労災疾病臨床研究事業費補助金

分担研究報告書

日立ＧＥ(株)における放射線管理関連教育と放射線不安解消への取組み

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　加藤 尊秋　　北九州市立大学国際環境工学部 教授
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　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　立石 清一郎　産業医科大学保健センター 准教授

研究要旨

本研究班における放射線教育講習会の内容については、福島原子力発電所（福島原発）現場と教育のニーズを把握することは重要である。東電福島原発の元請企業で、日立ＧＥニュークリア・エナジー株式会社（日立GE）は複数の協力企業とともに廃炉作業を行っている。同社の福島原発構内にて取り組まれている独自の作業ルール、安全対策（朝礼、TBMKY等）や管理体制を視察し、放射線教育と不安解消の対応に対する教育内容について情報提供を得た。また産業医、放射線管理要員等と議論を行った。これらを当研究班の教育プログラムに取り組むための参考とした。

Ａ．研究目的

放射線教育講習会の講義内容が福島原発作業に沿ったものとするために、福島原発作業者が原発構内でどのような作業をしているのか状況を把握することが重要である。元請企業の一つである日立GEニュークリア・エナジー株式会社（日立）が行っている放射線教育と不安解消の対応について情報提供を得ることを目的とした。

Ｂ．研究方法

日立の福島第二原発（2F）事務所に赴き、そこで行われている朝礼とTool Box Meeting(TBM)及びリスク危険予知(RKY)、さらに福島第一原発(1F)での作業状況を視察し、放射線教育と不安解消の対応についての情報を提供してもらった。

Ｃ．研究結果

Ⅰ．１F及び2F構内での作業安全対策

2F事務所内には、放射線や関連するニュース、災害事例など貼られ、最新の情報をわかりやすく作業者に伝達していた。

表１．日立独自に１F構内での作業ルール

１F 七つのルール
1. 取扱い重量100kg以上の物は人力で扱わない。揚重機等の使用を検討する。
2. 体調不良者が発生した時は、迷わず医務室へ搬送し、体調不良者を一人にしない。事務所に着くまで付き添う
3. 高所作業時は２丁掛け安全帯を使用する
4. きめ細かいRKY*を行い、確実に現場で実践する。作業の中で変化、変更が発生した時は、報・連・相を行い、再度RKYを行い安全を確認する
5. 危険度の高い、高所・閉所・暗所の一人行動は厳禁とする
6. 建屋内作業は全員がヘッドライトを着用する
7. 交通ルールは必ず守る

*RKYはリスク危険予知、一般的にTBM-KY：Tool Box Meeting-危険予知とも言われる。

表2. 放射線管理 ３つのルール

１F放管　三つのルール
1. APD*・GB*（の紐）は首から絶対に外さず、適時着用確認を行う
2. マスク使用時は、フィルタの装着・締込確認とリークチェックを行う
3. 線量率に応じて滞在時間を設定するとともに、APD予備警報4回目で作業エリアから退去する

*APD: Alarm Pocket(Personal) Dosimeter（アラーム付きポケット（個人）線量計）

*GB: Glass Badges（ガラスバッジ）

表１及び２のような福島原発事故を経験にした独自のルールが定められ、事務所内に掲示されていた。

朝礼の現場では、災害事例を掲示することにより、災害事故抑制の啓蒙を行っている（図1）。

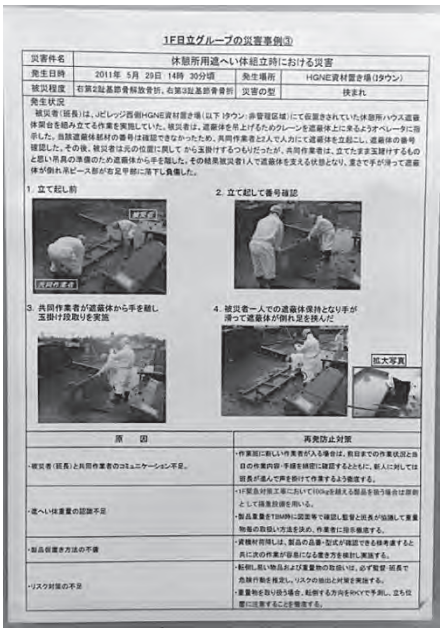


図１：１F 構内での災害事例の啓蒙

複数の協力企業を集め、当日の作業の流れと安全の確保の方法について順を追って白板に記入しながら説明があった。また、その日は作業のリスクとして、クレーンによる物の移動の時に手を挟む可能性があること、それを防ぐために作業中は声を出して指さし確認することなどの注意があった。現場責任者の「安全に対する姿勢」が示されていた。

次いで各作業班に分かれ、当日の作業について作業手順RKY用紙に記載した。作業件名、作業エリア、日時、天候を記載し、作業手順、リスク要因、リスク点数（可能性、重大性、合計点）、対策（私たちはこうする、型別「リスク除去・低減」対策リスト確認）、班長、誰が（行うのか）、再評価リスク点数、相互確認必要作業か、ということに関して意見を出し合っていた。作業手順に関して、9件程度上げ、その対策をそれぞれ一つずつ記載されていた。リスク点数は、可能性：大5点、中3点、小1点、重大性：重症10点、軽症5点、ヒヤリハット１点として、5点以下にならないと作業が認められない。危険要因の認識やそれに対する対応などを共有し危険の芽の摘み取りの努力を行っている。作業によっては複数班による共同作業も行われることから、作業前のこの安全に関する意見交換が充分行われていることが重要である。また、作業が終わった後も同様に、作業の安全に関する意見交換を行い、結果を用紙に記入し、日々の反省をしているということであった。

事故の多くはヒューマンエラーである。そのため、安全に関しての危険予知の先取りは事故防止に役立つ。ヒューマンエラーの他に、現場における個々のリスク（低い天井、濡れた床等）や取り違え、勘違いなどについても意見が出ている班もあった。また、全員参加の意見交換によってチームワークも強くなり、現場の問題解決にも貢献すると考えられた。

現場においては、至る所に線量モニター計が設置され、また、数値を書いた紙も貼ってあり、被ばくに関する注意喚起がなされている。除染によって線量が下がったので、全面マスク・防護服着用エリアが少なくなり、簡易マスクや一般作業着での作業エリアが増え、作業がしやすくなり安全度が増している。また、熱中症対策（クールベスト、塩飴など）や健康管理も常時成されている。大型休息所が完備され、一般の見学者も利用していることからも、被ばくのリスクは減少していることが視覚的にも感じることができ、精神的にも負担が減少したことが分かる。

Ⅱ．放射線管理関連教育

日立の作業者に対する教育と不安解消対策についてスライド資料をもちいて説明を受けた。法令で定められた教育のみならず、作業者の放射線不安に対応すべく、日立独自の教育放射線体感教育などが行われていた。

1. 教育面からの対応

法令で定められたａ教育、ｂ教育以外の教育として、①入所時放射線管理教育、②マスク装着/装備着脱訓練及び③放射線体感教育を実施している。

① 入所時放射線管理教育

2011年8月から実施

対象：１F登録する作業者全員

内容：１Ｆの現状、現場立入方法、特に注意すべき内容（マスク着用時の注意等）、日立として実施している対策、過去のトラブル事例の紹介

② マスク装着/装備着脱訓練

2014年10月から実施

対象: 原子力、１F現地が初めての作業者（原則、現場立入前に実施）

内容：実際に着用するマスク・カバーオールを事務所に準備し、いつでも・誰でも自由に訓練・着用経験が出来るようにしている。

マスク着用の未経験は、全面マスクを実際に着用し、締め付け具合について体感する。

装備の着脱についても、グループ毎に必要に応じて訓練を実施する。

③ 放射線体感教育

2014年12月から実施、年2～4回程度実施

対象：原子力、１F経験の浅い作業者

内容：実際には目に見えない放射線・放射性物質を、体感的・感覚的に理解してもらうため、4つの教育を実施

- 身体汚染体感（装備脱衣時の汚染の広がり具合を体感）
- APD警報音聞き取り体感（騒音下でのAPD警報音聞き取り体感
- 線量低減体感（遮へい・距離での線量低減を理解）
- マスクリーク体感（全面マスク着用方法によるリーク量の変化を理解）

放射線体感教育による理解度を◎、○、－、△、×で評価している。全面マスク、線量低減、APD聞き取り、身体汚染体感の4項目について検討している。教育前はAPD音認識が低かったが、教育後は△、×が無くなり、理解度がいずれも上昇していた（図2）。

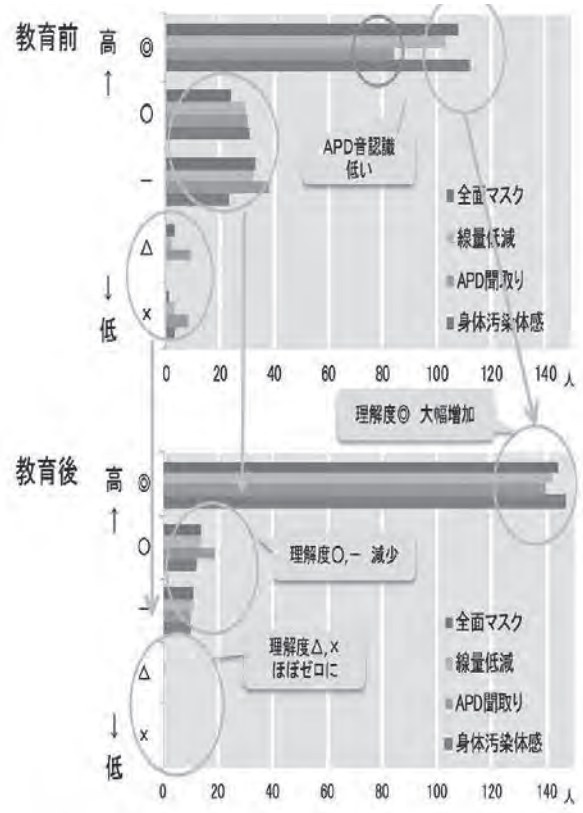


図2：放射線体感教育前後での理解度の変化

2. 環境面からの対応

①保健指導、②現場環境整備（熱中症対策、健康面対策、被ばく低減対策、装備の軽減、③積極的な情報提供を実施している。

① 保健指導

- 定期的に、日立産業医が現地事務所に来所し、作業者への保健指導を実施（月2回）
- 作業者は 3ヶ月／回 の頻度で受診
- 震災年の7月より、現地に産業医を派遣して指導を実施している

2016年4月から保健指導実績は、約150から約250の間で推移している。（図3）

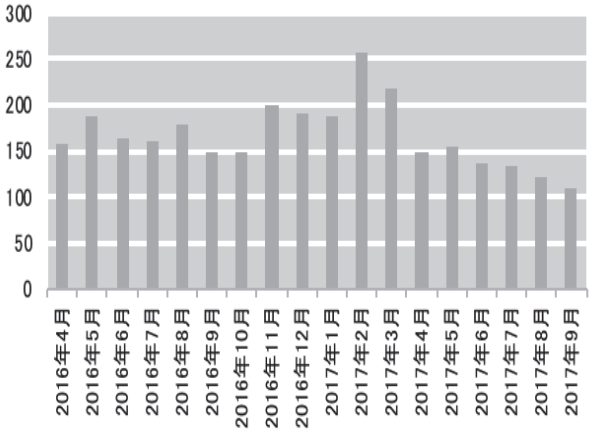


図3.月別保健指導実績

② 現場環境整備

熱中症対策

・ 夏季期間のクールベスト着用
・ 塩飴、梅干、OS-1配備
・ WBGT値確認、記録
・ 30分毎の体調確認、１時間毎の休憩
・ 構内休憩所に応急手当普及員を配置（夏季期間、東京消防総監認定員）

健康管理対策

・ 日々の体調確認（チェックシート使用）
・ 血圧の確認（事務所内に約30台血圧計設置）
・ 体温の確認（約60個体温計準備）

被ばく低減対策

・除染・遮へい
除染・遮へいにより、高線量率エリアの線量率を低減させた後に作業実施
・現場での線量表示
線量率表示、サーベイデータ掲示、エリアモニタ（電光式線量表示）設置、チカチカチューブ設置（高線量エリア注意喚起）
・設計段階での検討
高線量率エリアを避けた配管ルートの選定等により、高線量率下作業物量を低減させる
・無人化・遠隔化
ロボット等の活用により、高線量率下での人力作業の低減、削減を図る
・補助測定器の活用
高線量エリアでは、目安PDを着用し、受けた被ばく線量を見える化
・低線量エリア設定
低線量待機エリア設定
高線量側の作業を低線量エリアにいながら遠隔カメラで状況確認、マイクよる指示を実施
・モックアップ訓練の実施
実物を模擬した設備を使用し、実際の作業手順を確認する。
全面マスク、カバーオールなどの実際の装備も着用し、実現場で落ち着いた行動をとれるようにする。

③ 積極的な情報提供

・安全衛生協議会
安全・衛生・放射線管理関係等の内容について、関係各社への周知を実施（１回／月）
・全体朝礼
全体朝礼時に安全・衛生・放管等の各種内容について周知。
デモンストレーションによる意識高揚対策等実施。
不具合事例（他社含む）の周知。
・放射線関連資料の配布・掲示
他サイトでのトラブル事象や、放射線管理に関係する内容をポスター化して、配布・掲示
・被ばく線量管理表配布

定期的に「被ばく線量管理表」を配布し、個人の「月」「年度」「5年間」の被ばく線量実績を確認してもらう（表3）。

事業所別線量管理表

(2017年10月05日現在)

氏 名	中央登録番号	顧客管理番号	残線量							
			(mSv)	[対象項目]	当 月	3ヶ月	年度	年度(X)	5年間	5年(X)
			9.93	3か月	0.07	0.07	0.62	1	5.32	1
			9.99	3か月	0.01	0.01	2.37	1	12.77	1
			10.00	3か月	0	0	1.81	1	17.11	4
			9.84	3か月	0.16	0.16	4.10	0	19.90	0
			9.97	3か月	0.03	0.03	6.25	1	14.95	1

表３：事業所別線量管理表例

これら日立の取り組みでは、訓練用装備の配備、体感教育開始、朝礼デモを開始したことにより、放射線管理上の軽微な不具合（携行品モニタ、退出モニタでの警報発報）の発生率（発生件数/立ち入り人数）が徐々に減少し、平成 29 年１月以降はほぼ 0 となっている。

3. 産業医からのコメント

教育等を受講する作業者は、かなりの割合で入れ替わりがある。1F 作業の放射線不安解消対策は、放射線管理要員の負担が大きい。しかし、作業者は放射線不安と訴える者はほとんどいない。その要因として信頼関係の構築が大きな影響を及ぼしていると感じている。

D．考察

福島原発事故から6年以上経過して、作業環境が良くなったこと、被ばくするエリアが少なくなったことに加え、日々のTBM-RKYの繰り返しにより、安全性が高まってきている。日立においては、教育面や環境面からの対応の工夫により、不安が低減し、事故発生の減少につながっていると考えられた。

また日立の現場では、これまでも放射線不安を訴える作業員はほとんどいないのは、日立と協力会社、あるいは社員間における信頼関係をいかに築くかという会社組織としての取り組みがあることも、放射線不安がほとんどない要因であると考えられている。今回示した教育や環境整備などによる放射線教育だけでなく、責任者、産業医や放射線管理要員などが信頼関係構築を行う努力がうかがえた。その努力に敬意を表する。

E．結論

本研究班における教育講習会は、放射線に対する不安を解消するためには、現場に即した教育面と環境整備面からの対応が重要である。さらに、講師側が話すという一方的でなく、受講者からの不安の原因を吸い上げ、問題解決型の双方的教育が必要であると考えられた。

F. 参考文献

日立提供スライド（資料 5）

「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」研究班殿向け
説明資料

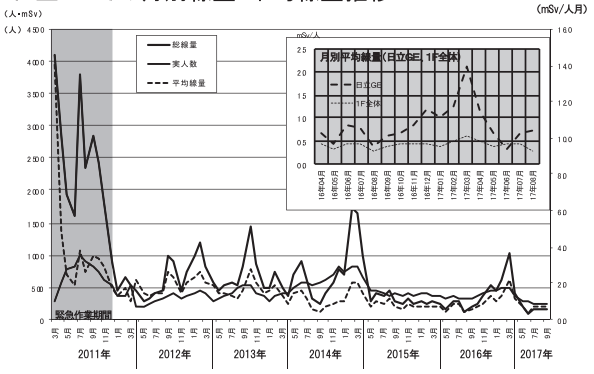
日立GEにおける
放射線管理関連教育と
放射線不安解消への取組み

2017年 10月

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

震災以降の被ばく状況

日立GEでの月別線量・平均線量推移

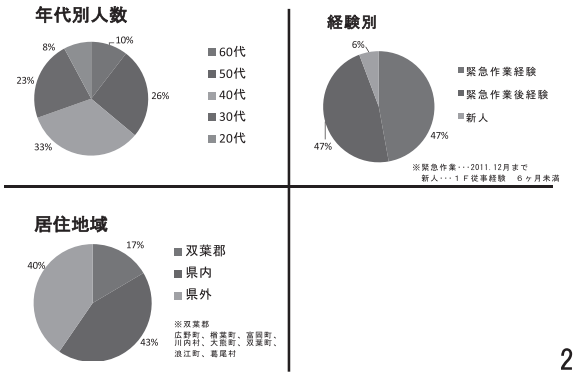


1

震災以降の被ばく状況

日立GEの人員構成(現時点)

現地常駐の約200人について分類



2

従事者に対する教育と不安解消対策

従事者の放射線不安に対して、教育面・環境整備の面から対応を実施

教育面での対応	環境面での対応
■法令で定められた教育 ・a教育、b教育 ■日立GEとして実施する教育 ・入所時放管教育 ・マスク装着/装備着脱訓練 ・放射線体感教育	■保健指導 ■現場環境整備 熱中症対策、健康面対策 被ばく低減対策 装備の軽減 ■積極的な情報提供

3

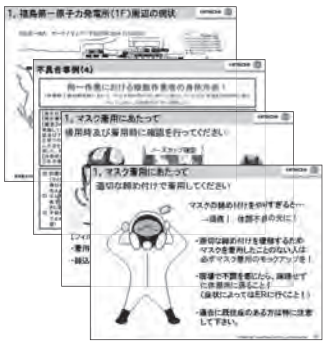
教育面での対応

入所時放射線管理教育

【対象】
1F登録する従事者全員

【内容】
・1Fの現状
・現場立入方法
・特に注意すべき内容
（マスク着用時の注意等）
・日立として実施している対策
・過去のトラブル事例

【開始時期】
2011年8月～



4

教育面での対応

マスク装着／装備着脱訓練

【対象】
原子力、1F現地が始めての従事者
（原則、現場立入前に実施）

【内容】
実際に着用するマスク・カバーオールを事務所に準備し、いつでも・誰でも自由に訓練・着用経験が出来るようにしている。

マスク着用の未経験は、全面マスクを実際に着用し、締め付け具合について体感する

装備の着脱についても、Gr毎に必要に応じて訓練を実施する

【開始時期】
2014年10月～

5

教育面での対応

放射線体感教育

【対象】

原子力、1F経験の浅い従事者に対して、2～4回／年程度実施

【内容】

実際には目に見えない放射線・放射性物質を、体感的・感覚的に理解してもらうため、4つの教育を実施

- ・身体汚染体感（装備脱衣時の汚染の広がり具合を体感）
- ・APD警報音聞き取り体感（騒音下でのAPD音聞き取りを体感）
- ・線量低減体感（遮へい・距離での線量低減を理解）
- ・マスクリーク体感（全面マスク着用方法によるリーク量の変化を理解）

【開始時期】

2014年12月～

詳細内容は次頁以降

6

教育面での対応

放射線体感教育（実施内容）

身体汚染体感

蛍光塗料を汚染に見立て、塗料が付着した防護装備の着脱を通じて、汚染の拡散の様子を知り、防護装備の正しい着脱方法を確認する。（着脱補助員有無による汚染付着状態の違いを体感）

【手順】
①防護装備着装
②蛍光塗料塗布
③装備脱装（補助員 有・無）
④脱装後の蛍光塗料付着確認

本教育には以下の類似品を使用

7

教育面での対応

放射線体感教育（実施内容）

APD警報音聞取り体感

APDデモ機で警報音を体感することで、現場で落ち着いた対応が出来るようにする。
また、騒音の有無による聞き取りにくさなど、様々な状況において警報音を実際に聞き取り、実際の現場における警報音認識の感受性を高める。

【手順】
①警報音聞取り
②グラインダー
作動時間聞き取り

APDデモ機

8

教育面での対応

放射線体感教育（実施内容）

線量低減体感

放射線源を用いて、距離および遮へいによる放射線の減衰を目の前で確認することで、被ばく低減の基礎知識を理解する。

【手順】
①天然核種含有のタングステン
電極棒を線源とする
②電極棒から徐々に距離をとり、
線量率を測定（グラフに記入）
③電極棒に鉛板を重ねていき、
枚数毎での線量率を測定
（グラフに記入）

9

教育面での対応

放射線体感教育（実施内容）

全面マスクリーク体感

全面マスクのリークチェック確認を行い、マスクの確実な着用法を身に付ける。
着用状態の違いによるマスクのリーク状況を確認する。

【手順】
①ﾏｽｸﾌｨｯﾃｨﾝｸﾞﾃｽﾀｰにて面体の
密着状態確認
②意図的に顔面と面体間に綿
帽子を噛み込ませ、①を実施

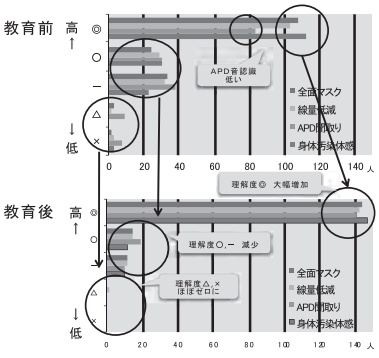
ﾏｽｸﾌｨｯﾃｨﾝｸﾞﾃｽﾀｰでのリーク量体感

10

教育面での対応

放射線体感教育（実施結果）

体感教育前後での認識度の違い



受講後アンケートにより、理解度の向上を確認

教育前
・APD音認識 低

教育後
・理解度○、－ が減少
・理解度△、× ほぼゼロに

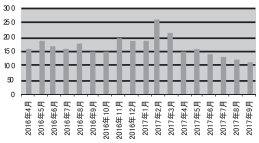
11

環境面での対応｜保健指導

保健指導の実施

・定期的に、日立産業医が現地事務所に来所し、従事者への保健指導を実施。（2回／月の頻度で実施）
・従事者は 3ヶ月／回 の頻度で受診
・震災年の7月より、現地に産業医を派遣して指導を実施している。

診断前の体重測定



月別保健指導実績

産業医による面談・指導

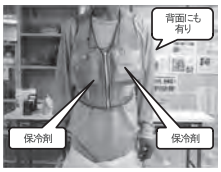
12

環境面での対応｜現場環境整備

健康管理

熱中症対策

・夏季期間のクールベスト着用
・塩飴、梅干、OS-1配備
・WBGT値確認、記録
・30分毎の体調確認、1時間毎の休憩
・構内休憩所に応急手当普及員を配置（夏季期間、東京消防総監認定員）



その他健康管理対策

・日々の体調確認（チェックシート使用）
・血圧の確認（血圧計 事務所内に約30台設置）
・体温の確認（体温計 約60個準備）

13

環境面での対応｜現場環境整備

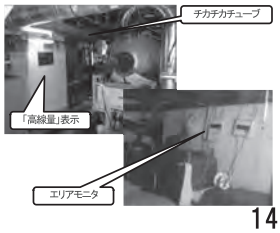
現場環境整備

除染・遮へい

除染・遮へいにより、高線量率エリアの線量率を低減させた後に作業実施

現場での線量表示

・線量率表示
・サーベイデータ掲示
・エリアモニタ（電光式線量表示）設置
・チカチカチューブ設置（高線量エリア注意喚起）



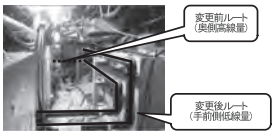
14

環境面での対応｜現場環境整備

各作業での被ばく低減対策

設計段階での検討

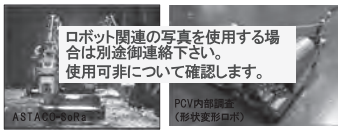
高線量率エリアを避けた配管ルートの選定等により、高線量率下作業物量を低減させる



設計変更による線量低減の例（配管ルート見直し）

無人化・遠隔化

ロボット等の活用により、高線量率下での人力作業の低減、削減を図る



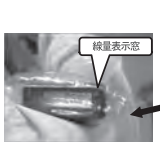
15

環境面での対応｜現場環境整備

各作業での被ばく低減対策

補助測定器の活用

高線量エリアでは、目安PDを着用し、受けた被ばく線量を見える化



目安PD着用状況

低線量エリア設定

・低線量待機エリア設定
・高線量側の作業を、低線量エリアにいながら遠隔カメラで状況確認、マイクよる指示を実施

低線量待機・指示エリア

作業エリア

16

環境面での対応｜現場環境整備

各作業での被ばく低減対策

モックアップ訓練の実施

実物を模擬した設備を使用し、実際の作業手順を確認する。

全面マスク、カバーオールなどの実際の装備も着用し、実現場で落ち着いた行動をとれるようにする。

17

環境面での対応｜情報提供
重要事項の伝達

安全衛生協議会

安全・衛生・放射線管理関係等の内容について、関係各社への周知を実施（1回／月）

全体朝礼

・全体朝礼時に安全・衛生・放管等の各種内容について周知

・デモンストレーションによる意識高揚対策等実施

・不具合事例（他社含む）の周知

APD・GB取扱デモ

全面マスク取扱、リークチェックデモ

環境面での対応｜情報提供
放射線関連資料の配布・掲示

他サイトでのトラブル事象や、放射線管理に関係する内容をポスター化して、配布・掲示

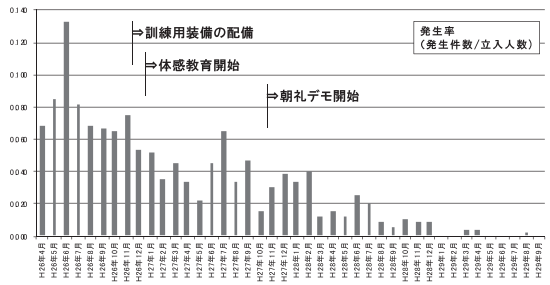
被ばく線量管理表配布

定期的に「被ばく線量管理表」を配布し、個人の「月」「年度」「5年間」の被ばく線量実績を確認してもらう

教育等による効果
放射線管理上の不具合推移

・放射線管理上の軽微な不具合の推移

（軽微な不具合・・・携行品モニタ、退出モニタでの警報発報）



HITACHI

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

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 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 簑原 里奈　産業医科大実務センター　助教
研究協力者 林 卓哉　産業医科大実務センター　修練医

研究要旨

当該研究班の放射線不安調査によると、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ことがわかった。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。またこれまでウクライナやフランスで得た情報もを反映し、別途過年度調査により抽出されたことを鑑みて、教育プログラムを作成した。3年の研究期間で得られた講習会の最終版は、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。また、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. リスクコミニュケーション(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ニュ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。教育内容は、現場の作業変化に伴い、更新していく必要性があると考えられた。

A. 研究目的

放射線業務従事者は、放射線被ばくのために、放射線に対する不安が残っている。被ばく線量が高いほど、不安が高くなる傾向にある。WHO及びUNSCEARの報告書では、精神的・心理的影響が大きかったとされている。放射線不安を軽減するためには、正しい知識を習得することも必要であると考えられる。

これまでの福島原発及び海外視察で得た情報を元に、放射線教育講習会の内容を年々グレードアップし、放射線業務従事者に対する知識向上と不安軽減を効果的なより良い放射線教育講習会を行うことが、本研究の目的である。

B．研究方法

これまでの海外視察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ていった。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。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．リスコミの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（机上演習を含む）。

なお、（株）千代田テクノル放射線安全･一般安全講習会では、講習会の性質上、座学講義のみで、実習と机上演習は行っていない。

千代田テクノル放射線安全･一般安全講習会

毎年、千代田テクノルとその協力会社向けに講習会が、東京、大阪、 福岡及び仙台会場で行われる。この3年間での講習会の内容は下記の通りである。

平成 28 年度講義項目
放射線概論(資料 6)、放射線防護計測及び安全取扱(資料 7)、放射線人体影響(資料 8)、放射線リスクコミニュケーション(資料 9)、放射線災害の対応(資料 10)

平成 29 年度講義項目
放射線の人体影響、原子力防災と緊急モニタリング(資料 11)、原子力災害医療−医療の視点から見た放射線安全(資料 12)、放射線リスクコミニュケーション(資料 13)

平成 30 年度
放射線の人体影響(資料 14)、モニタリングリスクアセスメント(資料 15)、原子力災害医療と福島事故後の放射線影響(資料 16)

福島第一原子力発電所作業員向け講習会

平成 29 年度から 2 年間、福島原発作業員に対する放射線教育講習会を行った。

平成 29 年度講習会プログラム
座学講義：放射線の人体影響、原子力防災と緊急モニタリング、原子力災害医療−医療の視点から見た放射線安全
放射線リスクコミニュケーション（座学講義とロールプレイ）（資料 17、18、19）
机上訓練

平成 30 年度講習会プログラム
座学講義：放射線の人体影響、モニタリングとリスクアセスメント、原子力災害医療と福島事故後の放射線影響
放射線リスクコミニュケーション（座学講義とロールプレイ）
実習（防護服着脱、マスクフィットテスト(資料 20)、測定実習(資料21)）、机上訓練(資料22、23、24)

机上訓練方法

一回の訓練所要時間は、1時間10分ほどとした。訓練手順は次の通りである。議論の活性化のために、乱数を用い参加者を事前に班分けした。1つの班は6から7名とした。これにより、各班には、様々な企業、職種、作業現場の作業者が集まる形となった。訓練開始とともに班別に着席してもらい、以下の手順で司会進行をした。

1. 演習趣旨説明、司会者、講師紹介（3分）
2. 班別に自己紹介（職務内容等）、代表者と書記を決定（7分）
3. 各班で課題 1 の議論と模造紙への結果まとめ（15分）
4. 課題 1 の発表（各班代表者）（10分）
5. 各班で課題2の議論と模造紙への結果まとめ（15分）
6. 課題 2 の発表（各班代表者）（13分）
7. 司会者・講師からのコメント、講評（7分）

訓練課題は、次の2つとした

課題１：仮に、イエローゾーン、または、レッドゾーンで転落や転倒、急病等で作業者1名に救急搬送を要する事態が生じたと想定してください（要救助者発生）。 どんな状況があり得そうか、グループで決めてください ・要救助者の状況と原因 （例：出血のある骨折、心筋梗塞） 難しければ、長谷川教授の資料の14-15ページから選んで下さい ・現場の状況 ・放射性物質による作業者の汚染の状況 模造紙に記入してください
課題２：さきほど想定していただいた状況について、長谷川教授の資料を参考に、現場で気をつけるべきことを挙げてください。模造紙にメモしてください。 ①Self　自分の安全確保 ②Scene　　周囲の安全確保 ③Survivor　　要救助者の安全確保 ふだん装備していて使えそうな機材、 追加で必要な機材があれば、挙げて下さい。

（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

平成 30 年度の座学講義内容の 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。最終年度の講義内容を示す。

1. 放射線の人体影響（資料 14）

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、講義途中でともに誤り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 15）

平成 29 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（資料 11）、その流れの発展版として、最終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（資料 15）。

（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。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。

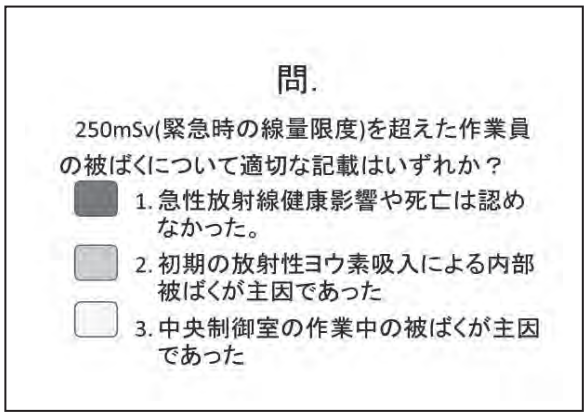
3. 原子力災害医療と福島事故後の放射線影響（資料 16）

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。正当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問も一部設けた。受講生の主体的な参加を実現した。



Ⅱ. リスコミを含めた座学講義とロールプレイ学習（資料 18、19、20）

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：放射線リスクコミニュケーション）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。

受講生のシナリオ発表してもらうようにしている。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 21）

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。

福島原発作業員は、ほとんど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±2.6％であり、使い捨てマスクは 0.97±1.1％と好成績であった。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。

3.サーベイメータ実習（資料 22）

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γ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β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α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・机上演習）（資料 24）

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、放射線防護と当時に啓発した。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。

5. 机上演習（資料 25）

上記の内容は、机上演習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。

参加者の所属は、東京電力関係者、現場の作業を行うプラントメーカーやゼネコン関係者、放射線管理を行う企業、さらに、発電所関係の事務を行う企業等であった。これらをグループ分けした。職種も多様であり、実際に防護服を着て現場に入る人に加え、現場とは離れた場所で事務作業のみを行う人も参加していた。現場に入る人については、作業班のリーダー的な立場となる人や放射線管理員など、ある程度、放射線や放射性物質に関する知識と経験のある人が中心であった。参加者の大半は男性であったが、各回ともに数名の女性参加者もあった。

課題1について各班で想定された傷病の内容と発生原因は、転倒による負傷が６班、高所から、または、ピットへの転落による負傷が3班、突起物による切創が１班、重量物による指はさみが１班、脱水による意識喪失が1班であった。これらのうち4つの班は、意識のない傷病者を明示的に想定していた。講師側で開放性の骨折による負傷を設定した平成29年度の訓練とは異なり、多様な状況が想定されていた。傷病者の発生場所は、11個の班がイエローゾーン（屋外10班、屋内1班）、1つの班が原子炉建屋内のレッドゾーンであった。ここで屋外では、タンクエリア、または汚染水処理施設が計6班に登った。さらに、タンクエリアのうちの１班では酸欠のおそれ、原子炉建屋内のレッドゾーンを想定した班では暗所で高線量であることが指摘されていた。傷病者の放射性物質による汚染状況については、汚染あり、または、汚染のおそれありとした班が8班、現場では汚染有無不明とした班が4班であった。

つづいて、課題2の現場での対応事項である。自身の安全確保(self)に関しては、様々な事項が挙げ

られていた。回答数が多かったものとしては、安全帯や防滑長靴などの安全装備確認が5班、空間線量やAPD値の確認等、被ばく線量管理に関わる事項が４班であった。また、設定した現場の状況に応じて酸欠メーターによる状況確認、暗所での照明の確保が挙げられていた。次に、周囲の安全確保(Scene)については、立ち入り禁止区域の設定、及び二次災害防止に関わる事項が10班、傷病者の搬送経路の確認が3班、作業中止の指示が３班、空間線量の確認が2班で挙げられていた。。要救助者の安全確保(Survivor)については、8班で低線量・低汚染の場所、あるいは、事故が起きたタンクの外などの安全な場所への傷病者搬出が挙げられていた。また、誘導員の配置など救急車の補助に関わる事項が5班で指摘された。意識のない傷病者を想定した4つの班のうち、3班では声かけや意識の確認が、2班ではAEDの確保が検討されていた。外傷を想定した班のうち、2班では止血が検討されていた。

D．考察

講義、実習及び机上演習は、放射線の基本的な内容から、放射線業務で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。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。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、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。受講生の反応や演習の取組み・成果から、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者以外の講習でも利用できる内容であった。

