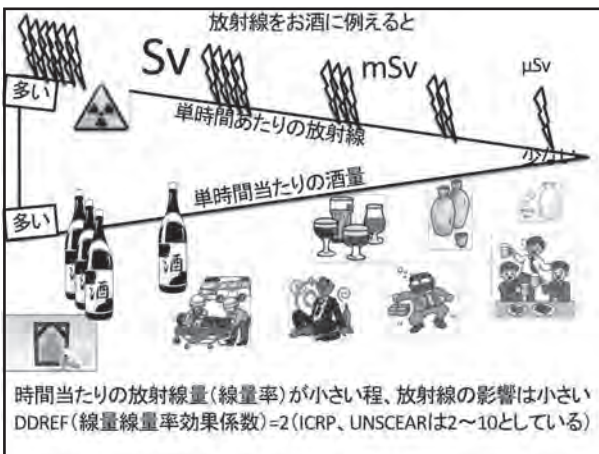
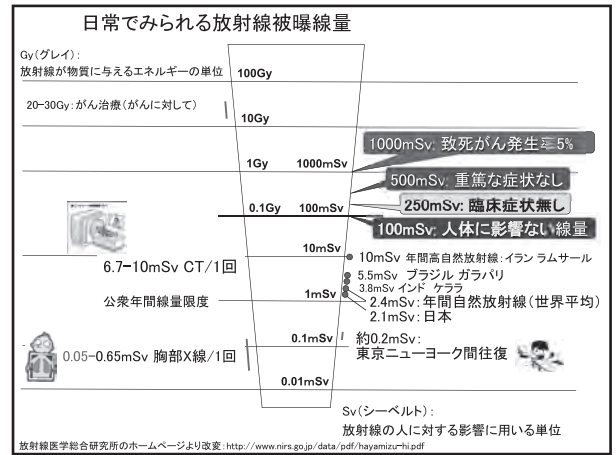
平成23年7月13日  
放射能汚染牛肉が市場に流通—消費者に衝撃  
日本の食品安全基準(当時500Bq/kg)の最大7倍の放射性セシウムが検出された(現在放射性セシウムは100Bq/kg)

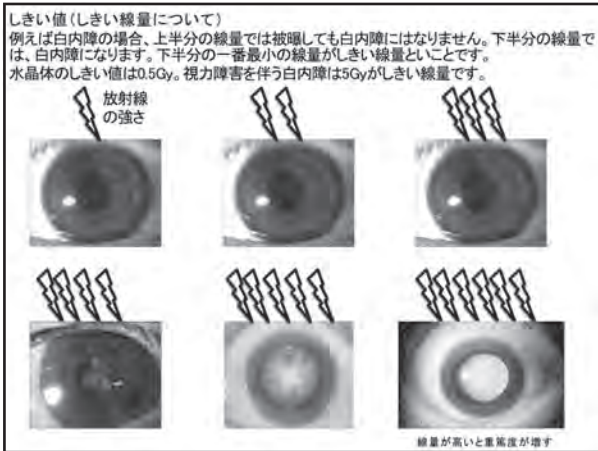
緊急時に考慮すべき放射性核種に対する実効線量係数 経口摂取の場合  
 $^{137}\text{Cs}: 1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{Bq}$

この場合、 $500 \text{ Bq/kg} \times 7 = 3500 \text{ Bq/kg}$

$3500 \text{ Bq/kg} \times 1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq} = 45.5 \times 10^{-6} \text{ Sv/kg} = 45.5 \mu\text{Sv/kg}$

100mSvに達するまでに2200kg  
1mSvに達するまでに 22kg





## 法令改正の予定

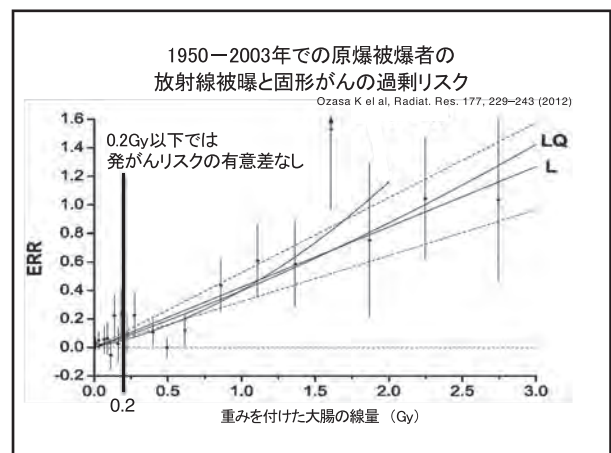
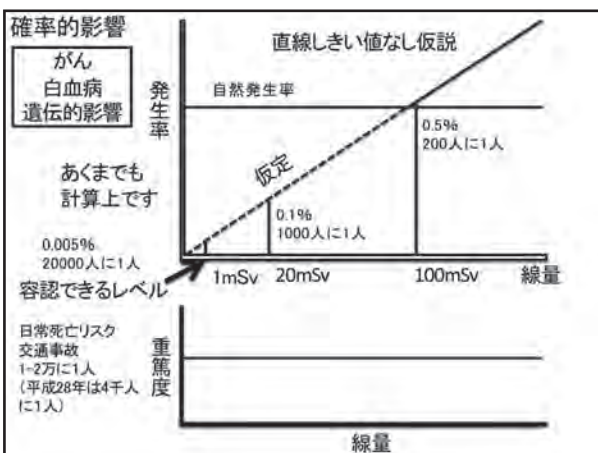
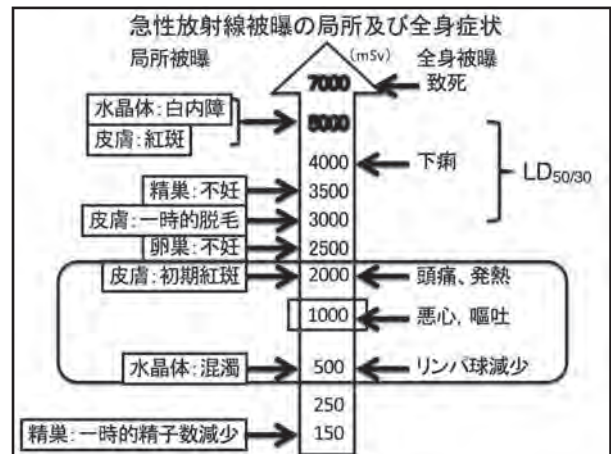
### 目の水晶体

100 mSv/5年  
50 mSv/年

細胞再生系組織(Cell renewal system)

細胞再生系	造血組織	腸上皮	皮膚	精巣	水晶体
幹細胞 芽細胞 (分裂) 機能細胞 (老化) 成熟細胞 (死滅) リンパ球 赤血球 血小板	幹細胞 赤血球 血小板 単球	基底細胞(幹細胞) 腸毛	基底細胞(幹細胞) 角質層	幹細胞 精子	上皮(幹細胞) 水晶体繊維 晶状体
正常分化過程	4 4 4 4日	2日	2週間	3-4週間	1年
正常な成熟過程	1 7-10 7 100日	2日		7-8週間	白内障
放射線による変化	免疫能低下 血液凝固延長	造血機能低下	腸毛の短縮と喪失、出血、下痢	紅斑、脱毛、一時的または永久不妊	

細胞再生系(造血組織、腸上皮、皮膚、精巣、水晶体の分化、成熟過程による変化)  
 (吉井義一著、放射線生物学概論 [第2版] より引用)



全てのケース  
固形がん

Organ	Mean (SD)	Min	Max
Bladder	0.27 (0.18, 0.30)	0.00	0.60
Colon	0.47 (0.26, 0.50)	0.00	0.80
Esophagus	0.01 (0.11, 1.00)	0.00	7.00
Stomach	0.00 (0.14, 0.42)	0.00	0.70
Uterus	0.00 (0.00, 0.00)	0.00	0.00
Rectum	0.17 (0.17, 0.64)	0.00	0.80
Liver	0.00 (0.18, 0.80)	0.00	1.00
Prostate	0.40 (0.15, 0.90)	0.00	0.90
Testis	0.00 (0.00, 0.40)	0.00	0.50
Bladder	0.00 (0.14, 0.20)	0.00	0.40
Uterus	0.00 (0.00, 0.40)	0.00	0.50
Cherry	0.70 (0.07, 1.00)	0.00	1.00
Prostate	0.30 (0.00, 1.20)	0.00	1.50
Bladder	1.00 (0.00, 2.00)	0.00	2.00
Holney parathyroid	0.00 (0.00, 1.70)	0.00	0.80
Other solid cancer	0.00 (0.00, 2.00)	0.00	0.80
Lymphoid and hematopoietic malignancies	0.00 (0.00, 1.40)	0.00	0.80
Melanoma	0.00 (0.00, 1.00)	0.00	0.80
Multiple myeloma	0.00 (0.00, 1.00)	0.00	0.80
Other cancer	0.00 (0.00, 1.40)	0.00	0.80

がん以外

Organ	Mean (SD)	Min	Max
Heart disease	0.10 (0.00, 0.70)	0.00	0.80
Respiratory disease	0.21 (0.00, 0.30)	0.00	0.40
Cerebral disease	0.14 (0.00, 0.20)	0.00	0.30
Chronic kidney disease	0.10 (0.00, 0.20)	0.00	0.30
Diabetes (diabetes)	0.02 (0.10, 0.10)	0.00	0.10
Other disease	0.01 (0.00, 0.10)	0.00	0.10
Chronic disease	0.11 (0.00, 0.20)	0.00	0.30

差なし

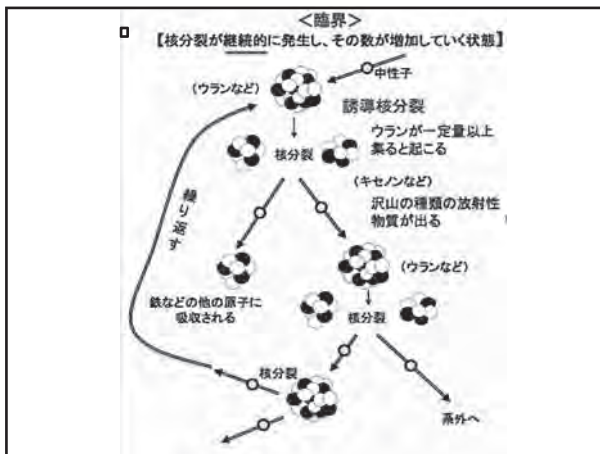
循環器  
呼吸器  
消化管

東海村JCO臨界事故当時の作業の様子  
1999年9月30日

Mr. S (39) 6~10Sv  
Mr. O (35) >20Sv  
Mr. Y (54) 2~3Sv

12月21日 死去

硝酸ウラニル溶液  
ウラン濃度3-4%とすべきところが18.8%となり、臨界



東海村臨界事故 (1999年9月30日)

被曝したJCO労働者のSさん(40歳)の治療経過の写真  
(第3回日本臨床救急医学会での公表写真)

Sさん 9月30日 10月10日 11月10日 12月20日 1月4日

9月30日 臨界事故で顔や両腕に6~10シーベルトの中性を浴びて被曝。  
10月10日 外傷はないが紅斑、嘔吐、下痢、意識障害が現れる。  
11月10日 皮膚が次々に剥がれ70%が剥がれ落ちる。  
12月20日 両前腕部に皮膚移植をおこなう。  
1月4日 顔面へも皮膚移植がおこなわれたが、DNAの損傷で皮膚の再生能力は失われていた。  
翌年4月27日 死去

皮膚の急性障害

2 Gy	初期紅斑
3 Gy~	脱毛
3 - 6 Gy	紅斑・色素沈着
7 - 8 Gy	水泡形成
10 Gy~	潰瘍形成
20 Gy~	難治性潰瘍 慢性化、皮膚がんへ移行

日本原子力研究開発機構「大洗研究開発センター」の作業員被ばく事故  
2017年6月7日

放射性物質 Pu-239  
肺: 2万2千ベクレル  
体内総量: 約36万ベクレル  
内部被ばく線量  
1年で12シーベルト  
50年で12シーベルト

室内の様子  
最も多く被曝した  
50代の男性職員

作業のイメージ図  
ステンレス容器のふたを開ける  
容器内のビニールが破裂  
6本のボルトで固定  
ビニール袋(二重)  
ポリエチレンの容器  
プルトニウム(粉末と塊)

朝日新聞デジタルより

6/7

50代男性アメリシウム241も220ベクレル検出。法律で報告が義務づけられた5ミリシーベルト以上の被曝は確実とみられる。

残りの4人はプルトニウムは検出されなかったが、うち2人からアメリシウム241が130ベクレル、12ベクレルがそれぞれ検出された。

6/19

検出限界値(1日分の尿で約1mBq)を上回る程度の微量

最終的に最高100-200mSvの被ばく

Pu排除剤

ジトリペンタートカル、アエントリペンタート



チェルノブイリ原発で急性放射線症で入院した人の被曝結果

患者数	集団推定線量 (Gy)	死者数
21	6 - 16	20
21	4 - 6	7
55	2 - 4	1
計 97		28

【出典】OECD/NEA(編):チェルノブイリから10年—放射線・健康影響—原子力資料No.289, 日本原子力産業会議(1996年7月), p44

UNSCEARの報告では、最高13.7Svの被曝

2011年 福島第一原発水素爆発による原子炉建屋の損壊  
3月12日1号機、3月14日3号機



外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算値(H28年3月31日時点)

区分 (mSv)	H23.3~H28.3		計
	東電社員	協力企業	
250超え	6	0	6
200超え~250以下	1	2	3
150超え~200以下	26	2	28
100超え~150以下	117	20	137
75超え~100以下	321	312	633
50超え~75以下	327	1,797	2,142
20超え~50以下	633	6,513	7,146
10超え~20以下	620	5,793	6,413
5超え~10以下	507	5,442	5,949
1超え~5以下	907	9,616	10,523
1以下	1,247	12,747	13,994
計	4,712	42,244	46,956
最大 (mSv)	678.80	238.42	678.80
平均 (mSv)	24.43	11.75	12.83

174名

福島第一原発事故

平成23年3月24日足にたまり水で被ばくした人は170-180mSvと言われていた。

全身被ばくとしての線量なので、通常の線量限度を超えている。

実際皮膚には2Sv以下の被曝だったようである。

甲状腺ホルモン(T4、T3)が作られるのにヨウ素が必要。  
ヨウ素は成人の体内に約25mgあり、1日摂取量約1.5mg必要。

T4: サイロキシン  
T3: トリイオドサイロキニン

非放射性ヨウ素と放射性ヨウ素は競合するので、  
事前に非放射性ヨウ素を内服しておく。

原発従事者の内服方法

初回	2日目	3日目	4日目	5日目	2日休日	初回	2日目	3日目	4日目	5日目
2錠	1錠	1錠	1錠	1錠		2錠	1錠	1錠	1錠	1錠

100 mg 50 mg 最大14日間

原発事故時のヨウ素<sup>131</sup>Iによる甲状腺がんからの予防

100mgのヨウ化カリウム投与した時の<sup>131</sup>Iの摂取防止率

投与時期	<sup>131</sup> Iの摂取防止率
被曝24時間前	約70%
被曝12時間前	約90%
被曝直前	約97%
被曝3時間後	約50%
被曝6時間後	防止できない

40歳以上も甲状腺がんのリスクがあるので、服用した方がよい。  
ヨウ素として100mg(50mg錠x2)を服用。

ヨウ化カリウムの副作用

- ヨウ素過敏症  
服用直後から数時間後の発症  
発熱、関節痛、浮腫、蕁麻疹様皮疹、ショック
- 甲状腺機能異常症  
甲状腺機能亢進症や低下症あるいは慢性甲状腺炎で内服するとそれぞれ悪化する。
- 肺結核者は再燃するおそれあり。
- きわめてまれ  
薬疹(ヨウ素にきび)、耳下腺炎(ヨウ素おたふく)、鼻炎
- 嘔吐、下痢の胃腸症状が認められることがある。
- 腎不全、先天性筋強直症、高カリウム血症を有するものでは、悪化することあり。
- 健康者が長期内服すると一過性の甲状腺過形成や機能低下
- 併用注意: ACE阻害剤、アンギオテンシン受容体拮抗薬、リチウム薬、カリウム保持性利尿薬

福島県県民健康調査甲状腺検査事業の結果

	先行検査 平成23年度 ~25年度	本格検査 平成26年度 ~27年度	本格検査 平成28年度~ 29年度	平成28年度 までの総計
	対象者(1巡目) 約37万人	対象者(2巡目) 約38万人	対象者(3巡目) 約33万人	
がんと確定	101人	49人	2人	152人
がんの疑い	14人	22人	2人	38人
計 (疑い含む)	115人	71人	4人	190人

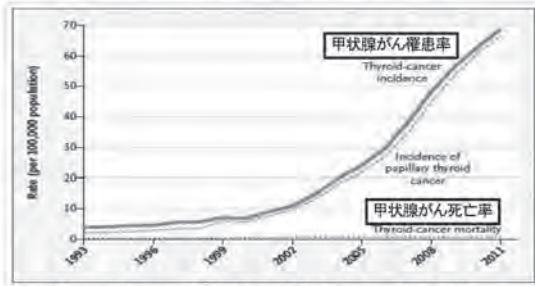
H29年3月31日現在

小児甲状腺がんの違い	
チェルノブイリ	福島
・組織型	
びまん性硬化型乳頭がん 硬化・ろ胞型乳頭がん	典型的乳頭がん (硬化型乳頭がんは0%)
(原爆被爆者: 81%は硬化型乳頭がん)	
・遺伝子異常	
RET遺伝子組換: 64-86%	10.3%
BRAF遺伝子点突然変異: 0%	63.2%
原爆被爆者: RET遺伝子組換が主 5mSv未満はBRAF遺伝子点突然変異が増加	

原爆被爆者における甲状腺癌				
甲状腺線量 (mSv)	平均線量 (mSv)	対象	患者	Odds Ratio
<5 mSv		755	33	1
5-100 mSv	32	936	36	0.85
100-500 mSv	241	445	22	1.12
500< mSv	1237	236	15	1.44

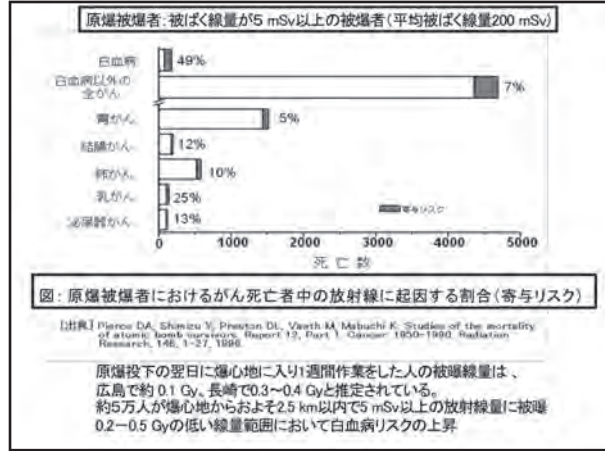
Y. Hayashi et al. Cancer 116 (7): 1646-1655, 2010.

図1: 韓国における甲状腺がんの罹患率と死亡率



甲状腺がん罹患率  
Thyroid-cancer incidence  
Incidence of papillary thyroid cancer  
甲状腺がん死亡率  
Thyroid-cancer mortality

甲状腺検査することによって甲状腺がんがたくさん見つかりましたが、甲状腺がんによる死亡率は変化しませんでした。  
Ahn HS et al., N Engl J Med. 2014 Nov 6;371(19):1763-7. DOI:10.1056/NEJMoa1401191



放射線被ばく者に対する白血病の労災認定基準は、昭和51年(1976年)に労働基準局長通達として出された

1. 相当量の被ばく
2. 被ばく開始後少なくとも一年を超える期間を経ての発病
3. 骨髄性白血病またはリンパ性白血病であること

の三要件を定めている。

相当量の被ばくは「5ミリシーベルト×従事年数」と解説で明記している

多発性骨髄腫と非ホジキンリンパ腫が追加

1976年度以降、原発労働者労災認定16人  
厚生労働省発表

	人数	累積被ばく線量
白血病	9人	5.2~129.8 mSv
多発性骨髄腫	2人	70.5, 65.0 mSv
悪性リンパ腫	5人	99.8, 78.9 mSv

厚労省によると「がんに対する100ミリシーベルト以下の低線量被ばくの影響は科学的に証明されていないが、線量が増えれば比例して発がん可能性も増すとの仮説があり、「100 mSv以下での労災認定もあり得る」としている

福島原発作業での労災認定 6例

- 40代男性 協力会社社員 2014年1月に急性骨髄性白血病と診断、同年10月に労災認定。福島原発での累積被曝線量は15.7 mSv。2012年九州電力玄海原発作業での被ばく量4.1 mSv。計19.8 mSvの被ばく量で労災認定。2015年うつ病でも労災認定
- 50代男性 協力会社社員 2015年1月に白血病と診断。2016年8月労災認定。福島第一原発で、2011年4月から15年1月までの3年9ヶ月間、がれき撤去や汚染水処理に使う機械修理を主に担当。累積被ばく線量は54.4 mSv。
- 40代男性 東電社員 2016年12月16日 2014年4月に甲状腺がんと診断 労災認定。1992年から12年間福島第一原発3及び4号機の運転員を務め、2011年3月に1及び3号機の水素爆発に屋外で遭遇。2012年4月まで原子炉の水位計の確認や燃料の給油など原発事故収束作業。事故後は139.12 mSv。20年間の累積被ばく線量は149.6 mSv。甲状腺切除施行。
- 40代男性 東電社員 2016年2月、白血病と診断 2017年12月13日労災認定。1994年4月東電入社 福島第一原発で原子炉の機器の保全業務を担当。2011年3月東日本大震災の際は、津波による被害の確認や爆発した1及び3号機への注水作業などに従事。事故後は約96 mSv。累積の被曝線量は約99 mSv。
- 50代男性 協力会社社員 2016年2月に肺がんと診断、後死亡 2018年8月31日労災認定。1980年から2015年9月のうち約28年3ヶ月間、複数の原発で放射線管理の業務。2011年3月除染作業をする現場の放射線量測定に従事。事故後は74mSv。累積被ばく線量は195mSv。
- 50代男性 協力会社社員 2017年6月に甲状腺がんと診断 2018年12月12日労災認定。1993年11月から2011年3月の約11年間、複数の原発で電気設備の保全などの業務。福島第一原発事故後の2011年3月に電源復旧工事などに従事。事故後は100mSv。累積被ばく線量は108mSv。

原爆被爆者における胎児の死産率及び奇形率

父母の原爆被爆状況	死産	奇形率
被爆無し	1.3%	0.92%
高線量被爆者	1.4%	0.7%

差無し

原爆被爆者の子供における安定型染色体異常

異常の起源	染色体異常を持った子供の数		
	対照群 7,976人	被曝群* 8,322人	*平均線量 0.80Gy
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)	
両親どちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)	
両親の検査ができなかった例	9 (0.11%)	7 (0.08%)	
合計	25 (0.31%)	18 (0.22%)	



被曝2世において

- 悪性腫瘍頻度
  - 死亡率
- など遺伝性影響は検出されず

ICRP pub 103

3.2.2 遺伝性影響のリスク

親の放射線被ばくがその子孫に過剰な遺伝性疾患をもたらすという直接的な証拠は引き続き存在しない  
 しかしながら、委員会は、放射線が実験動物に遺伝性影響を引き起こす有力な証拠が存在すると判断する

外表奇形を中心にした先天異常発症の割合は何人に一人でしょう？

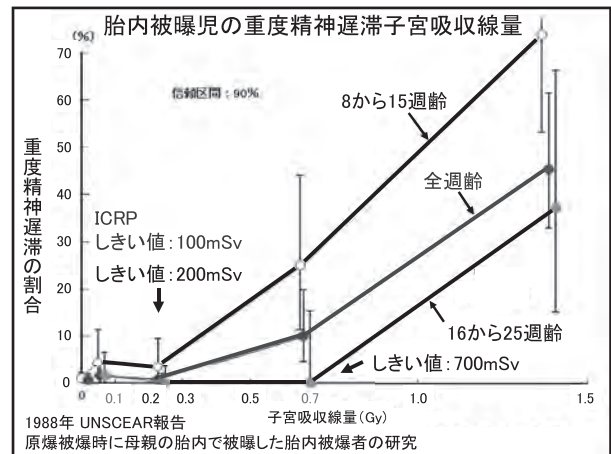
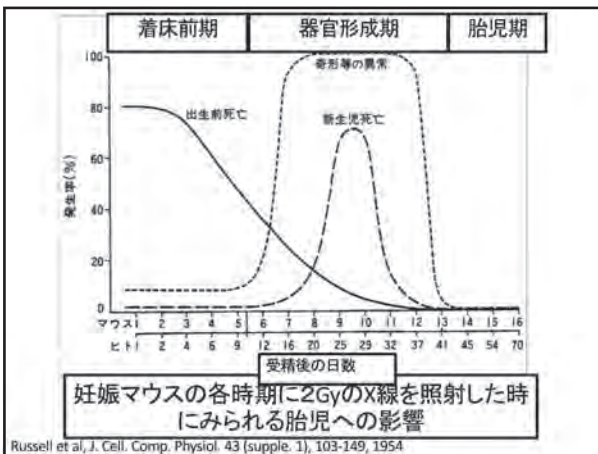
5万人 5千人 500人 **50人** 5人

自閉症、注意欠陥多動障害等の発達障害の割合は何人に一人でしょう？

16000人 1600人 160人 **16人** 6人

自然流産率 平均 15 %  
 35歳:20%  
 40歳:40%  
 42歳:50%

厚生労働省発表



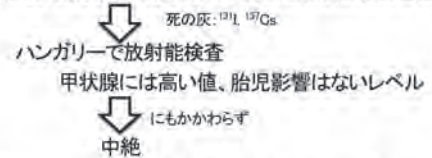
ヒトの疫学的研究およびマウスの実験的研究に基づいて得られたヒトの放射線障害推定線量

胎児週齢 (日)	最低致死線量 (mGy)	LD50 近似値 (mGy)	最低線量 (mGy)		
			永久発育遅滞	精神遅滞	重度奇形
1-5	100	<1000	生存者は影響なし		
18-36	250-500	1400	200-500	-	200
36-50	500	2000	250-500	-	500
50-150	>500	>1000	250-500	500	-
出産まで	>1000	母体と同じ	500	1000	-

放射線医学総合研究所資料より

1986年4月チェルノブイリ原発事故後の妊婦の例

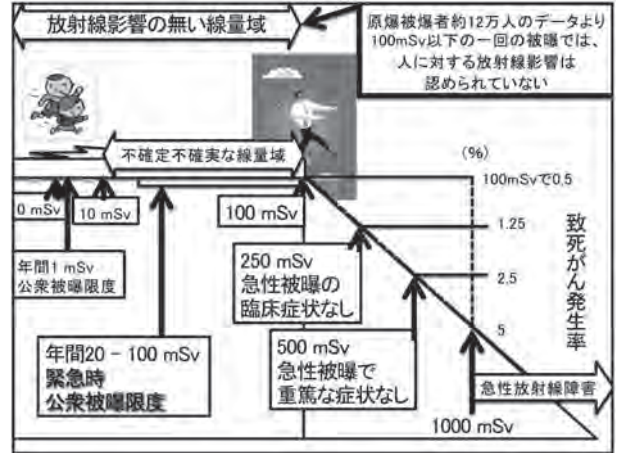
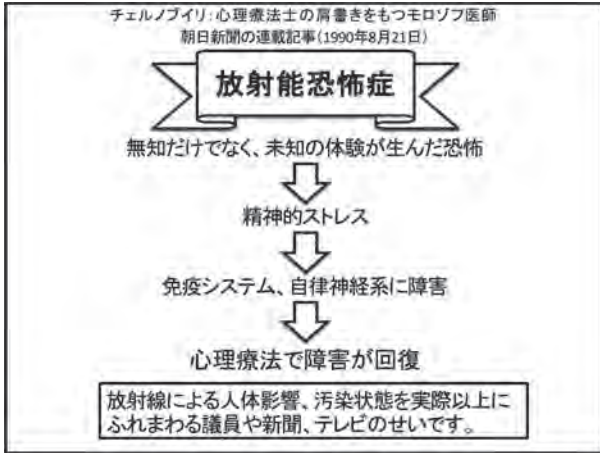
1. キエフ市民: 死の灰を浴びたので、ある妊婦は胎児影響を心配



2. ハンガリー: 1986年5-6月早産の割合が10.7%に増加  
 それ以外の月は平均9.75%  
 ハンガリーでのその時の被曝は0.1mSv/月  
母親の放射線に対する恐怖心が胎児に影響

3. ギリシャ: 墮胎例数千件、1986年の被曝量0.6mSv/年

4. 全欧州: 胎児の奇形を恐れて10万人以上の母親が墮胎した  
 0.001 - 2mSv/年



**放射線のリスクの程度**

健康阻害のリスク	余命損失日数の評価値 アメリカの平均(日)
喫煙20本/日	2,370 (6.5年)
体重過多(20%超過)	985 (2.7年)
全事故の合計	435 (1.2年)
自動車事故	200
飲酒	130
家庭内事故	95
溺死	41
自然放射線(計算値)	8
医療診断X線(計算値)	6
全天災(地震等)	3.5

日常の放射線よりも、タバコや肥満の方がもっとリスクが高い!

**放射線とがんのリスクについて**

がんの 相対リスク	生涯被曝線量 (mSv)	項目(全部位)
1.50~2.49	1000~2000	喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上/週)(1.6)
1.30~1.49	500~1000	大量飲酒(300~449g/週)(1.4) (参考:ビール500mlで20g 焼酎1.8Lで360g、日本酒1.8Lで216g)
1.10~1.29	200~500	肥満(BMI≥30)(1.22) やせ(BMI<19)(1.29) 運動不足(1.15~1.19) 高塩分食品(1.11~1.15)
1.01~1.09	100~200	野菜不足(1.06) 受動喫煙<非喫煙女性>(1.02~1.03)
検出不可	100未満	

出典「わかりやすい放射線とがんのリスク」(国立がん研究センター)

## モニタリングとリスクアセスメント

(放射線量を読み解き人体への健康影響を理解する)

---


長崎大学原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野  
松田 尚樹

### 放射線被ばくのカテゴリー


計画被ばく	緊急被ばく	現存被ばく
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 線源を意図的に導入し運用する状況</li> <li>・ 職業被ばく</li> <li>・ 医療被ばく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故等により緊急の対策を必要とする状況</li> <li>・ 原子力・放射線災害</li> <li>・ 医療事故</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 管理について決定をする時点で既に被ばくが存在している状況</li> <li>・ 高自然放射線地域 (人為的に高められた場所を含む)</li> <li>・ 事故による放射能汚染地域</li> </ul>

### 被ばくの経路

外部被ばく (External exposure)	内部被ばく (Internal exposure)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">放射線発生装置からの被ばく (radiation generators)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">放射性物質からの被ばく (radioactive materials) (radioisotopes)</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">放射性物質の吸入 (inhalation)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">放射性物質の経口摂取 (ingestion)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">放射性物質の皮膚吸収 (percutaneous absorption)</div>



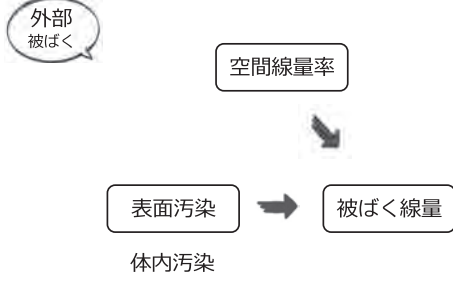
### 放射線被ばくによる健康リスクアセスメント



放射線の測定      被ばく線量評価      健康リスク推定

## 放射線の測定

にも、いろいろあります

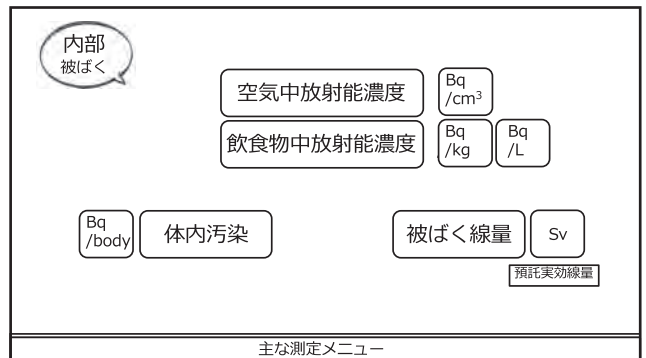
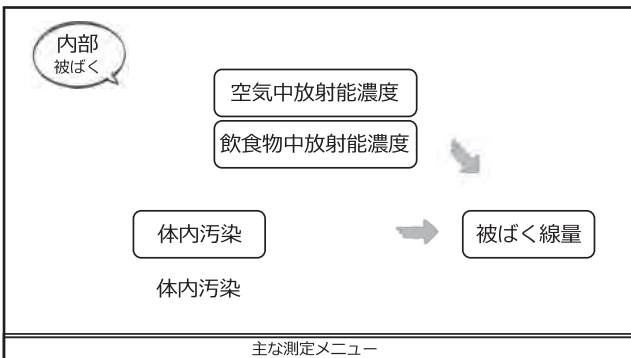
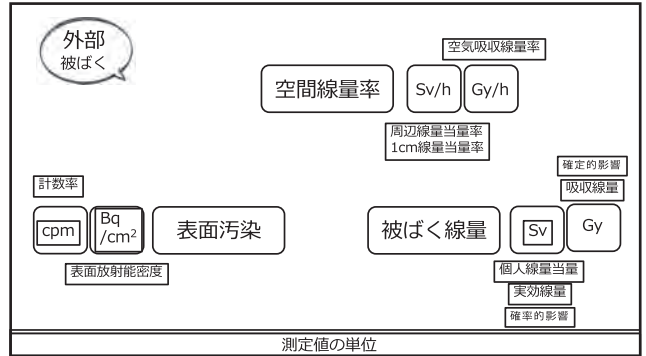
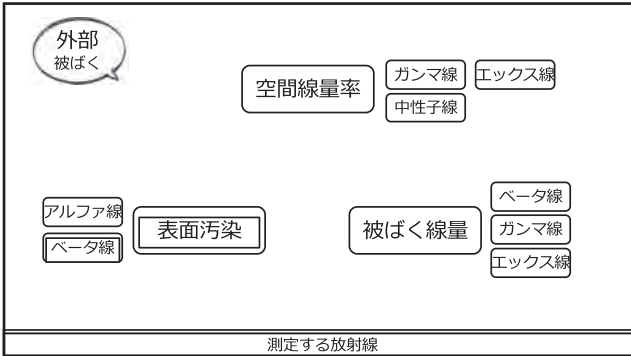


外部被ばく → 空間線量率 → 被ばく線量

表面汚染 → 被ばく線量

体内汚染 → 被ばく線量

主な測定メニュー



被ばく線量評価

を、やってみましょう

- 本日の例題
- ① 体外汚染患者のケアに伴う外部被ばくによる健康リスク
  - ② 頭皮の汚染による将来の脱毛のリスクと洗髪を行なわなければならない時間リミット
  - ③ ホールボディカウンタで体内放射能が検出された場合の健康リスク
  - ④ 尿から放射能が検出された場合の健康リスク

体外汚染患者のケアに伴う外部被ばくによる健康リスク

- 搬送された患者の体表面からGMサーベイで100,000cpmの放射線が検出された。
- 汚染部位は10cm x 10cm程度であった。
- 汚染核種は<sup>137</sup>Csであった。
- GMサーベイによる1,000cpm = 4Bq/cm<sup>2</sup>とする。
- この患者から25cmの距離で3時間連続して処置を行った場合の外部被ばくによる健康リスクは？

考え方

- 汚染部位の放射能 (Bq) を算出する
- 汚染部位の放射能[MBq]から1mの位置における実効線量率[μSv/h]を算出する  
実効線量率定数 (Cs-137) 0.0779 [(μSv・m<sup>2</sup>/MBq・h)]
- 汚染部位から25cmの距離の実効線量率に換算する
- 3時間の積算実効線量を求める

計算結果

- 汚染部位の放射能  
100,000cpm = 400Bq/cm<sup>2</sup>  
400[Bq/cm<sup>2</sup>] x 10[cm] x 10[cm] = 40 [kBq] = 0.04[MBq]
- 1mの位置における実効線量率  
0.0779[(μSv・m<sup>2</sup>/MBq・h)] x 0.04[MBq] = 0.0312[μSv/h]

計算結果

- 25cmの位置における実効線量率  
0.0312[μSv/h] x 4 = 0.125[μSv/h]
- 3時間の積算実効線量  
0.125[μSv/h] x 3 = **0.374[μSv]**

リスクアセスメント

- 3時間処置を行って実効線量が約0.04μSv
  - いかなる確定的影響のしきい線量も超えない。
  - 年間の自然放射線による被ばく線量を大きく下回り、確率的影響を考えるレベルではない。
  - 一般公衆の年間実効線量限度 (1mSv) を超えない。
- 健康リスクは考えなくて良い。

解説

- 100,000cpmはGMサーベイが測定できる上限値。
- 福島原発事故後は住民の緊急被ばくスクリーニングの基準として一時的に用いられた。
- IAEAの「放射線緊急事態の初期対応者へのマニュアル」によれば、10cm離れた場合は1μSv/h。
- 産業技術総合研究所の「表面汚染の検査に多く用いられる大面積端窓型GM計数管の表示値と表面汚染密度の関係」によれば、5cm離れた場合は3.3μSv/h。

解説

- 住民の除染の基準である13,000cpm (OIL-4) は、I-131による小児の甲状腺線量が100mSvに達する場合の空气中放射能濃度から推定された体表汚染量で、術者の外部被ばくの基準ではない。
- 以下の被ばく線量も同様の考え方で評価できる。
  - ホットスポットなど線源が限局している場所での外部被ばく
  - I-131を服用した直後の患者から受ける外部被ばく

頭皮の汚染による脱毛のリスクと除染のタイムリミット

- 原子力発電所事故後の放射性物質のフォールアウトを含む雨で頭髪が濡れてしまった。
- GMサーベイメータでは頭部に10,000cpmの汚染が検出された。
- 原子炉から放出された放射性核種の割合は次のように推定されている。

I-131	80%
Cs-134	10%
Cs-137	10%

- 脱毛のリスクはどの程度か？  
いつまでに洗髪をしなければならないか？

考え方

- GMサーベイによる計測値[cpm]から頭表面の放射能濃度[Bq/cm<sup>2</sup>]を算出する。  
1,000cpm = 4Bq/cm<sup>2</sup>
- 頭表面の放射能濃度から頭皮の吸収線量率[nGy/h]を推定する。
 

I-131	1.319 [(nGy/h)/(Bq/cm <sup>2</sup> )]
Cs-134	1.000
Cs-137	1.432
- 何日後に頭皮の吸収線量が脱毛のしきい線量を超えるか判断する。  
しきい線量 4Gy

計算結果 (1)

- 頭表面の放射能濃度[Bq/cm<sup>2</sup>]  
10,000cpm = 40Bq/cm<sup>2</sup>

I-131	40 x 0.8 = 32
Cs-134	40 x 0.1 = 4
Cs-137	40 x 0.1 = 4
- 頭皮の吸収線量率[nGy/h]
 

I-131	32 x 1.319 = 42.2
Cs-134	4 x 1.000 = 4.0
Cs-137	4 x 1.432 = 5.7

計算結果 (2)

- 頭皮の吸収線量率[nGy/h]
 

合算	51.9 nGy/h
	1.3 μGy/日
	0.45mGy/年

リスクアセスメント

- 1日で頭皮の吸収線量が1.3μGy
  - 脱毛のしきい線量をはるかに超えない。
  - 1週間放置してもしきい線量は超えない。
  - 直ちに洗髪をする必要はない。日常生活通りで差し支えない。

解説

- 汚染による体表面の被ばく線量は、皮膚吸収線量を用いる。
- 体表汚染による被ばくは、特にSr-90用の高エネルギーのベータ線を放出する核種の場合、重要となる。I-131、Cs-134、Cs-137ともにベータ線とガンマ線を放出するが、ベータ線エネルギーは高くないため、本演習では低い値となった。
- GMサーベーターの最大読み値となる100,000cpmであっても、今回の3核種では皮膚吸収線量を懸念する必要はない。
- しかし汚染の拡大を防止すること、内部被ばくを防止すること、不要な被ばくを避けることのため、除染を行うべきである。

ホールボディカウンタによる健康リスク評価

- ホールボディカウンタ検査で体内放射能が検出された。
 

Cs-134	200,000Bq/body
Cs-137	200,000Bq/body
- 汚染した野菜を1週間前に食べたようだ。
- 内部被ばく線量は？

考え方 (1)