E．結論

現場安全を担保しつつ、放射線知識を向上させ、放射線不安を低減して、全体としての健康リスクの低減を担保する教育を実践することができた。

放射線概論

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
岡崎　龍史

平成28年度（株）千代田テクノル　放射線安全・一般安全講習会
平成28年10月14日（金）東京会場　平成28年10月31日（月）仙台会場

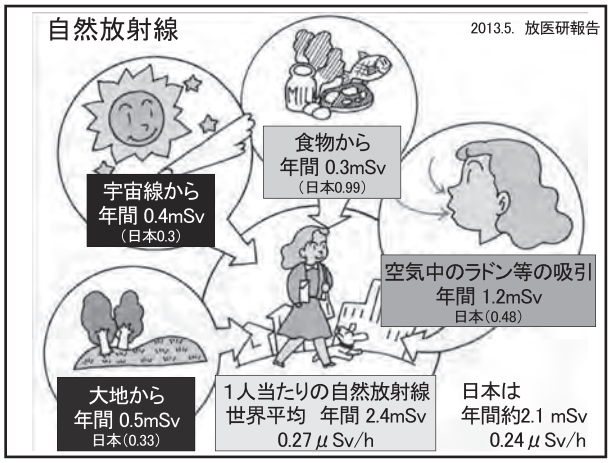
放射線学入門

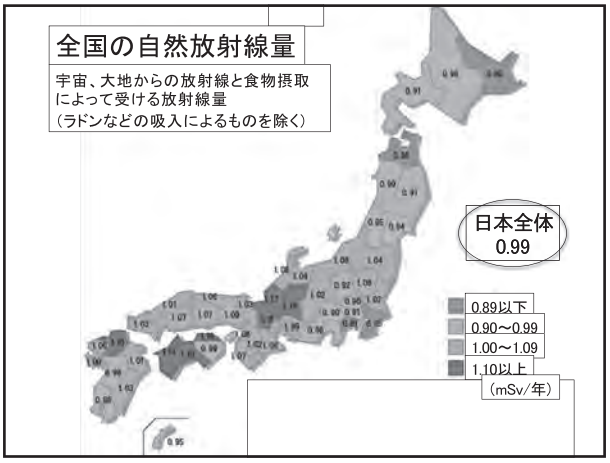
ー福島第一原発事故を受けてー

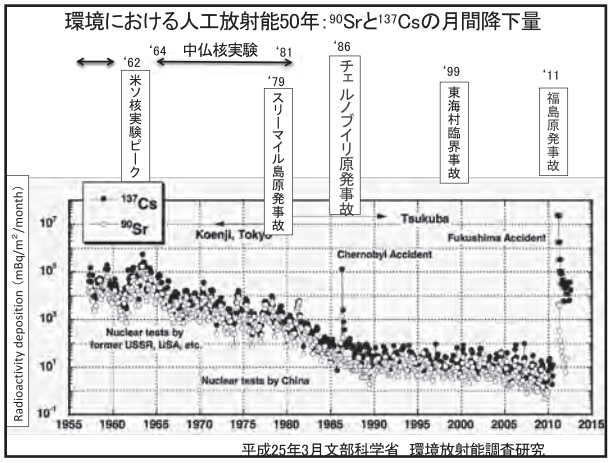
一般向け緊急被曝ガイド

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

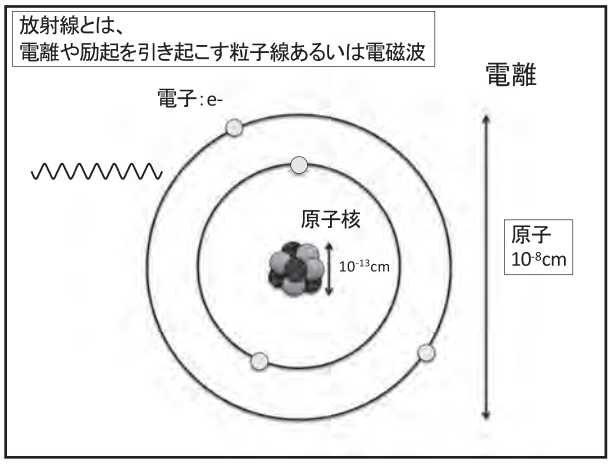


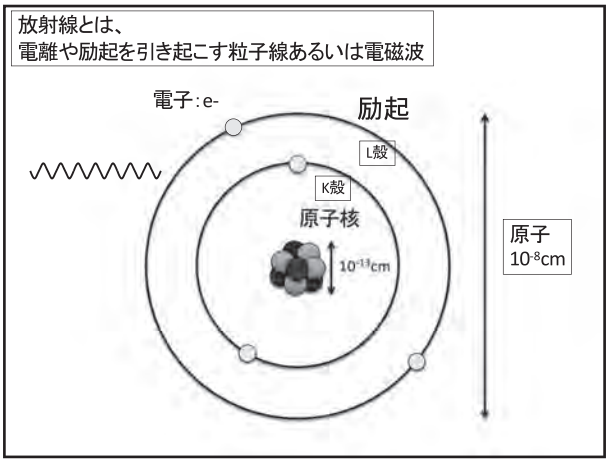


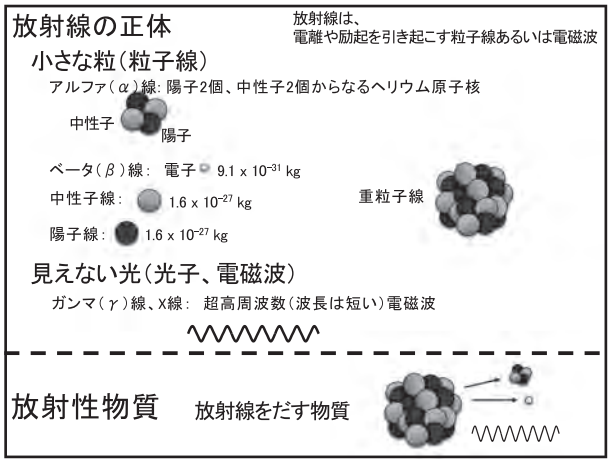


放射線とは

電離や励起を引き起こす粒子線あるいは電磁波



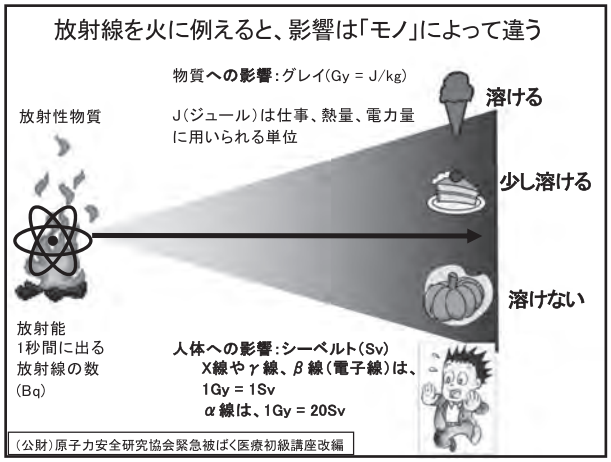




「放射能」とは、
　放射性物質が放射線を出す能力のこと。

「放射能漏れ」という言葉はありません！
　この点に関して、マスコミはいつもデタラメ。

「放射性物質漏れ」が正しい。



放射線をうんちに例えると

外部被曝：臭いを嗅ぐ
内部被曝：うんちを摂取する
表面汚染：うんちが付着する
創傷汚染：傷口に付着する

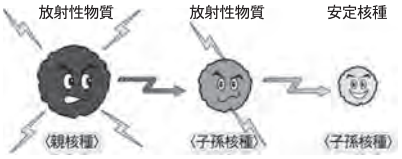
- 嗅がないように、離れる、覆う、短時間で
- 口、皮膚、気道から入らないように
- 付いたうんちは洗えば良い
- 付いたうんちを体内に入れないように

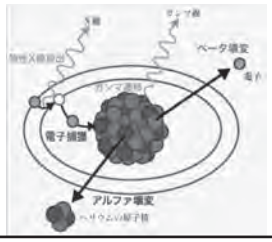
→ 放射性物質から身体を守るため

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	

壊変あるいは崩壊





Bq
ベクレル

Sv
シーベルト

Bq/cm², Bq/cm³

Sv/h（時間）

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（^{40}K）
炭素14（^{14}C）
が含まれています。

この2つの核種で合計約6000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。

お互い、年間0.02mSv被曝させている

2011年12月18日朝日新聞掲載記事

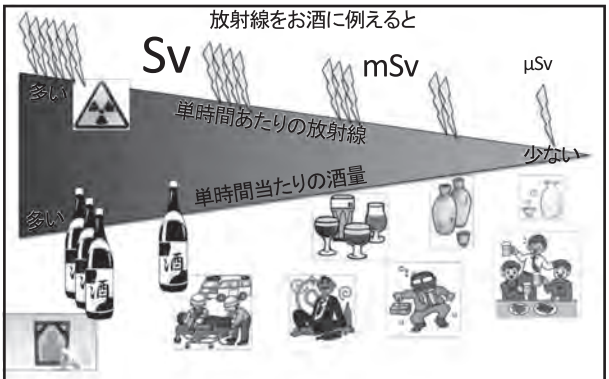
放射性ストロンチウム　約462兆ベクレル　海に流出
朝日新聞社試算

ストロンチウム-89（半減期50.53日）
ストロンチウム-90（半減期28.74年）

生成量
Sr-89 : Sr-90 = 10 : 1

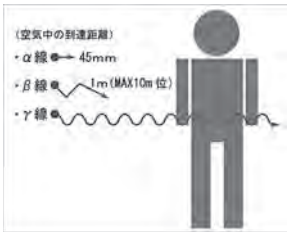
残っている放射性ストロンチウムは
Sr-90で約9g程度と考えられる

放射線をお酒に例えると

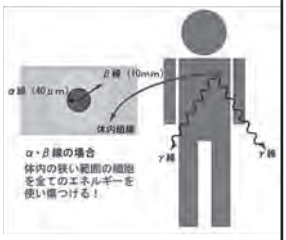


時間当たりの放射線量（線量率）が小さい程、放射線の影響は小さい
DDREF（線量線量率効果係数）=2（ICRP、UNSCEARは2～10としている）

外部被曝



内部被曝



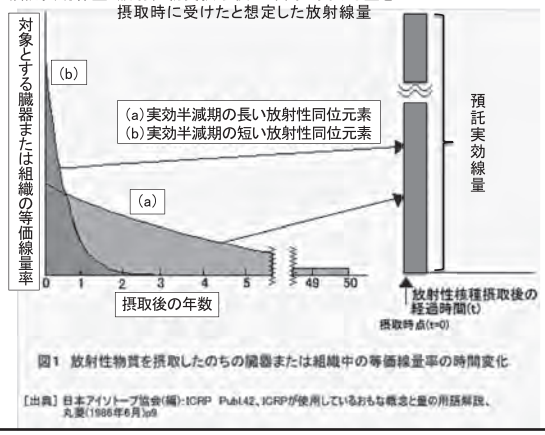


図1　放射性物質を摂取したのちの臓器または組織中の等価線量率の時間変化

［出典］日本アイソトープ協会(編)：ICRP Pub.42、ICRPが使用しているおもな概念と量の用語解説、丸善(1986年6月)p9

「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）の大きさで判断する

「シーベルト（Sv）」単位に正しく変換する
ことで

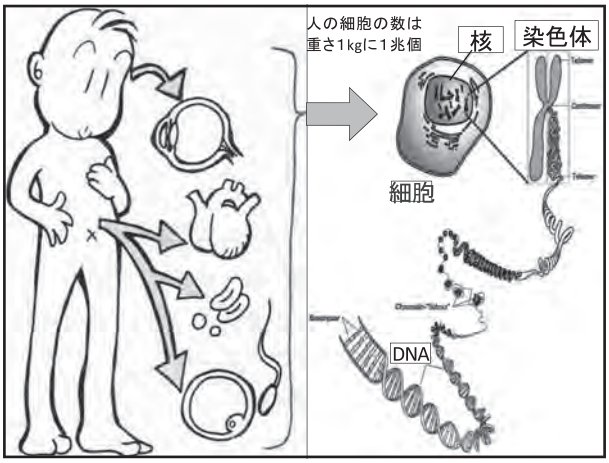
**人への影響を一つの物差し
にあてはめることができる**

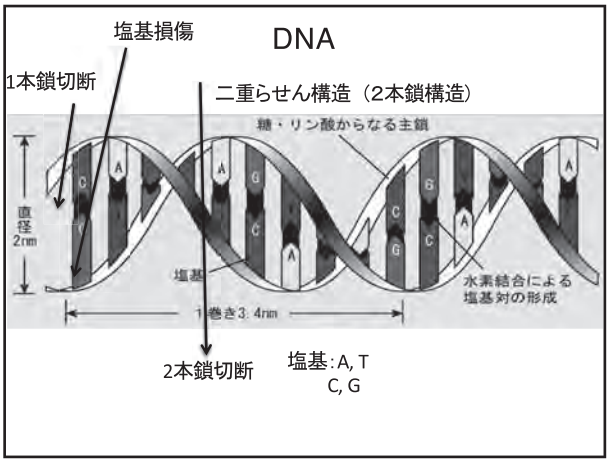
放射性セシウムの生物学的半減期

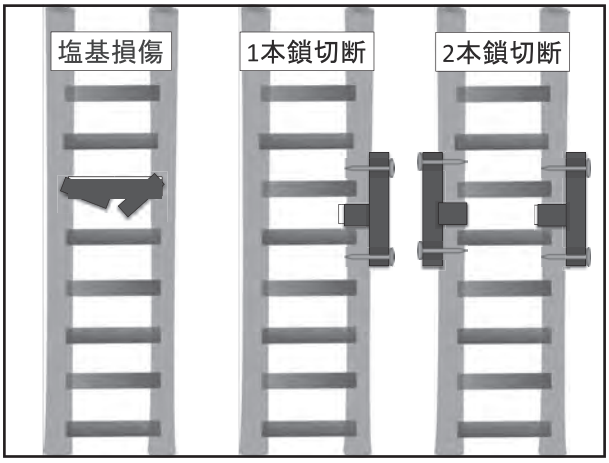
Cs−137: 物理学的半減期は30年

年齢	生物学的半減期
3ヶ月	16日
1歳	13日
5歳	30日
10歳	50日
15歳	93日
成人	110日

放射線被曝と人体影響





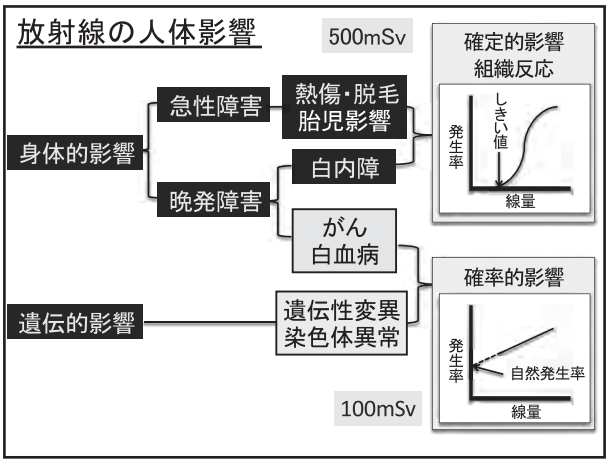


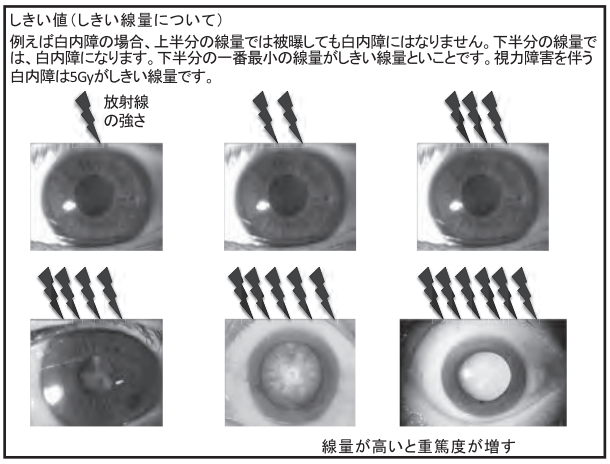
放射線の人体影響

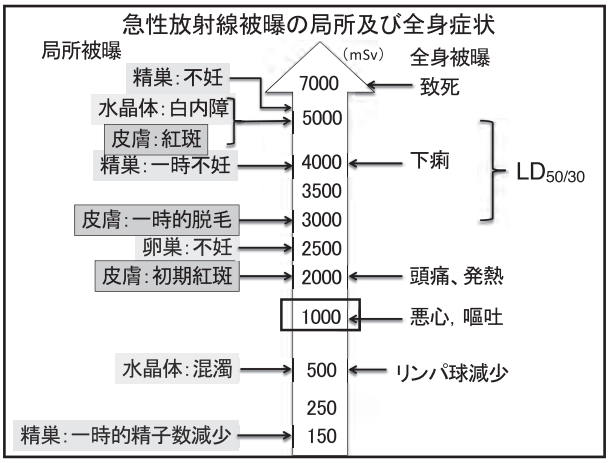
症状・病気

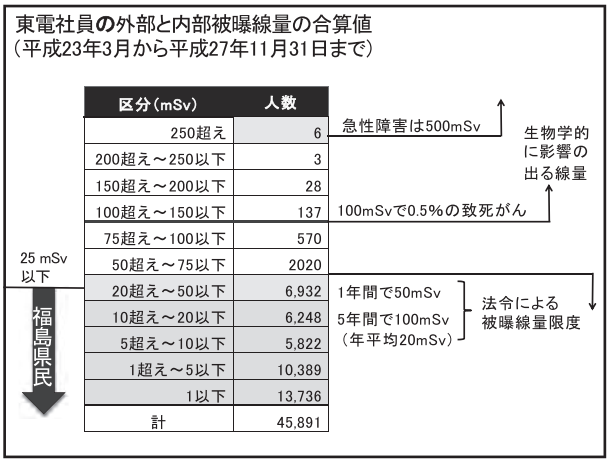
火傷
脱毛
胎児影響
（奇形、胎児死）
白内障
他

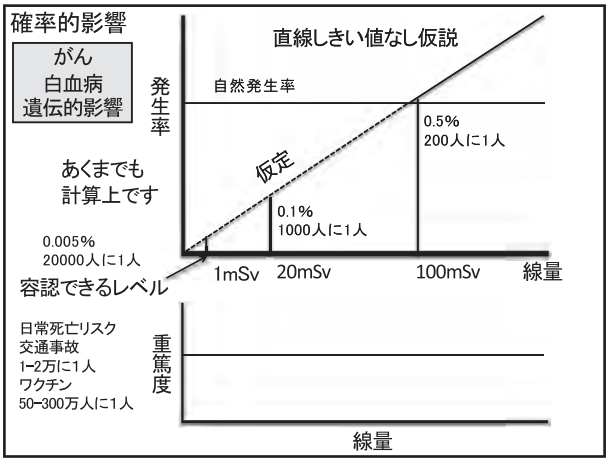
がん
白血病

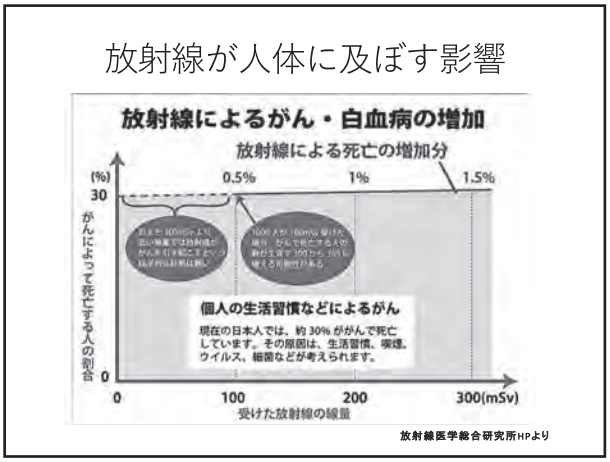

放射線の人体影響
500mSv
身体的影響
急性障害
熱傷・脱毛
胎児影響
晩発障害
白内障
がん
白血病
遺伝的影響
遺伝性変異
染色体異常
100mSv
確定的影響
組織反応
しきい値
発生率
線量
確率的影響
発生率
自然発生率
線量

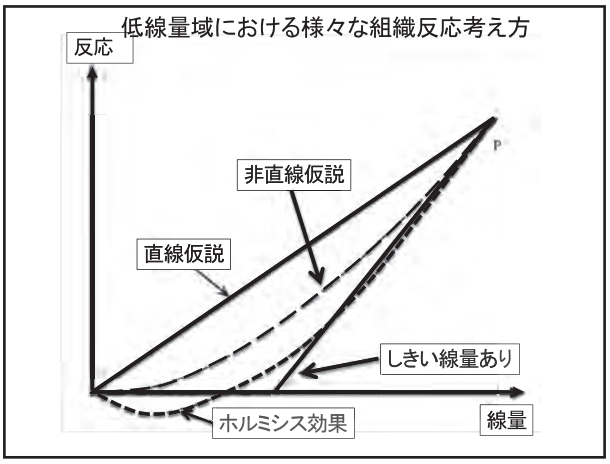

しきい値（しきい線量について）
例えば白内障の場合、上半分の線量では被曝しても白内障にはなりません。下半分の線量では、白内障になります。下半分の一番最小の線量がしきい線量といことです。視力障害を伴う白内障は5Gyがしきい線量です。
放射線の強さ
線量が高いと重篤度が増す

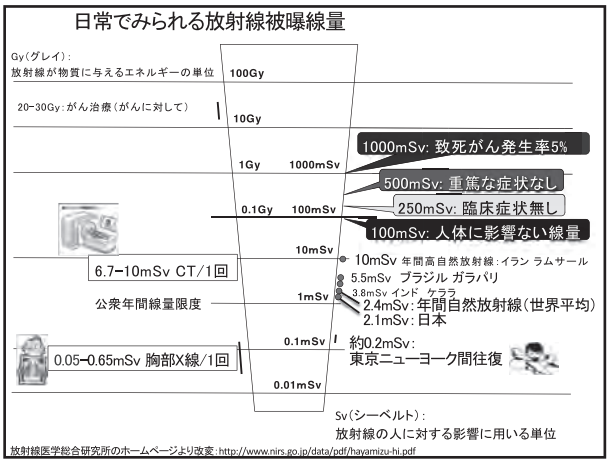

急性放射線被曝の局所及び全身症状
局所被曝
(mSv)
全身被曝
精巣：不妊
7000
致死
水晶体：白内障
5000
皮膚：紅斑
精巣：一時不妊
4000
下痢
LD50/30
3500
皮膚：一時的脱毛
3000
卵巣：不妊
2500
皮膚：初期紅斑
2000
頭痛、発熱
1000
悪心，嘔吐
水晶体：混濁
500
リンパ球減少
250
精巣：一時的精子数減少
150

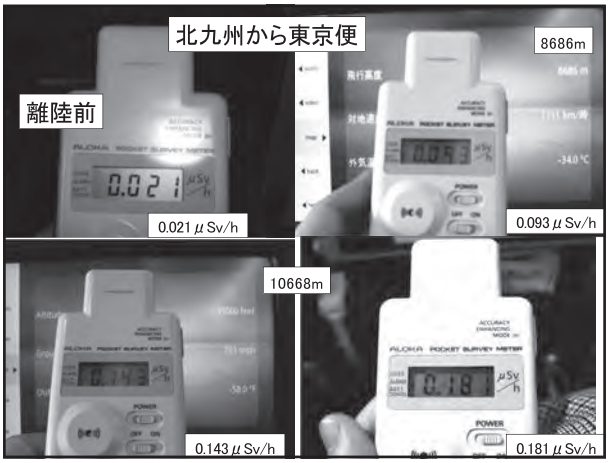

東電社員の外部と内部被曝線量の合算値
（平成23年3月から平成27年11月31日まで）
区分（mSv）
人数
250超え 6
200超え～250以下 3
150超え～200以下 28
100超え～150以下 137
75超え～100以下 570
50超え～75以下 2020
20超え～50以下 6,932
10超え～20以下 6,248
5超え～10以下 5,822
1超え～5以下 10,389
1以下 13,736
計 45,891
急性障害は500mSv
生物学的に影響の出る線量
100mSvで0.5%の致死がん
25 mSv以下
福島県民
1年間で50mSv
5年間で100mSv
（年平均20mSv）
法令による被曝線量限度

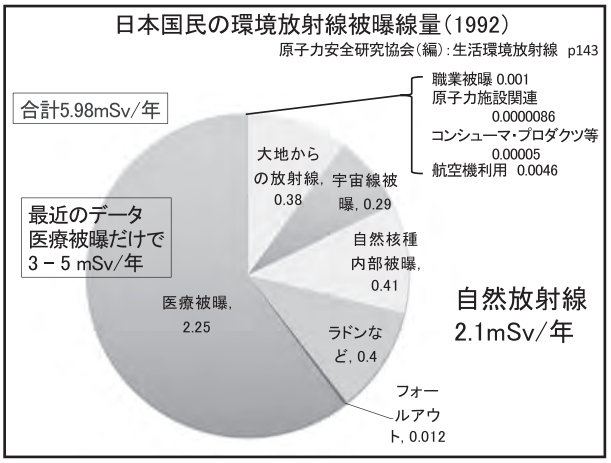

確率的影響
がん
白血病
遺伝的影響
直線しきい値なし仮説
自然発生率
発生率
あくまでも
計算上です
仮定
0.5%
200人に1人
0.1%
1000人に1人
0.005%
20000人に1人
容認できるレベル
1mSv
20mSv
100mSv
線量
日常死亡リスク
交通事故
1-2万に1人
ワクチン
50-300万人に1人
重篤度
線量

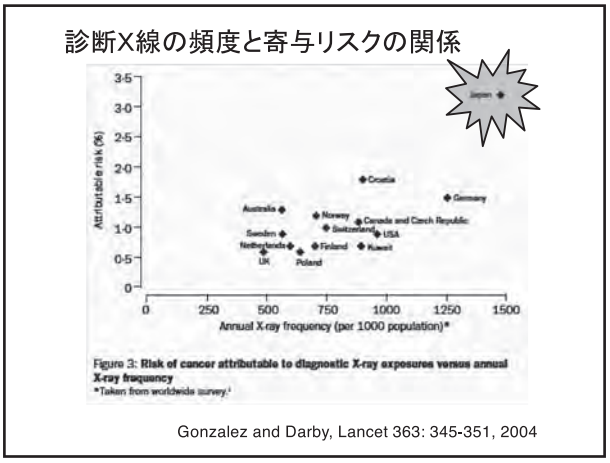

放射線が人体に及ぼす影響
放射線によるがん・白血病の増加
放射線による死亡の増加分
0.5%
1%
1.5%
(%)
30
がんによって死亡する人の割合
0
0
100
200
300(mSv)
受けた放射線の線量
個人の生活習慣などによるがん
現在の日本人では、約30%ががんで死亡しています。その原因は、生活習慣、喫煙、ウイルス、細菌などが考えられます。
放射線医学総合研究所HPより











Gonzalez and Darby, Lancet 363: 345-351, 2004

チェルノブイリとフクシマの比較

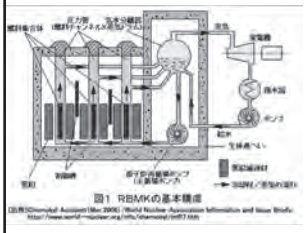
2011年　福島第一原発水素爆発による原子炉建屋の損壊
3月12日1号機、3月14日3号機

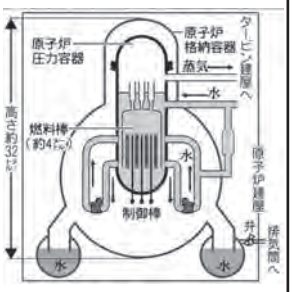
3月15日4号機も水素爆発
2号機内火災

チェルノブイリ
黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉

東電福島第一
沸騰水型原子炉

減速材：黒鉛
原子炉格納容器がない





	チェルノブイリ 1986年4月26日	東電福島第一 2011年3月11日
原子炉	黒鉛減速沸騰軽水圧力管型	沸騰水型
格納容器	なし	あり
初動状態	制御棒抜いたまま	制御棒挿入された
放射性物質排出量	520万TBq	57万TBq
爆発後発表	3日間発表せず 大統領公式発表は1週間後	即日
放射性ヨウ素を含む牛乳	出回る	出回ってない
放射性ヨウ素による被曝線量	50−100mSvから2千mSv	0.01から0.1μSv/h* （1149人のうち45%）
甲状腺がん	6848人 （事故当時18歳未満）	ー
甲状腺がんによる死者	15人（0.22%）	ー

*3月26～30日：いわき市と川俣町、飯舘村で0～15歳の子どもを対象に実施。
99%は0.04μSv/h以下、最も高い1歳児0.1μSv/h、50mSv預託線量当量
原子力安全委員会

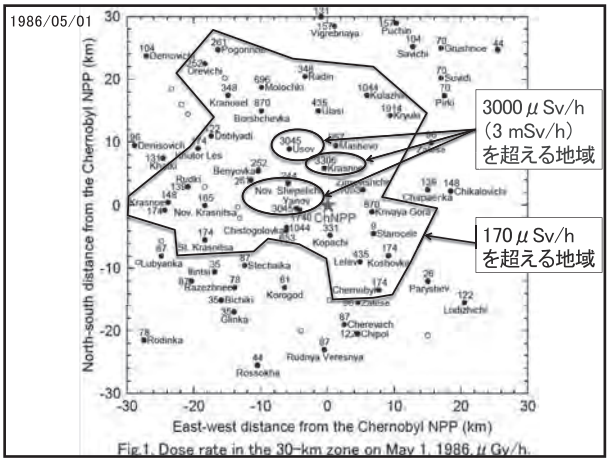
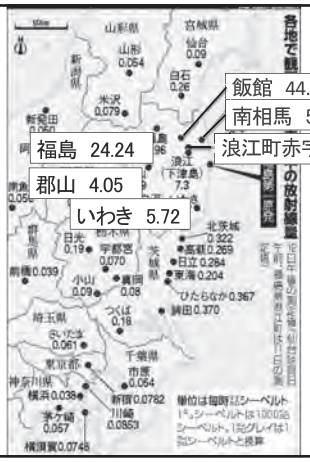
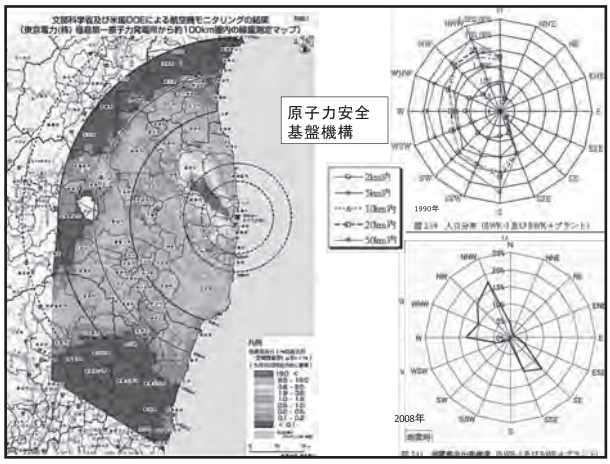


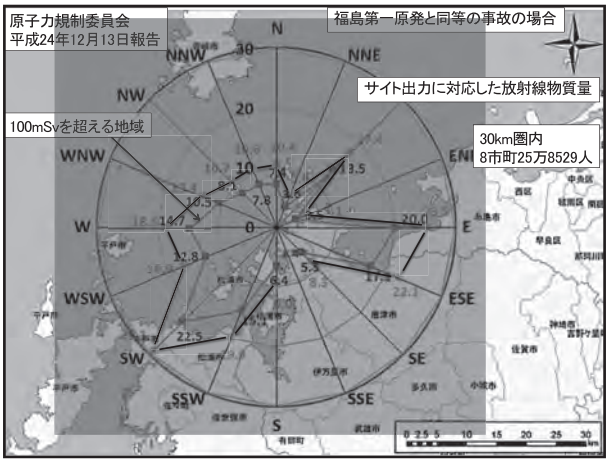
Fig.1. Dose rate in the 30-km zone on May 1, 1986, μGy/h.