- 摂取1週間後の体内残留率を用いて、摂取時の放射能を逆算する。

Cs-134	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
1日後	0.977	0.972	0.975	0.976	0.976	0.979
1週間後	0.752	0.707	0.745	0.773	0.836	0.863
1ヵ月後	0.272	0.203	0.317	0.459	0.674	0.721
1年後	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.041	0.064

Cs-137	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
1日後	0.977	0.973	0.976	0.977	0.977	0.980
1週間後	0.756	0.711	0.749	0.778	0.841	0.869
1ヵ月後	0.279	0.208	0.325	0.470	0.692	0.740
1年後	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.056	0.088

考え方 (2)

- 経口摂取の内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq) を用いて 預託実効線量を計算する。

Cs-134	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
預託実効線量係数	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-8}$	$1.9 \times 10^{-8}$	$1.9 \times 10^{-8}$

Cs-137	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
預託実効線量係数	$2.1 \times 10^{-8}$	$1.2 \times 10^{-8}$	$9.7 \times 10^{-9}$	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-8}$

計算結果

- 成人の場合

摂取した放射能 (Cs-137) =  $200,000[\text{Bq}] / 0.869 = 230,150 \text{ Bq}$

核種	測定値 (Bq/body)	1週間後の体内残留率	摂取した放射能 (Bq)	預託実効線量係数 (Sv/Bq)	預託実効線量 (mSv)
Cs-134	200,000	0.863	231,750	$1.9 \times 10^{-8}$	4.4
Cs-137	200,000	0.869	230,150	$1.4 \times 10^{-8}$	3.2

リスクアセスメント

- 預託実効線量がCs-134、Cs-137合算で7.6mSv

- 一般公衆の実効線量限度 (1mSv/年) を超える。
- いかなる確定的影響のしきい線量も超えない。
- 発がんリスクの有意な上昇が見られる線量域ではない。
- 不要な被ばくを避ける観点から、残った野菜の摂取は避けるべき。
- 体外に排泄されていることを確認する意味で、一定期間後に再検査をしても良い。
- 乳幼児の場合も大きくは変わらない。

解説

- ホールボディカウンタで検出された体内放射能は、検査日における値であり、放射性核種の半減期と体外への排泄によって、摂取時よりも減少している。
- そのため、年齢別、各種別に示されている日本人の体内残留率により摂取量を逆算する必要がある。摂取日と検査日の間隔が短い方がより正確な値が得られる。
- 体内残留率は放射線医学総合研究所から「内部被ばく線量算定支援グラフデータベース」として公開されている。  
http://www.nirs.qst.go.jp/rd/db/index.html
- 継続摂取していた場合には、継続開始日に総量を摂取したと仮定すれば保守的な値が得られる。

尿のバイオアッセイによる健康リスク評価

- 尿から放射能が検出された。  
Cs-134 100Bq/L  
Cs-137 100Bq/L
- 汚染した野菜を1週間前に食べたようだ。
- 1日当たりの尿量は1.5Lとする。
- 内部被ばく線量は？

考え方 (1)

- 摂取1週間後の尿への排泄率を用いて、摂取時の体内の放射能を推定する。

Cs-134	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
1日後	$1.84 \times 10^{-2}$	$2.26 \times 10^{-2}$	$1.99 \times 10^{-2}$	$1.90 \times 10^{-2}$	$1.87 \times 10^{-2}$	$1.58 \times 10^{-2}$
1週間後	$2.62 \times 10^{-2}$	$3.04 \times 10^{-2}$	$2.57 \times 10^{-2}$	$2.08 \times 10^{-2}$	$9.77 \times 10^{-3}$	$7.73 \times 10^{-3}$
1ヵ月後	$9.49 \times 10^{-3}$	$8.74 \times 10^{-3}$	$7.90 \times 10^{-3}$	$5.86 \times 10^{-3}$	$4.02 \times 10^{-3}$	$3.64 \times 10^{-3}$
1年後	$4.76 \times 10^{-3}$	$1.54 \times 10^{-3}$	$2.19 \times 10^{-3}$	$4.83 \times 10^{-3}$	$3.33 \times 10^{-3}$	$4.42 \times 10^{-3}$

Cs-137	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
1日後	$1.84 \times 10^{-2}$	$2.26 \times 10^{-2}$	$1.99 \times 10^{-2}$	$1.90 \times 10^{-2}$	$1.87 \times 10^{-2}$	$1.58 \times 10^{-2}$
1週間後	$2.64 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-2}$	$2.59 \times 10^{-2}$	$2.09 \times 10^{-2}$	$9.83 \times 10^{-3}$	$7.78 \times 10^{-3}$
1ヵ月後	$9.74 \times 10^{-3}$	$8.97 \times 10^{-3}$	$8.11 \times 10^{-3}$	$6.01 \times 10^{-3}$	$4.13 \times 10^{-3}$	$3.73 \times 10^{-3}$
1年後	$4.76 \times 10^{-3}$	$1.54 \times 10^{-3}$	$2.19 \times 10^{-3}$	$4.83 \times 10^{-3}$	$3.33 \times 10^{-3}$	$4.42 \times 10^{-3}$

考え方 (2)

- 経口摂取の内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq) を用いて 預託実効線量を計算する。

Cs-134	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
預託実効線量係数	$2.6 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-8}$	$1.9 \times 10^{-8}$	$1.9 \times 10^{-8}$

Cs-137	3ヶ月	1歳	5歳	10歳	15歳	成人
預託実効線量係数	$2.1 \times 10^{-8}$	$1.2 \times 10^{-8}$	$9.7 \times 10^{-9}$	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-8}$

計算結果

- 成人の場合

摂取時の体内放射能 (Cs-137) =  $100[\text{Bq}] \times 1.5 / (7.78 \times 10^{-3}) = 19,280\text{Bq}$

核種	測定値 (Bq/L)	1日の尿に含まれる放射能 (Bq)	摂取1週間後の尿への排泄率	摂取時の体内放射能 (Bq/body)	預託実効線量係数 (Sv/Bq)	預託実効線量 (mSv)
Cs-134	100	150	$7.73 \times 10^{-3}$	19,400	$1.9 \times 10^{-8}$	0.37
Cs-137	100	150	$7.78 \times 10^{-3}$	19,280	$1.4 \times 10^{-8}$	0.27

リスクアセスメント

- 預託実効線量がCs-134、Cs-137合算で0.64mSv
- 一般公衆の実効線量限度 (1mSv/年) を超えない。
- 特に生活様式を変える必要はないが、不要な被ばくを避ける観点から、流通している飲食物を摂るようにする。
- 一定期間検査後にも検出される場合には、汚染飲食物の継続摂取を疑う。
- 乳幼児の場合にも大きくは変わらない。



解説

- 尿のバイオアッセイは、ホールボディカウンタによる測定よりも比較的簡便かつ多検体に対応できることから、初期のスクリーニングには有効な手段である。
- 汚染飲食物の摂取日と、尿サンプル採取日の間隔が短い方が、より正確な値が得られる。
- 尿への排泄率は、放射線医学総合研究所から「内部被ばく線量算定支援グラフデータベース」として公開されている。  
http://www.nirs.qst.go.jp/rd/db/index.html
- 継続摂取していた場合には、継続開始日に総量を摂取したと仮定すれば保守的な値が得られる。

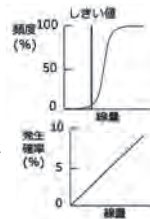
健康リスク推定

にも、いろいろあります

確定的影響と確率的影響

□ 確定的影響

- しきい値を越えて被ばくした場合に現れる



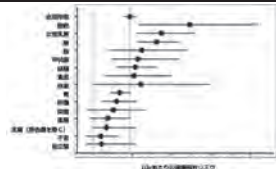
□ 確率的影響

- しきい値が存在せず、線量の増加とともに影響の発生確率が増加する
- がん
- 遺伝的影響

確定的影響のしきい値

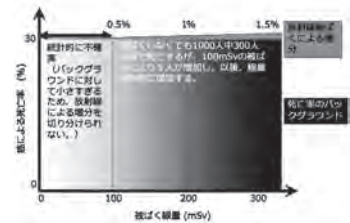
組織	症状	しきい値 (Gy)
骨髄	白血球減少	0.5
	赤血球・血小板減少	2 - 6
不妊	男性	3.5 - 6
	女性	2.5 - 7
眼	白内障	5
	胎児	奇形
皮膚	紅斑	2
	脱毛・充血・腫脹	3 - 19
	潰瘍・壊死	> 30

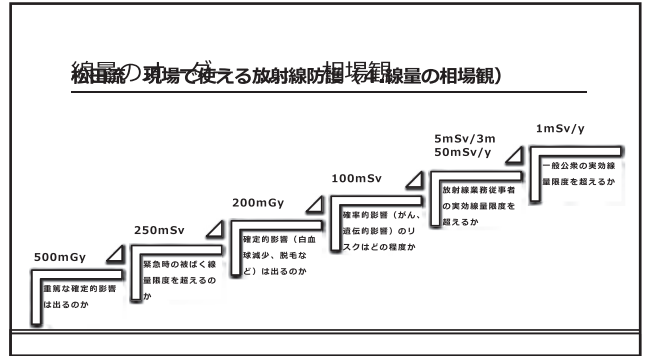
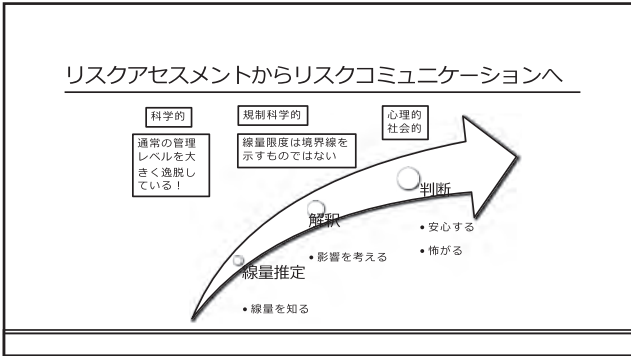
確率的影響 - 原爆被爆者の発がんリスク



原爆被爆者調査 (男女平均) の人が、70歳に達した時の1 Gy当たりの相対癌発生率が、線量とほぼ比例して増えることが示されています。相対リスクは線量に比例し、1 Gyあたり相対癌発生率が2.0倍を示します。  
(Preston DL et al., Radiat Res 136, 1-64, 2002より引用)

確率的影響 - 低線量の影響







## 原子力災害医療と 福島事故後の放射線影響

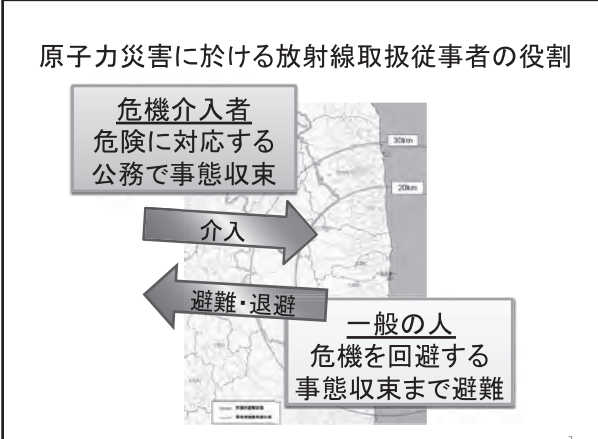
長谷川 有史  
福島県立医科大学 放射線災害医療学講座  
放射線災害医療センター、救急医療学講座、救命救急センター

ふくしまから  
はじめよう。



FUKUSHIMA  
MEDICAL  
UNIVERSITY

### 原子力災害に於ける放射線取扱従事者の役割



**危機介入者**  
危険に対応する  
公務で事態収束

**一般の人**  
危機を回避する  
事態収束まで避難

介入 ← → 避難・退避

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU 2

## 内容

- 福島事故の放射線影響
  - 放射線による直接の健康影響
    - 作業員
    - 公衆
  - 放射線の直接影響では説明できない健康影響
    - 作業員
    - 公衆
- 原子力災害における医療と放射線
- 原子力災害における専門家の役割とは

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU 3

## 問.

「原子力災害」について正しい記載はどれか

- 1. 原子力緊急事態により国民の生命、身体又は財産に被害を生ずる災害
- 2. 原子力緊急事態とは放射性物質が異常な水準で原子力事業所外へ放出される事である
- 3. 原子力緊急事態とは放射線が異常な水準で当該原子力事業者の原子力事業所外へ放出される事である

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU 4

## 原子力災害とは

**原子力災害**

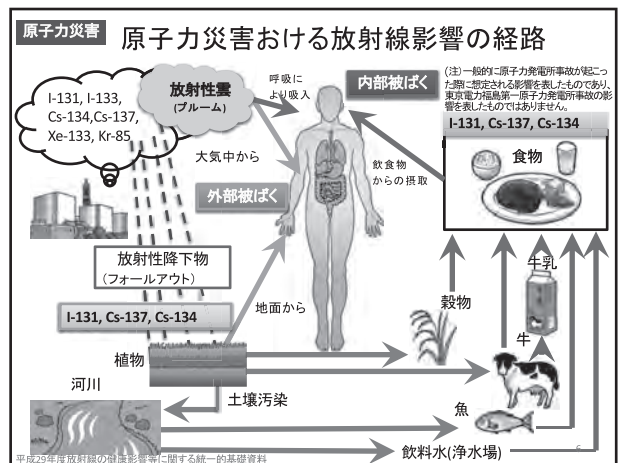
- 原子力緊急事態により国民の生命、身体又は財産に生ずる被害

**原子力緊急事態**

- 原子力事業者の原子炉の運転等により放射性物質又は放射線が異常な水準で当該原子力事業者の原子力事業所外へ放出された事象

(原子力災害対策特別措置法)

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU



問.

「原子力災害」における放射線の特徴について正しい記載はどれか

- 1. 放射線に被ばくした部位は温かく感じる
- 2. 放射性物質は特有の光を放つ
- 3. 放射性物質の存在部位は検出器で同定できる

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

7

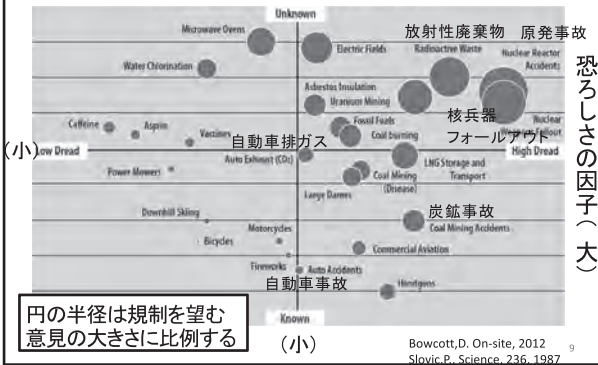
原子力災害の特徴

- 放射線は五感では感知できない
  - 専門的な未知の用語や知識が一部求められる
  - 遅発性・晩発性障害の可能性が存在する
  - 精神的不安が強く関連する
  - 発生要因に人的因子が関与する
  - 社会的関心が高い
- しかし
- 検知、線量推計、放射線から受ける影響の推計が可能である

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

8

個別の事象が恐ろしさを感じるか、未知かどうか  
未知の因子(大)



問.

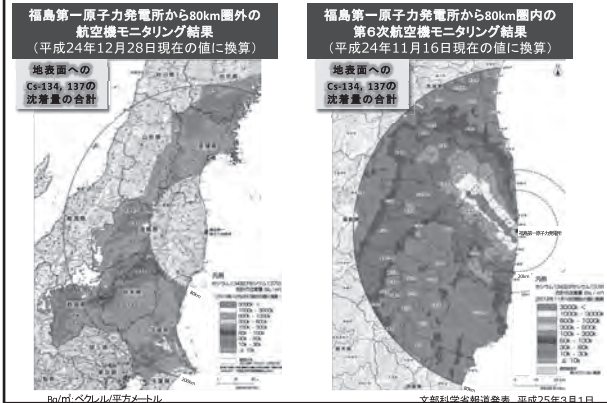
「汚染」について正しい記載はどれか

- 1. 元々存在しない物質が新たに付着することである
- 2. 汚染した部分に何の影響や変化がなくても汚染と表現することがある
- 3. 汚染したからといって、必ずしも影響が出るとは限らない

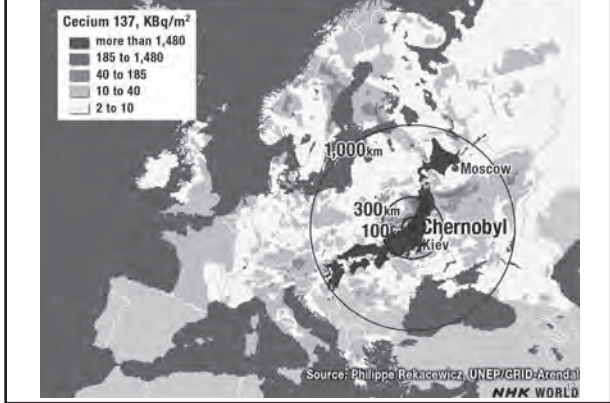
©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

10

放射線セシウム137の土壌沈着状況



チェルノブイリ事故との比較



### 問.

「原子力災害医療」において配慮が必要な社会集団はどれか

- 1. 原子力事業所等の緊急作業員
- 2. 介護保健福祉施設の入居者
- 3. 一般公衆・住民

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 13

### 原子力災害医療の対象と内容

概念	対象	状況	活動
医療	原発作業員	被ばく・汚染を伴うあらゆる疾病・労災リスク 少人数	放射線災害医療 緊急被ばく医療
	危機介入者 (消防・警察・自衛隊)	上記に準ずる	放射線影響検診(急性期離脱後) 医療搬送(緊急時)
福祉	要支援者・災害弱者 (保健福祉施設・在宅医療)	避難・移動による生命のリスク 健康のリスク	病院避難(緊急時) 上記対策立案(復興期)
	住民 学生	・情報過多 ・低線量慢性被ばく(小児・妊婦) ・精神心理影響 ・二次健康影響 ・大多数	・クライシスコミュニケーション ・リスクコミュニケーション ・(情報提供と共考) ・心のケア対策 ・生活不活発病対策 ・生活習慣病対策 ・教育・啓発 (セミナー・実習・講演ほか)
保健			


©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 14

### 原子力災害医療における防護対象と特徴

**作業員・危機対応者**

- 今処置が必要な傷病
- 医療(救命処置)
- 被ばく・汚染
- 確定的影響

放射性物質が付着した、放射線により被ばくした、今治療が必要なあらゆる怪我や病気




©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 15


### 原子力災害医療における防護対象と特徴

多くはたった今治療が必要な傷病を負っていない。  
しかし将来の疾患への配慮が必要

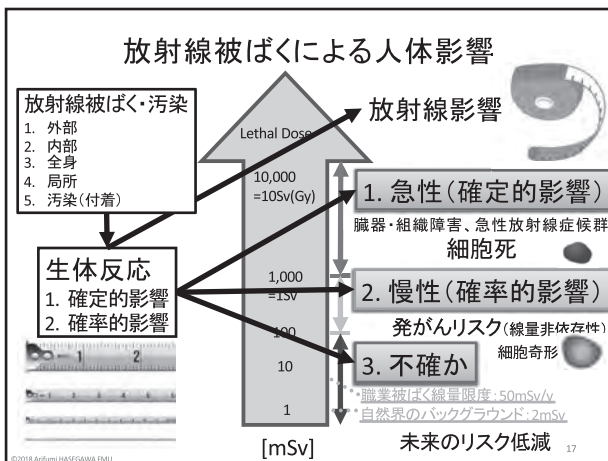
**一般公衆・住民**

- 未来の疾病に対する配慮
- 保健+福祉(検診+予防)
- 被ばく・汚染
- 確率的影響





©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 16



### 問.

福島事故後の作業員の健康影響について適切な記載はどれか?