2011/3/12



朝日新聞図転用





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年ー放射線・健康影響ー原子力資料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

チェルノブイリ事故25年ロシアにおけるその影響と後遺症の克服についての総括および展望1986–2011より、最終章『結論』
2011年までにさらに22人が死亡

高市早苗自民党政調会長

バナナ1本約20Bq
約0.1 μ Sv被曝します

^{40}Kのせいです
カリウムは色んな食物に含まれます

^{40}K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
^{39}K（93.3%）、^{40}K（0.0117%）、^{41}K（6.7%）
放射性物質
半減期12.8億年

食品に含まれるカリウム-40による被曝

	カリウム含有量 (Bq/kg)	経口摂取による内部被曝実効線量 (μSv/kg)
ポテトチップス	370	2.29
黒砂糖	340	2.11
ザーサイ	238	1.48
枝豆	177	1.10
ほうれん草	229	1.42
干し椎茸	666	4.13
干し昆布	2333	14.46
ココア	851	5.28
アイスクリーム	59	0.37
牛乳	51	0.32

科学技術庁「日本食品標準成分表」による食品100gあたりのカリウム含有量から算出

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（当時は500Bq/kg）
の最大7倍の放射性セシウムが検出された

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}Cs : 1.3 x 10^{-8} Sv / Bq

この場合、500 Bq/kg x 7 = 3500 Bq / kg

3500 Bq / kg x 1.3 x 10^{-8} Sv / Bq

= 45.5 x 10^{-6} Sv / kg

= 45.5 μ Sv / kg

100mSvに達するまでに2200kg
1mSvに達するまでに 22kg

厚生労働省医薬食品局食品安全部

放射性セシウムおける摂取制限に関する基準値

2012年3月31日まで

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	200	1
牛乳・乳製品		1
野菜類	500	1
穀類		1
肉・卵・魚 その他		1
		計 5mSv/年

2012年4月1日より

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	10	0.1
一般食品	100	0.9
牛乳 乳児用食品	50	子供がよく摂る食品は厳しい基準に
		計 1mSv/年

WHOの基準に合わせた

食べ盛りの13-18歳の男子が1年間食べ続けたとして0.8mSvと推計

甲状腺がん

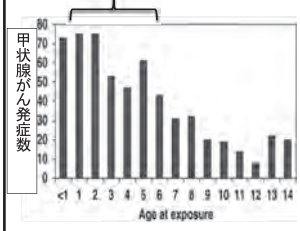
18歳までの福島県民の甲状腺検査結果

検査実施総数		H23年度			H24年度(8月まで)		
		38,114人			42,060人		
判定結果	判定内容	H23年度			H24年度		
		人数	割合		人数	割合	
A	A1 結節や嚢胞を認めなかったもの	24,469	64.2%	99.5%	23,702	56.3%	99.4%
	A2 5.0mm以下の結節や20.0mm以下の嚢胞を認めたもの	13,459	35.3%		18,119	43.1%	
B	5.1mm以上の結節や20.1mm以下の嚢胞を認めたもの	186	0.5%		239	0.6%	
C	甲状腺の状態から判断して、直ちに二次検査を要するもの	0	0%		0	0%	

3-18歳までの弘前市、甲府市、長崎市の甲状腺検査結果
実施期間：平成24年11月～平成25年3月 平成25年3月29日環境省

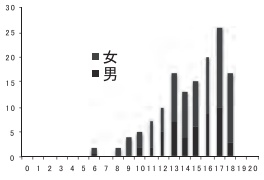
検査実施総数		弘前市			甲府市			長崎市		
		1,630人			1,366人			1,361人		
判定結果		人数	割合		人数	割合		人数	割合	
A	A1	670	41.1%	98.7%	403	29.5%	98.9%	779	56.9%	99.4%
	A2	939	57.6%		948	69.4%		582	42.5%	
B		21	1.3%		15	1.1%		8	0.6%	
C		0	0%		0	0%		0	0%	

0－5歳がハイリスクグループ



Age at exposure and occurrence of thyroid cancer. All childhood cases observed in Belarus between 1987 and 1997. The slight increase in the oldest children could reflect the baseline incidence (Demidchik EP. et al, (2002); International Congress Series 1234: 69-75. Invited paper in *Chernobyl: Message for the 21st Century* (Yamashita S et al ed))

福島県民甲状腺がん発生数の年齢別分布
（平成23年3月の年齢として）



平成27年6月30日までの調査
（平成27年8月31日報告から改編）
先行調査及び本格調査を含む138名

福島県民健康調査の甲状腺がん、疑いの発生率

H23年度：15/47,768人　⇒100万人当たり314人
H24年度：56/161,137人⇒100万人当たり348人
H25年度：42/158,788人⇒100万人当たり265人
H26年度：25/149,065人⇒100万人当たり168人

有意な増加はない

2015/8/31（平成23年度から26年度まで）
細胞採取で138人が「悪性ないし悪性の疑い」
105人が手術
- 摘出後の検査の結果
  101人が甲状腺がんの中の乳頭がん
  3人が「低分化がん疑い」
  1人が良性結節

胎児への影響

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

2%

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

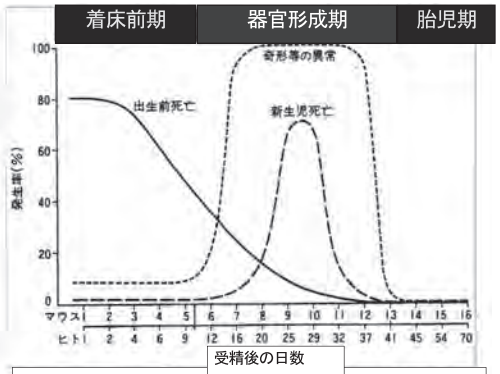
6.3%

厚生労働省発表

自然流産率

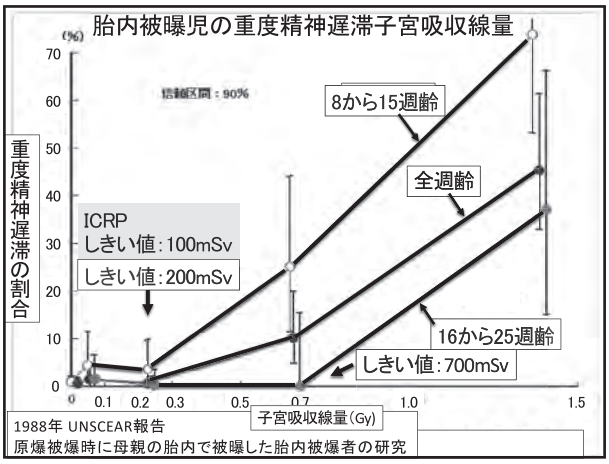
平均15%

35歳：20%
40歳：40%
42歳：50%



妊娠マウスの各時期に2GyのX線を照射した時にみられる胎児への影響

Russell et al, J. Cell. Comp. Physiol. 43 (supple. 1), 103-149, 1954



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

放射線による遺伝的影響とは？

次世代に影響が残るのか？

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

放射線被曝による遺伝的影響はありません！

2011/4/15 **福島出身を理由に結婚破談？のニュース**

「放射能の影響で元気な子供が生まれなかったらどうするの？」と、
婚約者男性の母親からこう言われ、福島出身の女性が結婚破談？

もしこれが事実なら、明らかに放射線影響の知識不足

誤った放射線の情報

福島原発20-30km圏内移動してきた方々から、
放射性物質がうつることはありません！

くしゃみをすることで、放射性物質が人に空気感染や飛沫感染を起こすことはありません！

放射性物質は花粉やホコリと同じ。服を変えたり、お風呂に入れば、
放射性物質はなくなり、他の人に健康被害を及ぼすことはありません。

資料6

放射線
リスクコミュニケーション
リスクマネージメント

基準値以下でも不安？

- 基準値とは何かを理解する。
  これを超えると影響が出るという数値ではない。
  余裕をもった十分に低い数値で管理されている。
- リスクがあるとは？
  あくまでも予防的に慎重に対応するため
  実際に被害があることと違う
  生活の他のリスクと比較し、優先度を判断

リスク問題の納得は、管理体制、情報公開と説明に対する信頼感からくる

大分県立看護科学大学　甲斐倫明先生スライド改編

放射線とがんのリスクについ

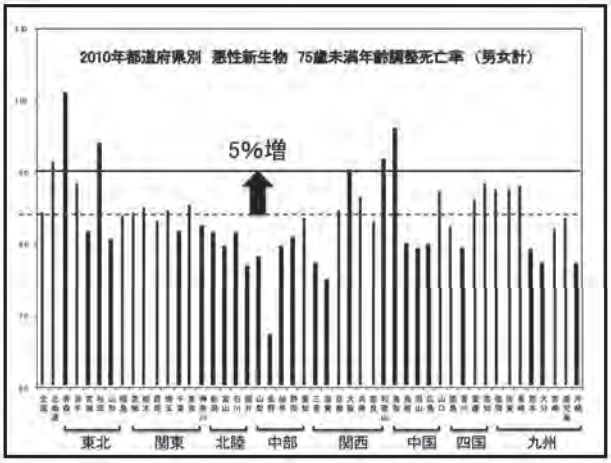
がんの相対リスク	生涯被曝線量（mSv）	項目（全部位）
1.50～2.49	1000～2000	喫煙者(1.6) 大量飲酒（450g以上/週）(1.6)
1.30～1.49	500～1000	大量飲酒（300～449g/週）(1.4) （参考：ビール500mlで20g 焼酎1.8Lで360g、日本酒1.8Lで216g）
1.10～1.29	200～500	肥満（BMI≧30）(1.22) やせ（BMI＜19）(1.29) 運動不足(1.15～1.19) 高塩分食品(1.11～1.15)
1.01～1.09	100～200	野菜不足(1.06) 受動喫煙＜非喫煙女性＞(1.02～1.03)
検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

1日にタバコ1～2箱で
0.2～0.4 mSvの被曝と同じ

ベンゾピレン等約70種類の発がん物質が含まれる

年間死亡数（2008年）
受動喫煙で合計6,803人、能動喫煙者は143,431人



チェルノブイリ：心理療法士の肩書きをもつモロゾフ医師
朝日新聞の連載記事（1990年8月21日）

放射能恐怖症
radiophobia

無知だけでなく、未知の体験が生んだ恐怖

↓

精神的ストレス

↓

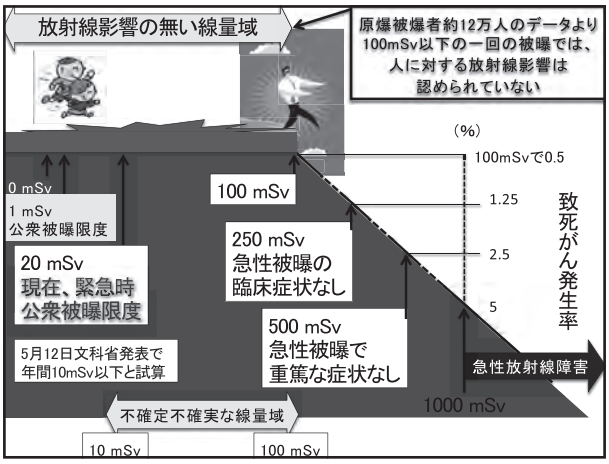
免疫システム、自律神経系に障害

↓

心理療法で障害が回復

放射線による人体影響、汚染状態を実際以上にふれまわる議員や新聞、テレビのせいです。

資料6

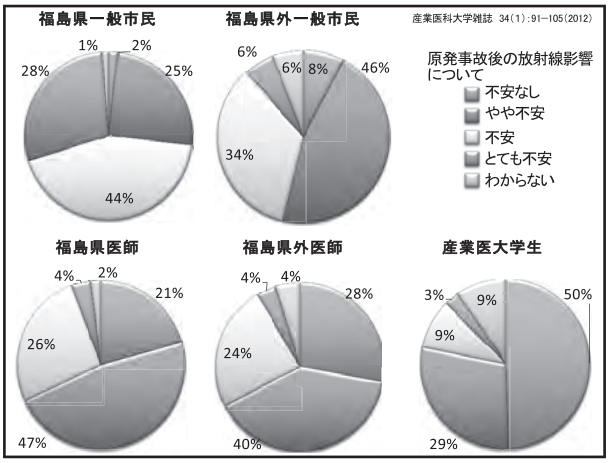


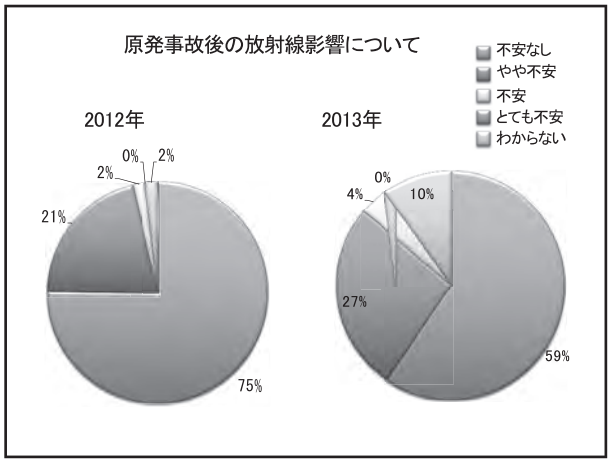
原発事故後の放射線影響に対する不安度についてのアンケート調査

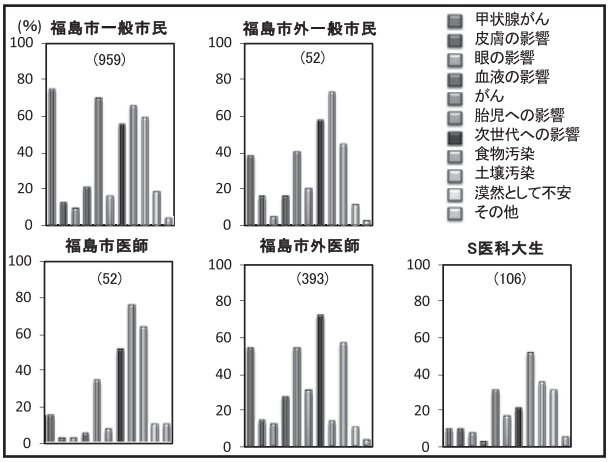
対象

1. 福島県一般市民
2. 福島県外一般市民
3. 福島県医師
4. 福島県外医師
5. 産業医科大学医学部学生

J UOEH (産業医科大学雑誌) 34(1):91–105(2012)







資料7

放射線防護計測及び安全取扱

長崎大学原爆後障害医療研究所　松田尚樹

平成28年度　放射線安全・一般安全講習会

放射線防護計測及び安全取扱

- 放射線防護の基礎のおさらい
- 暇つぶしクイズ
- 次世代型放射線施設
- 緊急時モニタリングプラットフォーム構築のための教育研究プログラム

放射線防護の基礎のおさらい

放射線はどこにでもある
外部被ばく
内部被ばく
被ばくしないこと
モニタリングすること

今のあなたの放射線被ばく状況

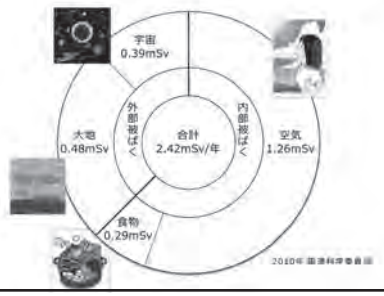
A) 外部被ばくしている

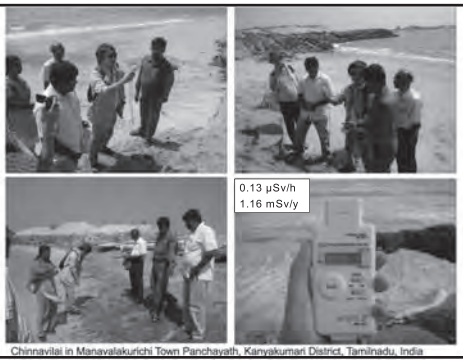
B) 内部被ばくしている

C) 外部被ばく＋内部被ばくしている

D) 放射線には被ばくしていない

放射線はどこにでもある - 自然放射線





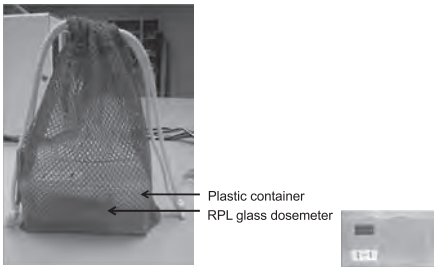
Chinnavilai in Manavalakurichi Town Panchayath, Kanyakumari District, Tamilnadu, India

資料7

Chinnavilai in Manavalakurichi Town Panchayath, Kanyakumari District, Tamilnadu, India

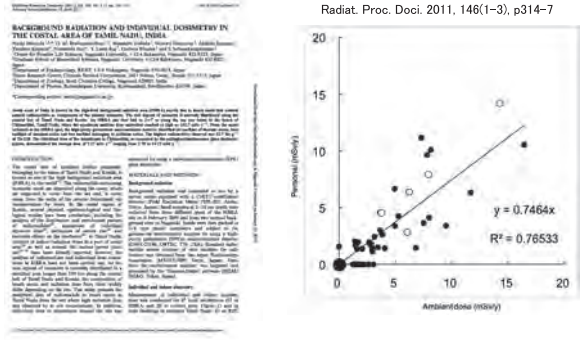
Chinnavilai in Manavalakurichi Town Panchayath, Kanyakumari District, Tamilnadu, India

RPL glass dosemeter for the individual dosimetry



Assembly for the indoor dosimetry

Locations of the indoor dosimetry



2011/3/15 17:34　福島医大→福島市街移動車中

12.48μSv/h（109.3mSv/y）

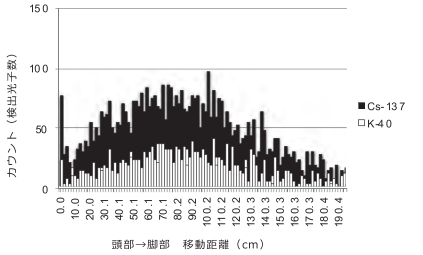
2011/3/15 17:59　福島医大→福島市街移動車中

16.38μSv/h（143.5mSv/y）

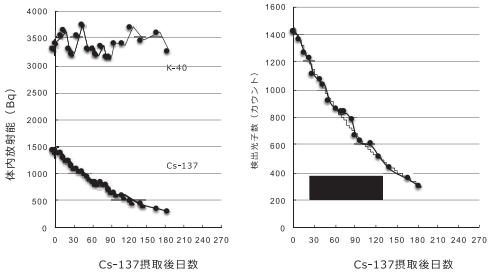
2011/3/15 18:13　福島自治会館4F

1.58μSv/h（13.8mSv/y）

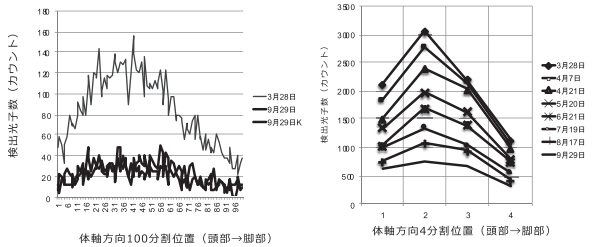
^{137}Cs体内分布（経口摂取16時間後）



体内Cs-137の減衰動態



体内Cs-137の減衰動態



放射線防護とは

- **被ばくしないこと**
- **モニタリングすること**

外部被ばく防護の３原則

- **遮へい**
  放射線の種類に適した遮へい体
- **距離**
  放射線量は距離の二乗に反比例
- **時間**
  効率よく短時間に作業

内部被ばくの防護

- **吸入**
  - 作業室内の換気
  - 局所排気装置の使用
  - チャコールマスクの使用
- **経口**
  - 飲食、喫煙、化粧の厳禁
- **経皮**
  - 手袋、防護めがね、ピンセットの使用

放射線防護とは

- **被ばくしないこと**
- **モニタリングすること**

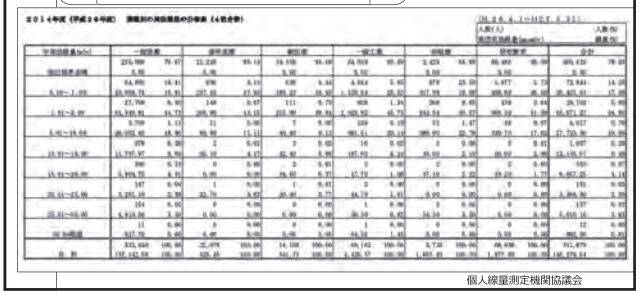
外部被ばく線量

- **ガラスバッジ**

  - １ヶ月間の累積線量が報告される
- **ポケット線量計**

  - 測定中の累積線量を読みとる

放射線業務従事者の外部被ばく状況



個人線量測定機関協議会

放射線業務従事者（長崎大学）の外部被ばく状況

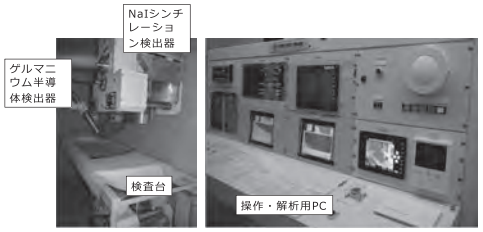
部局	X (検出せず)	-0.10	0.11-1.00	1.01-5.00	5.01-	合計人数
医学	41 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	41 (100.00)
歯学	9 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	9 (100.00)
薬学	88 (98.88)	0 (0.00)	1 (1.12)	0 (0.00)	0 (0.00)	89 (100.00)
病院	568 (82.55)	50 (7.27)	61 (8.87)	9 (1.31)	0 (0.00)	688 (100.00)
その他	34 (97.14)	0 (0.00)	1 (2.86)	0 (0.00)	0 (0.00)	35 (100.00)
合計	740 (85.85)	50 (5.80)	63 (7.31)	9 (1.04)	0 (0.00)	862 (100.00)

平成24年4月～12月累計

内部被ばく線量

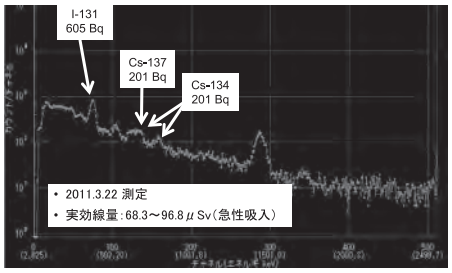
- **直接測定**
  ホールボディカウンタ（WBC）
- **間接測定**
  バイオアッセイ法（尿、便、唾液）
- **計算による推定**

資料7



体内から放出されるガンマ線の質（エネルギー）と量（カウント）を手がかりに、どのような放射性物質（放射性同位元素）が体内にどれだけ入っているかを測定する。

2011.3.14-19　福島市



暇つぶしクイズ

放射線の種類
こんなときどうなる
福島

人工放射線と自然放射線の比較

A) 人工放射線の方が危険
B) 人工放射線の方が危険（ただし医療放射線は除く）
C) 自然放射線の方が危険
D) 線量が同じであれば危険度も同じ

	種 類	本 体	電 荷	発 生 元	透 過 性
粒 子 線	アルファ線	ヘリウムの原子核	++	原子核の中	低 い
	ベータ-/+線	陰/陽電子 electron/positron	-/+		中程度
	陽子線	陽子 proton	+		低 い
	中性子線	中性子 neutron	なし		高 い
電 磁 波	ガンマ線	光子 photon	なし	原子核の中	高 い
	エックス線			原子核の外	高 い

単純撮影やCTなどの一般的な放射線診断に用いられる放射線

A) アルファ線
B) ベータ線
C) ガンマ線
D) エックス線

資料7

PET、SPECTで用いられる放射線

A) アルファ線とベータ線

B) ベータ線とガンマ線

C) ガンマ線と消滅放射線

D) 重粒子線

マンモグラフィで用いられる放射線

A) 低エネルギーのエックス線

B) 高エネルギーのエックス線

C) ベータ線

D) 放射線は使用していない

放射線照射装置使用後の照射室内の環境

A) しばらく放射線が残っている

B) 照射装置が放射能に汚染している

C) 空気が放射能に汚染している

D) 何も残っていない

外部被ばくを受けた人が隣にいるとき、
あなたには

A) 外部被ばくの可能性がある

B) 汚染の可能性がある

C) 外部被ばくの可能性がある

D) 被ばくの可能性はない

初めまして、被爆に関してとても心配な事があります。専門家にしてみればとても馬鹿馬鹿しいことになるのでしょうが、私にとってはとても深刻な事なのです。ご教示の程、どうぞ宜しくお願い致します。

1.状況
職場(大阪市内)で私(63歳)の横(大きな横長の2人用の机で、横に並んで座っている)の男(以後Aと呼ぶ)に関する心配事です。このA(64歳)がどう言う訳か、私の働く事業所に雇用されて、去年の10/1以来、私の横で働くようになりました。Aとの間隔は40cmです。Aは福島の原発事故後の処理の作業現場で一定期間働いていたとの事です。(どのような状況でどのような仕事かわかりませんが。)そして程度の大きさは、はっきりとは分かりませんが、Aはそれなりに被爆をしているに違いありません。(周りの人のうわさやAの言動から察して)
そのAが1日8時間、ズゥーッと私の横で(前述の状態で)働いています。私も彼も職場ではスーツで仕事をしています。説明できることは以上です。そしてこれ以上を分かろうと思えば本人に聞くしかありませんが、それはあまりしたくはありません。

2. そして私の心配の内容です。
①私もAから被爆や放射能汚染を受けているのでしょうか？それはどの程度なのでしょうか？②Aから直接、又Aの着ている衣服や持ち物から直接的に、又はそれらを触って被爆しますか？(ロッカーが3人共用でAと私は同じロッカーです)
③していたら、どのようにして回復すればよいのでしょう？
④今後(明日から)どの ように職場で対応すればよいのでしょう？以上の事、教えて戴きたく存じます。

内部被ばくを受けた人が隣にいるとき、
あなたには

A) 外部被ばくの可能性がある

B) 内部被ばくの可能性がある

C) 外部被ばくと内部被ばくの可能性がある

D) 被ばくの可能性はない

資料7

2011/3/16 15:56　福島医大除染室前

5,470cpm

2011/3/16 15:56　福島医大除染室前

8.34μSv/h（73.1mSv/y）

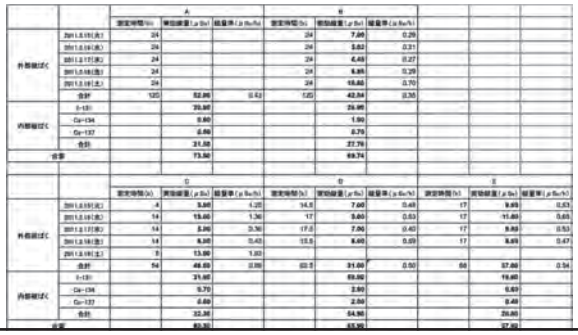
2011/3/16 15:56　福島医大除染室前

19,790cpm

2011/3/16 15:56　福島医大除染室前

43,900cpm

事故後初期における派遣者　被ばく線量の例



原発事故後の福島住民の被ばく線量

A) **一般公衆の被ばく線量限度を超えた人がいる**

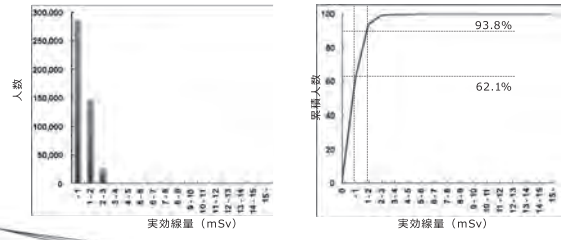
B) **放射線業務従事者の被ばく線量限度を超えた人がいる**

C) **緊急作業者の被ばく線量限度を超えた人がいる**

D) **いかなる被ばく線量限度も超えていない**

初期の外部被ばく線量

2016.3.31 現在　全県調査
（462,186人　推定期間4ヶ月未満および放射線業務従事経験者は除く）



初期の外部被ばく線量　地域別内訳

実効線量限度程度の線量で生じる影響

A) 胎児奇形

B) 不妊

C) 白血球減少

D) 上記のいずれも生じない

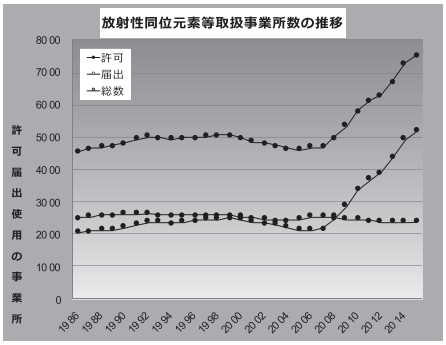
次世代型放射線施設

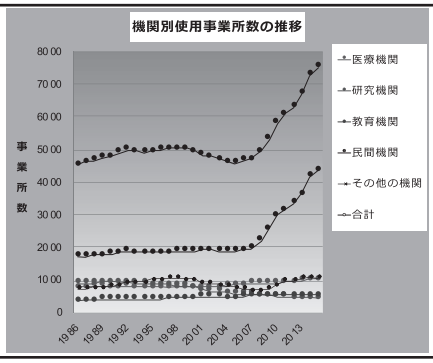
全国の放射線施設の状況
小動物分子イメージング
ちょっと自慢話

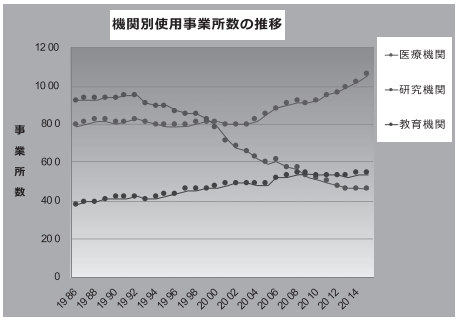
大学等における放射線安全管理の現状とあらたな展開

平成２８年度　大学等における放射線安全管理研修会

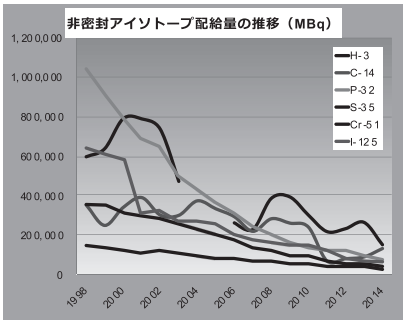
2016.8.30　東京大学農学部弥生講堂

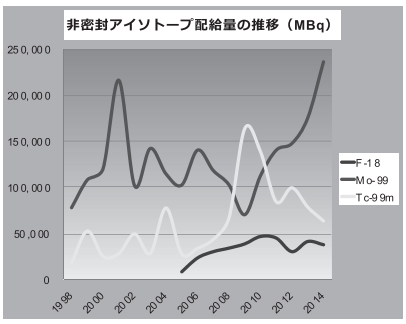


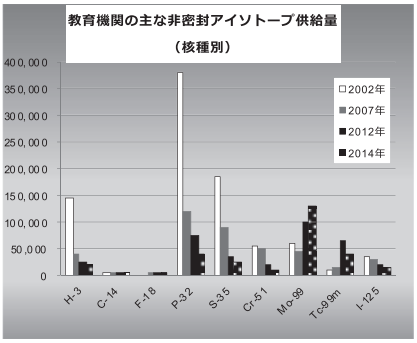


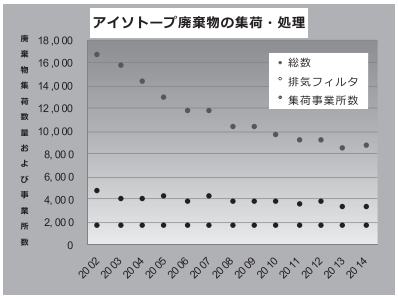


資料7









全国の大学等放射線施設の利用 – 現状

- かつての横綱級核種の流通は顕著に減少
- 核医学系核種の流通は横ばい
- なぜか施設数は長期的には増えている
- 利用は少ないがとりあえず維持している

全国の大学等放射線施設の利用減少 – 理由

- **放射線管理区域外で実施できる他の有用な手法に置き換えられた**
  - P-32全盛期の原動力は過去の手法に
    - サザン、ノーザン　→　qPCR　　シークエンス　→　シークエンサー
      キナーゼアッセイ、免疫沈降、ゲルシフト　→　蛍光抗体
  - 古典的手法は細々と
    - H-3/DNA合成　C-14/トレーサー　S-35/代謝標識　Cr-51/細胞障害
      I-125/ペプチド標識
- **ラジオアイソトープを使う必要がない**
  - 面倒　汚染　高価
- **若いころにラジオアイソトープを使ったことのある人とその弟子だけに実験手技が伝承される**

全国の大学等放射線施設の利用 – これから

- 安全文化 – 放射線安全管理レベルの向上
- RI、放射線の新たな利用法
- 放射線施設の新たな役割

- 規制の最適化

次世代型放射線施設

改築時の事例

■京都大学
- ■突然沸いてくる利用希望に沿った模様替えができる実験室へ

■名城大学
- ■どんなレイアウトにも変幻自在に対応できる実験室へ

■宮崎大学
- ■900㎡のうち378㎡を管理区域から外し動物実験施設に転用
- ■施設能力を維持したまま残存部分の有効スペースを増加
- ■地域防災教育への貢献

改築時の事例

■北海道大学
- ■増改築
- ■分子イメージング強化

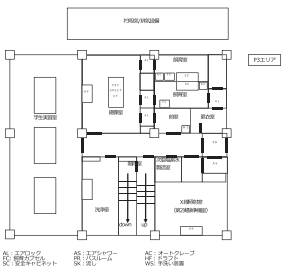
■金沢大学
- ■改築
- ■SPECT/CT導入

■長崎大学
- ■感染症分子イメージングセンター設置

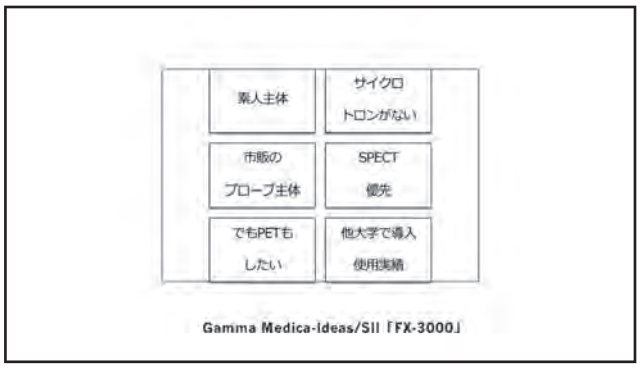
長崎大学と核医学研究

○歴史は、ほぼ、なし
○2003年から薬学部、中山守男教授がSPECTプローブ合成
○2007年から先導研よりSPECT/CTを概算要求（頭出し）
○2010年1月、医学部、工藤崇教授着任
○2010年4月、熱帯医学研究所、最先端研究基盤事業「新興・再興感染症克服に向けた研究環境整備」に採択
　○感染症分子イメージング基盤システム

基本レイアウト（最終）



資料7


素人主体
サイクロトロンがない
市販のプローブ主体
SPECT優先
でもPETもしたい
他大学で導入使用実績
Gamma Medica-Ideas/SII「FX-3000」

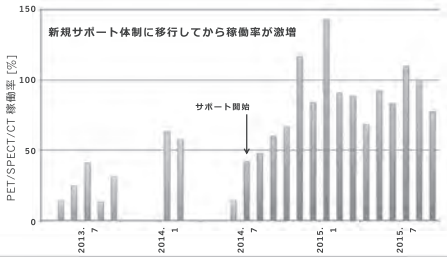
小動物用PET/SPECT/CT装置
PET/SPECT/CT Systems (Triumph, TriFoil Imaging Inc.)
SPECT
CT
PET system
SPECT system
CT system
APD (Avalanche photodiode)
LYSO (Cerium doped Lutetium Yttrium Orthosilicate)
LGSO (Lutetium Gadolinium Oxyorthosilicate)
CZT (Cadmium Zinc Telluride)-SPECT

アイソトープ実験施設
Radioisotope Research Center

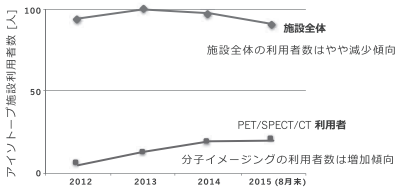
資料7

いざ動き始めると

イメージング装置の利用状況



施設利用者数の推移



PET/SPECT/CT利用者の研究内容

◊ 熱帯医学研究所
- ✓ ウイルス学分野
  - **ウイルス感染による炎症や脳萎縮の評価**

☙ 原爆後障害医療研究所
- ✓ 幹細胞生物学研究分野
  - **心筋梗塞モデルマウスの機能回復評価**
- ✓ 腫瘍・診断病理学研究分野
  - **外部被曝ラットの甲状腺癌の探索**
- ✓ 放射線生物・防護学研究分野
  - ^{131}Iのマウス体内動態と発癌リスク評価

☙ 腫瘍外科
- **担癌マウスに対する放射線治療の効果判定**

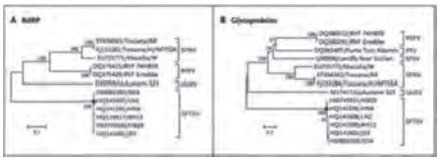
☙ 薬学部衛生薬学科
- **^{68}Gaを用いたPETトレーサー開発**

☙ 呼吸器内科
- **肺真菌症モデルマウスの肺血流測定**

☙ 歯学部矯正歯科
- **歯科矯正ラットの骨代謝亢進の評価**

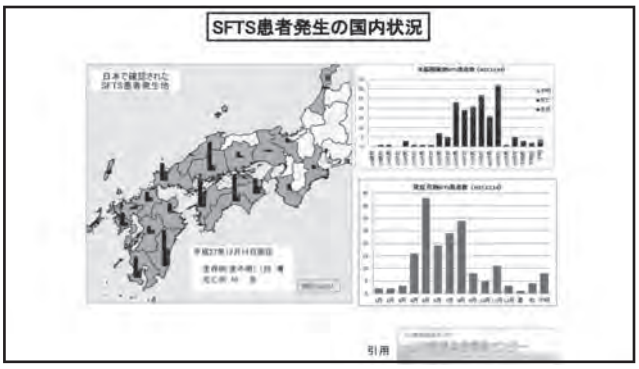
重症熱性血小板減少症候群（SFTS）

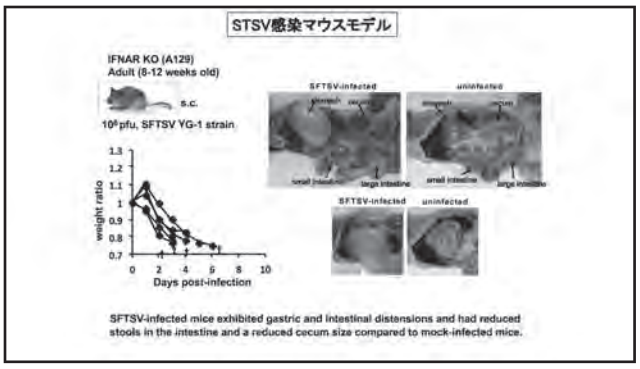
- **2009–2010年に中国の6省で流行.**
- **高熱、消化器症状、血小板減少、白血球減少、多臓器不全、致死率は12%.**
- **3月～11月に発生**
- **75%以上の患者が50代以上**
- **病原体はSFTS ウイルス（ブニヤウイルス科フレボウイルス属）**
- **血液中のウイルス量は10^3 to 10^9 copies / mL**

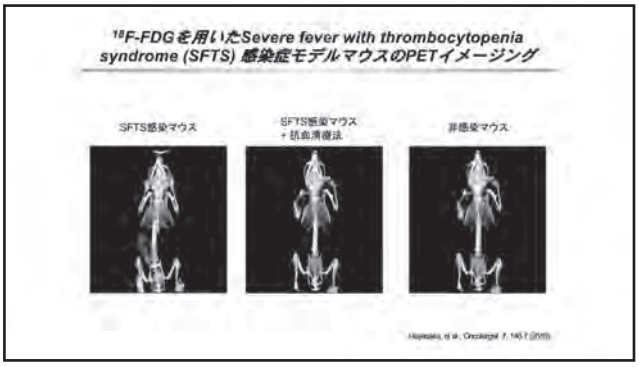


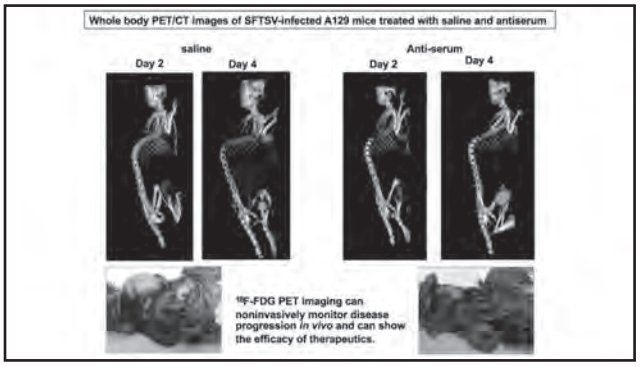
SFTSウイルスは新しく発見されたブニヤウイルスのフレボウイルス

資料7









2015年度　研究費獲得状況・研究業績

- 原著論文　4報
  - 総インパクトファクター 20.029
- 学会発表　5件
  - 学会賞　2件
- 科研費新規採択　3件（2016.4）
  - 基盤B

資料7

大学等放射線施設による

緊急モニタリングプラットフォーム

構築のための教育研究プログラム

長崎大学原爆後障害医療研究所

FY2016-2019　原子力規制庁　原子力規制人材育成事業

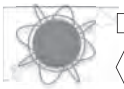
大学等における放射性同位元素
等使用施設（282施設）
環境管理　線源管理　個人管理

放射線モニタリング機能
コミュニケーション機能

人材育成と組織体制の整備

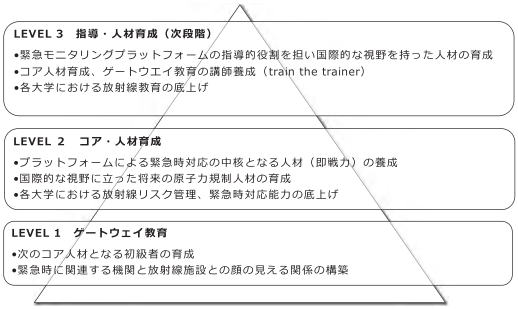
放射性物質の一般環境中への拡散 / 被ばく者の発生

・空間線量率測定
・汚染測定、除染
・被ばく線量測定



・環境試料核種分析
・空間線量率測定
・空気中放射能濃度測定
・帰還者汚染測定
・健康リスク評価
・クライシスコミュニケーション

緊急モニタリングプラットフォーム



人材育成のレベル

一般研修

既存の学協会の研修会等の学術啓蒙活動に本コース科目を加え年4回以上の開催数と多地域研修を実現

緊急時対応の全体像、必要なモニタリング技術、健康リスク評価、リスクコミュニケーション技術の習得

アドバンスト研修

•既存の大学院修士課程等に本コース科目を加え規制人材の卵となり国際機関にも貢献できる学生を育成

•長崎大・福島医科大　災害・被ばく医療科学共同専攻、「放射線防護学」「リスクアセスメント概論」

コア人材育成コース

一般研修

• 放射線施設の指導人材とコア人材が講師となり、各大学等における法定放射線講習会、学内外放射線基礎セミナー等を活用し、幅広い対象者に対する研修を実現、年10回以上の開催を確保

• コア人材育成コースへの橋渡し教育

• 放射線の基礎、原子力・放射線事故とその対応の歴史

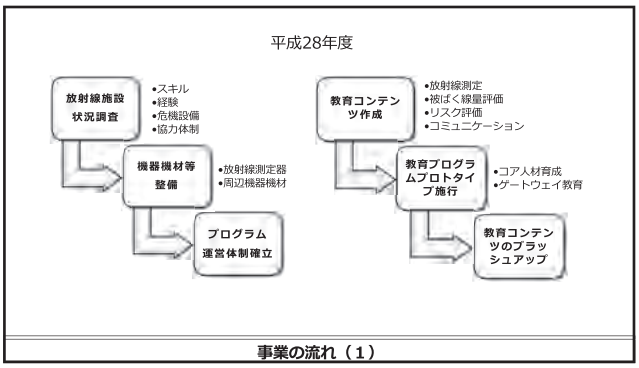
アドバンスト研修

• 大学の関連する消防、警察、自治体関係者等に対する短期集中講義

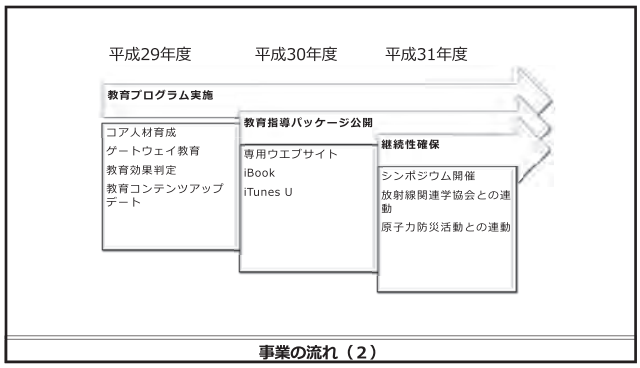
• 原子力災害医療・総合支援センターが実施する災害派遣チームへの研修

ゲートウェイ教育

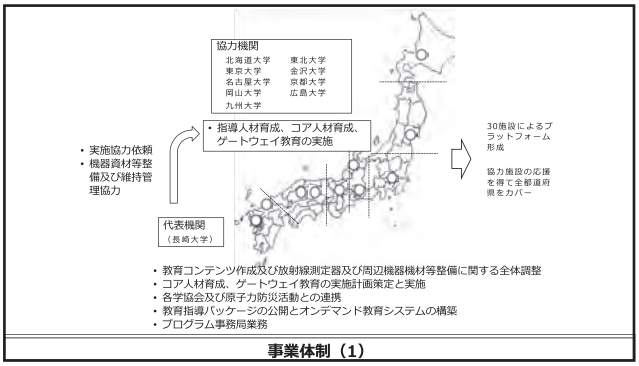
資料7



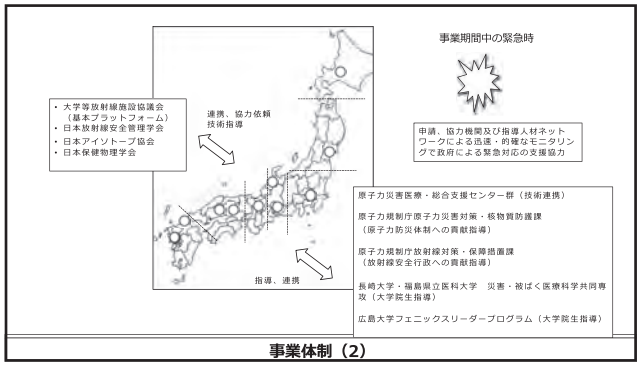
事業の流れ（1）



事業の流れ（2）



事業体制（1）



事業体制（2）

資料8

放射線の人体影響

平成29年度(株)千代田テクノル　放射線安全・一般安全講習会

9月19日(月)東京会場，9月28日(木)大阪会場
10月13日(金)福岡会場，10月31日(火)仙台会場

放射線学入門

ー福島第一原発事故を受けてー

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

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（α）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

ベータ（β）線：電子　9.1 x 10^{-31} kg

中性子線：　1.6 x 10^{-27} kg

陽子線：　1.6 x 10^{-27} kg

重粒子線

見えない光（光子、電磁波）

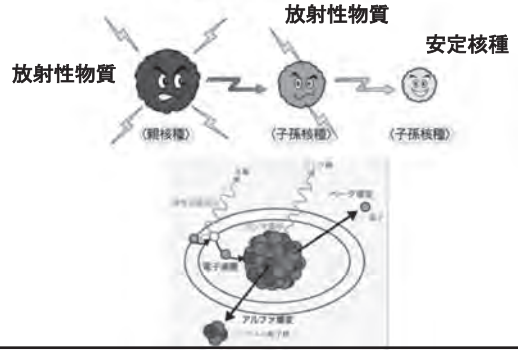
ガンマ（γ）線、X線：超高周波数（波長は短い）電磁波

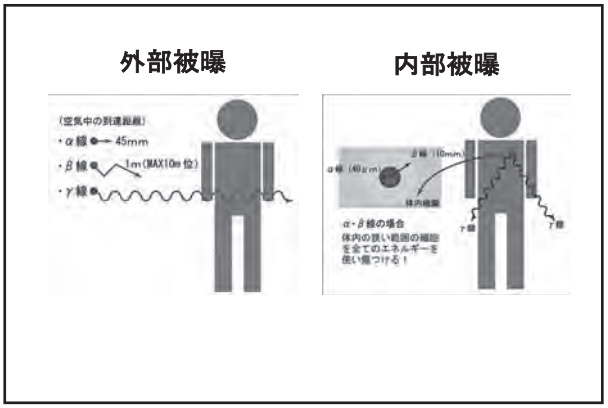
4

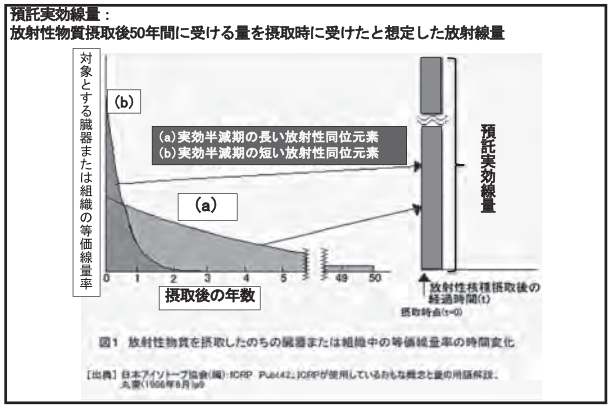
放射線の単位

	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	

壊変あるいは崩壊



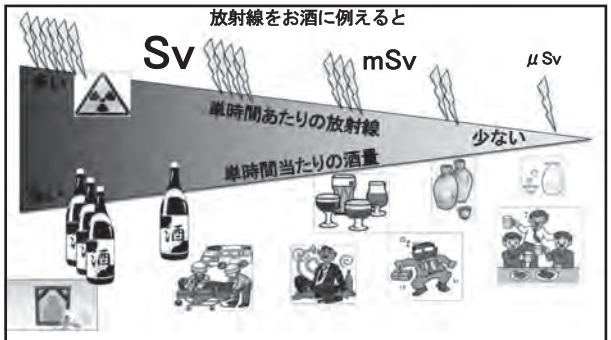




「内部被ばく」も「外部被ばく」も
人への影響はすべて
シーベルト（Sv）の大きさで判断する

「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**



時間当たりの放射線量（線量率）が小さい程、放射線の影響は小さい
DDREF（線量線量率効果係数）=2（ICRP、UNSCEARは2～10としている）

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38万ベクレル
内部被ばく線量
1年で1.2シーベルト
50年で12シーベルト

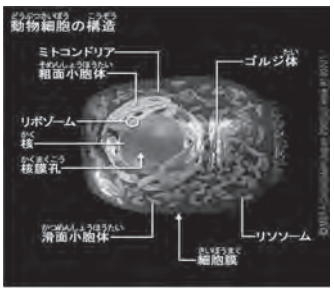
6/7
50代男性アメリシウム241も220ベクレル検出。法律で報告が義務づけられた5ミリシーベルト以上の被曝は確実とみられる。

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。

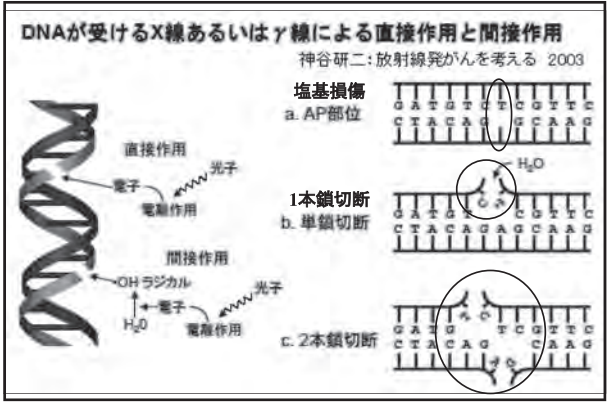
6/19
検出限界値（1日分の尿で約1mBq）を上回る程度の微量

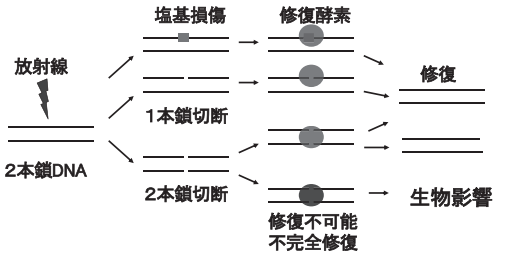
最終的に最高100-200mSvの被ばく

放射線の標的は？



DNA



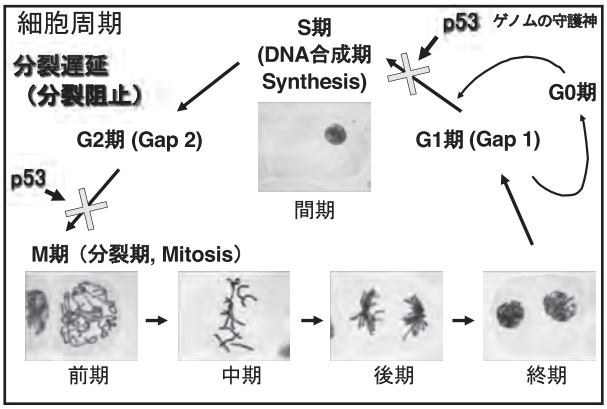


損傷	自然発生（/細胞/日）	放射線誘発（/細胞/Gy）
塩基損傷	20,000	300
1本鎖切断	50,000	1,000
2本鎖切断	10	30

細胞が1Gy被曝すると、2本鎖切断が自然発生よりも20個増える

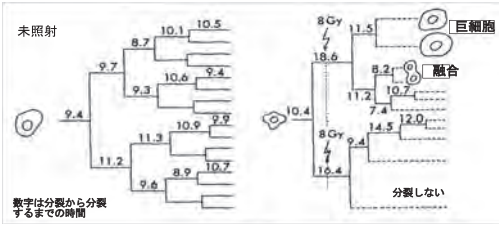
放射線の細胞に対する基本的作用機序

1. 分裂遅延（分裂阻止）
2. 増殖死と間期死
3. 損傷と回復
5. （遺伝子）突然変異
6. 染色体異常

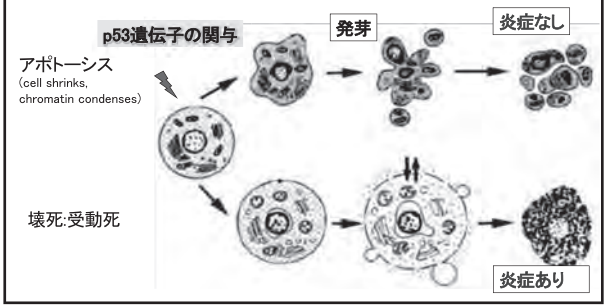


2-1）増殖死（分裂死） Reproductive death

分裂を繰り返している細胞に放射線を照射すると、細胞によっては数回の分裂の後に分裂を停止し、死滅するものが出てくるようになる巨細胞を形成する場合もある。
例：がん細胞，初代培養細胞



2-2) 間期死(アポトーシス):放射線の線量が高くなると細胞は分裂することなく死滅するようになる。近年この様式の死は、 アポトーシス(能動死、細胞の自殺)と同じであることがわかった。放射線抵抗性の細胞(神経、筋、肝)、リンパ球、胸腺細胞は低線量でも起こる。



3） 放射線による損傷

○致死損傷(Lethal damage):DNA切断による修復のない損傷をいう。

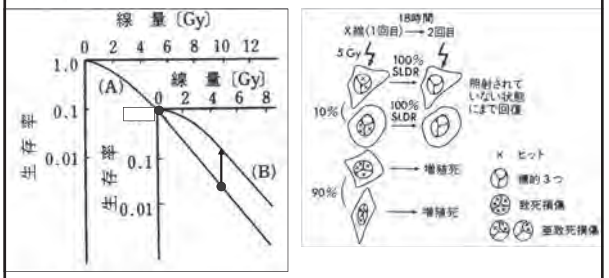
○亜致死損傷(Sublethal damage):細胞に放射線の分割照射を行うと、1回照射の場合と比べて、総線量が同じでも生存率が上がる。このように照射と照射の間に回復するような損傷をいう。

○潜在的致死損傷(Potentially lethal damage):細胞に放射線照射を行い、その後何らかの条件下に置いて生存率を見ると、生存率が上昇する場合がある。プラトー期の細胞を照射し、すぐにまき直すと致死となったが、そのままの状態におくことで修復され生存率が高くなるような損傷をいう。

3-1) 回復 (Recovery)

○亜致死損傷からの回復 (Sublethal Damage Recovery SLD回復)

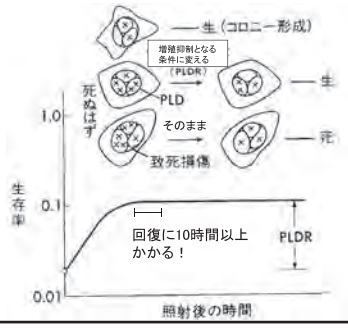
Elkind回復　　応用 : 放射線治療



3-2) 回復(Recovery)

○潜在的致死損傷からの回復
(Potentially Lethal Damage Recovery, PLD回復)

例:がん細胞



参考

最近1時間以内に回復する損傷がみつかった。

4） (遺伝子) 突然変異 (Mutation)

遺伝子は、通常極めて安定。

DNA損傷 → 遺伝子情報が変化

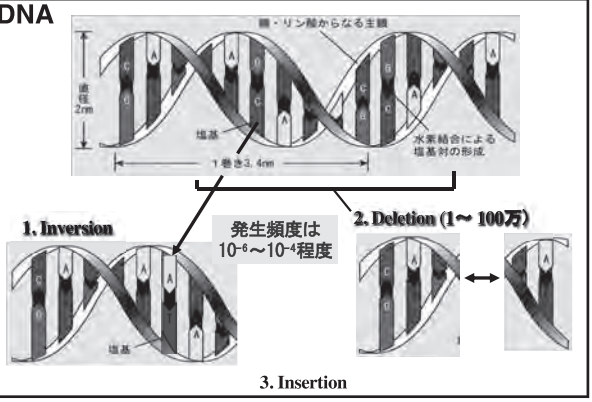
(遺伝子)突然変異 = 点突然変異:
塩基置換、欠失、挿入

大きな突然変異として100万塩基対にも及ぶ欠失

がん化
加齢亢進
遺伝的影響

最近の研究では、直接的な機構の他に、長期にゲノム不安定性が誘導され遅延的に突然変異が起こることもわかった。

DNA



５）染色体異常（Chromosome aberration）

○染色体型異常（Chromosome type aberration）
DNA合成期よりも前（G1期からS期前半）に照射を受けると、２個の切断が同一染色分体の同位置に存在する。
安定型（長期にわたって残る）：欠失、逆位、転座
不安定型（比較的短期で消失）：環状、二動原体

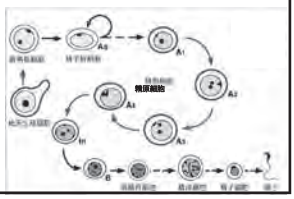
○染色分体型異常（Chromatid type aberration）
DNA合成期よりも後（S期後半からG2期）に照射を受けると、染色分体が２本になって切られるので、異なった位置に切断が生じる。

６）細胞における放射線感受性決定因子　*の前に*

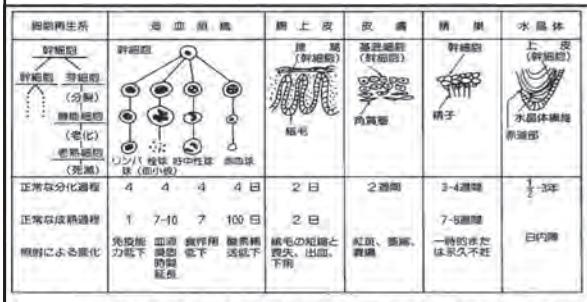
ベルゴニー・トリボンドー
Bergonié - Tribondeauの法則

- 細胞分裂頻度の高いものほど、
- 将来、分裂回数の大きいものほど、
- 形態および機能において未分化なものほど、

組織及び細胞の
放射線感受性が高い。



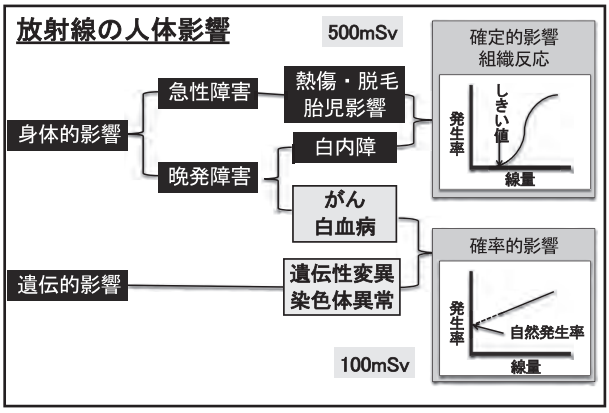
細胞再生系組織（Cell renewal system）



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）

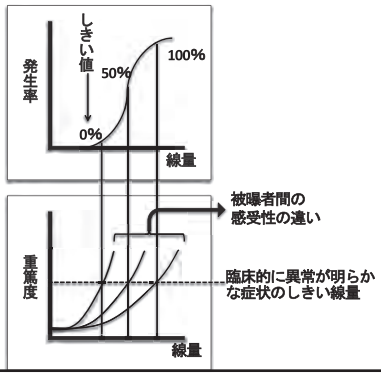
（吉井義一著、放射線生物学概論［第２版］より引用）

放射線の人体影響



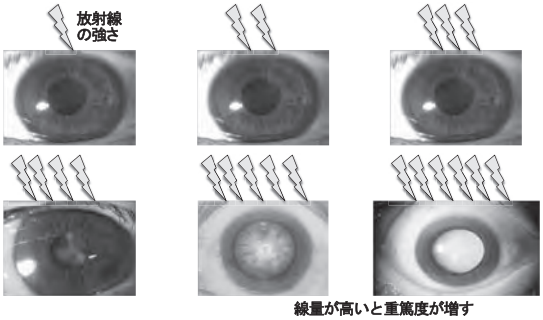
確定的影響（組織反応）

熱傷・脱毛
胎児影響
白内障



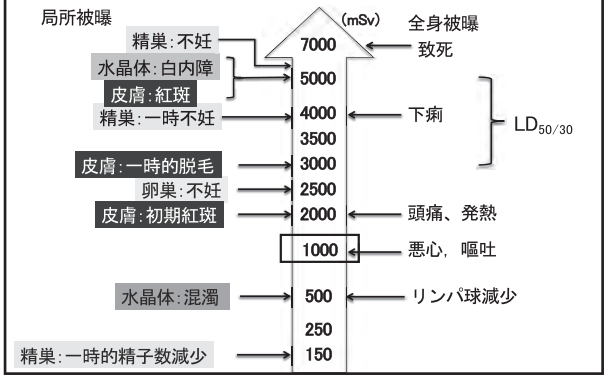
線量により重篤度は増す

しきい値（しきい線量について）
例えば白内障の場合、上半分の線量では被曝しても白内障にはなりません。下半分の線量では、白内障になります。下半分の一番最小の線量がしきい線量ということです。
水晶体混濁は0.5Gy視力障害を伴う白内障は5Gyがしきい線量です。



線量が高いと重篤度が増す

急性放射線被曝の局所及び全身症状



全身被曝による急性影響の症状と被曝線量との関係

γ線を急性全身均等被曝した時

線量(Gy)	症状
0.25以下	ほとんど臨床的症状なし
0.5～1	白血球(リンパ球)の一時減少、染色体異常
1	放射線宿酔(吐き気、嘔吐、全身倦怠) リンパ球の著しい減少(急性障害は治癒)
1.5	50%の人に放射線宿酔
2	5%の人が数週間で死亡 (骨髄死：白血球、血小板減少、感染、出血)
3～5 (LD50/30)	30日間に50%の人が死亡
6	14日間に90%の人が死亡
7	100%の人が死亡

参考文献：文光堂 放射線生物学ノート 小須田 茂 著

電離則改正の趣旨

- 東電原発事故において、特例省令を定め、緊急被ばく限度を250 mSvまで引き上げ
- 当初、全ての緊急作業を対象。段階的に適用作業を限定し、原子炉の安全性が確保された段階で廃止
- 174人が100 mSvを超えて被ばくし、そのうち6人が250 mSvを超えて被ばく
- この経験を踏まえ、あらかじめ特例的な基準を定めるとともに、特別教育規程及び事象告示を制定

○特例緊急被ばく限度（第７条の２関係）

- 通常作業における5年あたり被ばく限度100 mSvを超える作業を行う正当化が必要
- ICRPの勧告等で100 mSvを超える被ばく限度の適用が認められる作業として「破滅的な状況の回避」が示されている

東電原発事故においても、250 mSvで緊急対応が可能であった経験、リンパ球数減少のしきい値を決めるのは困難なことを踏まえ、250 mSvを定めた。○特例緊急被ばく限度（第７条の３関係）

- 原子炉施設が破滅的な状況に至ることを回避することを主たる目的とする作業のための作業者に限定
- 放射線業務従事者であって、特別の教育を受けた者
- 上記以外の労働者については、特定緊急被ばく限度は適用されない
- 特例緊急作業に係る労働条件を明示した上で双方合意の上で労働契約を締結

皮膚の急性障害

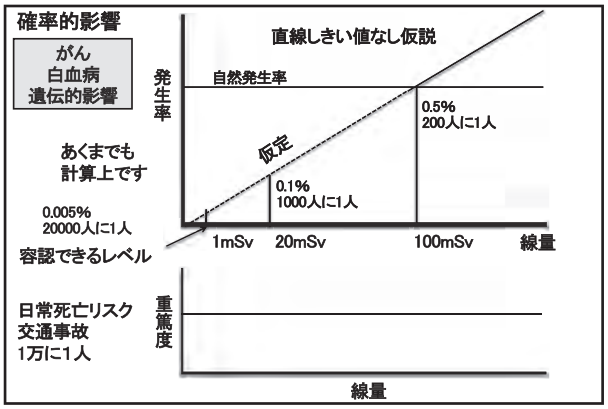
2Gy	初期紅斑
3 Gy～	脱毛
3－6 Gy	紅斑・色素沈着
7－8 Gy	水疱形成
10 Gy～	潰瘍形成
20 Gy～	難治性潰瘍 慢性化、皮膚がんへ移行

放射線による皮膚障害と発現時期

皮膚障害の種類	発現時期
紅斑	数～48時間
乾性落屑	数日 3～6週
湿性びらん	4～6週
潰瘍	＞6週
壊 死	＞10週

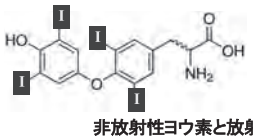
34

確率的影響

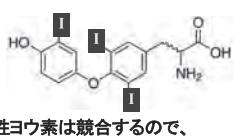


甲状腺ホルモン(T4、T3)が作られるのにヨウ素が必要。ヨウ素は成人の体内に約25mgあり、1日摂取量約1.5mg必要。

T4: サイロキシン



T3: トリヨードサイロキニン



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錠	1錠	1錠	1錠	1錠

100 mg 50 mg

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

最大14日間

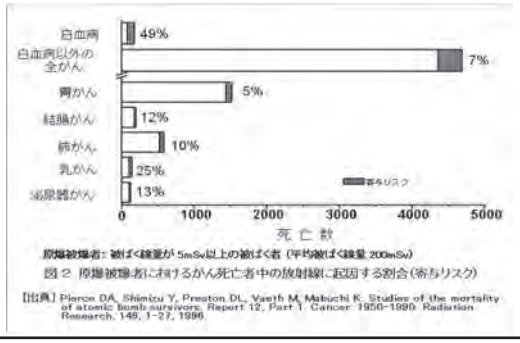
原発事故時のヨウ素131（^{131}I）による甲状腺がんからの予防

100mgのヨウ化カリウム投与した時の^{131}Iの摂取防止率

投与時期	^{131}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

<u>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</u>。
ヨウ素として100mg（50mg錠x2）を服用。

原爆投下の翌日に爆心地に入り1週間作業をした人の被曝線量は 、
広島で約0.1Gy、長崎で0.3～0.4Gyと推定されている。
約5万人が爆心地からおよそ2.5km以内で0.005SV以上の放射線量に被曝



原爆被爆者：被ばく線量が 5mSv以上の被ばく者（平均被ばく線量 200mSv）
図２ 原爆被爆者におけるがん死亡者中の放射線に起因する割合（寄与リスク）
[出典] Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K: Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990. Radiation Research, 146, 1-27, 1996.

Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003:
An Overview of Cancer and Noncancer Diseases

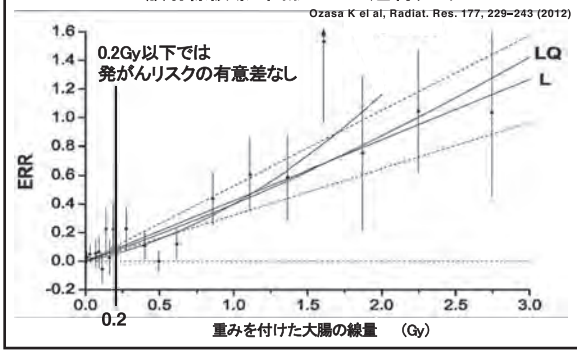
原爆被爆者の死亡率に関する研究
第14報1950–2003年
がんおよびがん以外の疾患の概要

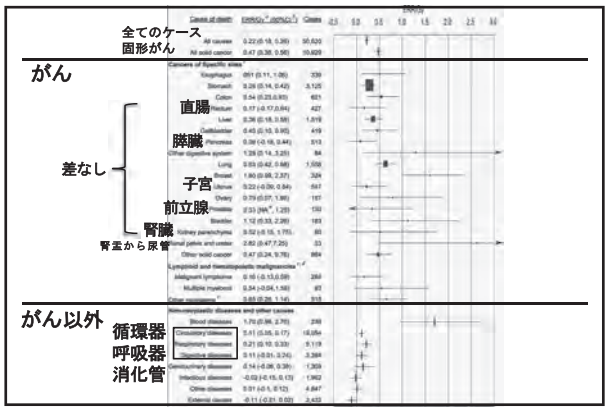
Kotaro Ozasa et al.　小笹晃太郎
Radiation Effects Research Foundation

Radiation Research 177, 229–243 (2012)
放影研報告書　RR 4-11

原爆被爆者約9.3万人と対象者2.7万人

1950－2003年での原爆被爆者の
放射線被曝と固形がんの過剰リスク





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%	差無し
高線量被爆者	1.4%	0.7%	

放射線被曝による遺伝的影響はありません！

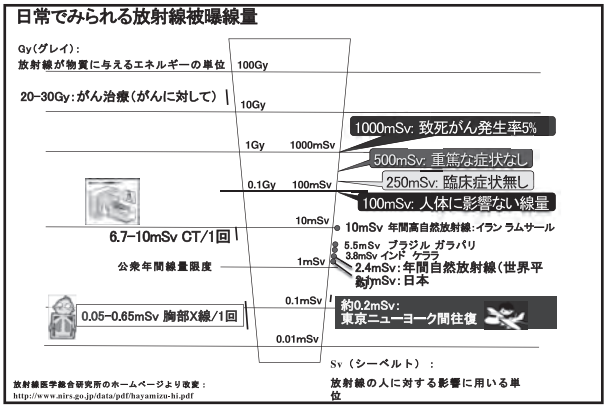
2011/4/15　福島出身を理由に結婚破談？のニュース

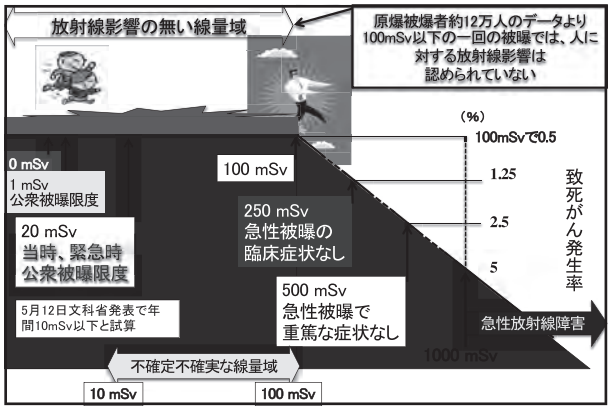
「放射能の影響で元気な子供が生まれなかったらどうするの？」と、
婚約者男性の母親からこう言われ、福島出身の女性が結婚破談？

もしこれが事実なら、明らかに放射線影響の知識不足

42

資料8


日常でみられる放射線被曝線量
Gy（グレイ）：
放射線が物質に与えるエネルギーの単位
100Gy
20-30Gy：がん治療（がんに対して）
10Gy
1000mSv：致死がん発生率5%
1Gy
1000mSv
500mSv：重篤な症状なし
250mSv：臨床症状無し
0.1Gy
100mSv
100mSv：人体に影響ない線量
10mSv
10mSv 年間高自然放射線：イラン ラムサール
6.7-10mSv CT/1回
5.5mSv ブラジル ガラパリ
3.8mSv インド ケララ
公衆年間線量限度
1mSv
2.4mSv：年間自然放射線（世界平均）
1mSv：日本
0.1mSv
約0.2mSv：
東京ニューヨーク間往復
0.05-0.65mSv 胸部X線/1回
0.01mSv
Sv（シーベルト）：
放射線の人に対する影響に用いる単位
放射線医学総合研究所のホームページより改変：
http://www.nirs.go.jp/data/pdf/hayamizu-hi.pdf


放射線影響の無い線量域
原爆被爆者約12万人のデータより
100mSv以下の一回の被曝では、人に
対する放射線影響は
認められていない
（%）
100mSvで0.5
1.25
2.5
5
致死がん発生率
0 mSv
1 mSv
公衆被曝限度
100 mSv
250 mSv
急性被曝の
臨床症状なし
20 mSv
当時、緊急時
公衆被曝限度
500 mSv
急性被曝で
重篤な症状なし
5月12日文科省発表で年
間10mSv以下と試算
急性放射線障害
1000 mSv
不確定不確実な線量域
10 mSv
100 mSv

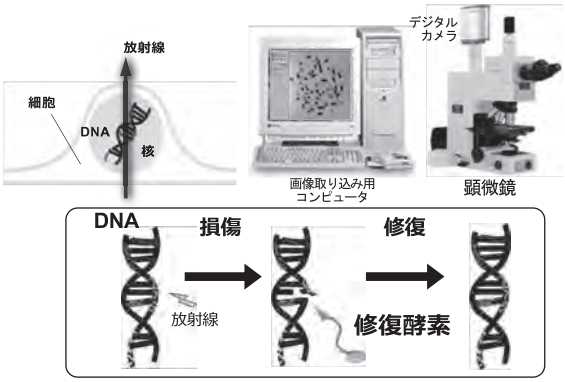
平成28年度放射線安全・一般安全講習会

リスクコミュニケーション

平成28年10月
量子科学技術研究開発機構（量研機構）
放射線医学総合研究所・放射線防護情報統合センター
神田玲子

1
1

自己紹介（専門分野）



自己紹介（技術支援）

3

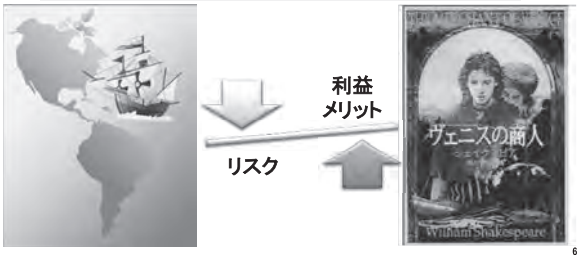
0. リスクコミュニケーションとは何か

身の回りのリスク

5

“リスク”の語源

海事用語の「risque」（フランス語）
「risco」（イタリア語）
＝険しい岩礁をぬって航海する



6

リスク：社会と科学技術との接点

Social Benefit versus Technological Risk

What is our society willing to pay for safety?