- 1. 急性放射線健康影響や死亡は認めなかった。
- 2. 安定ヨウ素剤摂取が原因の甲状腺機能低下を認めた。
- 3. 重篤な心理的影響を認めた

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 18

### 甲状腺に関する基礎的情報 甲状腺について

**甲状腺ホルモンの働き**

- 甲状腺は首の下部中央(のどぼとけの下)にある。
- 食物などに含まれる「ヨウ素」を取り込んで、甲状腺ホルモンを作り、血液の中に分泌。

甲状腺 (重さ10~20g程度) のどぼとけ

脳神経の作用を活性にする 熱を産生したり汗をかかせる

心臓を早く強く動かす 筋肉を活発に動かす

胃や腸を活発に動かす 骨の成長を促進する

平成29年度放射線の健康影響等に関する統一的基础資料 19

### 作業員に観察された健康影響

- 急性放射線健康影響や死亡はなかった。
- 2週以上、あるいは20錠を超えて安定ヨウ素剤を摂取した約230名中、甲状腺機能の低下8名確認。
  - 3名は一過性の変化。男性の甲状腺低下症の有病率と同等なので、他の4名(5名?)が安定ヨウ素剤摂取によるとは考えられない。
- 重篤な心理的影響あり

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

### 作業員の受ける重篤な心理的影響

福島第一の作業員 福島第二の作業員

Table 1. Participant Characteristics, General Psychological Distress (GPD), and Posttraumatic Stress Response (PTSR)

比較項目	Total (N = 1456)		Fukushima First (n = 585)		Fukushima Second (n = 871)		p Value
	No.	% (95% CI)	No.	% (95% CI)	No.	% (95% CI)	
Age, y							
<20	755	52.0	429	73.2	326	37.5	<.001
20-29	141	9.7	446	76.1	257	29.5	<.001
≥30	155	10.6	110	18.9	45	5.1	<.001
Male sex <sup>a</sup>	1412	96.4	653.5	112.5	659	75.8	<.001
Supervisory work status	153	10.5	71	12.1	82	9.4	.001
Preexisting illness <sup>b</sup>	217	14.9	135	23.1	82	9.4	<.001
Diagnosed asthma <sup>c</sup>	191	13.1	124	21.2	67	7.7	<.001
Heart-disease experience <sup>d</sup>	623	42.8	478	81.7	145	16.5	<.001
Trauma exposure <sup>e</sup>	155	10.6	87	14.9	68	7.8	<.001
Witnessing of plant explosion <sup>f</sup>	396	27.2	318	54.2	78	9.0	<.001
Family member deaths	87	5.9	53	9.0	34	3.9	<.001
Disruptive deaths <sup>g</sup>	295	20.2	173	29.6	122	14.0	<.001
Major property loss <sup>h</sup>	433	29.7	385	65.8	148	17.0	<.001
High unemployment <sup>i</sup>	326	22.4	177	30.3	149	17.1	<.001
High PTSD, K6-R <sup>j</sup>	305	20.9	143	24.4	162	18.6	<.001
High PTSD, K6-R <sup>k</sup>	378	25.9	201	34.4	177	20.2	<.001

46.6% 29.5% 群間差

JAMA 308, 668-9, 2012

### 作業員の線量分布

平均約12mSv

100mSv以上 0.2%

CUMULATIVE DOSE (mSv)

PERCENTAGE OF WORKERS IN EACH DOSE BAND

UNSCAR Report 2013 ANNEX A, Figure VIII

### 作業員の被ばく線量分布

内部・外部被ばくの合算(2011年3月-2013年8月)

合計29,332の作業員が緊急作業に従事  
\*Max: 678.08mSv (ext. 88.08mSv, int. 590mSv)

急性放射線症候群は発生していない

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

### 問.

250mSv(緊急時の線量限度)を超えた作業員の被ばくについて適切な記載はどれか?

- 1. 急性放射線健康影響や死亡は認めなかった。
- 2. 初期の放射性ヨウ素吸入による内部被ばくが主因であった
- 3. 中央制御室の作業中の被ばくが主因であった

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

### 250mSv(緊急時の線量限度)を超えた作業員

c. 緊急時の線量限度である250mSvを超えた作業員について  
 平成23(2011)年3月11日から5月23日まで、福島第一原発3、4号機の中央制御室で勤務をしていた東電従業員(30歳代)は、中央制御室でのデータ採取、プラント内の機器操作、屋外やタービン建屋や原子炉建屋内で作業に従事しており、積算970.36mSv<sup>2011</sup>の放射線を浴びた。また、同年3月11日から5月30日までの間、福島第一原発3、4号機の中央制御室で勤務をしていた東電従業員(40歳代)も同様の作業をしており、積算639.73mSv<sup>2011</sup>の放射線を浴びている。

<sup>2011</sup> 30歳代の東電従業員の線量の内訳は外部被ばくが50.06mSv、内部被ばくが590mSv  
<sup>2011</sup> 40歳代の東電従業員の線量の内訳は外部被ばくが99.73mSv、内部被ばくが540mSv

彼らの被ばくは  
 初期の放射性ヨウ素吸入による  
 内部被ばくが主因

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

### 問.

250mSv(緊急時の線量限度)を超えた作業員の放射線影響について適切な記載はどれか？

- 1. 甲状腺機能低下症による健康影響の可能性が高い。
- 2. 放射線被曝による心血管疾患のリスクは非常に高い。
- 3. 白内障のリスクはデータが無く判断出来ない

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

26

### 国際機関による福島事故の評価

	WHO		UNSCEAR	
目的	事故後1年間の住民被ばく健康リスク見積り(保守的評価)		既存情報の集約と評価 科学的知見提供(現実的評価)	
不確かさ	大(評価の迅速性を優先) ~2011年9月迄のデータ		WHO比で小 ~2012年9月迄のデータだがやはり不確かさは残る	
事故後1年間の実効線量推計[mSv]		成人	1歳乳児	
	福島県	1-50	1-50	予防的避難区域 1.1-5.7 1.6-9.3 計画的避難区域 4.8-9.3 7.1-13 避難区域外の福島県 1.0-4.3 2.0-7.5
	福島隣県	0.1-10	0.1-10	近隣県 0.2-1.4 0.3-2.5
	他都道府県	0.1-1	0.1-1	他都道府県 0.1-0.3 0.2-0.4
結論	今回事故の放射線による、疾患の増加が確認される可能性は小。福島県のいくつかの地域以外、日本近隣諸国ではリスク増加は無視できる水準。		事故により日本人が生涯に受ける被ばく線量は少なく、その結果として今後日本人について放射線による健康影響が確認される可能性は小さい。	

改定 平成29年度放射線の健康影響等に関する統一的基本資料

### 推定されている作業員の影響リスク

- <sup>131</sup>Iによる甲状腺内部被ばく(2~12Gy) 12名:  
 甲状腺機能低下症の可能性は排除できないが、かかる影響の可能性は低い。  
 (マーシャル諸島 成人で前臨床的甲状腺機能低下症が観察された線量は1.35~3.35Gy (Larsen PR, JAMA 1982, 247: 1571))
- 被ばく線量の最も高い作業員の放射線被曝による心血管疾患のリスクは非常に低い。  
 (しきい値0.5Gy以上 (UNSCEAR 2006, ANNEX B))
- 白内障リスク: 水晶体のベータ線被ばくに関するデータがないため、判断できない。  
 (しきい値0.6 Gy 以下 (Little MP, Radiat Environ Biophys 2013; 54: 435))

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

### 問.

作業員の放射線によるがんリスクについて適切な記載はどれか？

- 1. 大多数の作業員の線量は、疫学的な研究で、がんリスクが上昇すると実証されている線量を上回っている。
- 2. 実効線量が100mSvを上回った、あるいは甲状腺吸収線量が100mGyを超えた作業員でもがん発生率の上昇が疫学調査で識別できるようになるとは予測できない。
- 3. がんリスクへの配慮は不要である

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

29

### 推定されている作業員の影響リスク

一般のがん

- 大多数の作業員の線量は、疫学的な研究で、がんリスクが上昇すると実証されている線量を下回る。
- 実効線量が100mSvを上回った170名、甲状腺吸収線量が100mGyを超えた約2,000名の作業員、これらの作業員で放射線によるがん発生率の上昇が疫学調査で識別できるようになるとは予測されない。

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

問.

40歳台の固形がん発症リスクは通常約41%である。甲状腺線量が1Gy、骨髄線量が100mGy以上の作業員の放射線によるがんリスク増加率をWHOが課題に推計した結果は？

- 1. +約1%
- 2. +約5%
- 3. +約10%

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

31

作業員の4つの状況別に過大推定

- Scenario 1:  
全ての組織に極少量被ばく  
(骨髄、大腸、甲状腺線量: 5 mGy)
- Scenario 2:  
甲状腺中等量、他は低線量の被ばく  
(骨髄、大腸: 24 mGy、甲状腺: 5140mGy)
- Scenario 3:  
中等量の被ばく  
(骨髄、大腸、甲状腺線量: 200 mGy)
- Scenario 4:  
甲状腺に高線量、他組織は低~中等量被ばくを受けた12人  
(骨髄、大腸: 100 mGy;甲状腺線量: 11,800 mGy)

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

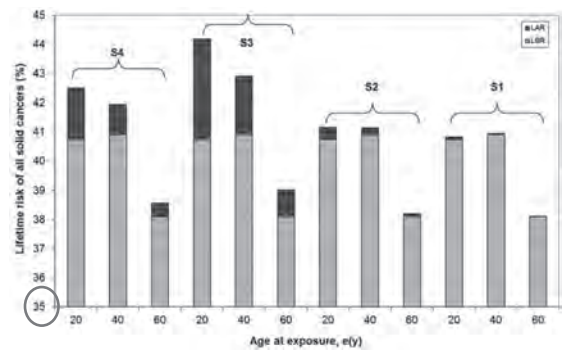
用語説明

生涯の総がんリスク = +

- 生涯寄与リスク: lifetime attributable risk (LAR)
  - 白血病および乳がんを除く固形がんに関しては、ERRモデルとAERモデルで推計される生涯過剰罹患率の平均 (WHOのhybrid model)
  - 乳がんはAERモデルで推計される生涯過剰罹患率を使用
- +
- 生涯バックグラウンドリスク: life time background risk (LBR)
  - 曝露のない条件下での固形がんや白血病の生涯罹患率

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

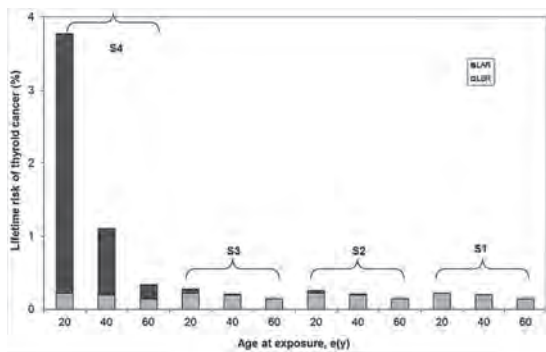
WHOが過大評価した固形がんに対するリスク(作業員)



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

International Journal of Radiation Biology 2014, 90, 1088-1094

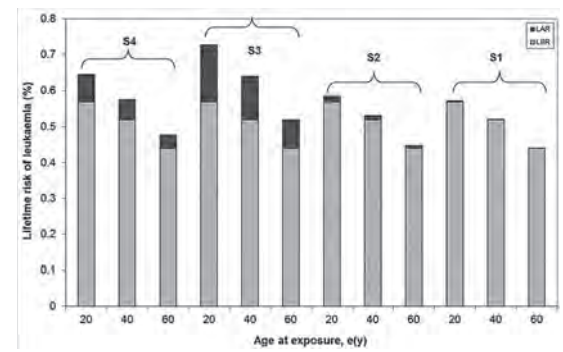
WHOが過大評価した甲状腺がんに対するリスク(作業員)



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

International Journal of Radiation Biology 2014, 90, 1088-1094

WHOが過大評価した白血病に対するリスク(作業員)



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

International Journal of Radiation Biology 2014, 90, 1088-1094



問.

福島事故後の公衆の被ばく線量について適切な記載はどれか？

- 1. 福島事故による被ばくによって、がん発生率（白血病、乳がんなど）に識別可能な上昇は予測されない。
- 2. 先天性異常/遺伝的影響はみられない。
- 3. 最も重要な健康影響は、認知されたリスクに対する恐怖や汚名に関連した精神面および社会的安寧に関するものである。

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

37

公衆の健康影響についての評価

UNSCEAR2013年報告書

- 事故による放射線被曝によって、がん発生率（白血病、乳がんなど）に識別可能な上昇は予測されない。
- 推定された甲状腺線量の範囲上限に近い場合は、十分大きな集団では、個人のリスクが上昇により放射線被曝による甲状腺がんの発生率が識別できるほど上昇する可能性が示唆される。
- 線量分布に関する情報が不十分なため、本委員会は識別可能な程度に小児甲状腺がんの発生率が上昇する可能性があるかどうか、確固たる結論を導くことはできない。



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

公衆の健康影響についての評価  
UNSCEAR2013年報告書

- 先天性異常/遺伝的影響はみられない。
- 最も重要な健康影響は、地震や津波や核事故の基大な影響、および放射線被曝により生ずると認知されたリスクに対する恐怖や汚名に関連した精神面および社会的安寧に関するものである。



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

WHO福島原発事故リスク評価値 (Table E1)

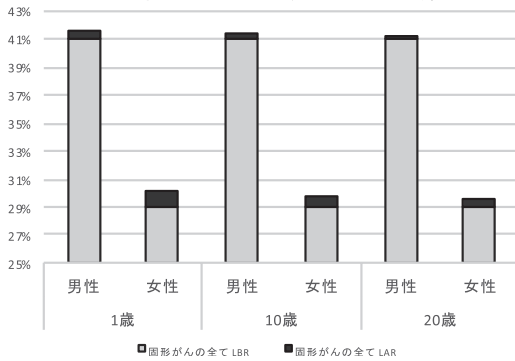
結腸・骨髄・乳房線量 : 20mGy

甲状腺吸収量 1歳で約100mGy、10歳で約75mGy、20歳で約50mGy

被曝時年齢	性	リスク量	固形がんの全て	白血病	乳がん	甲状腺がん
1歳	男性	LAR	0.60%	0.03%	-	0.10%
		LBR	41%	0.60%	-	0.21%
	女性	LAR	1.20%	0.02%	0.26%	0.43%
		LBR	29%	0.43%	5.50%	0.77%
10歳	男性	LAR	0.50%	0.02%	-	0.04%
		LBR	41%	0.58%	-	0.21%
	女性	LAR	0.80%	0.01%	0.17%	0.19%
		LBR	29%	0.41%	5.50%	0.77%
20歳	男性	LAR	0.30%	0.01%	-	0.01%
		LBR	41%	0.57%	-	0.21%
	女性	LAR	0.50%	0.01%	0.11%	0.07%
		LBR	29%	0.40%	5.60%	0.76%

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

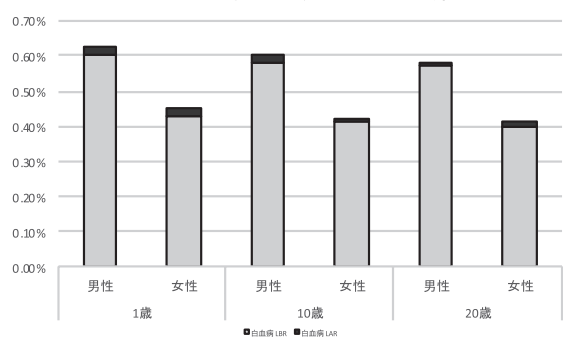
WHOが過大評価した  
全ての固形がんに対するリスク(公衆)



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

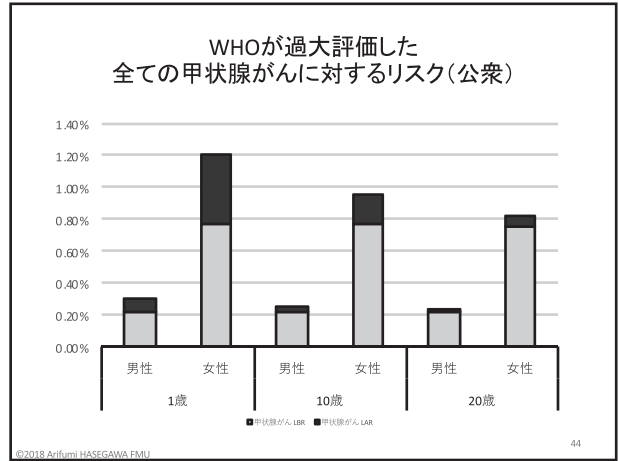
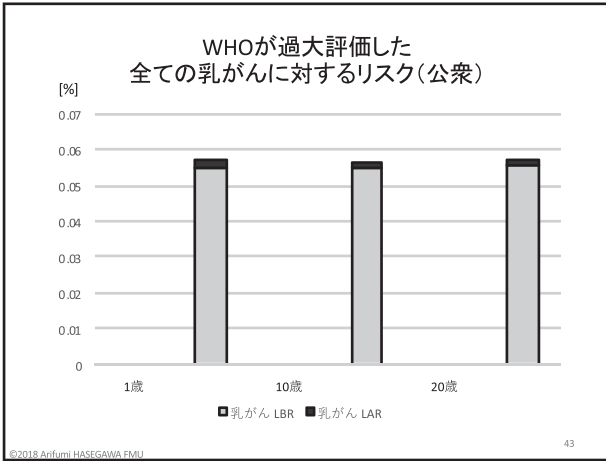
41

WHOが過大評価した  
全ての白血病に対するリスク(公衆)



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

42

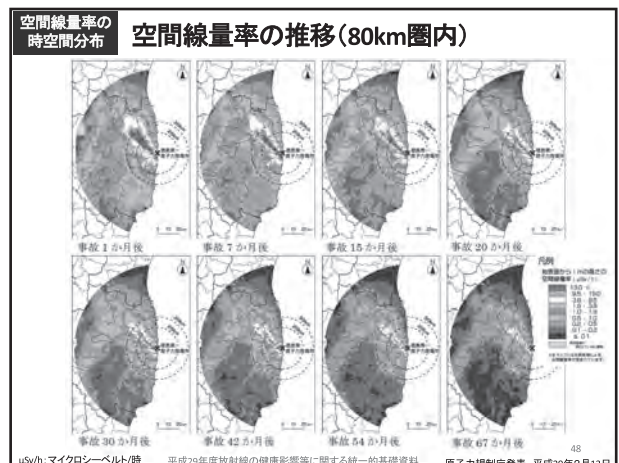
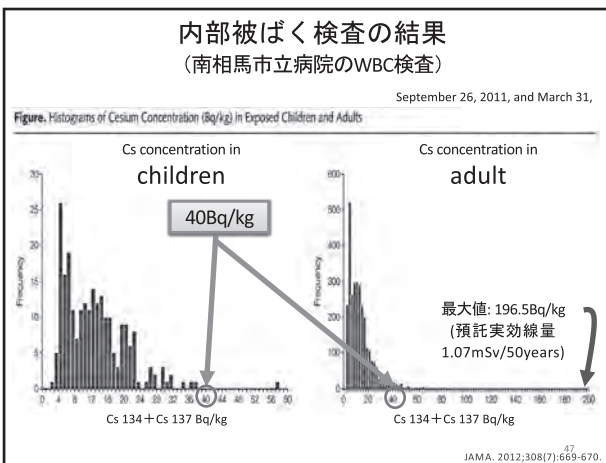
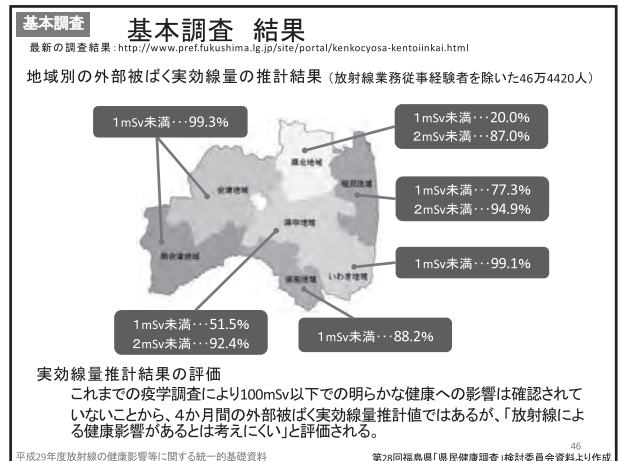


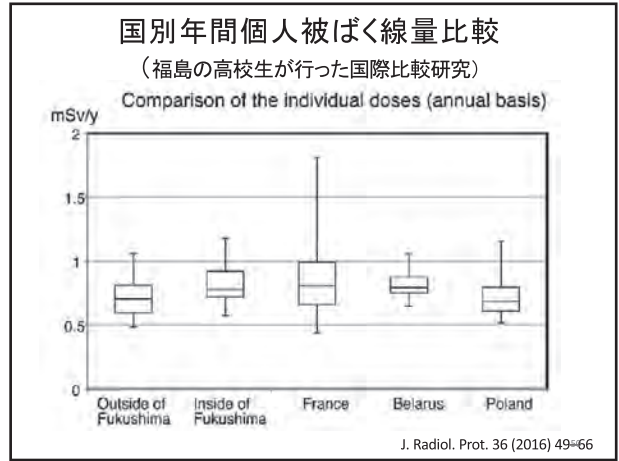
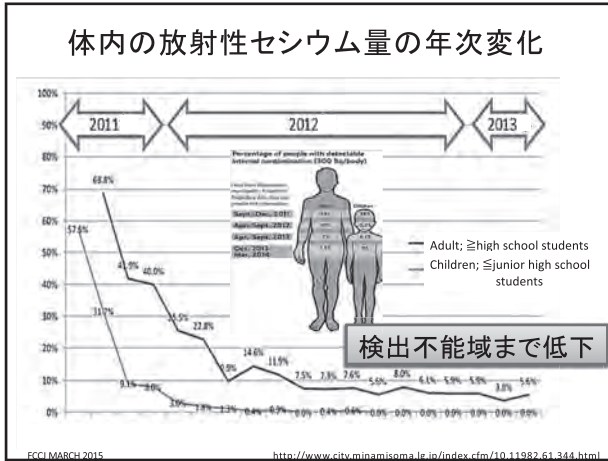
### 問.