Chauncey Starr

Maximum Benefit at Minimum Cost

The evaluation of technical approaches to solving societal problems customarily involves consideration of the relationship between potential technical performance and the required investment of societal resources. Although such performance-versus-cost relationships are clearly useful for choosing between alternative solutions, they do not by themselves determine how much technology a society can justifiably purchase. This latter determination requires, additionally, knowledge of the relationship between social benefit and justified social cost. The two relationships may then be used jointly to de-

performance are not only uncommon but are rarely quantitative. Yet we know that implicit in every nonarbitrary national decision on the use of technology is a trade-off of societal benefits and societal costs.

In this article I offer an approach for establishing a quan- of benefit relative to portant element in social values—specific tal deaths arising fr developments in publi ysis is based on two first is that historical accident records are adequate for revealing con-

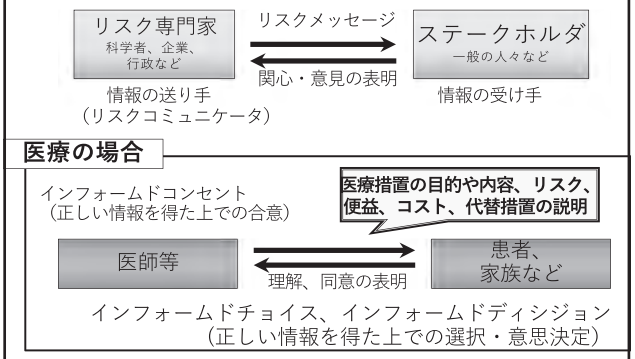
The broad societal benefits of advances in technology exceed the associated costs sufficiently to make technological growth inexorable. Sheff's socioeconomic study (1) has indicated that technological growth has been generally exponential in this century, doubling every 20 years in nations having advanced technology. Such technological growth has apparently stimulated a parallel growth in socioeconomic benefits and a slower associated growth in social costs.

The conventional socioeconomic benefits—health, education, income—are presumably indicative of an improvement in the "quality of life." The cost of this socioeconomic progress shows up in all the negative indicators of our society—urban and environmental prob-

technological developments so as to achieve maximum social benefit at mini-

・リスク—便益解析
・リスク比較解析
・公衆によるリスク・便益の認識

リスクコミュニケーションの特徴



リスクコミュニケーションの歴史

リスク・コミュニケーションという言葉は、アメリカで1970年代半ばに誕生

第1期（米：1975年ごろから84年）：
リスクデータの開示・リスク比較の時代
リスクが小さくても受け入れられない場合も多く、リスク認知研究が発展

第2期（米：85年ごろから94年）：
受け手のニーズと信頼の時代
多くの実践的なコミュニケーション活動が行われた
コミュニケーションのテクニックに走って失敗した事例が多い

第3期（米：95年以降）：
相互作用プロセスの時代
何らかの結果を目的としないリスクに関する意見交換

リスクコミュニケーションは万能薬ではない
リスクを理解すれば、リスク通りの認知になるわけではない
蓄積した成果には「べからず」が多い

リスクコミュニケーションの3つの誤解

① （自然科学系にありがち）
リスクを正確に説明すれば、一般の方は
「正しく」リスクを怖がる
⇔リスク認知の軽視

② （人文科学系にありがち）
コミュニケーションが上手であれば、
信頼関係が構築できる
⇔リスク評価の軽視

③ （規制者にありがち）
リスクコミュニケーションさえうまくいけば、
物事が解決する

リスクコミュニケーション欠如が招いた悲劇

遠隔地での人工流産の増加

・チェルノブイリ事故発生1986年4月26日
・ギリシャでは、1987年1月の出生率が激減
⇒1986年5月に妊娠初期の胎児の23%が人工流産と推定
・イタリアでは、事故後5ヶ月間は1日当たり約28～52件の不必要な中絶があったと推定
・デンマーク：少しはあった
・スウエーデン、ノルウェー、ハンガリー：なかった

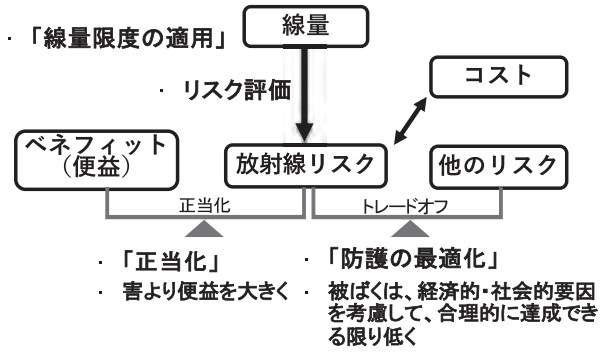
Proceedings of the Symposium on the effects on pregnancy outcome in Europe following the Chernobyl accident. Biomedicine & Pharmacotherapy 45/No 6, 1991

リスクコミュニケーションの場

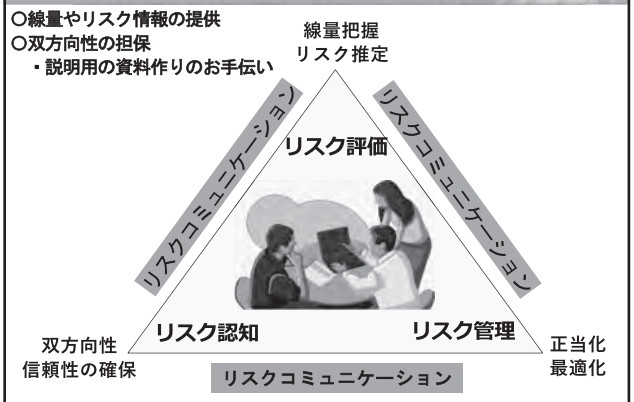
線源	対象者(例)
原子力発電	立地地域住民、消費地住民、原子力関係従事者
医学利用（X線、CT、PETなど）	患者や家族、介護者、医療従事者
工業利用、農業利用、食品照射	消費者、該当する産業の従事者
自然放射線(宇宙線、自然起源放射性物質：NORMなど)	航空機乗員、旅行者、ウラン鉱採掘業、NORMを扱う産業の従事者、高自然放射線地域住民

12

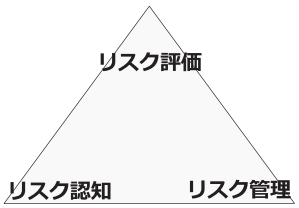
リスクコミュニケーションで伝える情報



リスクコミュニケーションの意義



1. リスク認知 ～安全基準を決める要素～



リスクコミュニケーションの現場では

・・子どもを外で遊ばせても安全ですか？
・・小魚を食べても安全ですか？
・・CT検査は安全ですか？　・絶対安全ですか？

・リスクの大きさは、客観的事実
・安全かどうかは、主観的判断

一般用語としての「安全」

危なくないさま。物事が損傷・損害・危害を受けない、または受ける心配のないこと（岩波国語辞典第二版）

安らかで危険のないこと。物事が、損傷したり、危害を受けたりする恐れのないこと（広辞苑第四版）

危害または損傷・損害を受けるおそれのないこと。危険がなく安心なさま（大辞林 第三版）

17

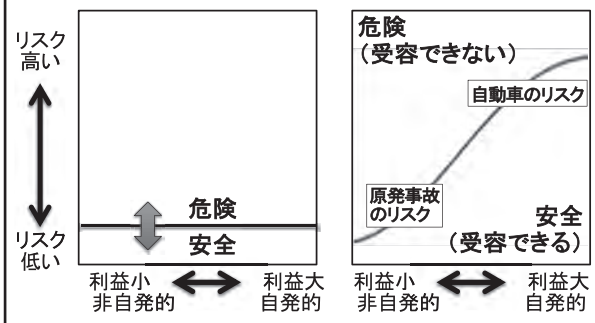
規制における「安全」

“許容できないリスクがないこと”
（2013年以前は“容認できないリスクがないこと”）

（国際標準化機構（ISO）/国際電気標準会議（IEC）ガイド 51）

多くの方（＝社会）が
許容できるリスクのレベル
＝規制における「安全」

安全基準の考え方



19

リスクランキングによる認知調査

アンケート：30項目：危ないと思う順に並べてください（2007−2008年調査）

👑👑	喫煙	👑	飲酒	👑	自動車
	バイク		自転車		大規模建設工事
	医療用X線		鉄道		水泳
	農薬		登山		外科手術
	電気		民間飛行機	👑	ピストル
	消防業務		抗生物質		自家用飛行機
	狩猟		警察業務		自動芝刈り機
	家電製品	👑	原子力		予防接種
	避妊薬		フットボール		スキー
	食品着色料		食品添加物		スプレー

👑 年間死亡数ランキング　👑 危ないと思うランキング

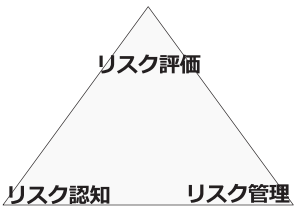
リスク認知調査結果（東日本大震災前）

	男性					女性				
	20代	30代	40代	50代	>60	20代	30代	40代	50代	>60
1.ピストル	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
2.原子力	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
3.喫煙	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4
4.自家用飛行機	5	6	5	4	5	8	6	7	5	7
5.狩猟	9	8	4	8	14	10	4	6	4	3
6.警察職務	8	5	8	6	13	6	7	3	7	19
7.外科手術	4	3	7	5	10	4	5	9	9	6
8.消防職務	15	9	9	7	12	5	8	5	6	17
9.バイク	7	7	6	10	6	9	15	8	8	9
10.大型建設工事	10	10	10	9	15	12	11	13	10	8
11.自動車	6	11	11	12	9	13	13	10	13	11
12.医療X線	11	13	12	11	3	7	12	11	11	5
13.民間飛行機	14	12	17	13	22	11	10	12	12	23
14.殺虫剤	19	14	13	14	7	16	9	14	17	12
15.抗生物質	12	16	14	15	11	14	17	15	14	14

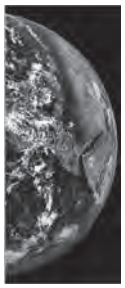
リスク受容に影響する要素

受けいれにくいリスク	受けいれやすいリスク
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	大人への影響

2. 放射線の基礎知識 ～リスク受容を左右する～



放射線への一般的な認識



・地球上の放射線は地球誕生とともにある
・放射線利用には100年以上の歴史
・ほとんどの日本人に放射線検査経験

・・・・にもかかわらず
ほとんどの人にとって
東電福島第一原発事故による放射線の
リスクは「経験のない、**新規**のリスク」として
受け止められた。

放射線に関する知識

	設問	答	正答率
1	放射線の強さは時間がたっても変わらない	X	64.2%
2	放射線を出す物質は地球ができた時から自然界に存在する	○	62.7%
3	放射線の進む方向は強い風によって変わる	X	50.3%
4	放射線は微量だが普通の食物の中からも出ている	○	49.0%
5	放射線は微量だが常に身体からも出ている	○	41.9%
6	自然放射線と人工放射線は性質が異なる	X	19.3%

平成14年度実施 日本原子力産業会議　報告書より

リスク受容に影響する要素

受けいれにくいリスク	受けいれやすいリスク
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	大人への影響

目で見る食品中の放射能

豚肉、バナナ（縦切りおよび横切り）、
ショウガの放射能像

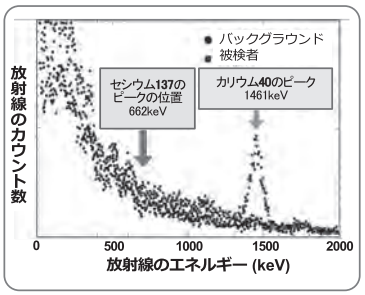
事故前の食品中の放射能

・主に カリウム40のベータ線
・カリウム40の存在比は0.012%
・カリウム40の半減期は1.26×10^9年

森, 応用物理, 97, No.6, 1998

人体中の放射能

ホールボディ・カウンタ

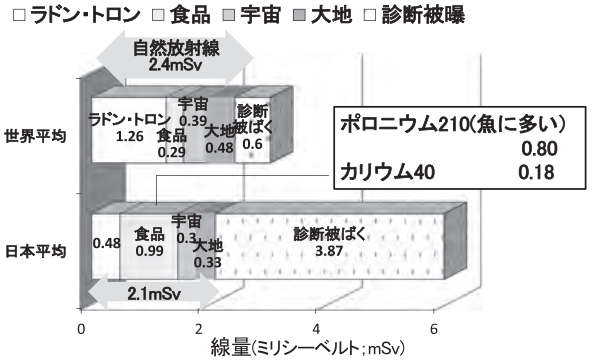


体内から出てくる放射線を測定　⇒　体内の放射能を物質別に求める

体内にあるカリウムの量は体重 1 kgあたり２g程度、
そのうち約0.01%が放射性のカリウム40

keV：キロ電子ボルト

日常生活における放射線被ばく



2008年国連科学委員会報告、2011年原子力安全研究協会「生活環境放射線」より

放射線への認識（線量）

最も多い被ばくは？（アンケート結果）

放射線源	%
原子力施設	39
医療被ばく	31
宇宙から	3
大地から	3
食物摂取から	2
その他・無回答	22

全国20歳以上の男女1357人のアンケート調査結果
（2006年に放医研が実施）　辻・神田　Jpn. J. Risk Anal. 18, 33、2008

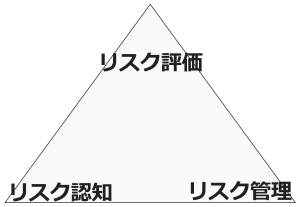
「放射線影響」のイメージ(事故前)

「放射線の健康影響」のイメージ	全体(%)
がん・白血病	49
皮膚障害・脱毛	7
子どもへの影響	4
その他(漠然とした不安)	8
無回答	32

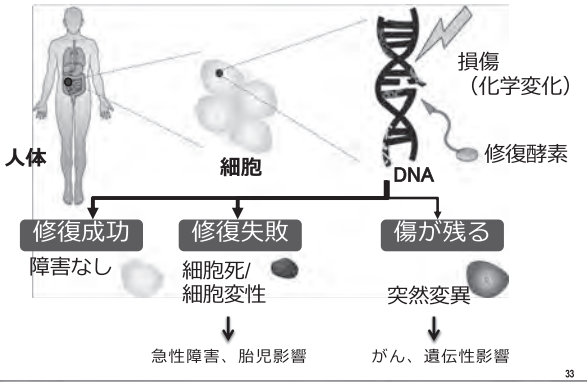
全国の20歳以上の男女1357人のアンケート調査結果
(2006年に放医研が実施)辻・神田 Japanese J. Risk Anal, 18, 33, 2008

放射線の健康影響
→4割の人にとっては漠然としていた

3. リスク評価
～線量とリスクの関係～

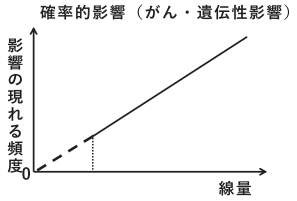


放射線影響が起こる機構



33

低線量放射線の確率的影響の不確かさ



低線量放射線(100ミリシーベルト以下)のがんリスク

低線量放射線影響に関する疫学研究

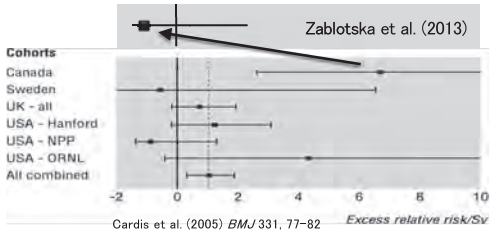
線量率	研究対象	人数	平均累積線量(mGy)	平均追跡年数	固形がん数	1Gyあたり過剰相対リスク(90%信頼区間)
高	原爆被爆者	105, 427	～230	26. 2	17, 448	**0. 47** (0. 40–0. 54)
低	高自然放射線地域住民(ｲﾝﾄﾞ・ｹﾗﾗ)	385, 103	161	10. 5	1, 379	**–0. 13** (–0. 58–0. 46)＊
低	高自然放射線地域住民(中国)	80, 640	～100	15. 5	677	**–0. 11** (–0. 67–0. 69)
低	テチャ川流域住民	17, 433	40	25. 6	1, 836	**1. 00** (0. 3–1. 9)
低	原子力作業者(15カ国)	407, 391	19. 4	12. 7	4, 770	**0. 97** (0. 27–1. 80)
低	原子力作業者(英国)	174, 541	24. 9	22. 3	10, 855	**0. 27** (0. 06–0. 53)

Boice et al. (2010) *Radiat Res* 173, 849-854

＊95%信頼区間

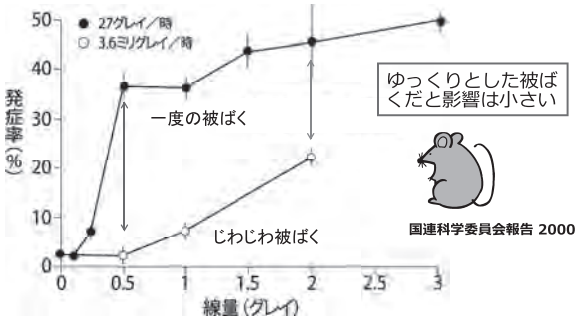
疫学研究の難しさ(横軸の問題)

線量率	研究対象	人数	平均累積線量(mGy)	平均追跡年数	固形がん数	1Gyあたり過剰相対リスク(90%信頼区間)
低	原子力作業者(15カ国)	407, 391	19. 4	12. 7	4, 770	**0. 97** (0. 27–1. 80)



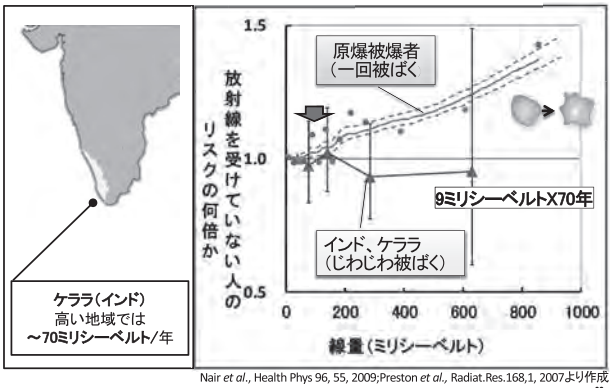
Cardis et al. (2005) *BMJ* 331, 77-82

低線量率被ばくの影響（マウス）



総合的に見て、2分の１、３分の１、３分の２、１倍などの意見

低線量率被ばくの影響（ヒト）



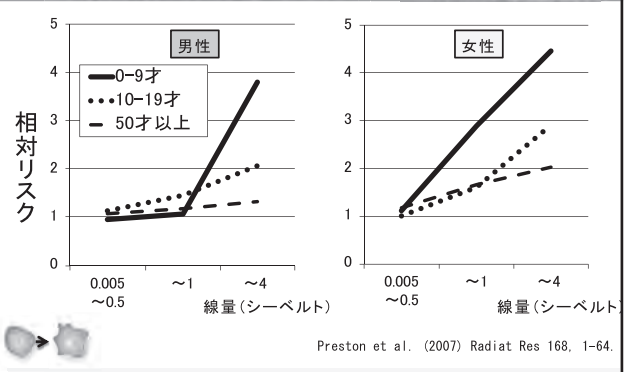
Nair *et al.*, Health Phys 96, 55, 2009;Preston *et al.*, Radiat.Res.168,1, 2007より作成

38

リスク受容に影響する要素

受けいれにくいリスク	受けいれやすいリスク
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	大人への影響

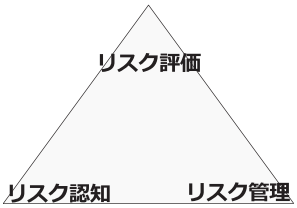
年齢別がん死亡リスク（原爆被爆者）



Preston et al. (2007) Radiat Res 168, 1-64.

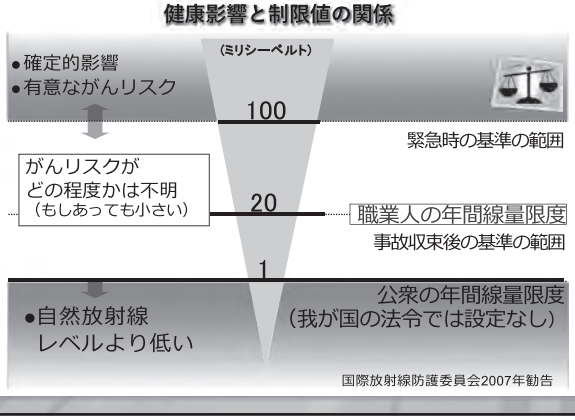
⇒高線量でも低線量でも、子どもの感受性は3倍程度とする（防護）

4. リスク管理
～リスク比較が一つの根拠～



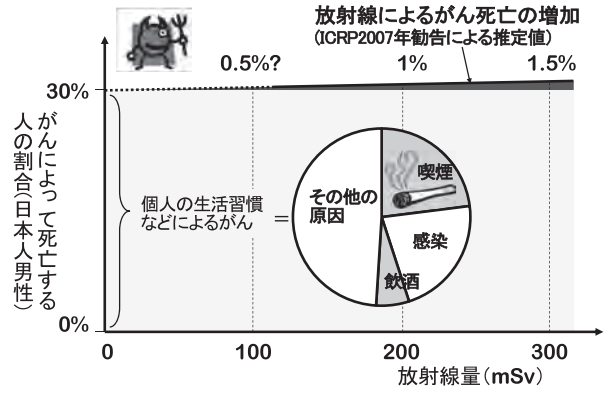
放射線影響と放射線安全の基準値

健康影響と制限値の関係



国際放射線防護委員会2007年勧告

放射線によるがん死亡の増加分



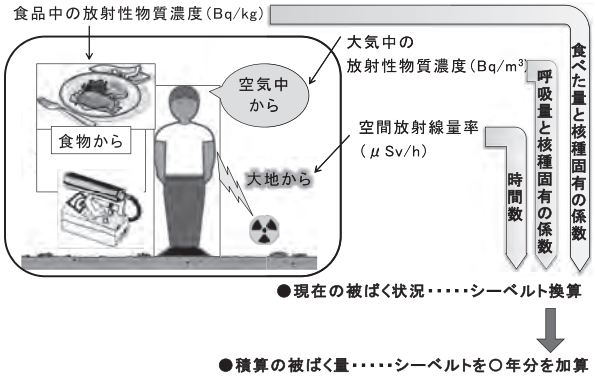
他のリスクとの比較

放射線の線量（mSv）	生活習慣因子	がんの相対リスク＊
1,000 – 2,000		1.8
	喫煙者	1.6
	大量飲酒 （毎日3合以上）	1.6
500 – 1,000		1.4
	大量飲酒 （毎日2合以上）	1.4
200 – 500	肥満 （BMI≧30）	1.22
	やせ （BMI<19）	1.29
		1.19
	運動不足	1.15 - 1.19
	高塩分食品	1.11 – 1.15
100 – 200		1.08
	野菜不足	1.06
	受動喫煙 （非喫煙女性）	1.02 – 1.03
100 以下		検出不可能

＊放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ）であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない

国立がん研究センターHPより

放射線計測と管理



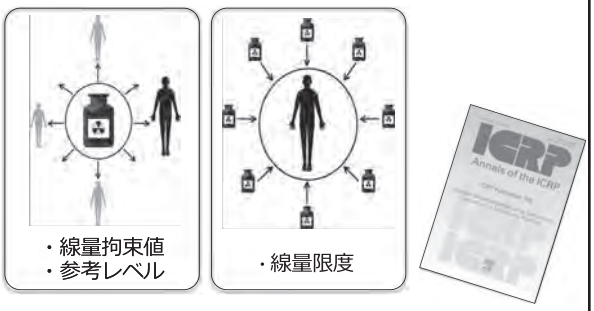
●現在の被ばく状況・・・・・シーベルト換算

●積算の被ばく量・・・・・シーベルトを○年分を加算

リスク受容に影響する要素

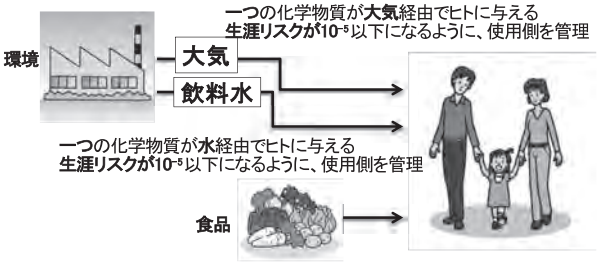
受けいれにくいリスク	受けいれやすいリスク
押しつけられたもの	自発的なもの
他人が制御管理	**自分で制御管理可能**
利益がない	利益がある
人為的・人工的	自然由来
不公平に及ぶ	公平に及ぶ
破滅的	統計に基づいている
リスク源が信用できない	リスク源が信用できる
経験がない、外来	熟知している
子どもへの影響	大人への影響

放射線防護に用いられる制限値



放射線防護体系の特殊性

化学物質は、種類一つ一つのリスクを経路ごとに管理

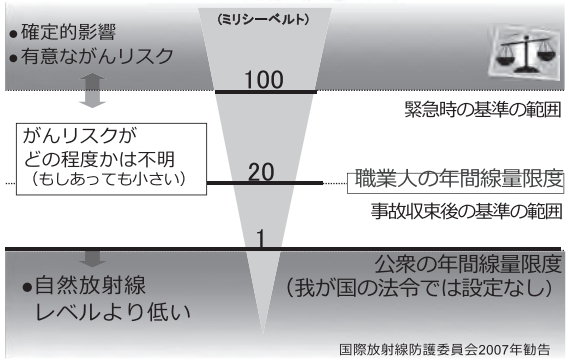


48

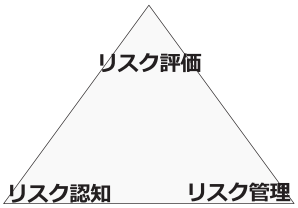
放射線は、人体が受けるトータルの放射線量を管理

放射線影響と放射線安全の基準値

健康影響と制限値の関係



5. リスクコミュニケーションの課題 ～さまざまなギャップ～



50

リスクの受け止め方

	技術者・行政の考え方	社会学者・市民の考え方
リスクの実体	客観的実在	社会的構成
決定要因	損害規模と確率	文化的バイアス
定量評価	科学的に可能	科学的に可能？
リスク管理	科学的に可能	科学的に可能？
論点	容認レベル	責任の所在

原子力安全委員会　リスク情報を活用した
安全規制の導入に関するタスクフォース資料を改変

[リスクコミュニケーションの効果]
・リスクに関わりあう人々が，関連のある問題や行動についての理解の水準を上げ，利用可能な知識の範囲内で適切に知らされていると満足する
・リスクに関わり合う人々の間で信頼関係ができる

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は万能薬ではない
・即効性はない
・蓄積した成果には「べからず」が多い
　うそをつかない、隠さない、逃げない
・リスクを理解すれば、リスク通りの認知になるわけではない
　しかし、あまりに偏ったリスク認知はQOLを下げる

パラケルスス
（ルネサンスのスイスの医師、錬金術師）

あらゆるものは毒であり、毒無きものは存在しない。分量のみがそれを無毒のものにする。

Alle Ding' sind Gift und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, das ein Ding kein Gift ist.

ご静聴ありがとうございました

53

放射線災害の対応

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
放射線災害医療センター・救命救急センター・救急医療学講座

平成28年度　千代田テクノル　放射線安全・一般安全講習会
2016年10月31日　14:20～15:20　於　仙台ビジネスホテル

自己紹介

外科医→救急医
→放射線災害医療

「福島の大学」アカデミア・コンソーシアム 2014

©2015 Arifumi HASEGAWA FMU

日常：小さな危機の連続

2007年「新潟県中越沖地震」

©2015 Arifumi HASEGAWA FMU

日常：小さな危機の連続

2008年　福島県ドクターヘリ運行開始

©2015 Arifumi HASEGAWA FMU

日常：小さな危機の連続

2008年　心停止社会復帰患者さんご家族と

HEM-Netグラフ12, 2008

福島事故から学んだこと

原子力発電所事故時の放射線防護専門家ニーズ

緊急被ばく医療への対応
- 傷病者
- 医療者
- 施設

（おもに医療機関）

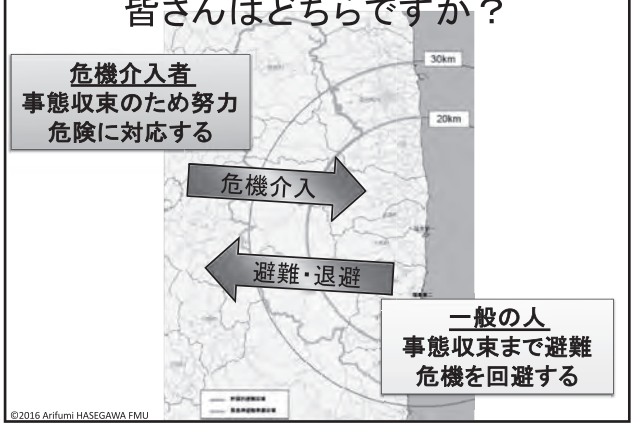
住民の被ばく・汚染への対応
- 避難者
- 対応者
- 環境

（あらゆる施設・屋外）

事故の規模や内容により多様な状況が想定される

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

皆さんはどちらですか？



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

危機介入者の現実

- 危機介入者だが被災者でもある
  - 家族や環境の破壊・損失を被る
  - 被ばく・汚染リスクは、原発内作業者に準ず
  - 経営母体が被災
  - 心・体・放射線の法的健康管理システム欠如
  - 経済的支援・保証システムの欠如

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

オフサイトの防災業務関係者の安全確保に関する検討会報告書

- 本報告書で扱った防災業務関係者は、平時において特に原子力や放射線に関する業務を行っているわけではないが、緊急時には防災上重要な役割を担うこととなる。
- 同時に、実際に原子力災害が発生した際には、そうした防災業務関係者が、それぞれの責務を果たすことに加え、地域の住民一人一人が、防災意識を持ち、自発的な取組を行うことが必要となる。
- 原子力防災の実効性を高めるため、地域の防災に責任を持つ国、自治体に対し、こうした点を認知し、原子力災害に対する防災意識を地域に育てることが、より一層求められている。

内閣府 Cabinet Office, Government of Japan

平成 28 年1月5日

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

人を社会から隔絶する4悪

人は以下の特性を有している

• Selfishness	利己心
• Indifference	無関心
• Ignorance	無知
• Lack of imagination	想像力の欠如

Jean Pictet

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

リスクに対する防護体系（私見）

「受け入れられないリスク」がない状態
「受け入れられるリスク」はある状態

受け入れられる Acceptable	望ましくないが耐えられる Tolerable	受け入れられない Unacceptable

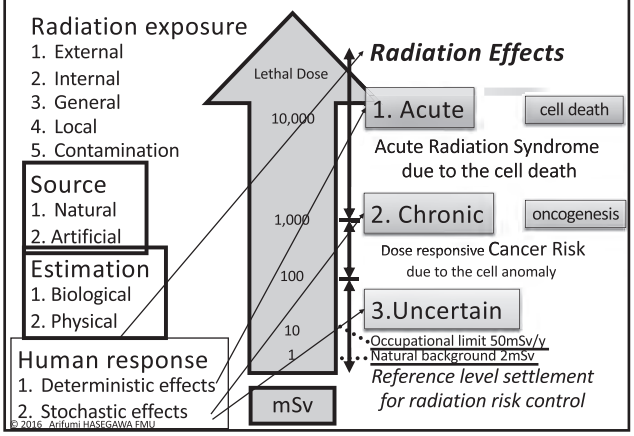
防護の為の参考値	影響の出る値
国民合意の下に社会が示すポリシー	科学が証明するサイエンス

（例）規制値・基準値
・食品の規制値
・年間被ばく線量限度

時相・時代・事態で変化し、最終的には個人が決断する

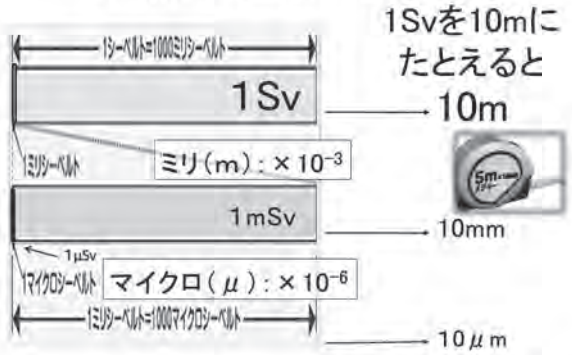
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Basic of human radiation effect



© 2016 Arifumi HASEGAWA FMU

国際単位系の接頭辞



小学生のための放射線副読本 改変

本日の内容

I. 原子力災害医療体制

II. 緊急被ばく医療への対応

III. 住民の被ばく・汚染への対応

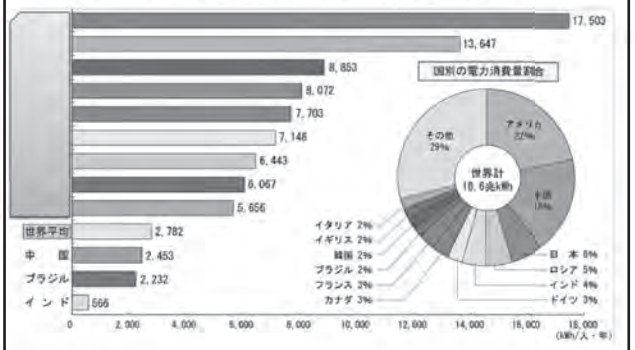
本日の内容

I. 原子力災害医療体制

II. 緊急被ばく医療への対応

III. 住民の被ばく・汚染への対応

国民一人あたりの電力消費(2008年)

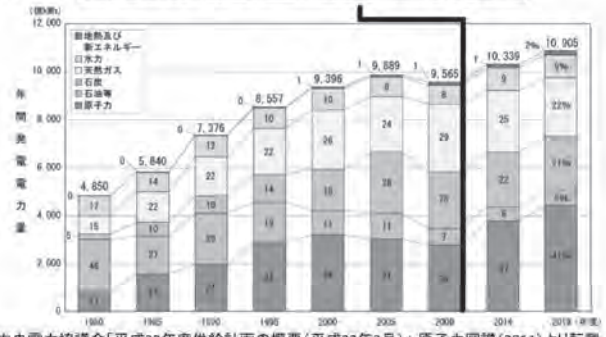


©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

IEA KET WORLD ENERGY STATISTICS 2010

原子力のエネルギーミックスにおける割合

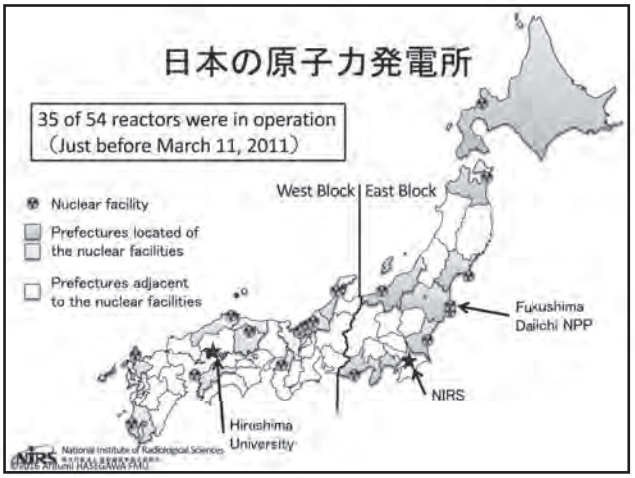
震災前 電源別発電電力量の実績および見通し



中央電力協議会「平成22年度供給計画の概要(平成22年3月)」原子力図譜(2011)より転載

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

日本の原子力発電所



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

1．福島で何が起きたのか

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

1）複合災害の一部として放射線災害が発生した

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

世界の原子力発電所と造山帯

http://maptd.com/worldwide-map-of-nuclear-power-stations-and-earthquake-zones/

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

東日本大震災

- 2011年　3月11日　14:46

犠牲者 : > 24,524

・死者	: 15, 037
・行方不明者	: 9,487

(警察庁　～2011年3月14日まで)