福島事故後の公衆の被ばく線量について適切な記載はどれか？

- 1. 最初の4ヶ月の外部被ばくは公衆全体の約9割以上が2mSvであった
- 2. 内部被ばくは外部被ばくよりさらに少なく抑えられた
- 3. 外部被ばく内部被ばくともに減少している

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 45





### 原子力災害医療における防護の対象は？

**作業員・危機対応者**

- ・ 今処置が必要な傷病
- ・ 医療(救命処置)
- ・ 被ばく・汚染
- ・ 確定的影響

放射性物質が付着した、放射線により被ばくした、今治療が必要なあらゆる怪我や病気

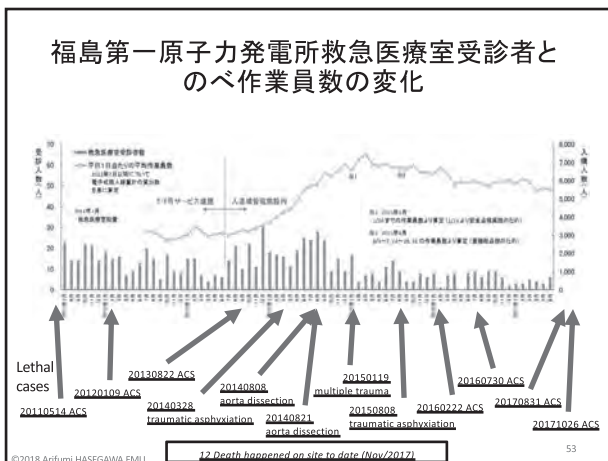
©2018 Aritsumi HASEGAWA FMU 51

### 問.

福島事故で発生した作業員の傷病者について正しいものはどれか？

- 1. 重症外傷を伴う高度汚染傷病者が多発した
- 2. 高線量被ばく者が多発した
- 3. 通常の救急医療体制で対応可能な傷病者が大多数であった

©2018 Aritsumi HASEGAWA FMU 52



### 防護対策がもたらす新たなリスクが顕在化

コミュニケーション・情報収集機能の低下(視覚・聴覚・触覚・温痛覚) 熱中症のリスク

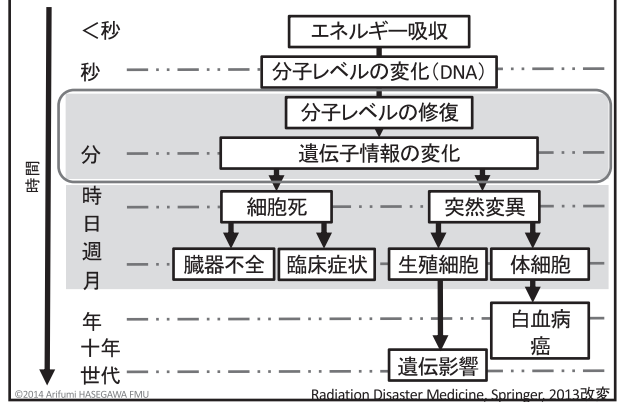
©2018 Aritsumi HASEGAWA FMU 54

問.

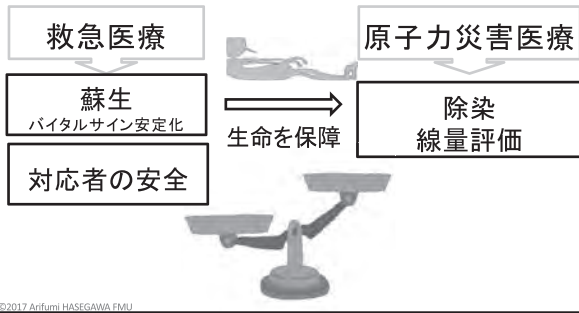
原子力災害で発生する可能性のある傷病者の医療対応について、以下のうち最も緊急度の高い状況はどれか？

- 1. プルトニウムへの吸入
- 2. 放射性セシウムへの付着
- 3. 放射性物質汚染のない心筋梗塞

放射線による生体影響



緊急被ばく医療であっても  
通常の救急医療手順が必須である



問.

医療対応について最も緊急度の高いものはどれか？

- 1. 糖尿病
- 2. 高脂血症
- 3. 気道異物

緊急度の高い疾患

医療開始までの時間が治療効果を左右する疾患

- 気道閉塞
- 呼吸不全
- 心筋梗塞・心停止
- 脳卒中
- アナフィラキシーショック
- 多発外傷



肺モニタ

- Puの肺沈着を測定するための装置
- <sup>239</sup>Puから放出される特性X線のエネルギーピーク(平均17keV)を検出する
- <sup>241</sup>Puのβ崩壊により生成する<sup>241</sup>Amから放出される59.6keVのγ線を検出する
- 検出器はNaI, Ge半導体ほか



原子力災害医療における防護の対象は？

多くは今治療が必要な傷病を負っていない。  
しかし将来の疾患への配慮が必要

- 一般公衆・住民
- 未来の疾病に対する配慮
  - 保健+福祉(検診+予防)
  - 被ばく・汚染
  - 確率的影響

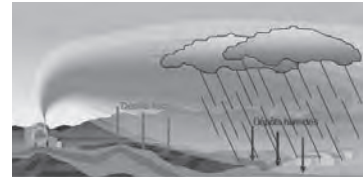


©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 61

問.

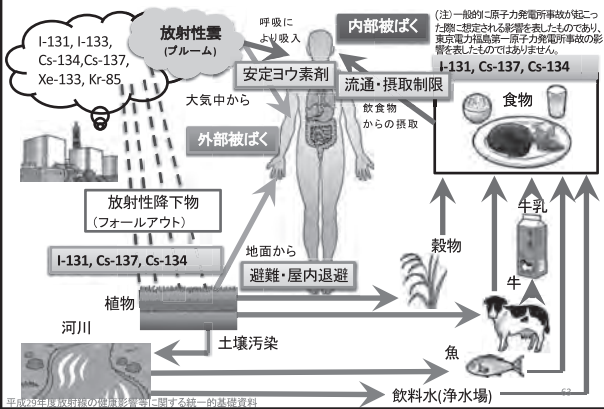
公衆に対して行われる、原子力災害急性期の防護対策として正しいものはどれか

- 1. 避難・屋内退避
- 2. 安定ヨウ素剤内服
- 3. 食品の流通・摂取制限



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 62

原子力災害による人体影響



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 63

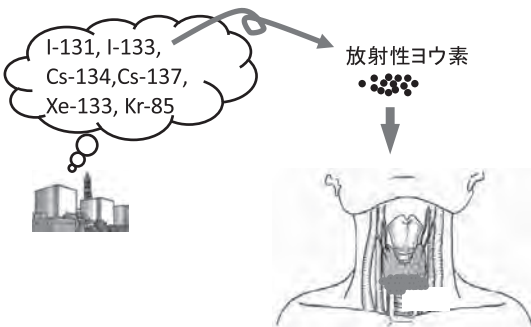
問.

安定ヨウ素剤について正しい記載はどれか

- 1. あらゆる種類の放射性物質に対する防護が可能である
- 2. 避難や屋内待避よりも効果的な防護が可能である
- 3. 服用のタイミングにより効果の程度が異なる

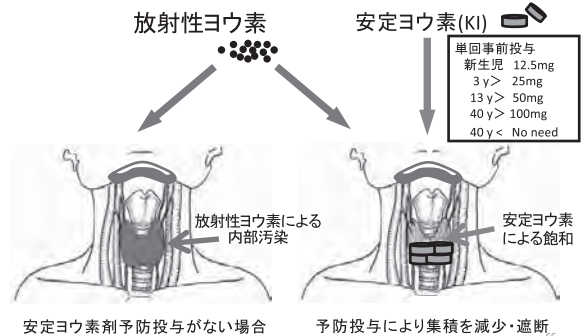
©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 64

拡散した放射性物質のうち、放射性ヨウ素だけが甲状腺に集積する



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 65

安定ヨウ素剤による甲状腺ブロック  
事前に非放射性(安定)ヨウ素で甲状腺を満たしておく



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 66

### 安定ヨウ素剤 各種製剤写真

ヨウ化カリウム末(500g)

ヨウ化カリウム丸50mg「日医工」

ヨウ化カリウム内服ゼリー 16.3mg「日医工」

ヨウ化カリウム内服ゼリー 32.5mg「日医工」

(製剤写真) 日医工HPより引用<sup>7</sup>

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

### 安定ヨウ素剤を服薬するのに最も有効なタイミングは①～⑥の何れか？

放射性ヨウ素の甲状腺内取り込み率(%)

時間 暴露

暴露前投与 暴露後投与

① 24時間前投与 (ブロック率 53%)

② 72時間前投与 (ブロック率 33%)

③ 96時間前投与 (ブロック率 5%)

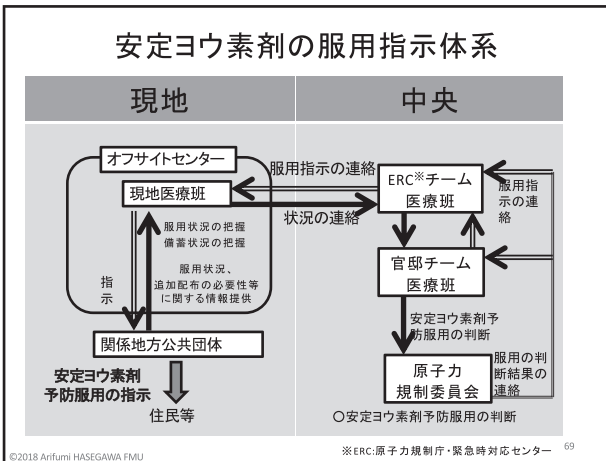
④ 24時間後投与 (ブロック率 49%)

⑤ 8時間後投与 (ブロック率 40%)

⑥ 24時間後投与 (ブロック率 7%)

Group Discussion

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU



### 問.

福島事故での不明確な状況で行われた緊急避難によって避難者に起こった現実とは？

- 1. 被ばく線量が増えた
- 2. 避難直後の死亡率が低下した
- 3. 避難後も数ヶ月間死亡率が上昇した

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU



### 緊急避難がもたらしたもの

**避けることができたかもしれない避難者の死**

#### 介護保健福祉施設入居者の緊急避難

- 目的: 被ばく線量低減→達成
- 結果: 60人余の死亡
- 考察: 回避の可能性、避難の功罪

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU 74

### 避難と放射線リスクを比較した調査研究

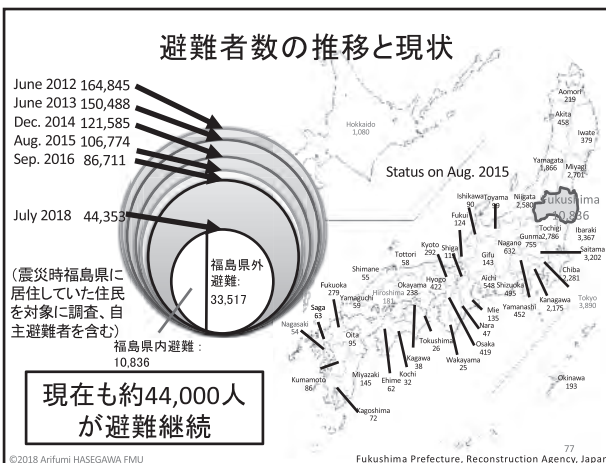
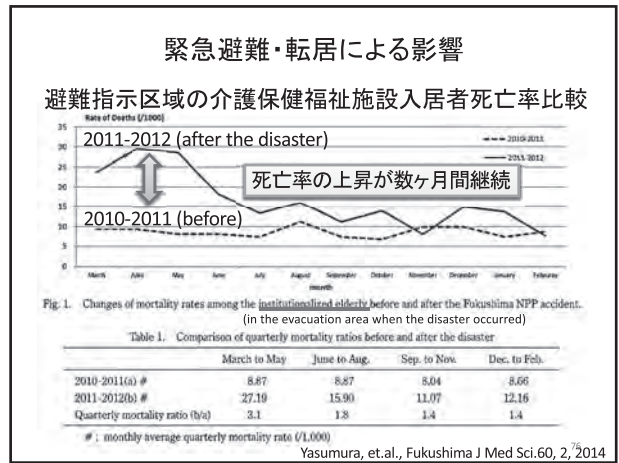
#### Loss of Life Expectancy (LLE)

	Rapid evacuation	90-day delayed evacuation	20-mSv exposure	100-mSv exposure
<b>Evacuation-related</b>				
Nursing home residents	11000 (10000-13000)/880 (750-1200)*	Unknown	-	-
Nursing home staff	Not observed	Unknown	-	-
<b>Radiation-related</b>				
Nursing home residents	0.01	1.7	100	530
Nursing home staff	0.1	26	1000	6300
<b>Total</b>	<b>11000+ (10000+13000+)</b>	<b>27+</b>	<b>1100</b>	<b>5800</b>

\* LLEs due to non-evacuation-related effects (e.g. disaster-stock), as estimated from the data from Nursing home group B.  
doi:10.1371/journal.pone.0137906.t005

LLEs: Loss of Life Expectancies (寿命の損失期間[人・日])  
 Rapid evacuation; 緊急避難(シナリオ1)  
 90-day delayed evacuation; 90日後の避難(シナリオ2)  
 20-mSv exposure; 20mSvの急性被ばくを受けたと仮定した場合  
 100-mSv exposure; 100mSvの急性被ばくを受けたと仮定した場合  
 Nursing home residents; 介護・保健・福祉施設入居者  
 Nursing home staff; 介護・保健・福祉施設のスタッフ

PLoS One 2015;10:e0137906.

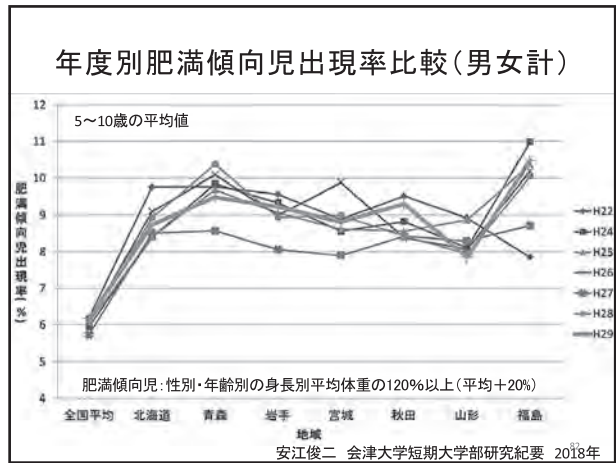
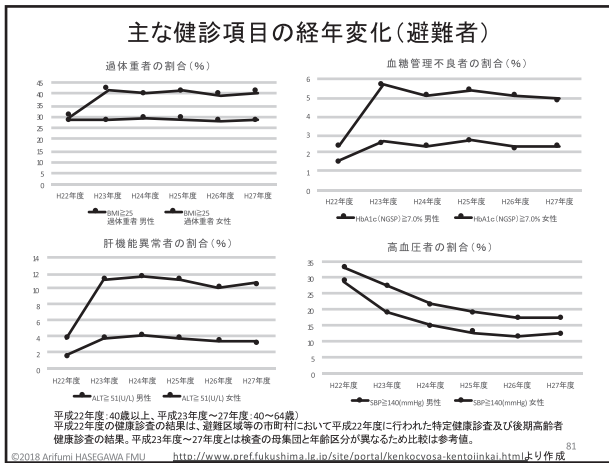
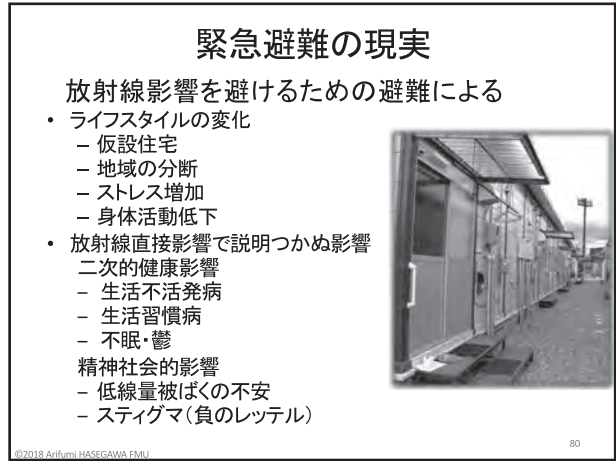


### 問.

福島事故での不明確な状況で行われた緊急避難によって避難者に起こった現実とは？

1. ライフスタイルが変化した
2. 生活不活発病が増加した
3. 生活習慣病が増加した

©2018 Arifumi HASEGAWA, FMU 78



### 妊産婦に関する調査 わかってきたこと

最新の調査結果: <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/kenkocosa-kentoinikai.html>

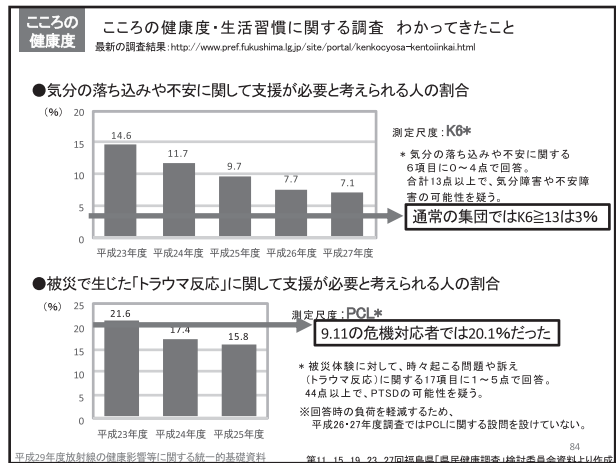
【早産率、低出生体重児率、先天奇形・先天異常発生率】

**早産率、低出生体重児率、先天奇形・先天異常発生率は全国調査の値や一般的な水準との差が無い**

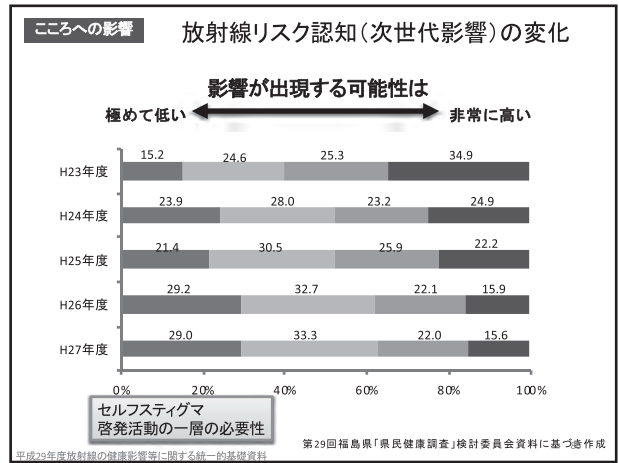
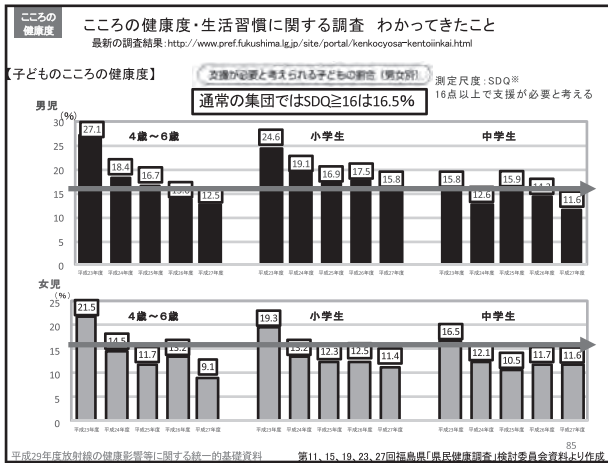
	早産率		低出生体重児率		先天奇形・先天異常発生率	
	本調査	全国調査	本調査	全国調査	本調査	一般的な水準
平成23年度	4.8	5.7	8.9	9.6	2.85	3~5 (2014 産科診療ガイドラインより)
平成24年度	5.7	5.7	9.6	9.6	2.39	
平成25年度	5.4	5.8	9.9	9.6	2.35	
平成26年度	5.4	5.7	10.1	9.5	2.30	
平成27年度	5.8	5.6	9.8	9.5	2.24	

全国調査: 人口動態統計における割合および発生率      早産: 妊婦22週から37週未満で生まれた赤ちゃん  
低出生体重児: 2500gよりも小さく生まれた赤ちゃん

平成25年度放射線の健康影響に関する統一的基本資料      第26回福島県「県民健康調査」検討委員会資料をもとに作成      83







放射線防護の大原則  
どの程度まで被ばくを減らせばよいか？

1. 影響が出現する量に達する被ばくを受けない  
確定的影響は回避する

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 87

放射線防護の大原則  
どの程度まで被ばくを減らせばよいか？

2. 低い線量でも無理支障なく減らす  
「確率的影響は可能な限り少」  
ALARA(アララ)の原則

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 88

福島事故による健康影響と放射線(現時点)

放射線による直接的な被害 << 防護に伴う具体的な被害

放射線の直接影響	放射線の間接影響
<ul style="list-style-type: none"> <li>確定的影響は無し(急性放射線症候群の発症無し)</li> <li>確率的影響は放射線がない状況での自然発生率を超えない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急避難による死(介護保健福祉施設入居者)</li> <li>生活習慣病の増加</li> <li>生活不活発病の増加</li> <li>防護具による新たな健康リスク</li> </ul>

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU Clinical Oncology 28, 237-244, 2016 89

問.


放射性物質が付着した傷病者の受入を要請された福島医大病院の現実

- 放射性物質からどのくらい人体が影響を受けるのかわからなかった
- 発電所から提供される数値の意味を理解できなかった
- 過去に同様の治療を行った経験がなかった

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 90

医療現場は放射線リスクの相場感がわからない

100,000cpmとは?



GMサーベイメーターの計測可能最大値(振り切れる値)  
それってどの位の影響を受けるのですか??

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 91

原子力災害に於ける放射線取扱従事者の役割

危機介入者  
危険に対応する  
公務で事態収束

介入

避難・退避

一般の人  
危機を回避する  
事態収束まで避難

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 92

医療現場で求められる線量評価

- ① 汚染の場所・面積・汚染密度
- ② 汚染核種の種類(ガンマ核種のみ)
- ③ 汚染から傷病者がうける皮膚線量
- ④ 汚染から周囲(救護者)が受ける被ばく線量
- ⑤ 汚染から傷病者が受ける預託実効線量

上記のような推計が出来ることを知る  
どこに書いてあったか覚えておく  
危機時には実際に計算できることが重要

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 93

原子力災害医療体制(国)と福島医大病院

頂

高度被ばく医療支援センター

原子力災害医療・総合支援センター

裾野

HIROSHIMA UNIVERSITY

Fukushima Daiichi NPP

福島大学

福島医大病院

NIRS National Institute of Radiological Sciences  
放射線科学総合研究所

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 94

付録・参考資料  
(講義では解説しません)

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 95

現場に必要な線量推計  
③汚染から皮膚線量の計算

- 避難退域時検査で汚染が見つかった
- GMサーベイメーターで45,000cpmの計数率を計測した
- $\gamma$ スペクトロメーター測定で汚染核種は $^{131}\text{I}$ と考えた
- 現場の医療者から、「汚染した避難者の皮膚にどの程度の被ばく影響が及ぶのか推計して欲しい」と求められた
- どのように対応するのか?

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU 96

### 避難退域時検査で汚染

OILと防護措置について(抜粋)

種類	基準の概要	初期設定値	防護措置の概要
緊急防護措置	OIL4 不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じるための基準	$\beta$ 線:40,000 cpm <sup>※3</sup> (皮膚から数cmでの検出器の計数率)	避難又は一時移転の基準に基づいて避難等した避難者等に避難退域時検査を実施して、基準を超える際は迅速に簡易除染等を実施。
		$\beta$ 線:13,000cpm <sup>※4</sup> 【1ヶ月後の値】 (皮膚から数cmでの検出器の計数率)	

※3 我が国において広く用いられている $\beta$ 線の入射面積が $20\text{cm}^2$ の検出器を利用した場合の計数率であり、表面汚染密度は約 $120\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となる。他の計測器を使用して測定する場合には、この表面汚染密度より入射面積や検出効率を勘案した計数率を求める必要がある。

※4 ※3と同様、表面汚染密度は約 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となり、計測器の仕様が異なる場合には、計数率の換算が必要である。

原子力災害対策指針、原子力規制委員会、平成24年10月31日(平成28年3月1日部分改正)

### 皮膚表面汚染密度 $1\text{Bq}/\text{cm}^2$ あたりの皮膚吸収線量率 $[\mu\text{Gy}/\text{h}]$

$H_p(d)$ : dose equivalent in soft tissue  
 $d = 0.07\text{mm}$  for dose to the skin  
(Annals of the ICRP 45 178-187 2015)

**$70\mu\text{m}$ 線量当量 = 皮膚等価線量**

と考える  
(皮膚の確定的影響の指標)

核種	深さ[mm]	
	0.07	0.4
$^{131}\text{I}$	1319	303

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

アイトープ手帳 第11版(ICRP report#56)

### 現場で必要な線量推計

#### ④汚染から周囲(救護者)が受ける被ばく線量

Radiation Protection Dosimetry Advance Access published April 26, 2012

Radiation Protection Dosimetry (2012), pp. 1-7

VERIFICATION OF SCREENING LEVEL FOR DECONTAMINATION IMPLEMENTED AFTER FUKUSHIMA NUCLEAR ACCIDENT

Haruyuki Ogino\*, Takeshi Ichiji and Takatoshi Hatori  
Radiation Safety Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), 2-4-1 Iwado-kita, Komae, Tokyo 201-8511, Japan

\*Corresponding author: haruyuki@criepi.denken.or.jp

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

99

### 回答例: 現場で必要な線量推計

#### ④汚染から周囲(救護者)が受ける被ばく線量

Table 2. Surface densities for radioactive contamination that correspond to the screening level for decontamination (100 000 cpm) for each case.

Case no.	Assumed ratio of radionuclides	Surface density for radioactive contamination ( $\text{Bq cm}^{-2}$ )		
		$^{131}\text{I}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{134}\text{Cs}$	$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{Cs}$ , $^{134}\text{Cs}$
Case I	100:1:1	410	4.1	4.1
Case II	10:1:1	360	36	36
Case III	1:1:1	150	150	150
Case IV	0.1:1:1	23	230	230
Case V	0.01:1:1	2.4	240	240

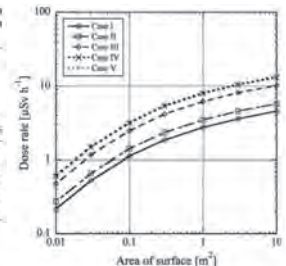


Figure 2. Dose rate at 10 cm distance from a radioactive surface as a function of area of surface contamination.

100,000cpmの表面汚染があった場合  
 ・ 汚染面積  
 ・ 汚染核種の割合  
 を加味した、汚染から10cm位置での1時間あたりの被ばく線量はグラフの縦軸です

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

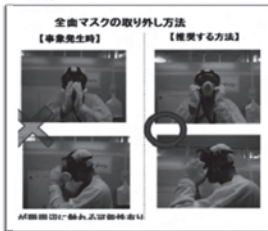
Radiation Protection Dosimetry (2012), pp. 1-7

### 原発汚染水タンク解体中、作業員が微量内部被曝

2017年09月08日

福島原発

東京電力は8日、福島第一原子力発電所で汚染水の保管タンクを解体する作業をしている協力企業の男性作業員が、放射性物質を鼻から吸い込み、微量の内部被曝をしたと発表した。



男性は8日早朝にタンクの解体作業を行い、同日午前8時20分頃に発電所構内で検査を受け、汚染が検出された。その後の詳しい検査で、鼻の内部の汚染が確認され、被曝量は今後50年間の積算で最大0.009ミリ・シーベルトで、健康に影響のないレベルという。

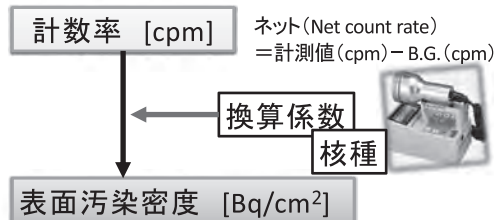
東電は作業時のマスク着用が適切だったかどうか、原因を調べている。

2017年09月08日 Copyright © The Yomiuri Shimbun

101

### 現場で必要な線量推計

汚染の場所・面積・汚染密度



- 表面汚染密度( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) = 係数率(ネット) × 換算係数( $\text{Bq} \cdot \text{cm}^2/\text{min}^{-1}$ )

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

102

### 事象の詳細

作業エリアの状況

TEPCO

- 当日の作業内容  
BタンクエリアA1タンク  
底板のボルト撤去作業
- 作業環境モニタリング  
ダスト濃度 (タンク内部)  
作業前:  $< 1.3E-05 \text{Bq/cm}^3$   
作業中:  $1.7E-03 \text{Bq/cm}^3$

提供元: 1F 6Bタンク

作業場所

タンク底板ボルト

ダスト採取箇所

天板取り外し → 4段目取り外し → 3段目取り外し → 2段目取り外し → ボルト撤去 → 1段目 & 底板取り外し

103

### 経過

作業員への処置と汚染に関する聞き取り結果

TEPCO

- 作業員への処置  
汚染が検出された扇周辺の拭き取りを行い、 $5.9 \text{Bq/cm}^2$ から検出限界未満 ( $0.8 \text{Bq/cm}^2$ ) まで除染し、休憩所内へ退出した。さらに入退域管理棟へ移動し、詳細測定にて顎に  $1.6 \text{Bq/cm}^2$  の汚染が確認されたため、拭き取り除染を行い、検出限界未満 ( $0.6 \text{Bq/cm}^2$ ) まで除染した。
- 汚染に関する聞き取り結果  
・ 当該作業は作業計画、防護措置に基づいた保護衣・保護具を適切に着用している。  
・ 保護衣・保護具の脱衣の際には、作業エリアの装備交換所にて補助員が脱衣を行い、また休憩所においても手順通りの脱衣を行っている。  
・ 事象発生時の作業環境のダスト濃度 ( $1.7E-03 \text{Bq/cm}^3$ ) は、他のタンク解体作業と同程度のレベルである。  
・ 同一作業員については汚染はなかった。  
・ 全面マスクを外す際に、親指で左右下部のゴム紐を緩め、そのまま顔に親指をかけて上に押し上げて脱衣した。

104

### 現場に必要な線量推計

⑤ 汚染から預託実効線量の計算

計数率 [cpm] = ネット (Net count rate) = 計測値 (cpm) - B.G. (cpm)

換算係数 核種

表面汚染密度 [ $\text{Bq/cm}^2$ ]

汚染面積

放射性物質質量 [Bq]

換算係数 核種 形状 状況

被ばく線量 (預託実効・等価) [Sv]

105

### 内部被ばく線量評価のための換算係数

預託実効線量

TABLE 3. COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (DOSE COEFFICIENT) BY INHALATION, BY INGESTION AND THROUGH DIRECT INTAKE TO BLOOD FOR SELECTED RADIONUCLIDES

Radionuclide	Inhalation (Sv/Bq)		Ingestion <sup>a</sup> (Sv/Bq)		Injection <sup>b</sup> (Sv/Bq)	
	AMAD	HMAD	I	II	I	II
<sup>238</sup> U	$1.2 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$
<sup>235</sup> U	$4.1 \times 10^{-5}$	$3.7 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-5}$
<sup>232</sup> Th	$5.0 \times 10^{-5}$	$4.6 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$
<sup>90</sup> Sr	$3.2 \times 10^{-5}$	$2.9 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-5}$
<sup>137</sup> Cs	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.6 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$
<sup>134</sup> Cs	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.0 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$
<sup>131</sup> I	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.4 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-5}$
<sup>60</sup> Co	$9.6 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$
<sup>59</sup> Fe	$2.8 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-5}$
<sup>54</sup> Mn	$8.8 \times 10^{-6}$	$8.1 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-6}$	$8.8 \times 10^{-6}$
<sup>51</sup> Cr	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.1 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$
<sup>65</sup> Zn	$3.5 \times 10^{-5}$	$3.2 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-5}$
<sup>64</sup> Cu	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>63</sup> Zn	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>60</sup> Co	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>59</sup> Fe	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>54</sup> Mn	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>51</sup> Cr	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>65</sup> Zn	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
<sup>64</sup> Cu	$1.0 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$

Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides, IAEA Safety Reports Series 37 (2004)

106

### 顔面の汚染を内部に吸入・吸収したと仮定した場合の線量推計方法 (例)

- ・ 評価核種:
  - B核種のうち、線量評価上最も影響が大きいSr-90を想定して過小評価を回避
- ・ 取り込み量の評価: 以下を想定し、線量評価を実施して高い方を採用
  - A: 顔面に付着した汚染を吸入した場合
  - B: 経口摂取した場合

A: 吸入摂取による被ばく線量推計 B: 経口摂取による被ばく線量推計

a. 汚染面積 (cm <sup>2</sup> )	10	a. 汚染面積 (cm <sup>2</sup> )	10
b. 正味係数【測定値-BG】(cpm)	1910	b. 正味係数【測定値-BG】(cpm)	1910
c. 換算定数 (Bq/cpm/cm <sup>2</sup> )	7.310E-03	c. 換算定数 (Bq/cpm/cm <sup>2</sup> )	7.310E-03
d. 摂取量【Sr-90】(Bq) $a \times b \times c$	$1.39621E+02$	d. 摂取量【Sr-90】(Bq) $a \times b \times c$	$1.39621E+02$
e. 実効線量係数【吸入】(mSv/Bq)	7.700E-05	e. 実効線量係数【経口】(mSv/Bq)	2.800E-05
A. 実効線量 (mSv) $<d \times e>$	$1.0750817E-02$	B. 実効線量 (mSv) $<d \times e>$	$3.909E-03$

実効線量を比較するとA>Bなので  
今回は約0.01mSvの預託実効線量と過大推計した。

107

### 作業空間のダストを吸入したと仮定した場合の線量推計方法 (例)

(現実にはマスクをしないで現場に入らないのでありえないシナリオなのですが、試しにマスクをしないで作業したと仮定すると)

a. 空気中放射能濃度 (Bq/cm<sup>3</sup>)  $1.700E-03$   
 b. 作業時間【1時間30分】(h)  $1.50E+00$   
 c. 呼吸量 (cm<sup>3</sup>/h)  $1.2E+06$   
 d. 摂取量【Sr-90】(Bq)  $a \times b \times c$   $3.06E+03$   
 e. 実効線量係数【吸入】(mSv/Bq)  $7.700E-05$

実効線量 (mSv)  $<d \times e>$   $2.356E-03$   
 (約23μSv/50年先の分まで全部見積もって)

108

福島原子力発電所作業者に対する  
放射線教育講習会

## 放射線リスクコミュニケーション

量研・放医研  
放射線防護情報統合センター  
神田玲子

### 自己紹介

放射線読本  
(文部科学省)

基礎的情報  
(復興庁その他)

放射線影響等に関する  
統一的基础資料  
(環境省)

### 講義・演習の流れ

0. (演習1) 自分のリスク認知を調べる  
Slovicのリスクランキング調査
  1. 放射線の不安の個人差
  2. 放射線のリスクコミュニケーションとは何か
  3. リスクコミュニケーションの技法～傾聴～  
(演習2) 日常的リスクコミュニケーションを考える
  4. まとめ

### Slovic のリスクランキング調査(日本)

- 1983年 (主に放医研職員対象)
- 1992年 (いろいろな職種を対象)
- 2007年 (WEBを用いた大規模調査)

アンケート風景(放医研職員)      WEBアンケート画面(全国)

### 演習1 Slovicのリスクランキング調査

リスク30項目: 危ないと思う順に並べてください  
(10-15分程度)

医療種別線	ピストル	自動車
放射線種別線	狩猟	バイク
放射線種別線	原子力発電	自転車
放射線種別線	電気	鉄道
放射線種別線	家電製品	民間飛行機
放射線種別線	自動定列り機	自家用飛行機
放射線種別線	登山	外科手術
放射線種別線	フットボール	大規模建設工事
放射線種別線	スキー	警備業務
放射線種別線	水泳	消防業務

喫煙

飲酒

△△

○○

⊙⊙

××

⋮

●●

裏返し

(4)

No

No

No

No

⋮

No

アンケート用紙  
(数字を書き込む)

- 0) 机の上を広くする
- 1) 30のカードを、10枚ずつ3つの組に分ける
- 2) 10枚のカードの中で、危ないと思う順に並べる
- 3) 2組目、3組目も同様に並べる

### 昼休みは13時00分まで

- ・アンケート用紙への記載が終わった方は昼休みに入ってください。
- ・配付資料のP3-4にも、必ず目を通しておいてください。

アンケート用紙  
(数字を書き込む)

リスクランキング調査(米国の結果)

Activity or technology	婦人有権者	大学生	ビジネスマン	専門家
原子力	1	1	8	20
自動車	2	5	3	1
ピストル	3	2	1	4
喫煙	4	3	4	2
オートバイ	5	6	2	6
アルコール	6	7	5	3

Mountain climbing	15	22	12	29	21
Bicycles	16	24	14	15	13
Commercial aviation	17	16	18	16	11
Electric power (non-nuclear)	18	19	19	9	5
Swimming	19	30	17	10	7
Contracted tires	20	9	23	11	18
Stamps	21	23	16	30	24
Surgery	22	17	24	7	9
High school and college football	23	26	11	37	23
Railroads	24	23	29	19	10
Food preservatives	25	13	28	14	27
Food coloring	26	30	30	21	28
Power houses	27	28	25	28	22
Prescription medication	28	21	26	24	29
Home appliances	29	27	37	12	15
Vaccinations	30	29	29	35	25

出典  
 ・リスク認知: Stevic, P. (1987): Perception of risk, Science 236, 280-285  
 ・客観的リスク(アメリカでの年間死亡数): Upton, A.C. (1982): Scientific American 246, 29-37

リスクランキング調査(日本の結果)

1992年	大学生	成人女性	研究者・技術者	
			理工学	リスク評価
1位	原子力	原子力	ピストル	ピストル
2位	ピストル	ピストル	自家用飛行機	オートバイ
3位	オートバイ	食品保存料	狩猟	民間飛行機
原子力	1位	1位	14位	27位

(1992年に放医研が実施)

最近の一般公衆のリスク認知(2007年)

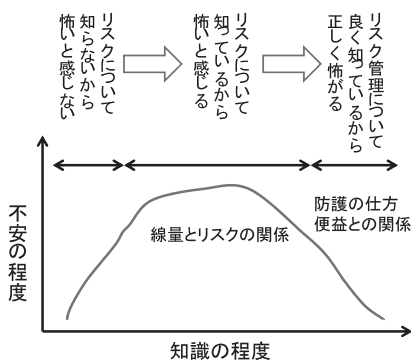
- ・性別、年齢、職業、専門性によらずよく似ている
- ・ピストル、原子力、喫煙が、どの集団でもトップ3

自分のリスク認知のまとめ

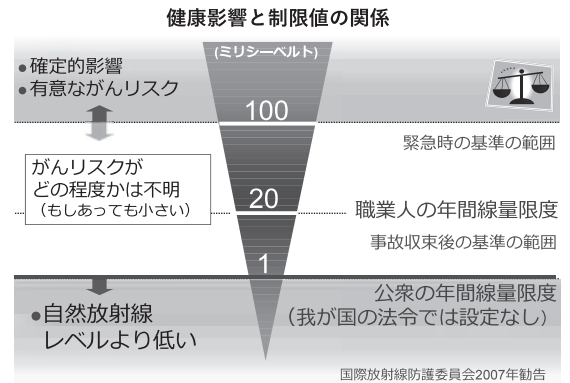
- 30項目の中で一番危ないと判断したリスクは？
- 喫煙者：喫煙(番号では④)は、30項目中何位？
- 原子力(番号では①)は、30項目中何位？
- 医療用X線(番号では㉒)は、30項目中何位？