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Tsunami（津波）after the earthquake

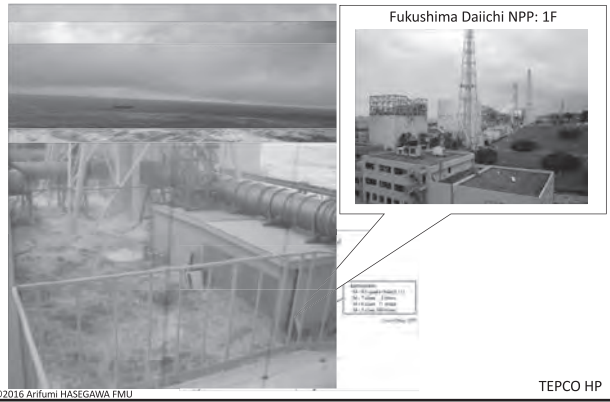
Casualties : over 24,524

Dead: 15,037, Missing: 9,487

(As of May 14th, National Police Agency)

© 2016 Arifumi HASEGAWA FMU

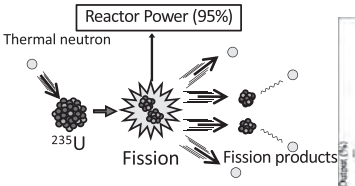
東日本大震災と原子力発電所

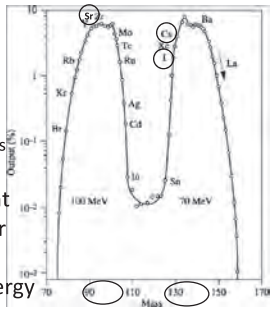


TEPCO HP

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Fission products





Divide to two unstable element
both 90 and 130 mass number
↓
Decay: stabilizing by emitting energy
（decay heat, radiation ）

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Ceramics Materials: Processes, Properties and Applications

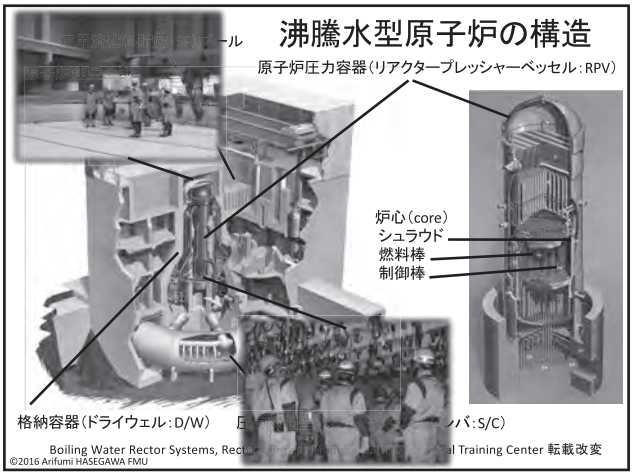
Radionuclides to watch

Nuclides (decay type)	Output	Half-life	Effect
^{133}Cesium	6.79%	stable	×
^{135}Iodine(β)	6.33%	6.5 hours	×short half-life
^{93}Zirconium（β)	6.30%	1.53E+6 years	×short half-life
^{137}Cesium(β/γ)	**6.09%**	**30 years**	○
^{99}Tecnesium	6.05%	210E+3 years	×long half-life
^{90}Strontium(β)	**5.75%**	**29 years**	○
^{131}Iodine(β/γ)	**2.83%**	**8 days**	○
^{147}Brometium	2.27%	2.6 years	×low energy
^{149}Summarium	1.09%	stable	×
^{129}Iodine	0.66%	15.7E+6 years	×long half-life

Half-life; several days years, vaporize not heavy material

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

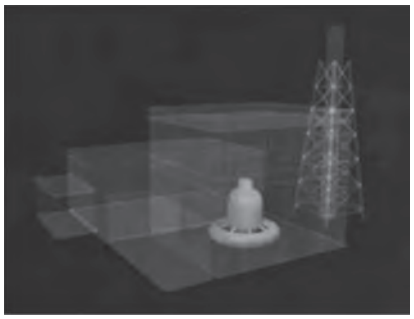
沸騰水型原子炉の構造



Boiling Water Rector Systems, Rec… …l Training Center 転載改変

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

炉心溶融の過程

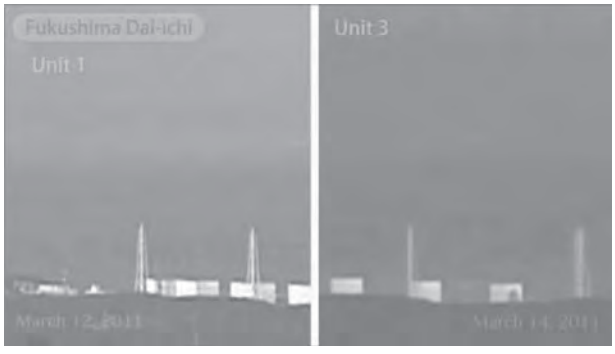


- Loss of water supply
- Temperature increase
- Core melt down
- Core melt through
- Hydrogen generation
- Hydrogen explosion

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

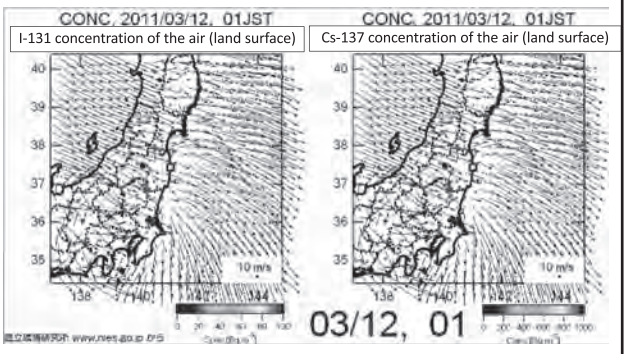
JNES

原子炉建屋の水素爆発



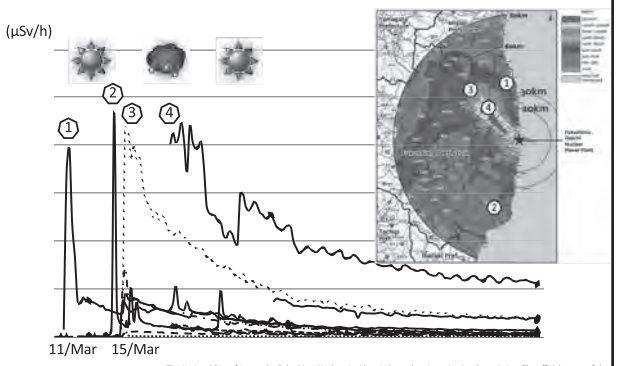
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射性物質の大気への拡散



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

空間線量率の経時変化とCs-137 土壌沈着地図（福島県）



The National Diet of Japan, the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. The official report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission : executive summary, 2012, http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB09744303

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Fukushima comparison to Chernobyl and Three mile island

	Fukushima Daiichi	Chernobyl	Three Mile Island
Date of incident	March 11, 2011	April 26, 1986	March 28, 1979
Rating on the *INES**	Level 7	Level 7	Level 5
Type of reactor	BWR	Graphite-moderated reactor	PWR
First online	March 1971	March 1984	December 1978
Initial cause	**Design? Preparation? Natural disaster Station blackout Loss of cooling**	**Human error Criticality Fire and explosion**	**Equipment failure Human error Leakage of the coolant**
Affected reactors	**3 of 6**	**1 of 4**	**1 of 3**

* INES: International Nuclear Event Scale

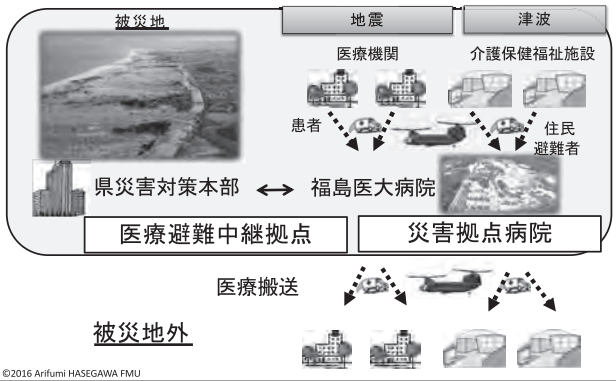
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Modify http://www.japanecho.net/311-data/1016/

	Fukushima Daiichi	Chernobyl	Three Mile Island
Outcome	• Meltdown • Breach of containment vessel	• Uncontrolled fission during explosion and fire • No containment vessel!	• 45% of the reactor core melted down • Emergency venting • No containment damage
	Soil contamination		
	Radionuclides in the reactor core released to the environment		
Response	Emergency cooling with sea/fresh water Long-term containment and fuel removal	Extinguishing fire Long-term enclosure in concrete "sarcophagus" (Unit 1-3 continued to run after the accident.)	Coolant pumping stabilized the situation. Core unseal (1984) Fuel removal (1990) Decommission (1993)
Amount of radiation leakage	370,000–630,000 TBq (Iodine-131 equivalent)	5,200,000 TBq (Iodine-131 equivalent)	93,000 TBq (noble gases) 0.56 TBq (radioactive iodine)
ARS (Fatalities)	**0 (0)**	**134 (28)**	**0 (0)**
Evacuees	**213,000 (stepwise)**	**116,000 urgent 220,000 long-term**	**Advice but no order 200,000 (voluntary)**

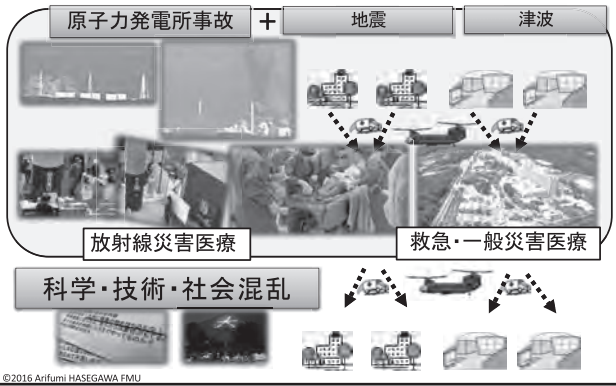
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

複合災害（超急性期）



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

複合災害（全体像）



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

2）不明確な状況下で緊急避難を余儀なくされた結果、避難による死者が発生した

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

不明確な状況での緊急避難

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

避難による（避けられたかもしれない）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

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

“Was the evacuation risk from nursing-home after the Fukushima accident higher than the radiation risk?”

Loss of Life Expectancy (LLE)

	Rapid evacuation	90-day delayed evacuation	20-mSv exposure	100-mSv exposure
Evacuation-related				
Nursing home residents	11000 (10000–13000)[850 (730–1200)][a]	Unknown	-	-
Nursing home staff	Not observed	Unknown	-	-
Radiation-related				
Nursing home residents	0.01	1.7	100	530
Nursing home staff	0.1	28	1000	5300
Total	11000+ (10000+–13000+)	27+	1100	5800

[a] LLEs due to non-evacuation-related effects (e.g. disaster-shock), as estimated from the data from Nursing home group B.

doi:10.1371/journal.pone.0137906.t005

The health risk associated with the rapid evacuation of elderly residents from nursing care facilities after the Fukushima accident was 2-to 10 times higher than the radiation risk of the reference levels for evacuation that are recommended by the ICRP.

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

PLoS One 2015;10:e0137906.

避難と転居

死亡率の上昇

避難指示区域の介護保健福祉施設入居者死亡率比較

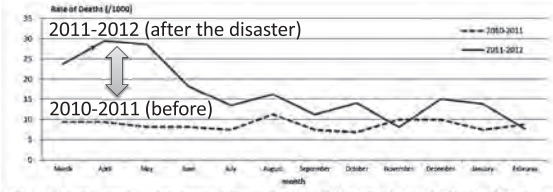


Fig. 1. Changes of mortality rates among the institutionalized elderly before and after the Fukushima NPP accident. (in the evacuation area when the disaster occurred)

Table 1. Comparison of quarterly mortality ratios before and after the disaster

	March to May	June to Aug.	Sep. to Nov.	Dec. to Feb.
2010-2011(a) #	8.87	8.87	8.04	8.66
2011-2012(b) #	27.19	15.90	11.07	12.16
Quarterly mortality ratio (b/a)	3.1	1.8	1.4	1.4

: monthly average quarterly mortality rate (/1,000)

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Yasumura, et.al., Fukushima J Med Sci.60, 2, 2014

3）地域（救急）医療体制が崩壊した。
（結果）緊急被ばく医療体制は崩壊した

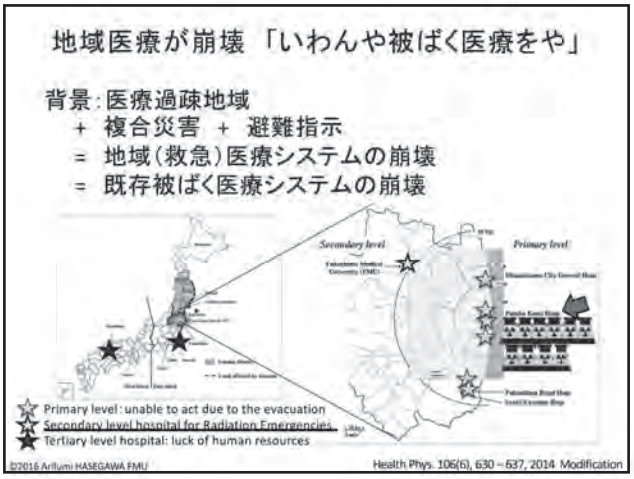
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

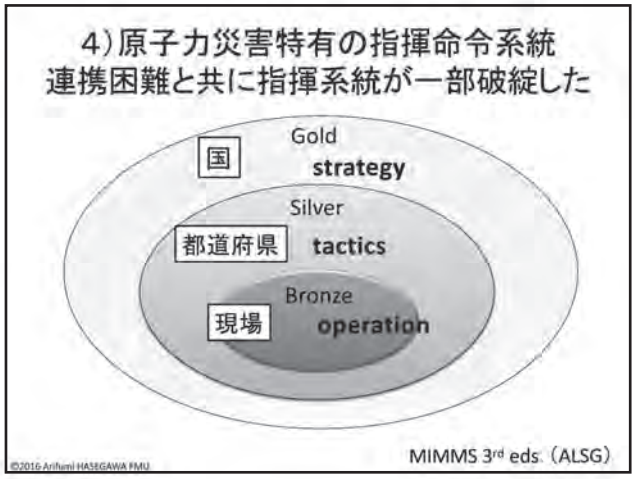
病院避難
地域医療の崩壊

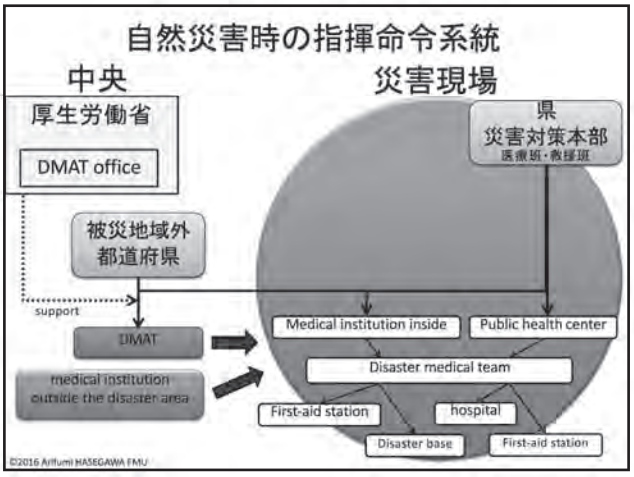
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

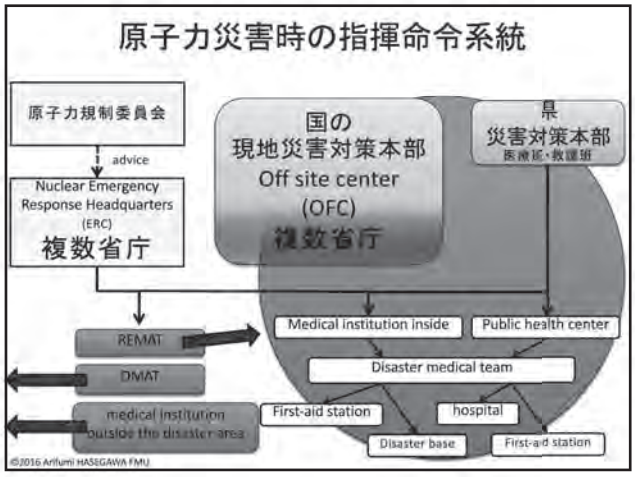
Shigetomi S, Futaba Kosei Hospital, http://www.white-family.or.jp/healthy-island/htm/repoto/repo-g130.htm

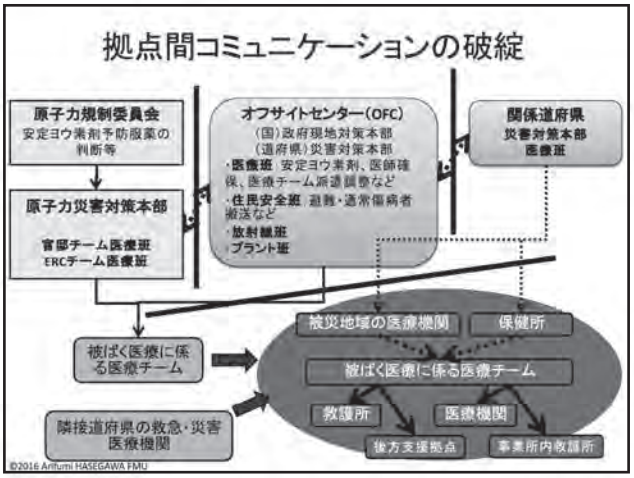
資料10


地域医療が崩壊 「いわんや被ばく医療をや」
背景：医療過疎地域
＋ 複合災害 ＋ 避難指示
＝ 地域（救急）医療システムの崩壊
＝ 既存被ばく医療システムの崩壊
Secondary level
Primary level
Primary level : unable to act due to the evacuation
Secondary level hospital for Radiation Emergencies
Tertiary level hospital: luck of human resources
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU
Health Phys. 106(6), 630～637, 2014 Modification


4）原子力災害特有の指揮命令系統
連携困難と共に指揮系統が一部破綻した
国
Gold
strategy
都道府県
Silver
tactics
現場
Bronze
operation
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU
MIMMS 3rd eds.（ALSG）


自然災害時の指揮命令系統
中央
災害現場
厚生労働省
DMAT office
県
災害対策本部
医療班・救護班
被災地域外
都道府県
support
DMAT
medical institution outside the disaster area
Medical institution inside
Public health center
Disaster medical team
First-aid station
hospital
Disaster base
First-aid station
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU


原子力災害時の指揮命令系統
原子力規制委員会
advice
Nuclear Emergency Response Headquarters
(ERC)
複数省庁
国の
現地災害対策本部
Off site center
(OFC)
複数省庁
県
災害対策本部
医療班・救護班
REMAT
DMAT
medical institution outside the disaster area
Medical institution inside
Public health center
Disaster medical team
First-aid station
hospital
Disaster base
First-aid station
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU


拠点間コミュニケーションの破綻
原子力規制委員会
安定ヨウ素剤予防服薬の判断等
原子力災害対策本部
官邸チーム医療班
ERCチーム医療班
オフサイトセンター（OFC）
（国）政府現地対策本部
（道府県）災害対策本部
・医療班：安定ヨウ素剤、医師確保、医療チーム派遣調整など
・住民安全班：避難・通常傷病者搬送など
・放射線班
・プラント班
関係道府県
災害対策本部
医療班
被災地域の医療機関
保健所
被ばく医療に係る医療チーム
救護所
医療機関
後方支援拠点
事業所内救護所
被ばく医療に係る医療チーム
隣接道府県の救急・災害医療機関
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

国の現地災害対策本部(OFC)の避難
• No water supply
• No electricity
– Internet ×
– Mobile phone ×
– Facsimile ×
– Telephone ×
• Only two satellite phone exist
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

5）医療救護班
特殊災害には十分に対応できなかった

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

急性期原子力災害の現実

医療支援システムの盲点

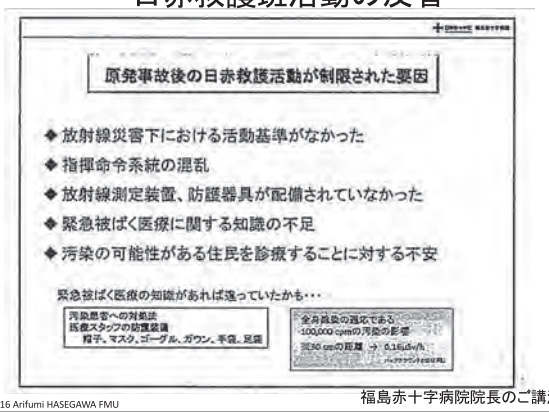
「DMATの憂い」

- 自然災害対応急性期医療支援
- 特殊災害への装備・知識不十分

➢ 一時退避を余儀なくされる

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

日赤救護班活動の反省

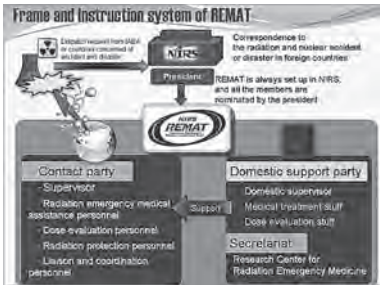


福島赤十字病院院長のご講演より

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

REMAT; Radiation Emergency Medical Assistance Team

2009年：海外の原子力災害医療支援を目的に設立
国内唯一の原子力災害医療支援チーム



National Institute of Radiological Sciences

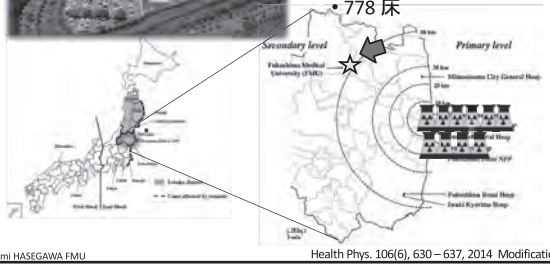
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

6）基幹災害病院が
医療崩壊の危機にさらされた

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

福島県立医科大学附属病院

- 特定機能病院
- がん拠点病院
- 高度救命救急センター
- 基幹災害病院
- 2次被ばく医療機関
- 778 床



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Health Phys. 106(6), 630－637, 2014 Modification

前線病院
緊急被ばく医療の現実

判らない　知識・技術の不足

不確か　情報不足

未知　意識の欠如

「知力の欠如」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

リスクの相場感がわからない

それってどの位の影響を受けるのですか??

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「情報の不足」が「情報の氾濫」を招く

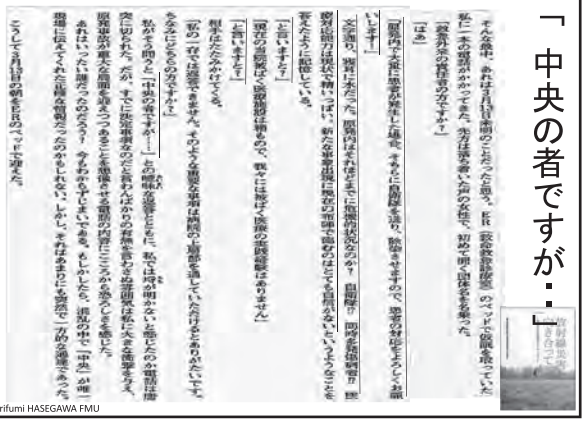
- 「先生、私達は大丈夫なの?」
- 「逃げなくていいの?」
- 肉体的・精神的限界
- 不安・恐怖・猜疑心が充満
- 院内混乱

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

深夜ER仮眠中に謎の電話を受ける

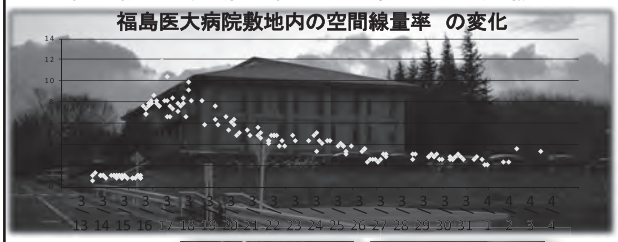
「中央の者ですが・・」

「といいますと・・・」



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

2011年3月15日
緊急被ばく医療に特化した初めての支援



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

REMAT

3月15日に医療支援のため来学

<u>情報提供</u>

- 「爆発の可能性」
- 「戦場の如き医療」
- 「教育と指導は行う」

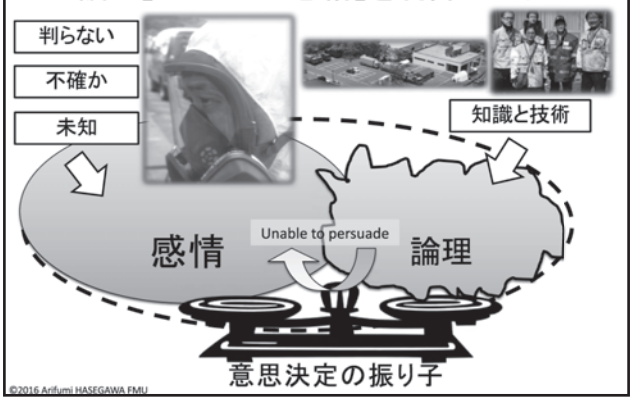
<u>宣告</u>

- 「実際に医療対応するのは皆さんです」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

資料10

「論理」だけでは「感情」を制御できない



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

1．福島で何が起きたのか

1）複合災害の一部として放射線災害が発生した
2）不明確な状況下で緊急避難を余儀なくされた結果、避難による死者が発生した
3）地域（救急）医療体制が崩壊した。
（結果）緊急被ばく医療体制は崩壊した
4）原子力災害特有の指揮命令系統
連携困難と共に指揮系統が一部破綻した
5）医療救護班
特殊災害には十分に対応できなかった
6）基幹災害病院
医療崩壊の危機にさらされた

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

2．危機に対して如何に対応したのか

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

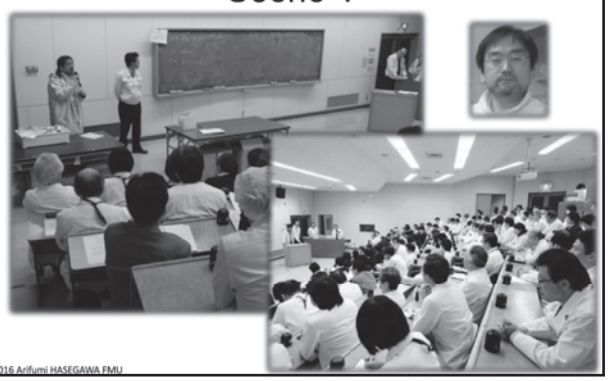
クライシスへの対応

クライシスコミュニケーションとは？

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

クライシスコミュニケーション

Scene 1



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

クライシスコミュニケーション

Scene 2 (15/Mar ~)

「どのようなコミュニケーション？」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

クライシスコミュニケーション
Scene 3 (18/Mar~)

「何をしているところ？」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

クライシスコミュニケーションの理想と現実

理想

- 危機対応の一手法
- 危機に直面した組織に対して提供される
- 事前に社会が計画整備しておくべき

福島医大の現実

- 局地で自然発生的に施行
- 国家主導ではなく
- 危機感を感じた個人が
- 社会貢献の一環で

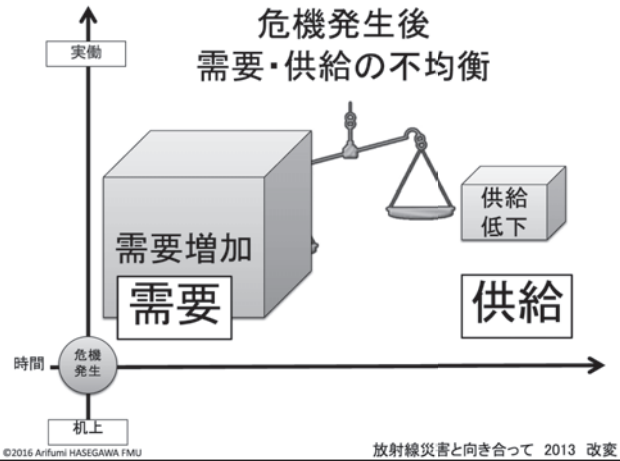
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

クライシスコミュニケーションの纏め

	Scene 1 学内専門家	Scene 2 REMAT	Scene 3 学外専門家
事相	超急性期 (11~15/Mar)	急性期 (15/Mar~)	急～亜急性期 (18/Mar~)
役割	•初期合意形成 •基礎知識提供	•情報提供 •宣告 •前線の需要抽出	• 合意形成 • 危機・リスク認知 • 共通認識図 (COP)
手段	•一方向	•双方向 •時間共有	•一方向

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

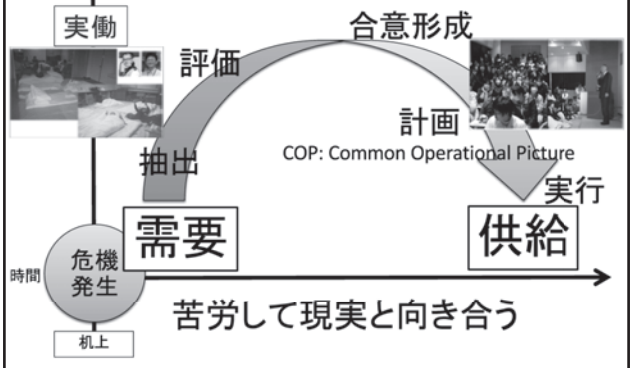
危機発生後
需要・供給の不均衡



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線災害と向き合って 2013 改変

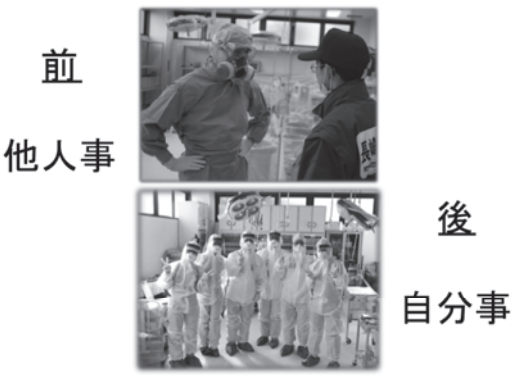
「想定外」への対応システム



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

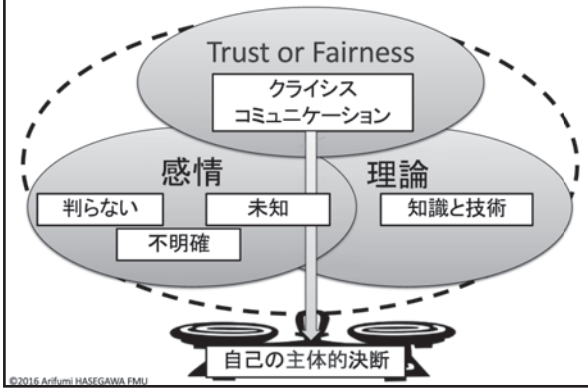
放射線災害と向き合って 2013 改変

意識の変化



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

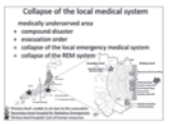
危機を受け入れる過程



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

前線災害医療の現実
未曾有の複合災害の急性期

- 地域（救急）医療体制の崩壊
- 既存被ばく医療体制の崩壊
- 病院においても「避けられた死」のリスクが存在した
  ∵知力の低下



不幸中の幸い

- *致死的傷病を伴う被ばく・汚染傷病者の発生無し*
- *傷病者への有害事象発生無し*

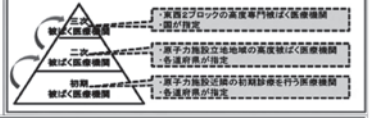
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

福島事故を踏まえた反省点（国）

東京電力
福島第一
原発事故後

＜従来の緊急被ばく医療体制＞

原子力施設からの距離や重篤度等を踏まえ、段階的に対応できるよう、初期・二次・三次の三層からなる被ばく医療体制を構築。



＜福島事故を踏まえた反省点＞

- **初期被ばく医療機関が原子力発電所周辺に集中**していたため、事故の影響により、その**多くが機能を果たせなかった**。
- 原子力災害特有の事情により、**現地の医療関係者が不足**するなど、重篤患者等への十分な治療や看護の確保が困難となった。
- 病院職員等の**放射線知識の不足**により、**汚染のおそれがある患者の受け入れの際に混乱**が生じた。

※政府事故調や国会事故調の報告書から関係部分を要約・引用

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

平成25年12月原子力規制委員会改変

緊急被ばく医療体制の課題

- 原子力施設設置県以外には整備されていなかった
- 体制整備の充足した自治体ばかりではなかった
  - 原子力施設近隣県を超えての連携の仕組み
  - 緊急被ばく医療支援チーム派遣体制
  - 外傷診療・集中治療、多数傷病者受入などの体制

安全神話に依存していた
災害時に機能しにくい体制だった

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

（1）医療機関等の広域的・重層的ネットワークの構築

原子力災害時に適切な医療活動を行うことができる機関の、広域かつ重層的なネットワークを構築するため、理解促進のための研修や患者搬送・受入れに係る対応力向上のための訓練などに取り組みます。

（2）原子力災害時に医療支援等を行う医療チームの養成

原子力災害時に、現地で適切な医療支援等を行うことができる医療チームを養成するため、専門的な研修などに取り組みます。

患者搬送訓練（イメージ）

専門的な研修（イメージ）

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

平成25年12月原子力規制委員会

原子力対策重点区域（新）

重点区域8~10（旧）→30km（新）
対象自治体45（旧）→135（新）

緊急防護措置を準備する区域：概ね30 km
（UPZ：Urgent Protective action Planning Zone）
国際基準等に従って、確率的影響を実行可能な限り回避するため、環境モニタリング等の結果を踏まえた運用上の介入レベル（OIL）、緊急時活動レベル（EAL）等に基づき避難、屋内退避、安定ヨウ素剤の予防服用等を準備する区域

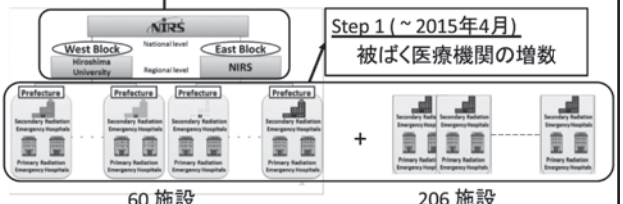
まとめてみました 最近気になること：原子力災害対策指針の改訂―被ばく[illegible]、日本医事新報 No4770, p10-11, 2015 9月

被ばく医療体制の再編（原子力規制庁）

Step 2 (2015年8月26日~) 統括機関の再編

高度医療センター(5施設)
- 高度の医療提供
- 高度の線量評価
- 情報提供

総合支援センター(4施設)
- 医療支援チーム派遣
- 教育啓発活動
- 連携構築



Step 1 (~ 2015年4月)
被ばく医療機関の増設

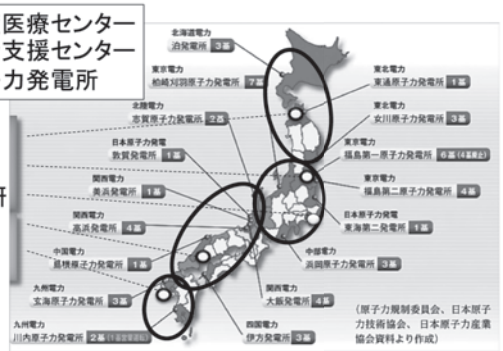
60 施設　　206 施設

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

新たな被ばく医療体制（原子力規制庁）

高度医療センター
総合支援センター
原子力発電所

弘前
福島
放医研
広島
長崎



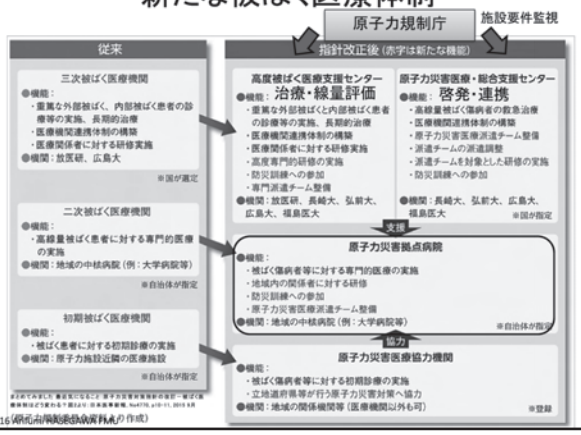
（原子力規制委員会、日本原子力技術協会、日本原子力産業協会資料より作成）

Advance Radiation Emergency Medical Center in Japan since September 2015

まとめてみました 最近気になること: 原子力災害対策指針の改訂―被ばく医療体制はどう変わる？ 図2より 日本医事新報 No4770, p10-11, 2015 9月

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

新たな被ばく医療体制



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

これまで：初期・2次は3次に転送
これからの目標：拠点病院は、協力病院は

1. 「拠点病院で地域完結」
   - 全ての被ばく・汚染傷病者を受入れ治療と必要な線量測定も出来る
   - RN対応派遣医療チームも出動させられる
   - 地域での体制づくりや教育にも力を発揮する
   - 多能性の被ばく医療機関を拠点病院とする
   - 要の強化
2. 「協力病院は得意分野で活躍」
   - 多能性でなくとも、何らかの役割を果たせる
   - 軽症（軽度被ばく、軽度汚染）を診療できる
   - 避難所にサーベイの出来る技師を派遣する
   - 地域毎に役割を検討整備する
   - 協力枠の拡大
3. 「三位一体」
   - 災害医療・救急医療・被ばく医療との強い連携
   - 基本原則は地域完結型とする

高度センターの役割
ARSを起こす高線量被ばく
アクチノイドの内部汚染
除染困難な体表面汚染

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

原子力災害医療・総合支援センター

- 平時から原子力災害医療派遣チーム整備
- 災害時にはチームの派遣調整

他の救護班
統括者

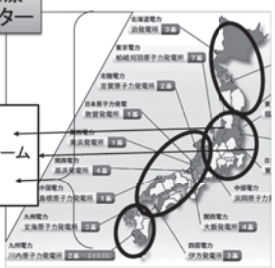
調整
連携
協調

原子力災害医療
・総合支援センター

統括・配置
連携・共有・継続

原子力災害医療
- 県内派遣チーム
- ブロック内派遣チーム
- 国内派遣チーム
- 海外派遣チーム

他の医療支援チーム
他の医療救護班



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

本日の内容

1. 原子力災害医療体制
2. 緊急被ばく医療への対応

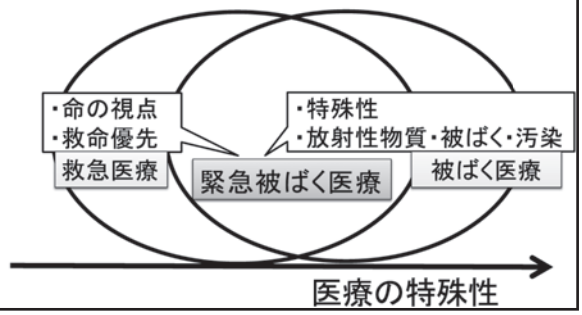
緊急被ばく医療への対応
- 傷病者
- 医療者
- 施設

（おもに医療機関）

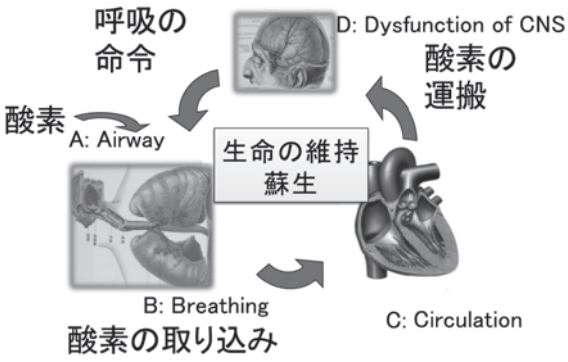
く・汚染への対応

緊急被ばく医療とは?

放射線被ばくあるいは放射性物質による汚染を伴う
あらゆる傷病・疾病に対する
急性期の医療対応

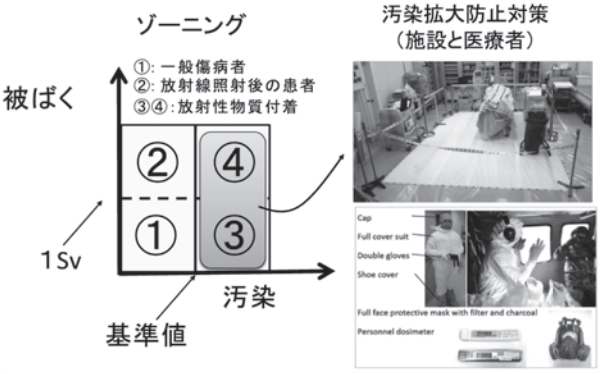


救急医療の視点から



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

被ばく医療の視点から

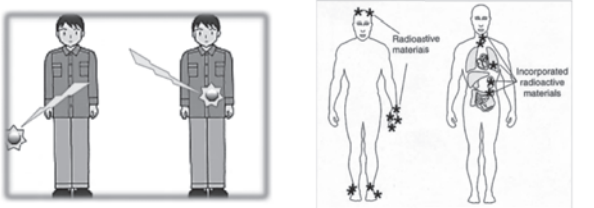


©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

被ばく　汚染

放射線をあびる　放射性物質が付着

外部　内部　外部　内部



[Sv]　[Bq/cm^2], [Bq/Kg], [Bq/L]

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

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

「生理学的診療」
Primary Survey

「解剖学的診療」
Secondary Survey

身体症状・兆候のサーベイ

生きているか
瀕死?

損傷はあるか

蘇生
バイタルサイン安定化

生命を保障

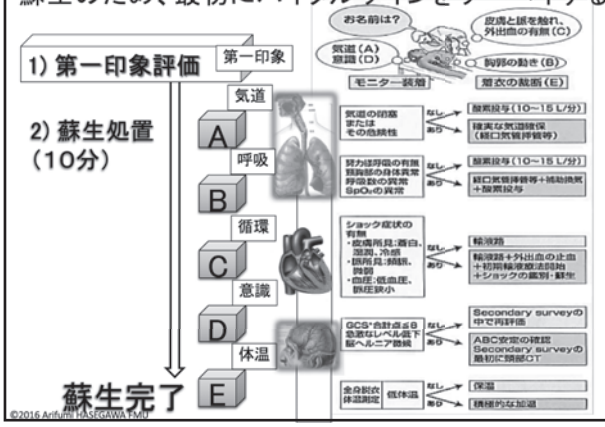
損傷修復

・身体所見
・FAST(エコー)
・胸部・骨盤X-p
・血液検査
・TAFXXXMAP
・五感で勝負！

・FACT(CT)
・各種造影検査
・内視鏡検査
・MRI
・PATBEDXX
・観察・検査で勝負！

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

蘇生のため、最初にバイタルサインをサーベイする



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

資料10

緊急被ばく医療では 6つの手順を外挿する

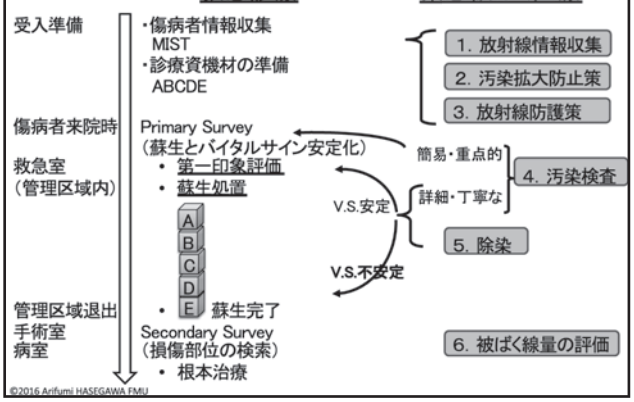
1. 放射線情報収集
2. 汚染拡大防止策
3. 放射線防護策
4. 汚染検査
5. 除染
6. 被ばく線量の評価

来院前の準備

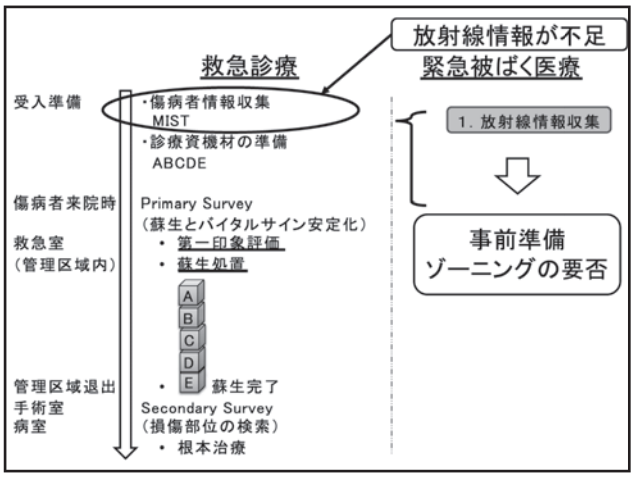
来院後の処置

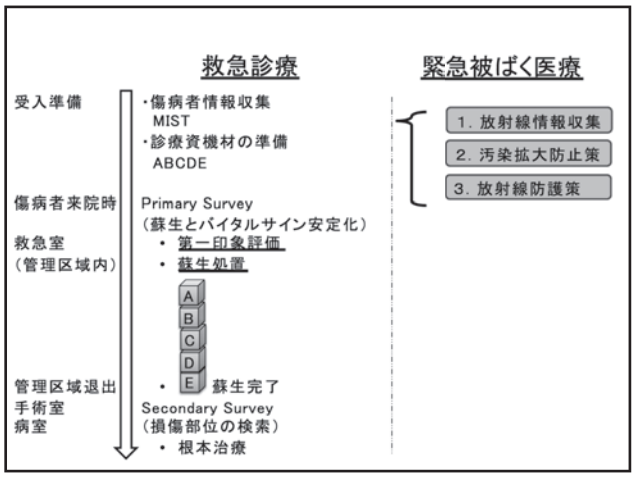
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「緊急被ばく医療」: 既存診療手順への外挿



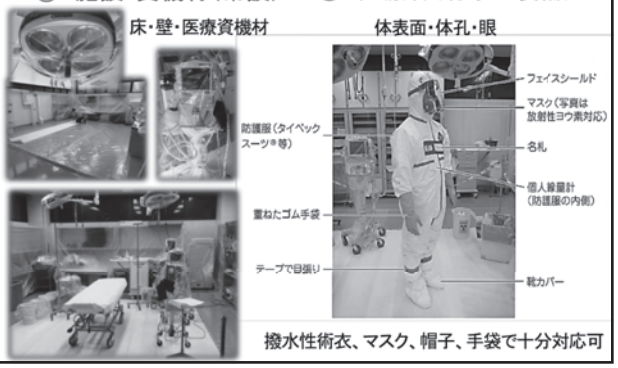
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU





汚染拡大防止対策

① 施設・資機材(常設)　② 医療者(有事に装備)



撥水性術衣、マスク、帽子、手袋で十分対応可

放射線防護策

"J-O-L"

- Justification(正当化)
  - 社会サービスの代償として許容範囲の被ばく
  - 無用無益な被ばくではないことの確認
- Optimization(最適化)
  - 放射線防護の3原則
- Limitation(線量限度・制限)

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Optimization（最適化）

（放射線防護の三原則）

時 間

作業時間を短く

被ばく量は時間とともに増加

放射線源

遮 蔽

放射線に応じた遮蔽物を線源と人の間に置く

距 離

線源からできるだけ離れる

放射線は遠くに行くと弱くなる
線量は距離の２乗に反比例

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線防護策の具体例

内部被ばく・汚染防止
- 現場の3原則
  - 飲まない
  - 食べない
  - 吸わない
- 標準的防護策
- 呼吸防護具

外部被ばく・汚染防止

Optimization
- 距離：「器具」を用いた処置（直指×）
- 時間：「事前準備」と「作業分担」
- 遮蔽：防護衣によるγ線遮蔽は困難

Limitation
- 個人線量計装着

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

A.　胸腹部の重症外傷が疑われた原発内発生傷病者

傷病者
作業員A：30歳（男性）

来院前診断
右血気胸・腹腔内臓器損傷の疑い

経過
- 2011年3月14日　3号機建屋の水素爆発
- 飛散コンクリート塊で右側胸腹部に打撃
- 同年3月16日に胸腹部痛が増強
- 福島第一原発まで自衛隊ヘリで医療者出動要請
- 現場・傷病者の放射線情報は未知

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「簡易な汚染検査」を傷病者接触時に行う

「救急医療」　「放射線防護」「汚染拡大防止」

生理学的評価（医師・看護師）

①「お名前は？」返答(A)、息づかい(B)、意識(D)

②着衣観察、裁断脱衣(E)

③胸郭運動の観察 呼吸パターン(B)

④皮膚・脈を触れ 外出血の有無(C)

NaIサーベイメーター 医療者の被ばく管理

簡易汚染検査（技師）

放射線サーベイ

GMサーベイメーター ABC部分の汚染検査

傷病者被ばく線量（個人線量計）確認

救命処置の要否

宣言（情報共有）

汚染の有無

「緊急被ばく医療」: 既存診療手順への外挿

	救急診療	緊急被ばく医療
受入準備	・傷病者情報収集 MIST ・診療資機材の準備 ABCDE	1. 放射線情報収集 2. 汚染拡大防止策 3. 放射線防護策
傷病者来院時 救急室（管理区域内）	Primary Survey（蘇生とバイタルサイン安定化） • 第一印象評価 • 蘇生処置	簡易・重点的 → 4. 汚染検査
	V.S.安定 → 詳細・丁寧な → 5. 除染	
	V.S.不安定	
管理区域退出 手術室 病室	Secondary Survey（損傷部位の検索） • 根本治療	6. 被ばく線量の評価

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「第一印象評価」と「簡易汚染検査」

第一印象評価施行中（医師）　簡易汚染検査施行中（技師）

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Justification（正当化）の判断

問：どちらの処置を優先しますか？

救急医療

救命処置が必要

被ばく医療

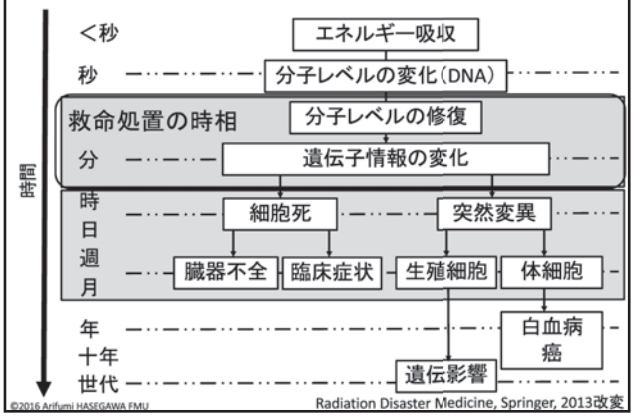
放射性物質の汚染がある

高線量被ばく無し

除染は後回しでもいいの？

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線による生体影響



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Radiation Disaster Medicine, Springer, 2013改変

福島医大病院被ばく医療施設の紹介

1999年9月　JCO臨界事故
2001年3月　福島県立医科大学附属病院に「除染棟」落成
　　二次被ばく医療機関として登録
2012年6月　放射線災害医療センターの発足

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

B. 身体局所に高濃度放射性物質による汚染を伴う傷病者

傷病者
　作業員B：27歳（男性）

来院時診断
　両下腿の高線量被ばく・高濃度汚染疑い

経過
- 2011年3月24日、3号機タービン建屋地下一階
- 現場床面に高濃度汚染水貯留
- 短ブーツを装着してケーブル設置作業
- 下腿遠位1/4程度の皮膚が水に浸かった状態

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

- アラーム付き個人線量計が頻回に作動
- 約30分間の作業を継続
- 作業終了後、直ちに作業着とブーツを脱着
- 免震重要棟で除染
- 除染処置後も放射性物質汚染の高度残存
- 作業員Bは福島医大病院に搬送される

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

被ばく医療の視点から 作業員B の被ばく・汚染レベル

施設の（汚染）管理区域設定

被ばく(線量)
高線量
低線量
軽度 → 高度 汚染
(汚染密度)

② ④ ① ③

汚染拡大防止（施設）

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Justification（正当化）の判断

救急医療

救命処置 不要

被ばく医療

放射性物質 汚染あり

高線量被ばく 不明

生命が担保された。次は放射線影響の回避。

緊急被ばく医療に特有の処置を開始

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「緊急被ばく医療」: 既存診療手順への外挿

	救急診療	緊急被ばく医療
受入準備	・傷病者情報収集 MIST ・診療資機材の準備 ABCDE	1. 放射線情報収集 2. 汚染拡大防止策 3. 放射線防護策
傷病者来院時	Primary Survey（蘇生とバイタルサイン安定化）	簡易・重点的
救急室（管理区域内）	・第一印象評価 ・蘇生処置	4. 汚染検査
	A B C D E	V.S.安定 → 詳細・丁寧な 5. 除染 V.S.不安定
管理区域退出 手術室 病室	・蘇生完了 Secondary Survey（損傷部位の検索） ・根本治療	6. 被ばく線量の評価

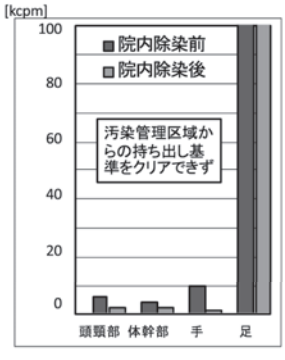
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

すでに生命は担保されているので、次は診療と並行で全身の「詳細汚染検査」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

作業員B 除染前後の体表面汚染

GMサーベイメーター計数率の変化



作業員B 除染後の足

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

「何度除染しても表面汚染が基準値をクリアーできない」

次の手順は?

a. ひたすら除染を繰り返す
b. 下腿皮膚をデブリドメンする
c. 追加除染は行わない

医療者防護、環境汚染拡大防止対策は?

a. 鉛エプロンで覆う
b. ビニル袋で覆う
c. 何もしない

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

汚染拡大防止対策

足カバーで足を覆い入院
・放射線防護：線量限度を担保
・汚染拡大防止：院内への拡散防止を担保

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Justification（正当化）の判断

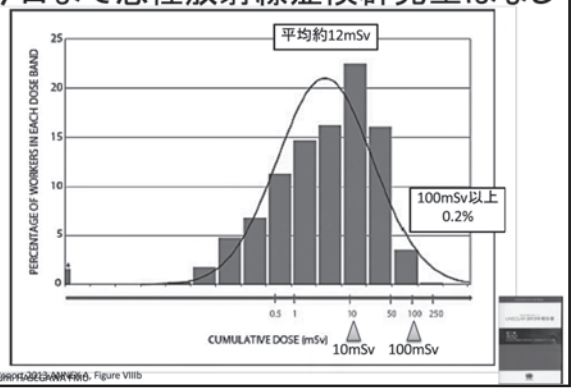
除染が困難な場合は、汚染拡大防止対策を図り、経過観察を行う選択がある

- 皮膚汚染は、その化学的性質から角質層に沈着しやすく、経過中脱落する。
- 侵襲的な除染を行う場合は、内部汚染等のデメリットを考慮する。

無理な除染はしない

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

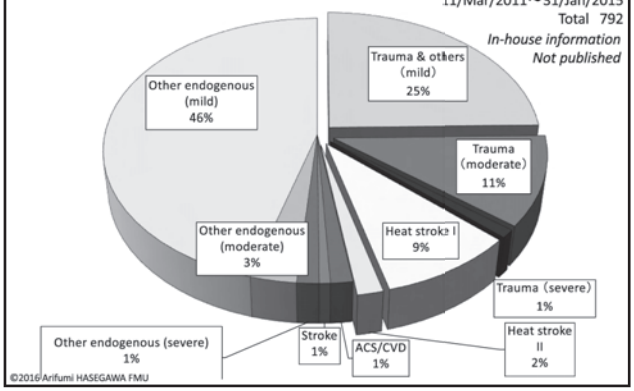
作業員の被ばく線量分布
今日まで急性放射線症候群発生はなし



UNSCEAR Report 2013 ANNEX A, Figure VIIIb

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

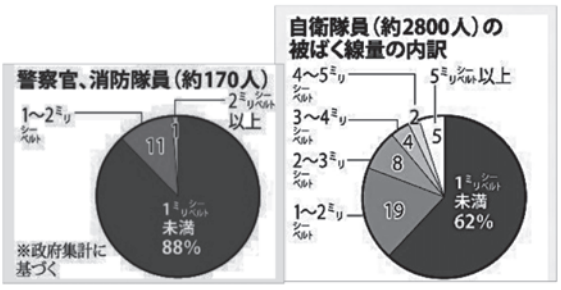
作業員の傷病因分類



©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

多いと感じるか・少ないと感じるか

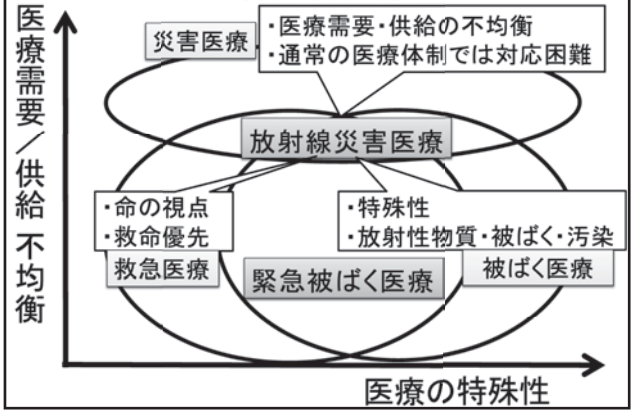
東京電力福島第1原発事故の際、原発周辺で住民の救援活動などに従事した自衛隊員や警察官、消防隊員約3000人、初期約20日間の被ばく線量



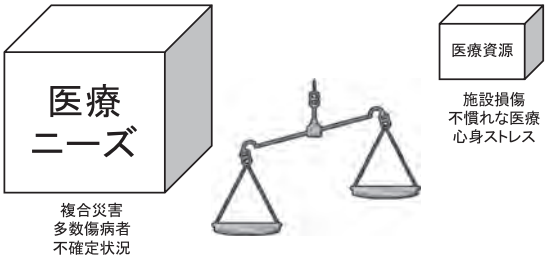
毎日新聞　2015年10月26日　東京朝刊

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線災害医療とは?



災害医療の視点から



- 医療概念の転換：限られた医療資源を再配分する

「一人の患者に全資源を」→「助かる患者に効率よく医療を提供」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線災害医療

三位一体

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線情報が未知の場合

CBRNE（シーバーン）への対応に準じる

- C: Chemical
  - 神経剤：サリン、VX
    神経伝達阻害
  - びらん剤：マスタード、ルイサイト
    皮膚、粘膜、呼吸器障害
  - 血液剤（シアン）：青酸（シアン）
    細胞レベルでの酸素利用阻害
  - 窒息剤：ホスゲン、ジホスゲン
    呼吸器障害
- B: Biological
- R: Radiological
- N: Nuclear
- E: Explosive

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

CBRNEテロに準じた防護対策

CBRNE テロ対応標準初動マニュアル（「健康危機管理における医療体制のあり方に関する研究」班　編）

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

第107回医師国家試験問題

25歳の男性。気分不快を主訴に来院した。

現病歴：官庁街近くのレストランで昼食をとっていたところ「液体のようなものがまかれた」という声がして、レストラン内で数人が倒れた。気分が悪くなりレストランから飛び出し、徒歩で近くの病院を受診した。

会話は可能であり、目の前が暗く感じ、鼻水が止まらないと訴える。

病院の受付から報告を受け、患者を他の患者と接触のない救急室の一室に隔離するよう指示した。

最初に行うべきなのはどれか。

a. 警察に問い合わせる
b. 動脈血ガスを測定する
c. バイタルサインをチェックする
d. 症状と発症時の状況を詳しく聞く
e. 患者に服を脱いでもらい、密封できる袋に詰めてもらう

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

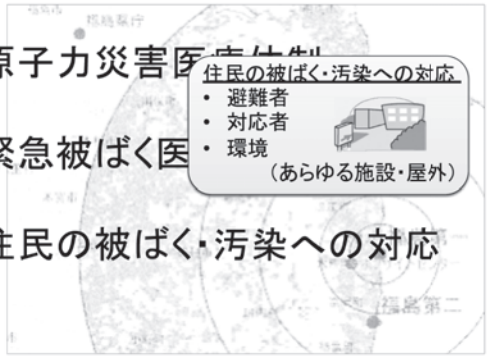
http://bbs.intcrip.com/forums/topic/107g-64-2/ 改変

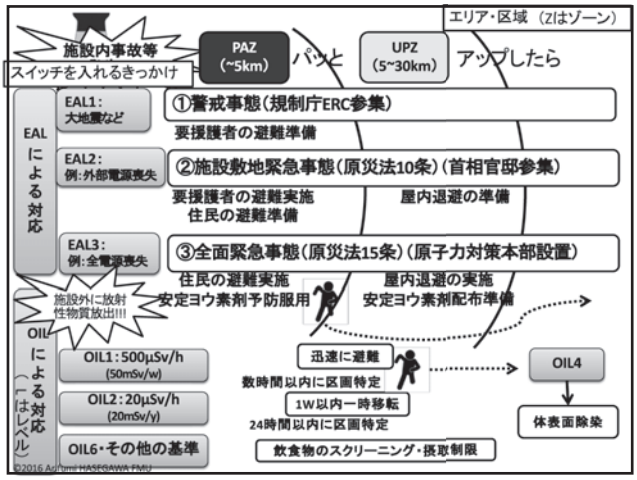
本日の内容

1. 原子力災害医療体制
2. 緊急被ばく医
3. 住民の被ばく・汚染への対応

住民の被ばく・汚染への対応
- 避難者
- 対応者
- 環境

（あらゆる施設・屋外）





OIL4

(Operation intervention level)

- 体表面に付着した放射性物質の除染基準値
- 少なくとも確定的影響は発生しえない値
- IAEA:100mSv/w, @ few cm
  - 1,000cps(60,000cpm):15cm^2
  - 1μSv/h
- 日本:50mSv/w, @ few cm
  - 500cps(30,000cpm):20cm^2;
    =40,000cpm:20cm^2（最初の一ヶ月）
    ≒120Bq/cm^2
  - 空間線量率は基準値には用いない

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

我々が暮らす社会とリスクの関係は？

「受け入れられないリスク」がない状態
「受け入れられるリスク」はある状態

受け入れられる Acceptable	望ましくないが耐えられる Tolerable	受け入れられない Unacceptable

防護の為の参考値	影響の出る値
国民合意の下に社会が示すポリシー	科学が証明するサイエンス

（例）規制値・基準値
・食品の規制値
・年間被ばく線量限度

時相・時代・事態で変化し、最終的には個人が決断する

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

原子力発電所事故時の避難者に対する体表面汚染検査

本来の目的
- 情報収集
  原子力災害規模の評価
- 汚染拡大防止
  上記対策と除染の要否判断
- 被ばく状況の把握
  放射線防護と医療介入の要否判断

福島事故の現実
- 証明
  検査後証明
  公衆への影響が無いことの証明
  避難者・避難者受入者への安心感提供

Fukushima Minpo News 20/3/2011

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

福島事故時の体表面汚染検査

対象
- 避難者：避難指示区域から
- 住民：警戒区域立ち入り者

方法
- GMサーベイメーターによる全身体表面汚染検査
  基準値：100,000cpm
- 除染基準
  100,000cpm：全身シャワー除染
  13,000~100,000cpm：拭き取り除染
  ~13,000cpm：除染無し

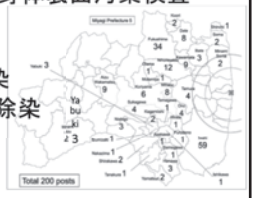
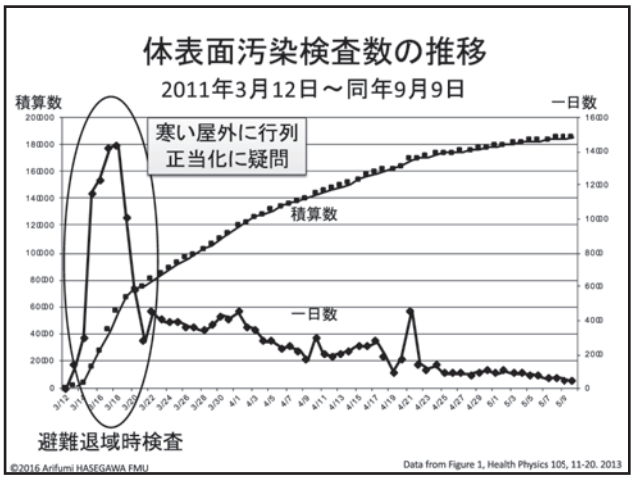
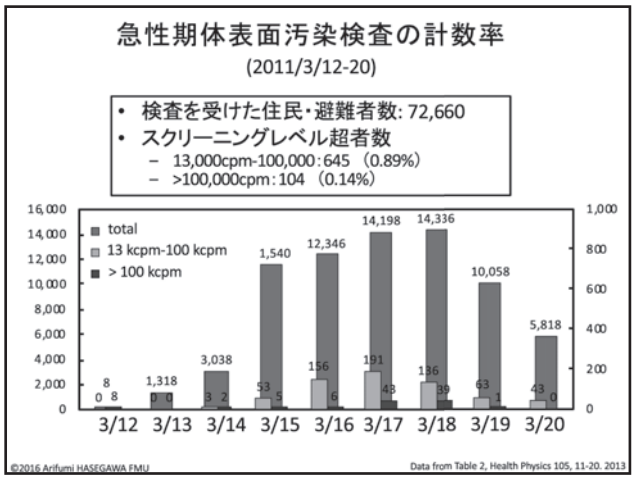
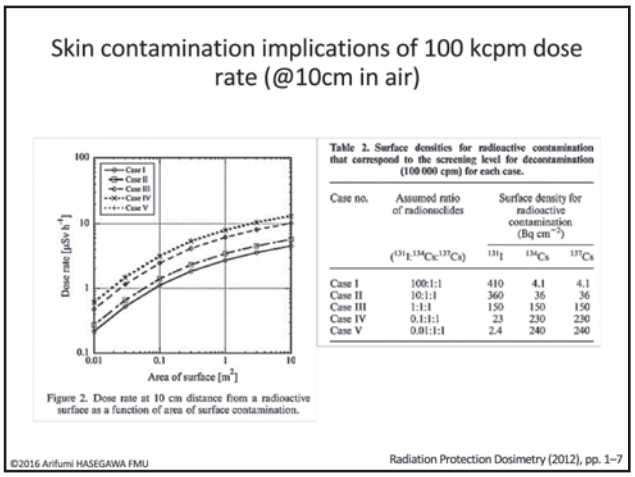


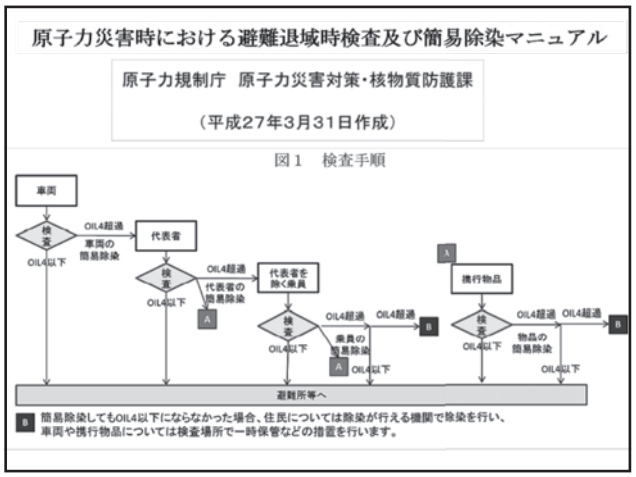
Image from Figure 3, Health Physics 105, 11-20. 2013

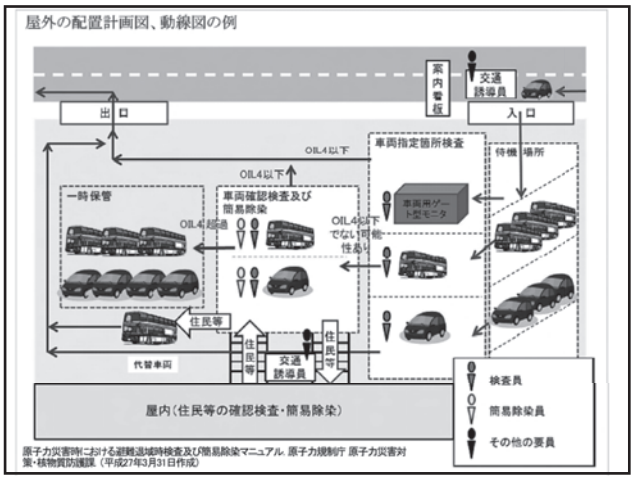
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

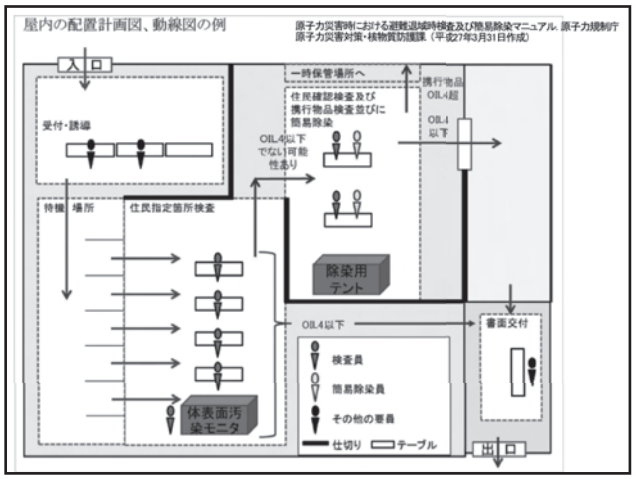

体表面汚染検査数の推移
2011年3月12日～同年9月9日
積算数
一日数
寒い屋外に行列
正当化に疑問
積算数
一日数
避難退域時検査
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU
Data from Figure 1, Health Physics 105, 11-20. 2013


急性期体表面汚染検査の計数率
(2011/3/12-20)
• 検査を受けた住民・避難者数: 72,660
• スクリーニングレベル超者数
– 13,000cpm-100,000：645 （0.89%）
– >100,000cpm：104 （0.14%）
total
13 kcpm-100 kcpm
> 100 kcpm
3/12 3/13 3/14 3/15 3/16 3/17 3/18 3/19 3/20
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU
Data from Table 2, Health Physics 105, 11-20. 2013