1.放射線の不安の個人差

知識と不安の関係



放射線の知識と不安①：線量限度



### 東電福島第一原発作業員の被ばく線量

事故後、東電福島第一原発で働いた作業員は約3万6千人（平成26年9月末日までの入場者）。緊急作業で250mSv超が6人、100mSv超が174人。ステップ完了後も被ばくレベルの高い作業があるため、被ばく線量の削減等について、引き続き厳しく推進する。

●東電福島第一原発における作業員の被ばく状況

表1: 震災発生後からの作業員の累積被ばく線量

通常時の線量限度は100mSv/5年  
⇒50年働いた場合の被ばくの上限は1Sv

緊急作業で>100mSvの被ばくをした方の場合  
⇒就労期間の累積線量が1Svを超えないように管理

線量範囲 (mSv)	人数	累積線量 (mSv)
>50	10	4,850
50~20	250	10,977
20~10	1,124	20,422
10~5	3,552	35,964
5~1	27,327	137,442
<1	32,038	100,716

(厚生労働省 第129回放射線審議会資料)

### 被ばく線量の比較 (平成28年度)

	個人線量測定機関協議会のデータ* (H28.4 ~H29.3)						東電FFNP
	一般医療	歯科医療	獣医療	一般工業	非破壊	研究教育	
>50mSv	10	0	0	0	0	0	0
50~20	250	3	1	4	2	0	329
20~10	1124	0	2	20	2	4	1285
10~5	3552	5	5	104	60	36	1879
5~1	27327	156	116	980	349	343	5419
<1mSv	32038	23341	15093	67110	3249	66401	7693

\*http://kosenkyo.jp/siryou/gyousyu28.PDF

原子力発電所等での放射線業務従事者  
⇒放射線影響協会の放射線従事者中央登録センターが被曝線量を登録・管理  
事故後の複雑な線量管理も(ある程度)対応可能

原子力施設以外の放射線業務従事者  
⇒登録制度がない。

### 放射線の知識と不安②： 実感・体感

リスクの受け入れやすさに影響する要素

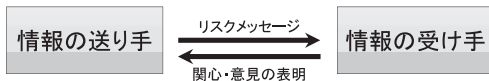
受けにくいリスク	受けやすいリスク
押しつけられたもの	自発的なもの
他人が制御管理	自分で制御管理可能
利益がない	利益がある
人為的・人工的	自然由来
不公平に及ぶ	公平に及ぶ
破滅的	統計に基づいている
リスク源が信用できない	リスク源が信用できる
経験がない、外来	熟知している
子どもへの影響 (Fischhoff B et al. 1981)	大人への影響



### 2.放射線のリスクコミュニケーションとは何か

### リスクコミュニケーションとは何か

- ・双方向性
- ・信頼関係



・家庭内での会話



・朝礼での打ち合わせ (安全確認)

### リスクコミュニケーションの種類

平常時

◎コンセンサスコミュニケーション

リスクに関する社会全体としての意思決定のための意見交換

◎ケアコミュニケーション

リスクやその対処法に関する科学的情報の提供

\*\*\*\*\*

緊急時

◎クライシスコミュニケーション

さし迫った危険についてのコミュニケーション

## 日常的なリスクコミュニケーション

情報の送り手として、どう対応しますか



- ・職場の部下(後輩)からの相談
- ・家族内での会話

ポイント:放射線に関する知識は必要  
知識を伝えるスキルも必要⇒“心理学”的要素

19

## 3. リスクコミュニケーションの技法 ～傾聴～

### 相談の動機と対応

一対一のリスクコミュニケーション＝相談

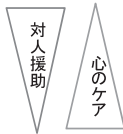
動機は何か

◎情報が欲しい  
⇒インターネットや新聞・TV、書籍からも得られる

◎不安を聞いてほしい、自分の気持ちを理解してほしい  
⇒提供すべきは「情報」だけでなく、「心のケア」も必要

対応

- ◎代りにやってあげる
- ◎解決策を示す(情報提供、助言、指導・説得)
- ◎問題を整理してあげる
- ◎相手の気持ちを理解する(傾聴、共感)



21

### 傾聴と問題の整理の具体的な技法

傾聴＝Active listening(積極的に聴く)

- ◎アイコンタクト＝「あなたに関心を持っています」
- ◎相槌＝「もっと話して!」
- ◎相手の言葉を繰り返す＝「あなたの言葉を受け止めました」
- ◎相手の調子に合わせる(声の大きさ、テンポ、口調、表情)  
＝「あなたと同じ気持ちです」

問題の整理

- ◎話の脱線に戻す  
.....「話を戻していいですか」「今の話はこの問題とどうつながるの?」
- ◎要点をまとめる  
.....「まとめるとこういうことですか」「確認させてほしいのですが」
- ◎できることとできないことを区分する  
.....「ここで対処できる問題ですか」

### シチュエーション1: 職場

- ・ Aさん(50歳)は、●●原子力発電所で働いている。
- ・ 相談者
- ・ 部下(22歳、独身)は、今年から●●原発に配属になった。
- ・ 喘息持ちらしく、先月から休みが頻繁になっている。
- ・ 本人は放射線の影響について気にしている。
- ・ 新潟の実家の親御さんも心配している。

### 日常(?) 会話の例

Aさん: どうだ、調子は。風邪は治ったのか。  
部下: はい、ご迷惑をおかけしました。でもなんか本調子ではありません。この気候が体に合わない気がします。  
Aさん: 君は新潟の出身だったよね、ここより寒いだろう。  
部下: 雪が降ると結構テンションあがるんです。この辺はただ寒いだけだから、気持ちが暗くなるんです。  
Aさん: 若いんだから、寒いからなんて、仕事を休む理由にはならないよ。  
部下: でも本当に体調が悪いんです。。。。  
放射線のせいじゃないかと思うんです、このところ、体調が悪いのは。  
Aさん: なんだ、そんなこと、気にしていたのか。気にしすぎだよ。  
部下: そうでしょうか。原発の近くは白血病になる人が多いって聞きました。会社の教育では絶対そういうこと、言わないけど。  
Aさん: そんな話は、聞いたことがないな。  
部下: そんなことないです。みんな、気にしています。僕の母親だって、ぼくが体調悪いって言ったら、もう仕事を辞めて帰ってきたら、って言っています。  
Aさん: 気にすることはないよ。線量計、付けているんだろ。アラーム、鳴ったことないだろう。  
部下: だったら平気なんだよ。  
Aさん: アラーム、鳴るまで被ばくしたら、もう死んじゃいます。

24



## シチュエーション2： 家族

- ・ Aさん(28歳)は●●原子力発電所で働いている
- ・ 奥さん(ゆり子さん)と娘(佳代ちゃん)と一緒に暮らしている
- ・ 母親(55歳)は東京に一人暮らし
- ・ ゆりさんとはあまり相性は良くない
- ・ ドイツでは、原発付近の小児白血病の罹患率が高いという研究成果が発表されたというニュースをみて 息子のところに電話をかけてくる

## 日常会話の例

母親：もしもし。あ、私。ちょっと、大変じゃない!!。  
 Aさん：なんだよ、急に。  
 母親：今、ニュース見てたら、あんたたちのことが心配になっちゃったわよ  
 Aさん：何のニュース？  
 母親：何のって、あんた見なかったの。原発の近くに住んでいる子供に白血病が多いんだって。海外の有名な先生がそう言ってるんだって。  
 Aさん：ふーん。  
 母親：ふーんじゃないわよ。佳代ちゃんのことを心配になってさ。あの子、最近、鼻血したりしてない？  
 Aさん：お母さんも暇だね。  
 母親：暇じゃないわよ、あんたのことが心配していたら、暇になんかしてられないわよ。やっと高校卒業して、就職してくれたと思ったら、ゆりさんなんかと結婚しちゃって。もう、佳代ちゃんは私が引き取ろうかしら。  
 Aさん：何言ってるんだか。  
 母親：大体ゆりさんは、佳代ちゃんのことを心配じゃないのかしら。私だったら自分の子どもが白血病になるかもしれないと思ったら、心配でいられないのに。  
 Aさん：俺、忙しいから。切るから、じゃあね。

## 演習2 ロールプレイ

- 2) グループで意見交換：体験した類似事例について(伝聞も含む)  
⇒感情移入できそうなシチュエーションを選ぶ(1 or 2)
- 3) Aさんの言葉がけを改善する  
グループで相談しながら、傾聴、共感の観点から改善できる言葉がけがあれば、表の右欄に書いてください。
- 4) 部下・母親の反応を予測する  
Aさんの言葉がけが改善したら、部下・母親の反応が変わるだろうと思う箇所があれば、表に書いてください(必須ではない)

## 発表とコメント

- 1) シチュエーション1
  - ・ 1を選んだ理由や改善のポイント
  - ・ 実技(ロールプレイ)
  - ・ 他のグループからのコメント
- 2) シチュエーション2
  - ・ 2を選んだ理由や改善のポイント
  - ・ 実技(ロールプレイ)
  - ・ 他のグループからのコメント

## 4.まとめ

リスク認知には個人差がある

リスク管理の知識が、過度の不安を軽減することがある

- ① 福島原発作業員の場合：緊急作業時の線量限度に関する情報が必須  
自分がリスクを制御していることが安心に直結
- ② 仕事に不慣れ・消極的な場合、放射線への不安が大きくなることも。

不安を抱えている人との対話

- ① リスク認知に個人差があることを認める
- ② 傾聴、共感を示すことが大事、ボディランゲージの情報が8割
- ③ 最終的なゴールは問題の解決だが(例：リスク管理の妥当性の納得)、不安を抱えている人のペースで進める。

## 呼吸用保護具の適正使用

産業医科大学 保健センター  
立石 清一郎

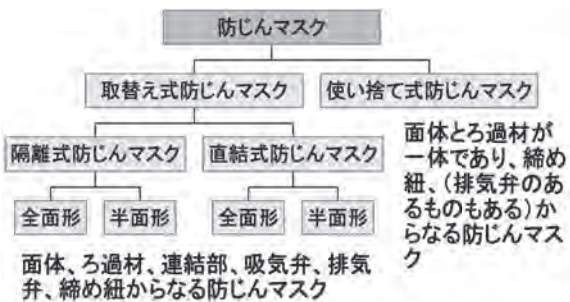
### 呼吸用保護具を着用していても

- ① 作業にあった呼吸用保護具を選定していない。
- ② 装着方法が正しく行われていない。
- ③ フィルタ等の交換基準が明確にされていない。
- ④ 保守管理がずさんである。



- ⑤ 思わぬ事故、災害に繋がる恐れがある。
- ⑥ 経済的にもマイナス要因となる。

### 防じんマスクの種類と形状



マスクを選定するとき何を基準に考えたらいいか

適切なマスクを選定するには

- ① 国家検定合格品であることを確認する
- ② 作業環境を考慮して選択すること
- ③ 着用者の顔にあったマスクを選定する

マスクの選定の際には、数種類の商品から着用者が実際にフィットテストを実施し、最も顔にフィットしたものを選定して下さい。

### マスクと顔の隙間からの漏れ込み



※着用イメージ

[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=T292fkk-FXQ](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=T292fkk-FXQ)

### 産業現場でも

造船溶接や石材加工の  
作業者178人にフィットテスト

作業者の95%が普段からマスクを着用していたが、

平均漏れ率は  
**24.3%**

現場でマスクしていても、  
**粉じん侵入24%**

厚生労働省が実施した調査によると、造船溶接や石材加工の作業者178人にフィットテストを行ったところ、作業者の95%が普段からマスクを着用していたが、平均漏れ率は24.3%と判明した。これは、マスクと顔の隙間から粉じんが侵入していることを示している。調査は、作業現場でのマスク着用状況と漏れ率を測定し、結果を公表した。この結果は、作業現場でのマスク着用が必ずしも粉じんを完全に遮断しているとは限らないことを示している。そのため、作業現場では、マスクの着用だけでなく、マスクの適切な選定と着用方法の指導が重要であることが示された。

## 市販のウイルス対策マスクの効果

独立行政法人 国民生活センター発表  
2009年11月18日 報道発表

すべての銘柄で**平均漏れ率が40%以上**であった。また、フィルターの捕集効率が高いものであってもマスクと顔との隙間からの漏れがあるためウイルス等の微粒子を完全に遮断することは出来ない。

## 定量的フィットテスト

定量的フィットテストは、マスクの外側と内側の粒子の割合を測定器で測定し、漏れ率を定量的に示すテストです。



## 定量的フィットテスト

### 長所:

短時間で測定できる(約30秒/回)。  
漏れ込み度合が数値で解る。

### 短所:

機材が高価(85万円~350万円)である。  
\* マスク販売会社から借りることも出来ます。

実際にやってみましょう!



**実習**  
**機器を用いた被ばく・汚染の測定**

長谷川 有史、松田 尚樹  
福島県立医科大学 放射線災害医療学講座  
長崎大学 原爆後遺障害研究所

2018年度 放射線教育講習会  
福島第一原子力発電所


FUKUSHIMA MEDICAL UNIVERSITY

### 到達目標

以下がわかるようになる

- 放射線計測器は以下の2種類に分類できる
  - 「被ばく」を測る機器
  - 「汚染」を見つける機器
- 現場の放射線 防護・管理はSvの量で行う
- 汚染の単位[cpm]はBqに換算できる

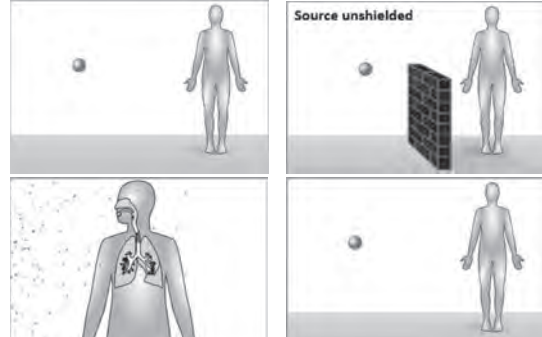
### Bq(ベクレル)とSv(シーベルト)



**Bq(放射能量)**  
薪(の本数)  
1秒間に一本の放射線を放出すると1ベクレル

**Sv(人体影響量)**  
熱(感じる熱さ)

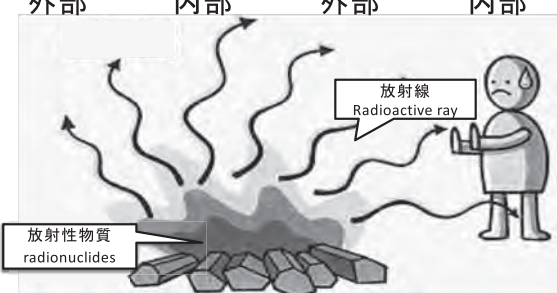
### 「汚染」と「被ばく」



Source unshielded

U.S. Department of Health & Human Services Radiation Emergency Medical Management  
<http://www.cerem.dhs.gov/inspector.htm>

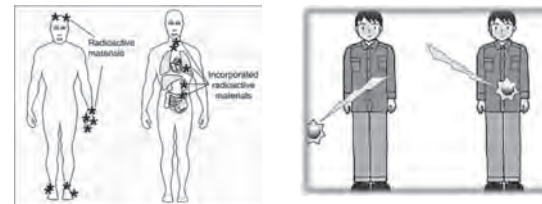
<b>汚染</b>		<b>被ばく</b>	
放射性物質が付着	放射性物質が付着	放射線をあびる	放射線をあびる
外部	内部	外部	内部



放射性物質 radionuclides

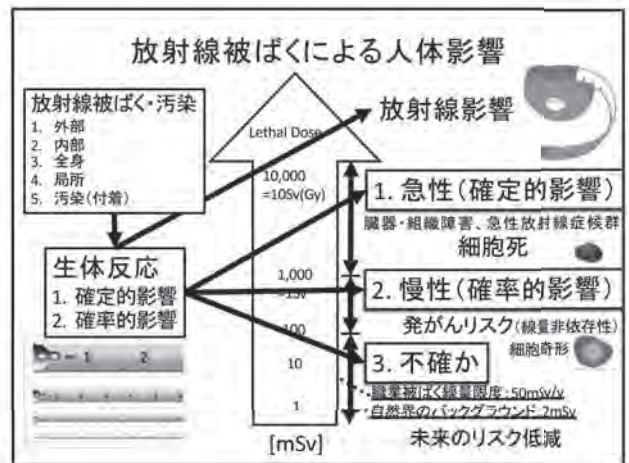
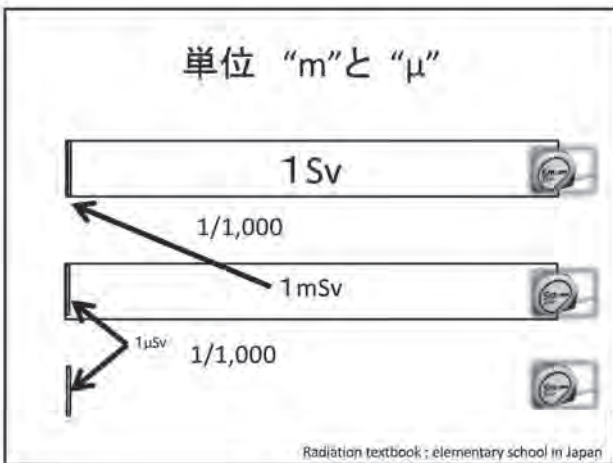
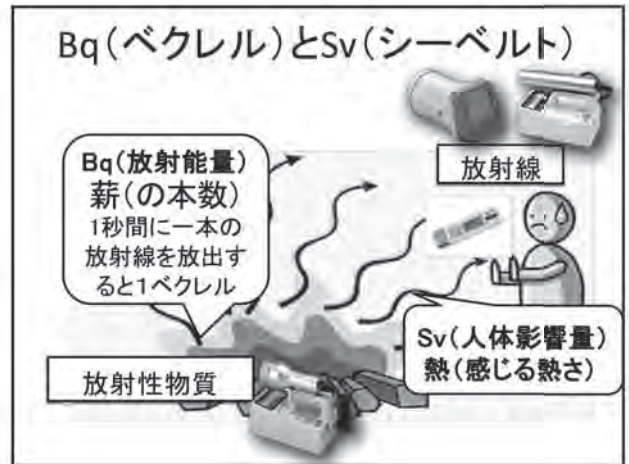
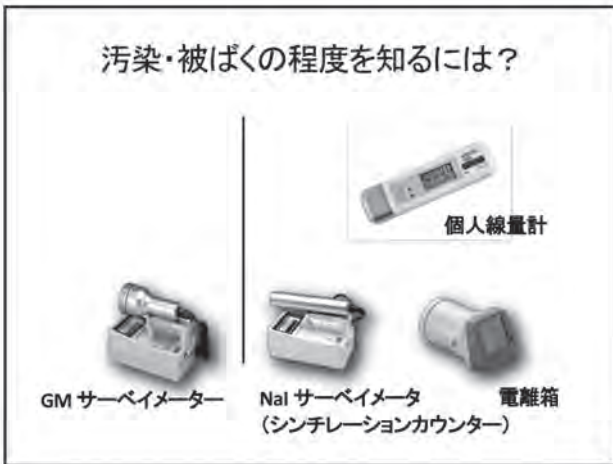
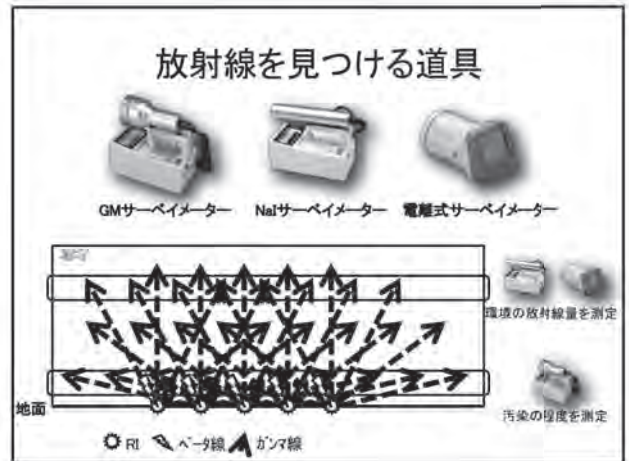
放射線 Radioactive ray