Skin contamination implications of 100 kcpm dose rate (@10cm in air)
Dose rate [μSv h⁻¹]
Area of surface [m²]
Case I
Case II
Case III
Case IV
Case V
Figure 2. Dose rate at 10 cm distance from a radioactive surface as a function of area of surface contamination.
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 (^{131}I:^{134}Cs:^{137}Cs) | Surface density for radioactive contamination (Bq cm^{-2}) ^{131}I | ^{134}Cs | ^{137}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
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU
Radiation Protection Dosimetry (2012), pp. 1–7


原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル
原子力規制庁 原子力災害対策・核物質防護課
（平成27年3月31日作成）
図１ 検査手順
車両
検査
OIL4以下
OIL4超過
車両の簡易除染
代表者
代表者の簡易除染
代表者を除く乗員
乗員の簡易除染
携行物品
物品の簡易除染
A
B
避難所等へ
B 簡易除染してもOIL4以下にならなかった場合、住民については除染が行える機関で除染を行い、車両や携行物品については検査場所で一時保管などの措置を行います。


屋外の配置計画図、動線図の例
出口
入口
高内看板
交通誘導員
OIL4以下
車両指定箇所検査
特機場所
一時保管
車両確認検査及び簡易除染
OIL4超過
OIL4以下でない可能性あり
車両用ゲート型モニタ
住民等
代替車両
交通誘導員
検査員
簡易除染員
その他の要員
屋内（住民等の確認検査・簡易除染）
原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル 原子力規制庁 原子力災害対策・核物質防護課（平成27年3月31日作成）


屋内の配置計画図、動線図の例
原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル 原子力規制庁 原子力災害対策・核物質防護課（平成27年3月31日作成）
入口
受付・誘導
一時保管場所へ
携行物品
OIL4超
住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染
OIL4以下でない可能性あり
OIL4以下
特機場所
住民指定箇所検査
除染用テント
OIL4以下
書面交付
検査員
簡易除染員
その他の要員
仕切り
テーブル
体表面汚染モニタ
出口

平成27年度福島県原子力防災避難訓練

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

平成27年度福島県原子力防災避難訓練

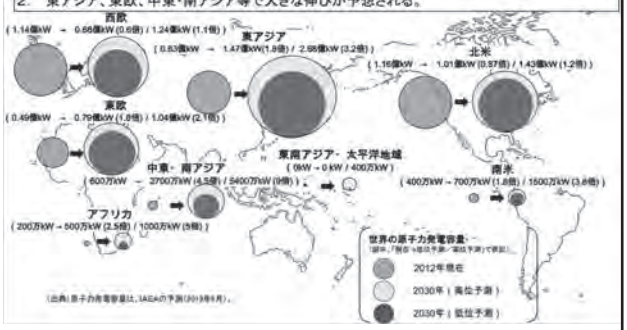
©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

平成27年度福島県原子力防災避難訓練

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

世界の原子力発電の見通し

1. IAEAは、2030年までに、世界の原子力発電所の設備容量は約20～90%増加すると予測。
（原子力発電所（100万kW級）の基数換算で、60～350基程度増加（年間3～19基建設）（2013年8月））
2. 東アジア、東欧、中東・南アジア等で大きな伸びが予想される。

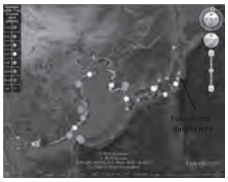


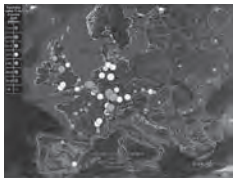
総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会第3回会合 参考資料1

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

原子力発電所は人口密集地に近接する

- 437 nuclear power plants in the world
- 172,000 people living within 30 km of the Fukushima Daiichi plant, who have been forced or advised to leave
- two-thirds of the world's 211 power plants have more people living within a 30-km radius
- 152 nuclear power plants have more than 1 million people living within 75 km as Fukushima
- all but five plants have more than 1 million people within 150 km



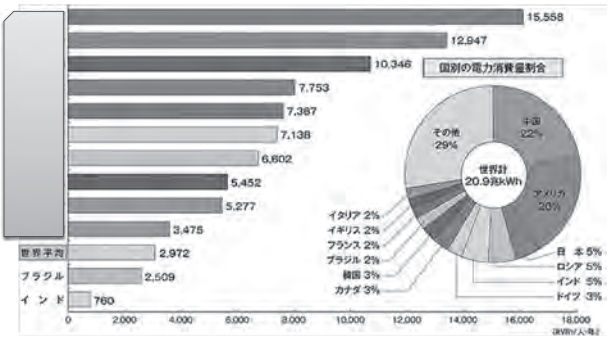


Population within 75km of NPP
- <0.5
- 0.5-1.0
- 1.0-2.5
- 2.5-5.0
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- >20 (millions)

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

Butler D. Nuclear safety: reactors, residents and risk. Nature 2011; 472: 400–1

国民一人あたりの電力消費（2012年）



原子力・エネルギー図面集2015

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線防護の役割

平時/緊急時

- 環境測定
- 工業測定
- 放射線量計の管理
- 介入
- 人材育成

- 環境観察
- 汚染予測
- α･β･トリチウム
- γ線エネルギー分析
- 炉心組成
- 汚染物質測定
- 線量予測
- 線量計管理（計画・実測値）
- 作業員教育
- 一般市民の啓発

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

放射線防護のキーワード

- 人
- 人の防護

放射線防護担当者が期待されていること

- 人の「身体」が受ける放射線影響の防護
  必要なのは「知識と技術」
- 人の「心」が受ける放射線影響の防護
  必要なのは社会からの「信頼」「経験」

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

まとめ

- 福島事故は、事業所・防災・医療者のみならず一般市民が事故の影響を受けることを社会に示した
- 原子力発電が継続する限り、原子力災害は生活の中の身近なリスクの一つである
- 各位・施設の被ばく医療・（地域）原子力防災（訓練）への意識・関心が必須と考える

©2016 Arifumi HASEGAWA FMU

資料11

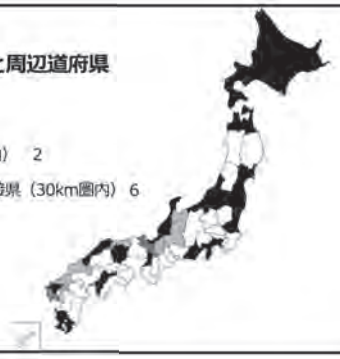
平成29年度　放射線安全・一般安全講習会

長崎大学原爆後障害医療研究所　松田 尚樹

原子力防災と緊急モニタリング

原子力施設の所在と周辺道府県

- ☐ 立地道府県　16
- ☐ 隣接府県（10km圏内）　2
- ☐ UPZによる新たな隣接県（30km圏内）　6



原子力災害対策重点区域

■PAZ（Precautionary Action Zone）
- 原子力施設から概ね半径5km圏内。
- 放射性物質が放出される前の段階から予防的に避難等を行う。

■UPZ（Urgent Protective Action Planning Zone）
- PAZの外側の概ね半径30km圏内。
- 放射性物質が放出される前の段階から予防的に屋内退避を行う。

緊急事態の区分

区　分	状　況	対　応
警戒事態	異常事象の発生またはそのおそれがある	情報収集、**緊急時モニタリング**の準備、要避難者の避難準備
施設敷地緊急事態（原災法10条）	公衆に放射線による影響をもたらす可能性がある事象が発生	**緊急時モニタリング**の実施、PAZ内住民の避難等準備、要避難者の避難実施
全面緊急事態（原災法15条）	公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が発生したため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階	**緊急モニタリング**の実施、PAZ内住民の避難実施、安定化ヨウ素剤の服用など予防的防護措置の実施

原子力・放射線防災のための国際的な考え方の流れ

IAEA Safety Standards Series No. GS-R-2 (2002)
- Preparedness and response for nuclear and radiological emergency

IAEA-TECDOC1432 (2005)
- Development of an extended framework for emergency response criteria: Interim report for comment

IAEA Safety Standards/General Safety Guide No. GSG-2 (2011)
- Criteria for use in preparedness and response for a nuclear or radiological emergency

脅威区分

区分	対象となる施設	施設の例
I	敷地外において重篤な確定的健康影響を生じ得る敷地内の事象や、大気又は水系への放射性物質の放出、若しくは敷地内のある場所を起源とした外部被ばく（過酷の喪失又は臨界事象に起因するような）が想定される施設	原子力発電所
II	緊急防護措置を必要とするような敷地外住民への線量を生じ得る敷地内の事象が想定される施設	研究炉
III	敷地内の緊急防護措置を必要とするような線量又は汚染を生じ得る敷地内の事象が想定される施設	産業用放射線施設
IV	緊急防護措置を必要とするような原子力又は放射線の緊急事態に至る活動（違法に入手した危険線源に関連した活動のような許可されていない活動、産業用の放射線計測用線源、原子力衛星又は放射線熱発電機のような危険な移動線源が含まれた輸送及び許可された活動）	予期されない場所
V	脅威区分 I 又は II の施設における事象の結果、国際基準に従って生産物の迅速な制限が必要となるレベルの汚染を生産物に高い確率生じる活動	

資料11

原子力・放射線災害による重要な健康影響

IAEA Safety Standards GSG-2, Table 7

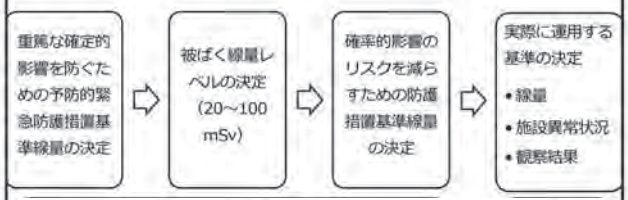
			標的器官
確定的影響	致死性	循血器障害 胃腸障害 放射線肺炎 胎死	赤色骨髄 小腸（外部被ばく） 結腸（内部被ばく） 肺 胎児（すべての期間）
	非致死性	皮膚障害 壊死 白内障 急性放射線甲状腺炎　甲状腺機能低下症 永久排卵抑制 永久精子数減少 重篤な精神遅滞　IQ低下 奇形　成長遅滞	皮膚 軟組織 水晶体 甲状腺 卵巣 精巣 胎児（8-25週齢） 胎児（3-25週齢）
確率的影響		甲状腺がん	甲状腺
		すべての確率的影響	すべての器官

緊急防護措置を行う基準をいかにして決めるか

健康リスク	防護措置を決めるために用いる線量	
	今後被ばくが予想される線量	すでに被ばくした線量
重篤な確定的影響の発現	避難などの予防的な緊急防護措置（数時間以内）	重篤な確定的影響の管理と治療のための医療処置、除染、長期健康調査、心理カウンセリングなど
確率的影響のリスク増加	予防的な緊急防護措置と、移動、食品制限などの早期防護措置（数日から）	早期診断と健康管理のための臓器の被ばく線量評価、健康調査とカウンセリングの必要性判断

IAEA Safety Standards GSG-2, Table 1

緊急防護措置戦略策定の手順



重篤な確定的影響を防ぐための措置を行う基準線量

基準線量		防護措置の例
急性外部被ばく（10時間以内）		基準線量を超えることが予想されるとき
骨髄線量	1Gy	予防的緊急措置により基準線量以下に保つ 住民への情報提供と注意喚起 緊急除染の実施
胎児線量	0.1Gy	
組織線量	25Gy at 0.5cm	
皮膚線量	10Gy to 100cm²	
急性摂取による内部被ばく（30日間）		基準線量を超えてしまったとき
骨髄線量	0.2Gy（原子番号90以上） 2Gy（原子番号89以下）	緊急医療処置 汚染管理 体内汚染除去（可能な場合） 長期健康調査 心理カウンセリング
甲状腺線量	2Gy	
肺線量	30Gy	
結腸線量	20Gy	
胎児線量	0.1Gy	

IAEA Safety Standards GSG-2, Table 2

確率的影響のリスクを減らすための措置を行う基準線量

基準線量		防護措置の例
次の基準線量を超えることが予想され緊急防護措置が必要なとき		
甲状腺線量	50mSv/7日	安定化ヨウ素剤の投与
実効線量	100mSv/7日	屋内退避、避難、除染、食物制限、安心確保
胎児線量	100mSv/7日	
次の基準線量を超えることが予想され早期防護措置が必要なとき		
実効線量	100mSv/年	一時的移動、除染、食物置換、安心確保
胎児線量	100mSv/全期間	
次の基準線量を超えてしまったとき		
実効線量	100mSv/月	臓器の被ばく線量評価、心理カウンセリング
胎児線量	100mSv/全期間	意思決定のためのカウンセリング

IAEA Safety Standards GSG-2, Table 3

包括的判断基準と運用基準

IAEA Safety Standards GSG-2, Fig.1

資料11

現行のOIL設定方法

包括的判断基準 ⇢ 運用介入レベル

⇧

東京電力福島第一原子力発電所事故の経験と教訓

運用上の介入レベル（OIL）と防護措置

基準の種類		測定項目	初期設定値		防護措置
緊急防護措置	OIL1	空間線量率	500μSv/h	地上1m	数時間以内に避難または屋内退避
	OIL4	表面汚染密度	40,000cpm 120Bq/cm^2	皮膚表面	簡易除染等
			13,000cpm 40Bq/cm^2	1ヶ月後	
早期防護措置	OIL2	空間線量率	20μSv/h	地上1m	1日以内に地域生産物摂取制限 1週間以内に一時移転

OIL: Operational Intervention Level

運用上の介入レベル（OIL）と防護措置

基準の種類		測定項目	初期設定値		防護措置
飲食物摂取制限	飲食物スクリーニング	空間線量率	0.5μSv/h	地上1m	数日内に飲食物の核種分析
	OIL6	核種分析	核種ごとに設定		摂取制限

⇩

核種	飲料水 牛乳 乳製品	野菜類 穀類 肉 卵 魚 その他
放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg
放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	1Bq/kg	10Bq/kg
ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg

即時の避難を要する基準　OIL1

大熊町大野局（5km地点-PAZ）の空間線量

日	時	μSv/h
3/15	10:00	>100
	10:10	449
	10:20	625
	10:30	616
	10:40	347
3/16	11:30	559
	12:10	567
	12:20	408
	12:30	309

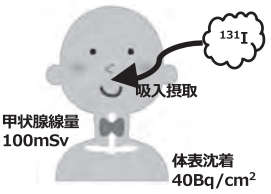
⇨ 500μSv/h

一時移転を要する基準　OIL2

日	時	地点	μSv/h
3/15	04:00	SSW 43km	23.7
	12:00	WSW 22km	20.5
	16:00	NW 39km	22.7
	18:20		44.7
3/16	10:00	NW 55km	22.2
	11:35	NW 25km	80.0
3/17	13:10	NW 30km	167.0
	14:00		170.0
	14:17		95.1

⇨ 20μSv/h

体表面の除染を要する基準　OIL4



⇨

2011/3/16 15:56
福島医大除染室前
5,470cpm

13,000cpm
GMサーベイメータ
（入射窓面積20cm^2）

体表面の除染を要する基準　OIL4

13,000cpm（1ヶ月後）⇨ 40,000cpm（初期）

福島原発事故後に緊急的に設定された基準

100,000cpm

- **GMサーベイメータの測定上限**
- **線源から10cmの位置で1μSv/h**

飲食物の摂取制限を要する基準　OIL6

飲食物の放射能検査の対象となった最遠方＝静岡県

⇩

5/31の航空機モニタリングでは0.1～0.2μSv/h

⇩

初期値に換算すると >0.5μSv/h

⇩

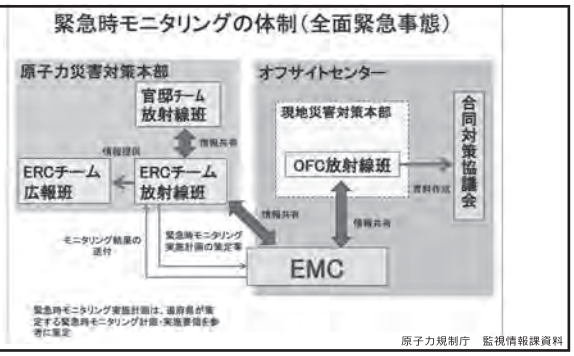
0.5μSv/h

緊急時モニタリングの目的

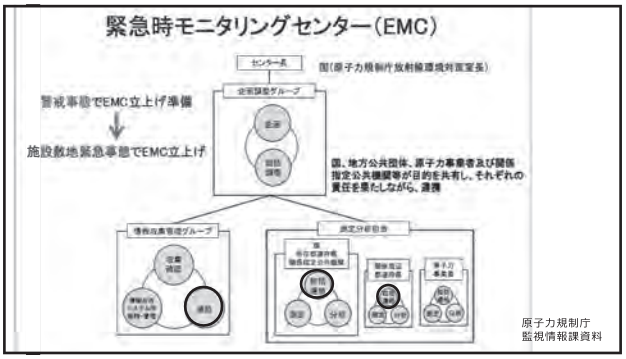
- 原子力災害による環境放射線の状況に関する情報収集
- OILに基づく防護措置の実施の判断材料の提供
- 原子力災害による住民等と環境への放射線影響の評価材料の提供

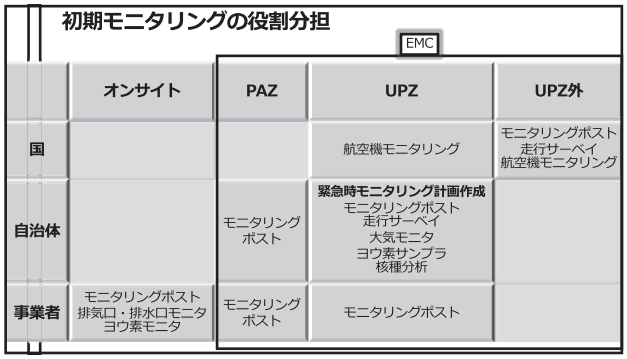
初期モニタリング

- OILに基づく防護措置の実施の判断材料の提供
  - 原子力災害対策重点区域（*PAZ*、*UPZ*）
    - **空間線量率**
    - **大気中の放射能濃度（希ガス、ヨウ素）**
  - 環境試料
    - **核種分析（ヨウ素、セシウム、ウラン、プルトニウム、超ウランα核種）**
  - 広範な周辺環境
    - **空間線量率**
    - **放射能濃度**



資料11





資機材

■空間線量率・積算線量

- 固定観測局
- 可搬型モニタリングポスト
- **ガンマ線サーベイ**
  - **NaIシンチレーション、電離箱サーベイ、電子式線量計など**
- 中性子線モニタ（核燃料施設）
- **個人線量計**
  - **TLD、ガラスバッジ、ポケット線量計など）**

資機材

■空気中放射能濃度・環境試料核種分析

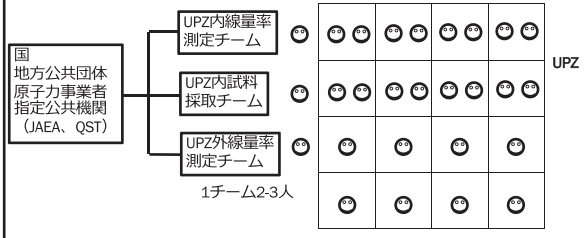
- **大気モニタ**
- **ヨウ素サンプラ**
- **ダストサンプラ**
- **ガンマ線スペクトロメータ**
  - ゲルマニウム半導体検出器、NaI検出器など
- アルファ線スペクトロメータ
- 低バックグラウンドベータ線計数装置
- **液体シンチレーションカウンタ**
- 質量分析（*ICP-MS*）

資機材

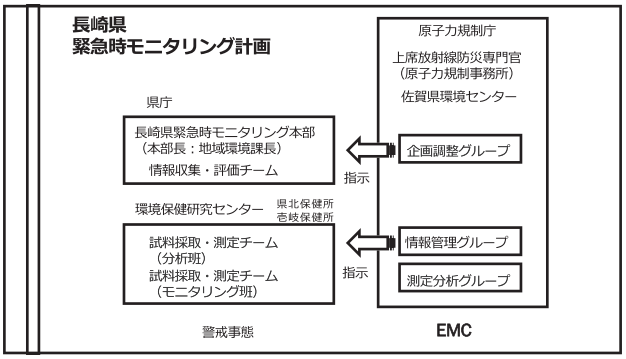
■表面汚染密度

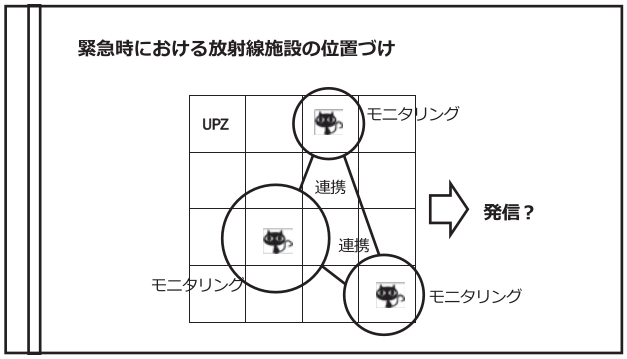
- *GM*サーベイ
- *ZnS*シンチレーションサーベイ
- プラスチックシンチレーションサーベイ

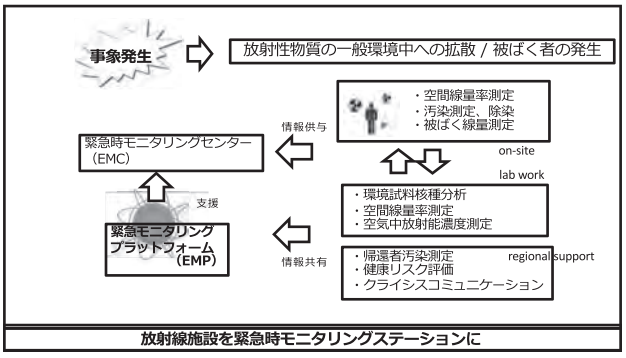
緊急時モニタリングの実施要員

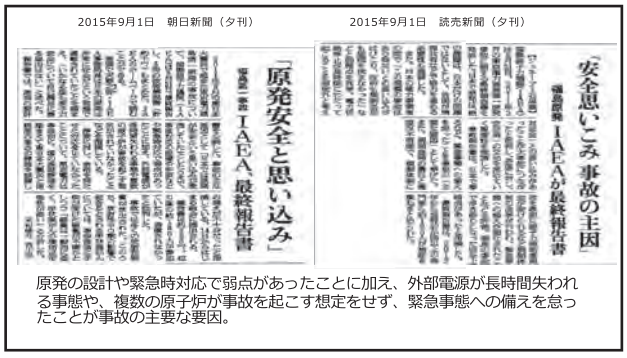


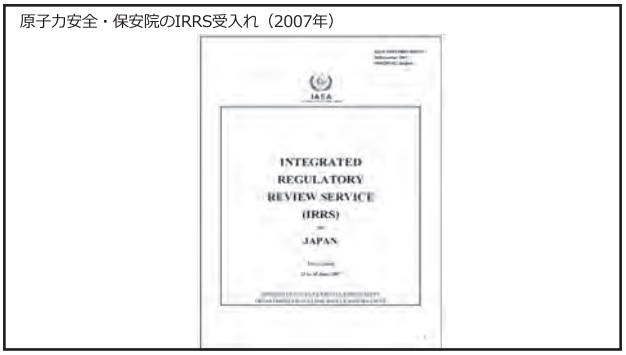
資料11

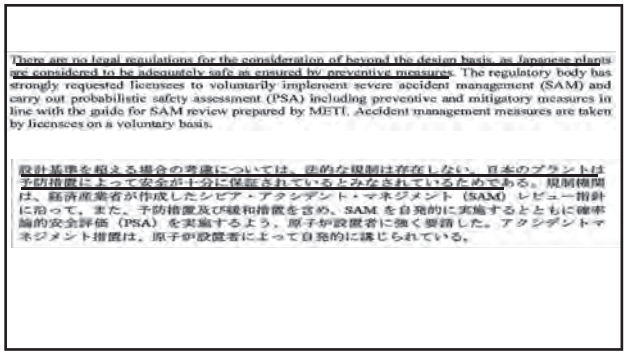

長崎県
緊急時モニタリング計画
原子力規制庁
上席放射線防災専門官
（原子力規制事務所）
佐賀県環境センター
県庁
長崎県緊急時モニタリング本部
（本部長：地域環境課長）
情報収集・評価チーム
企画調整グループ
指示
環境保健研究センター
県北保健所
壱岐保健所
試料採取・測定チーム
（分析班）
試料採取・測定チーム
（モニタリング班）
情報管理グループ
測定分析グループ
指示
警戒事態
EMC


緊急時における放射線施設の位置づけ
UPZ
モニタリング
連携
発信？
連携
モニタリング
モニタリング


事象発生
放射性物質の一般環境中への拡散 / 被ばく者の発生
・空間線量率測定
・汚染測定、除染
・被ばく線量測定
情報供与
緊急時モニタリングセンター
（EMC）
on-site
lab work
支援
緊急モニタリング
プラットフォーム
（EMP）
・環境試料核種分析
・空間線量率測定
・空気中放射能濃度測定
情報共有
・帰還者汚染測定
・健康リスク評価
・クライシスコミュニケーション
regional support
放射線施設を緊急時モニタリングステーションに


2015年9月1日　朝日新聞（夕刊）
2015年9月1日　読売新聞（夕刊）
「原発安全と思い込み」
IAEA最終報告書
「安全思いこみ 事故の主因」
IAEAが最終報告書
原発の設計や緊急時対応で弱点があったことに加え、外部電源が長時間失われる事態や、複数の原子炉が事故を起こす想定をせず、緊急事態への備えを怠ったことが事故の主要な要因。


原子力安全・保安院のIRRS受入れ（2007年）
INTEGRATED
REGULATORY
REVIEW SERVICE
(IRRS)
JAPAN


There are no legal regulations for the consideration of beyond the design basis, as Japanese plants are considered to be adequately safe as ensured by preventive measures. The regulatory body has strongly requested licensees to voluntarily implement severe accident management (SAM) and carry out probabilistic safety assessment (PSA) including preventive and mitigatory measures in line with the guide for SAM review prepared by METI. Accident management measures are taken by licensees on a voluntary basis.
設計基準を超える場合の考慮については、法的な規制は存在しない。日本のプラントは予防措置によって安全が十分に保証されているとみなされているためである。規制機関は、経済産業省が作成したシビア・アクシデント・マネジメント（SAM）レビュー指針に沿って、また、予防措置及び緩和措置を含め、SAM を自発的に実施するとともに確率論的安全評価（PSA）を実施するよう、原子炉設置者に強く要請した。アクシデントマネジメント措置は、原子炉設置者によって自発的に講じられている。

資料11

(1)	**BASIS:** GS-R-1 para. 5.3 states that: *"Prior to the granting of an authorization, the applicant shall be required to submit a detailed demonstration of safety, which shall be reviewed and assessed by the regulatory body in accordance with clearly defined procedures. The extent of the control applied shall be commensurate with the potential magnitude and nature of the hazard presented.*
(2)	**BASIS:** GS-R-1 para. 5.7 states that *"Review and assessment shall be performed in accordance with the stage in the regulatory process and the potential magnitude and nature of the hazard associated with the particular facility or activity."*
S8	**Suggestion:** NISA should continue to develop the systematic approach to investigate the consideration of beyond design basis accidents, and the complementary use of PSA and severe accident management in the assessment process for risk reduction purposes.

(1)	**判断根拠**：GS-R-1の5.3項は、*「許認可発給前に、申請者は安全に関する詳細な立証文書の提出を要求される。その文書は、明確に定義された手順に従って規制機関により審査され評価されなければならない。適用される規制の程度は、提示された危険の潜在的な規模及び性質に見合うものでなければならない。」*と規定している。
(2)	**判断根拠**：GS-R-1の5.7項は、*「審査及び評価は、規制プロセスの各段階において、個々の施設又は活動における危険の潜在的な大きさ及び性質に従って実施されなければならない。」*と規定している。
S8	**助言**：原子力安全・保安院は、リスク低減のための評価プロセスにおいて設計基準事象を超える事故の考慮、補完的な確率論的安全評価の利用及びシビアアクシデントマネジメントに関する体系的なアプローチを継続すべきである。

2013年12月4,11日
原子力規制委員会で、
IRRS受け入れを決定

IAEAの総合的規制評価サービスについて

平成25年12月4日
原子力規制庁

○IAEAは、加盟国における原子力利用に当たっての安全を確保するため、加盟国の要請に基づき種々の原子力安全に関する各種のレビューサービスを実施している。レビューサービスの一つである総合的規制評価サービス（IRRS：Integrated Regulatory Review Service）は、加盟国の原子力規制に関し、その許認可・検査等に係る法制度や関係する組織等も含む幅広い課題について総合的なレビューを行う。

○具体的には、レビューを行う対象範囲を明確にした上で、

①受入国が準備した「自己評価書」および「自己評価書を踏まえた実行計画」

②IAEAからの質問項目に対する受入国の「回答」

等に基づき、各国の専門家により構成されるレビューチームによるピア・レビューを行うことにより実施される。

○我が国においては、2007年6月に旧原子力安全・保安院及び旧原子力安全委員会が受入れを実施し、2008年3月に報告書が公表された。
報告書においては我が国に対する、助言（Suggestion）、勧告（Recommendation）等が記載されており、特に
- 原子力安全・保安院と原子力安全委員会の役割の明確化
- 訓練要件や訓練プログラムの強化、人員の確保
- 人的・組織的要因も含めた包括的な規制の実施
- 保安検査官の発電所への自由なアクセスの確保
- 規制機関の品質マネジメントシステムの構築

等の10項目の勧告がなされた。

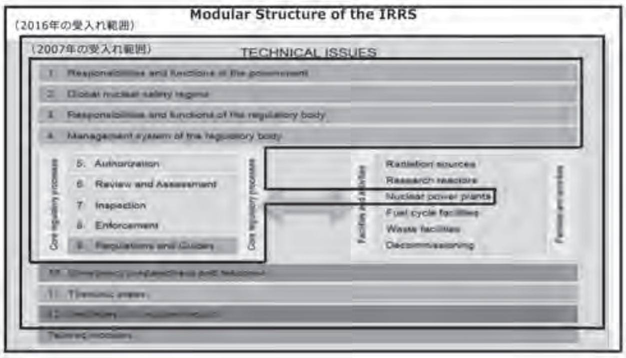
（参考1）諸外国におけるIRRSの受入実績

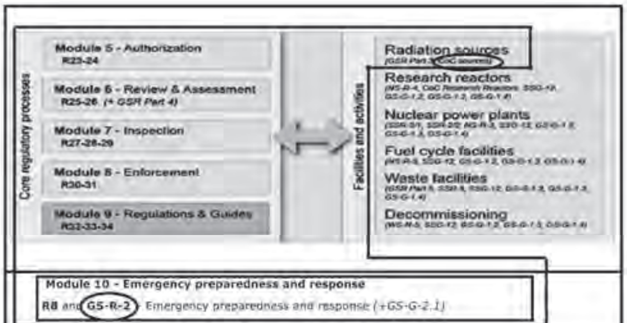
2006年　英国、フランス、ルーマニア
2007年　日本、オーストラリア
2008年　スペイン、ドイツ
2009年　フランス、カナダ、米国、ロシア
2010年　中国、韓国
2011年　ルーマニア、スペイン、韓国、ドイツ、スロベニア
　　　　オーストラリア、スイス、カナダ、UAE
2012年　スウェーデン、ギリシャ、フィンランド
2013年　ブルガリア、ポーランド、英国、ロシア、チェコ

（参考2）政府事故調、国会事故調抜粋

○政府事故調最終報告書
スペインは、日本がIRRSを受けた2007（平成19）年の翌2008年（平成20）年にIRRSを受けているが、2011（平成23）年3月11日時点において、スペインは、フォローアップ調査を受けているが、日本はまだフォローアップ調査を受けていない。
IRRSのフォローアップ調査は、IAEAの内規であるIRRS guidelineにおいて本調査を実施してからおおむね2年後に行うこととされており、～（中略）～しかし、保安院は～（中略）～しばらく時間をとる必要があるとして、2009（平成21）年11月25日、IAEAに対しフォローアップ調査の延期を要請するレターを発出し、IAEAの了解を得て同調査は延期された。

○国会事故調報告書
日本は過去IAEAによるピア・レビューを受けたが、その結果に対しても、適切な対応を怠ってきた。～（中略）～IRRSを平成19（2007）年に受け入れたが、現時点まで具体的な改善策が取られていない。
～（中略）～世界標準が遵守されていることを再チェックされる仕組みとなっているが、日本は平成22（2010）年2月に受ける予定であったフォローアップ・ミッションを[illegible]いまだに受けていない。
～（中略）～このように、日本はIAEAによるピア・レビューを、自らの規制・法的枠組みの改善に用いるというよりは、保安院の独立性が確保されていることのアピールに利用したと言える。





放射線障害防止法に関連して、レビューを受けた主な範囲

原子力規制委員会

IRRSにより明らかになった課題 (1/2)

原子力規制庁は、IRRSにより明らかになった課題を規制委員会へ報告。
放射線障害防止法に係る主な内容は、以下のとおり(自己評価を含む)

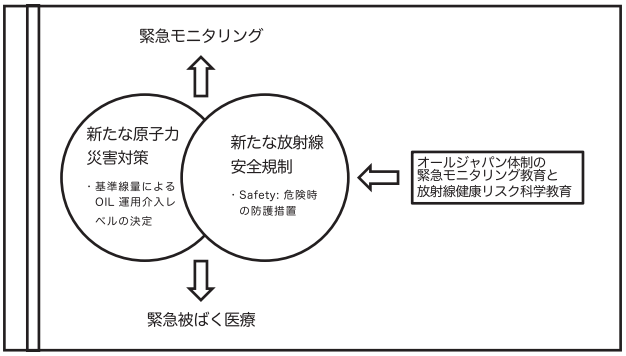
- 放射線障害防止法に、**安全文化醸成(品質保証を含む)の概念と緊急時計画(危険時の措置の事前対策)の規制を導入**することが必要
- 放射線障害防止法に基づき検査している**登録検査機関の業務品質と審査の信頼性を維持向上させるための監督強化**が必要
- 放射線防護に関する最新の知見の取り入れを行うための体制を整備することが必要。規制庁では、**ICRP2007年勧告の取入れ**と、**職業被ばくに関する目の水晶体の線量限度**の引き下げを検討
- 放射線障害防止法に基づく**審査・立入検査等の規制に係るガイドライン等の作成**が必要

原子力規制委員会

IRRSにより明らかになった課題（2/2）

前述のIRRSにより明らかになった課題を踏まえ、原子力規制庁は、**以下について、検討・対応予定**

- **安全文化醸成**(品質保証含む)や**緊急時計画(危険時の措置の事前対策)**については、**使用の実態やgraded approach(等級別扱い)を考慮**しつつ、**法令改正により導入予定**（例；**放射線障害予防規程**の改正等）
- 登録検査機関を含め、**原子力規制委員会の代行をする全ての登録機関の業務品質と信頼性を維持向上**し、**規制上の監督を強化**するため、立入検査実施要領を改正し、**登録機関への立入検査を実施（対応済）**
- 職業被ばくに関する目の水晶体の線量限度も含め、ICRPやIAEA等**最新の知見の取り入れに必要な検討を実施→放射線審議会の機能強化**
- 放射線障害防止法に基づく**審査・立入検査等の規制に係るガイドライン等を作成**し、定期的な更新を実施

危険時の措置（Safety）

- 訓練や資機材整備、緊急被ばく医療機関との連携を要求
- 重篤な確定的影響が生じる可能性のある施設
- 放散性核種（非密封核種）
  - *IAEA*の安全指針*GS-G-2.1*に定められた核種ごとのハザード指標である*A/D2* で規定
- 非放散性核種（密封核種）
  - 線源から*1m*の距離で*1Gy/h*
    - 核種ごとに規定
    - 自己遮蔽型は除く
- 加速器施設
  - 線源から*1m*の距離で*1Gy/h*
    - ビームエネルギーと強度で規定