<b>汚染</b>		<b>被ばく</b>	
放射性物質が付着	放射性物質が付着	放射線をあびる	放射線をあびる
外部	内部	外部	内部



[Bq/cm<sup>2</sup>], [Bq/Kg], [Bq/L]

[Sv] [Gy]



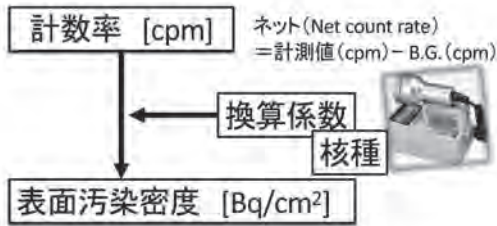
現場にある放射性物質の場所を探す

- どの測定器をういますか？  
(GM, NaI, 電離箱、個人線量計)
- どの単位をういますか？  
(cpm, Bq/cm<sup>2</sup>, μSv/h, mSv/h, Sv/h)
- 測定器の検出部分はどこにおきますか？  
(対象物すれすれ、測定者の側)

現場で受ける放射線影響を測定する

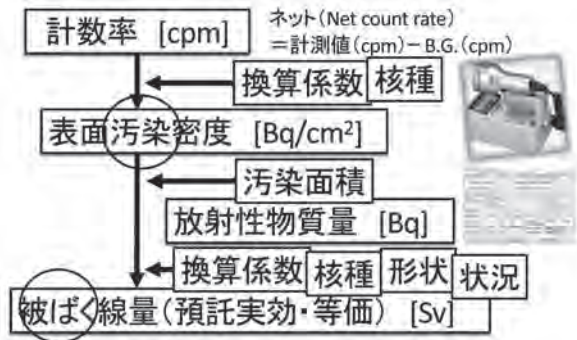
- どの測定器をういますか？  
(GM, NaI, 電離箱、個人線量計)
- どの単位をういますか？  
(cpm, Bq/cm<sup>2</sup>, μSv/h, mSv/h, Sv/h)
- 測定器の検出部分はどこにおきますか？  
(対象物すれすれ、測定者の側)
- どうやって防護しますか？

現場に必要な線量推計  
汚染の場所・面積・汚染密度

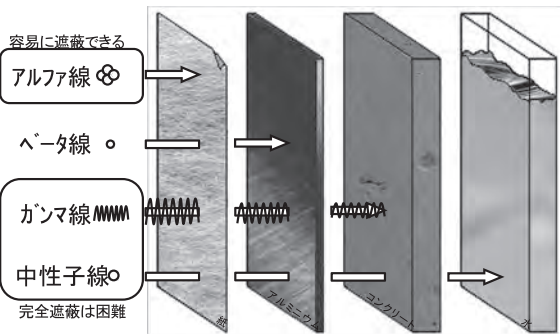


- 表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>)  
= 係数率 (ネット) × 換算係数 (Bq・cm<sup>-2</sup>/min<sup>-1</sup>)

現場に必要な線量推計  
汚染から預託実効線量の計算



線質のまとめ



アルファ線・アルファ核種の影響・汚染

- どの測定器をういますか？
- どうやって防護しますか？

## 作業現場における傷病者対応

優先順位の原則(災害医療の視点から)  
スリー「S」

1. Self 自分の安全確保
2. Scene 周囲の安全確保
3. Survivor 要救助者の安全確保

単に熱意があるというだけで現場に入って活動してはならぬ。  
現場で活動するには、それに相応しい知識と、装備が不可欠。

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

## 「新規入場者教育」資料



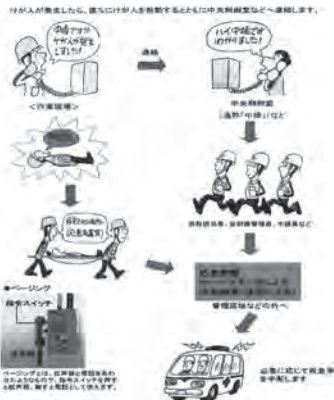
- (1) 作業所内で、人身災害が発生したり身体の具合が悪くなったとき、またはそのような人を発見したときは、速やかに作業班長や周りの人に連絡し、その指示に従うこと。
- (2) 連絡を受けた作業班長や周りの人は、ただちに入退場管理施設の救急応急倉庫(1F-E.R.)および搬出班長ならびに元請会社等に連絡し、指示を受けること。  
\*いつ、どこで、だれが、どのようなことか。
- (3) 被災者を安全な場所に移送し可能な限り応急処置を行うこと。  
\*必要により周囲の人の協力を求める。  
\*状況により、自動体外式除細動器(AED)も使用する。



- (4) 作業所内では、可能な限り1F-E.R.に移送し、医師の診察を受けること。
- (5) 人身災害発生場所は、そのまわりの状態を保存して置くこと。  
+ 原因調査、再発防止対策と連携保存が必要となる。

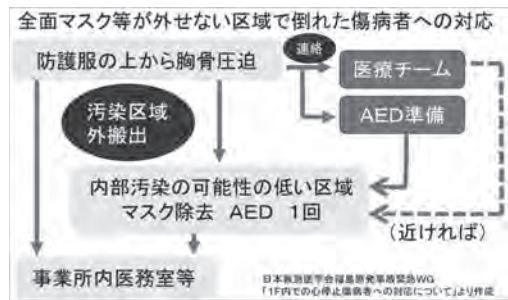
福島第一原子力発電所救急医療室

## 管理区域作業員「放射線防護教育」資料



福島第一原子力発電所救急医療室

## 管理区域で有事の際に緊急作業に従事する物への「緊急作業特別教育」資料



福島第一原子力発電所救急医療室

## 福島第一救急医療室心肺蘇生講習資料

1. 心臓発作と心臓病と心臓の病気

突然心臓が止まる人 年齢70代	救命率 1分に1%低下	救急の遅延 1分1%死亡率増加 10分10%死亡率増加	早期の心臓蘇生 1分1%死亡率減少 4分4%死亡率減少
--------------------	----------------	-----------------------------------	-----------------------------------

2. 1. 救急医療従事者としての役割

3. 救急医療従事者としての役割

4. 救急医療従事者としての役割

5. 救急医療従事者としての役割

6. 救急医療従事者としての役割

福島第一原子力発電所救急医療室

別刷り配布

## 現場作業員が傷病者に遭遇した時の安全管理(安全の確認)についての指導・周知事項→傷病者に駆け寄る前に、どんな安全の確認をするように教育していますか？

- A社
- 朝礼や事前検討会にて、下記内容を定期的に周知
  - 安全管理上問題の無い箇所へ移動させること
  - 放射線管理上問題の無い箇所へ移動させること
  - 作業主任者(殿欠他)が必要なエリアについては、その指示に従うこと
- B社
- 近くに人がいれば、声を掛け、場合によっては作業を中止し、安全な状況を確認し、近づく。
- C社
- まず自身の安全確保を最優先、次に傷病者の安全を確認してから駆け寄る
  - 傷病者の安全確認できない、または自信がない場合は駆け寄らず職員や元請職員に電話連絡する
- D社
- 周囲を確認し、安全(安定)状況が確認できてから近寄るよう指導している。
  - タンク内における溶接等の殿欠の危険のある場合は、二次災害を防ぐ為、空気呼吸器を装着してから救命活動に入る。(特別教育で指導)
- E社
- ※空気呼吸器は自社リース
  - 現状、傷病者発生・発見時の指導としては、通報連絡訓練を実施しているのみ
- F社
- 周囲の安全を確認してから近づく
  - 落下のおそれがないか、高圧量でないか、頭を打っていないか、意識があるか
- G社
- 「AHAガイドライン2015」に基づいて、周囲の状況を確認し現場が安全であることが確認できたら傷病者に駆け寄るように指導している。
  - その他現場のサイズアップ
  - ① 自身の安全確保 (2次被害防止)
  - ② 自分の仲間(同僚、部下)の安全確保 (2次3次被害防止)
  - ③ 周囲の人たちの安全確認 (3次被害防止)
  - ④ 倒れている傷病者の安全確保

福島第一原子力発電所救急医療室

現場作業員が傷病者に遭遇した時の現場処置についての指導・周知事項→傷病者を発見した時に、どんな事をするように教育していますか？

- A社
- ERに連絡
  - 工事担当者(必要に応じて放管員)などへ連絡
  - 自社様に常備しているAEDを利用する
- B社
- 復旧班長、ERに直ちに連絡することを徹底するように周知。その後の対応については、状況次第。
- C社
- 傷病者の容態確認(意識あるか等)し、職長や元請職員に電話連絡する
  - 緊急を要すると判断した場合は、ERに最初に電話連絡することに躊躇しない
- D社
- 人を呼び、救命活動者の人数を増やす。
  - 状況より被災者を動かせるか判断する。(頸椎損傷は動かさない)
  - AED、担架、万能ストレッチャーを準備する。
- ※AED、担架、万能ストレッチャーは社リソース
- E社
- 現状、傷病者発見時の処置については、AEDの使用と心肺蘇生に関する訓練を年1回実施。
- F社
- ERに連絡をしてERに搬送
  - 頭を打っていない場合は安全な所に移動
  - 胸骨圧迫・AEDの実施、現場保持
  - 空間線量の確認、防護衣の破れの有無
- G社
- 「AHAガイドライン2015」に基づいて対応するように指導している。例えば、傷病者の状態を確認し無線機等を使用して応援を呼ぶ
  - 周囲の人を呼んで安全な場所に移動させ、救急医療室への連絡。
  - 場合によってはAEDの手配、併せて胸骨圧迫等の心肺蘇生を行う
- 福島第一原子力発電所緊急対応策

Self: 感染防御

- 傷病者体液に対するバリア: 手袋、ゴーグル、耐水性ガウン、マスク等
- すべての患者の血液・体液には感染性があるとの前提で対処する。
- 複数患者の場合は、患者間で手袋交換



改変JPTec

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

Scene: 状況評価  
安全確保/二次災害防止



©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

改変JPTec

Scene: さまざまな危険

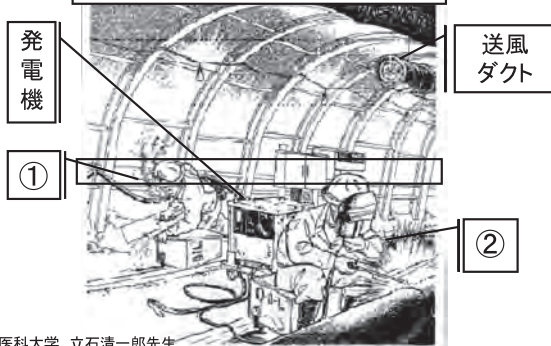


©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

改変DMAT教育資料

Scene: ハザード(危険要因)の認知

トンネル内での切断作業、溶接作業



産業医科大学 立石清一郎先生

Scene: ハザード(事故要因)の見極め

分類項目	内容
1 墜落	人が建物、足場、階段など2m以上から落ちる
2 転落	人が建物、足場、階段など2m未満から落ちる
3 転倒	人が平面上で転ぶ
4 激突	人が主体となって静止物または動いているものに当たる
5 飛来、落下	飛んでくる物、落ちてくる物が主体となって人に当たる
6 崩壊、倒壊	足場、建築物等が崩れ落ちまたは倒壊して人に当たる
7 激突され	物が主体となって人に当たる
8 はさまれ、巻き込まれ	物にはさまれるまたは巻き込まれる
9 切れ、こすれ、刺さる	切れる、こすれる、刺さる(刃物、出っ張りなど)
10 踏み抜き	釘、金属片等を踏み抜いた場合
11 おぼれ	水中に転落しておぼれた場合
12 高温および低温物との接触	高温または低温の物との接触および火災、水蒸気等に曝露された場合を含む
13 感電、電気火傷、電撃	高電圧線等に接触した場合
14 爆発	圧力の急激な発生、又は開放の結果、爆音を伴う膨張等が起きる場合
15 破裂	容器または装置が物理的な圧力によって破壊した場合
16 火災	可燃物等による火災の発生

産業医科大学 立石清一郎先生




Scene:健康上のハザード(健康障害要因)の見極め

- 化学的健康障害要因
  - 液体、ガス、ダスト、ヒューム、(酸欠)
- 物理的健康障害要因
  - 騒音、振動、温熱・寒冷、電離放射線・非電離放射線、水圧・気圧
- 生物的健康障害要因
  - 細菌、ウイルス、昆虫、植物
- 人間工学的健康障害要因
  - 重量物、姿勢、繰返し作業
- 心理社会的健康障害要因
  - ストレス、勤務時間


放射線、放射性物質以外にも多くのハザード(事故要因・健康障害要因)が存在する!

産業医科大学 立石清一郎先生


放射線は測定により人体影響を推計出来る




GMサーベイメーター



NaIサーベイメーター



電離式サーベイメーター




環境の放射線量を測定  
汚染の程度を測定

地面      Rf      ヘラ線      ガンマ線

Bq(ベクレル)とSv(シーベルト)を測定する機器を区別する

**Bq(放射エネルギー)**  
薪(の本数)  
1秒間に一本の放射線を放出すると1ベクレル



放射線

放射性物質

Sv(人体影響量)  
熱(感じる熱さ)

放射線被ばくによる人体影響

放射線被ばく・汚染

1. 外部
2. 内部
3. 全身
4. 局所
5. 汚染(付着)

生体反応

1. 確定的影響
2. 確率的影響

放射線影響

Lethal Dose  
10,000 (=10Sv(Gy))

1,000 (=100Sv(Gy))

100 (=10Sv(Gy))

10 (=1Sv(Gy))

1 (=0.1Sv(Gy))

[mSv]



1. 急性(確定的影響)  
臓器・組織障害、急性放射線症候群、細胞死
2. 慢性(確率的影響)  
発がんリスク(線量非依存性)、細胞奇形
3. 不確か  
臓器被ばく線量限度: 50mSv/y  
自然界のバックグラウンド: 2mSv

未来のリスク低減

Survivor: 緊急度の高い疾患

医療開始までの時間が治療効果を左右する疾患

- 気道閉塞
- 呼吸不全
- 心筋梗塞・心停止
- 脳卒中
- アナフィラキシーショック
- 多発外傷

救命率に治療開始時間が影響する疾患  
=救急の格差を生じやすい疾患  
ゴールデンアワーは1時間

Survivor: 病院前救護(消防)と現場安全

状況評価(現場)

- ・感染防御
- ・二次災害予防
- ・現場状況評価

初期評価

意識: 痛みに反応?

A: 発声?  
B: 見る!聞く!感じる!  
C: 脈、皮膚、爪、外出血

簡易全身観察

頭部(頸部、頸静脈、気管)  
胸部(気胸、開放創、フレイル)  
腹部(疼痛、膨満、開放創)  
骨盤動揺(一回だけ!)  
両大腿骨折

心停止→心肺蘇生 → 脊柱固定 → 現場出発!

C: 全例手頭椎保護  
A: エアウェイ(禁忌に注)  
・吸引  
・下顎挙上  
・下顎押し出し

(気道管理困難)

脊柱固定 → 現場出発!

B: 全例酸素10L以上  
・必要ならば換気補助  
C: 外出血圧迫止血

緊急処置

・開放性気胸三辺テープ  
・フレイル固定  
・穿通異物の安定化  
・腸管脱出のラッピング

脊柱固定 → 現場出発!  
(5分以内に出発)

軽症症例 (2分で完了!) → 現場出発!

改変JPTECガイドブック改訂第二版

### Survivor: 病院前救護(消防)と現場安全

<b>状況評価(現場)</b> ・感染防御 ・二次災害予防 ・現場状況評価	<b>C: 頸椎保護</b> 用手で呼びかけと同時に
<b>初期評価</b> 意識: 痛みに反応? A: 発声? B: 見る(聞く)感じる! C: 脈、皮膚、爪、外出血	<b>A: 気道評価</b> 会話可能か? 気道確保(下顎挙上)
<b>簡易全身観察</b> 頭部(頸部、頸静脈、気管) 胸部(気胸、開放創、フレイル) 腹部(疼痛、膨満、開放創) 骨盤動揺(一回だけ!) 両大腿骨折	<b>B: 呼吸評価</b> 見て、聞いて、感じて(早さ、深さ、左右差は) <b>C: 循環評価</b> 橈骨動脈・総頸動脈の触知(強弱) 早い(>120)、遅い(<60) 皮膚 冷たい 湿っている 外出血圧迫止血

軽症症例 (2分で完了!) 改変JPTCCガイドブック改訂第二版

### Survivor: 現場でできる処置

- ・ 圧迫止血
- ・ 固定
- ・ 保温
- ・ 心停止に対する胸郭圧迫と除細動
- ・ (酸素投与)

現場で有効かつ可能な処置は上記の様に限られている  
ただし、上記は有効であり放置すると死に至る事がある

©2018 Aifumi HASEGAWA FMU

### Survivor: ニュートラルポジションと気道確保

頸椎軸が解剖学的に自然な弯曲に保たれた状態

外傷患者では頭部後屈法は禁忌  
下顎挙上法を行う

額→鼻→口→顎→みぞおち→臍→股  
が一直線になるように、あたかも一本の丸太のように固定

改変JPTCC

### Survivor: 病院前 外出血の止血方法

```

    graph TD
        A[血だまり、したり、吹き出し] --> B[直接圧迫止血法]
        B --> C[有効(止血)]
        B --> D[無効(血だまり、したり、吹き出し)]
        D --> E[タニケット装着が可能(四肢外傷)]
        D --> F[タニケット装着が不可能(接合部外傷: 頸部、腋窩、鼠径、体幹)]
        E --> G[タニケット (CAT: Combat Application Tourniquet)]
        F --> H[止血材併用 直接圧迫]
    
```

- ・ 直接圧迫止血で止血できないとき
- ・ 切断肢の止血時に使用する
- 血圧の2.5倍の圧で加圧する(上肢300mmHg、下肢500mmHg)

©2018 Aifumi HASEGAWA FMU

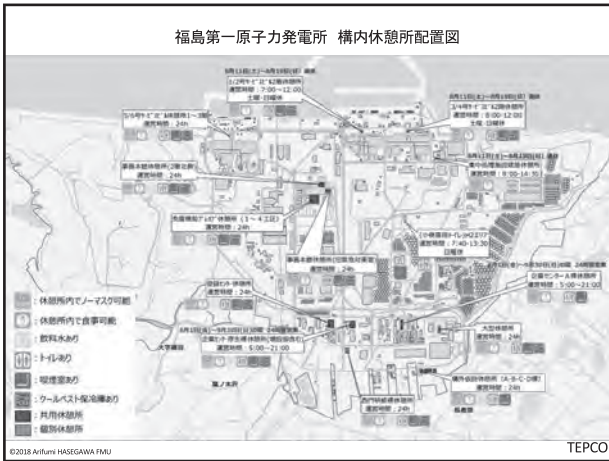
### CAT: Combat Application Tourniquet

©2018 Aifumi HASEGAWA FMU

### 1F構内外AEDマップ

©2018 Aifumi HASEGAWA FMU

TEPCO



1F正門前救急医療室

- 常駐スタッフ: 医師・看護師・救急救命士、事務
- 対応: 24時間365日
- 設備: US, X-ray、救命薬剤、一般薬剤
- 貢献と経験

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU

SSSの観点から対応手順を挙げて下さい

大熊線引き込み変電(夜の点検1号)

TEPCO

SSSの観点から対応手順を挙げて下さい

基礎

倒壊したコンクリート(その後 崩落)

作業員(作業者)

被災者

Traumatic apnea

- buried with concrete and sand
- died
- No contamination
- No high dose exposure

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU Nikkei BP, TEPCO

SSSの観点から対応手順を挙げて下さい

Multiple trauma

Lie under the 390kg iron plate

- Lt hemothorax
- Hypovolemic Shock
- Cervical cord injury

No contamination

No high dose exposure

©2018 Arifumi HASEGAWA FMU TEPCO

**SSSの観点から対応手順を挙げて下さい**  
 10m fall from the roof hole to the bottom of the empty water tank  
 "Safety belt had equipped but not fixed"

タンク天板部  
 高さ 約10m  
 タンク天ハッチ  
 約1m×約0.8m

TEPCO

**SSSの観点から対応手順を挙げて下さい**

TEPCO

**危険体感施設**  
 (福島第一廃炉推進カンパニー)

(C)DigitalGlobe

**危険体感施設**  
 (福島第一廃炉推進カンパニー)  
 【KYT訓練】16個の間違いをを見つけよう！

TEPCO