



田崎晴明 2014年3月28日 日本物理学会 物理と社会シンポジウム 3年後の福島 ~今どうなっているのか~

参考文献(pdf ファイルを公開しています) やっかいな放射線と向き合って暮らしていくための基礎知識 まだやっかいな放射線:2年半が経って汚染と被曝はどうなっているか

実効線量とは 被曝と発癌リスク

目的の長望 ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

シーベルト Sv (sievert) 一定時間の 積分量 Sv は等価線量、実効線量の単位 i人体の組織(胃、結腸、甲状腺、・・) j 放射線の種類 (α, β, γ, •••) **吸収線量** D_{i,j} 組織 i が吸収した放射線 j の単位質量 あたりのエネルギー (標準の単位 Gy = J/kg) 等価線量 $H_i := \sum_j w_j^{\mathrm{R}} D_{i,j}$ 組織 i への影響の目安(単位 Sv) w^R放射線加重係数 (生物学的影響の重み) $w_{\beta}^{\mathrm{R}} = w_{\gamma}^{\mathrm{R}} = 1 \,\mathrm{Sv/Gy} \quad w_{\alpha}^{\mathrm{R}} = 20 \,\mathrm{Sv/Gy}$

シーベルト Sv (sievert) i人体の組織(胃、結腸、甲状腺、・・) 等価線量 $H_i := \sum_j w_j^{\mathrm{R}} D_{i,j}$ 実測できない 組織 i への影響の目安(単位 Sv) 実効線量 $H_{\text{eff}} := \sum_i w_i^{\text{T}} H_i$ 全身への影響の目安 (単位 Sv) wi 組織加重係数 組織・臓器 $\sum w_{\mathrm{T}}$ WТ (各々の組織の質量と 骨髄(赤色)、結腸、肺、胃、乳房、残りの組織* 0.720.12敏感さを反映) (14 組織への平均線量に適用される名目 w_T)

 $\sum_{i} w_i^{\mathrm{T}} = 1$

骨髄(赤色)、結腸、肺、胃、乳房、残りの組織*0.120.72(14 組織への平均線量に適用される名目 wT)生殖腺0.080.08膀胱、食道、肝臓、甲状腺0.040.16骨表面、脳、唾液腺、皮膚0.010.04

実効線量は放射線防護体系の基本 しかし、実効線量は実測できない!



実効線量の目安 自然放射線被曝 地面・宇宙からの放射線 ラドンの吸入、カリウムの摂取… 世界平均は1年間に約2.4 mSv 地域によって被曝量はかなり違う 年間 10 mSv 近い高線量地域も 日本平均は年間約 2.1 mSv 医療被曝

日本平均は年間約 3.9 mSv

ICRP による公衆の被曝限度は 1 mSv/年 (自然被曝、医療被曝を除く)

Guarapari, Brazil (photo by Caahh.m, from Wikipedia)



被曝と発癌リスク

EBRORE ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響



放射線、放射線によって生じた活性酸素など により DNA が損傷



急性影響 損傷が激しい場合、 細胞死(アポトーシス)が多発 し、体にダメージを与える (1時間程度以内に通算 1 Sv 程度以上の被曝)

晩発性影響 DNA の損傷が後に 残ると、将来的に発癌のリスク が上昇(他の影響もありうる)

Figure from Wikipedia; Original uploader was Richard Wheeler (Zephyris)



LSS:広島・長崎 12 万人の被 1.6-爆者を対象にした、もっとも大規 1.4 1.2 模な被爆の健康影響の疫学調査 1.0 -原爆投下から5年後に開始 0.8 ガンマ線と中性子線の急性被爆が中心^B 0.6 0.4 (線量は理論的に予測) 0.2 内部被爆の影響等について議論がある 0.0 LSS 14; Ozasa et al. Rad. Res. 177, 229 (2012), Fig. 4 -0.2

- ERR = 過剰相対リスク
 Weighted Colon Dose (Gy)
 ★ (被曝した人の発癌率)/(本来の発癌率) 1
 - 被曝線量

3.0

2.5

LQ

LQ (<2Gy)

20

1.5

ERR は被曝量に「ほぼ」比例

1 Gy ≒ 1 Sv の被曝で癌にかかるリスクは 1.42 倍に

「100 mGy ≒ 100 mSv 以下の『低線量被曝』の影響 があるかどうかは(この調査では)結論できない」とされる

0.0

0.5

1.0

低線量 (100 mSv 以下) での評価の難しさ



LSS 14; K. Ozasa et al. Rad. Res. 177, 229 (2012), Fig. 5

定型的な線量閾値解析では閾値は示されず、 ゼロ線量が最良の閾値推定値であった (LSS 14 日本語要約より)



基本的に、web 等で入手可能な一般的な情報を 中心にまとめます。 現状(の一側面)を伝えることを心がけ、統一的な ビジョンや見解を示すことは目指しません。



ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

初期のヨウ素による被曝

チェルノブイリでは、ヨウ素 131 の内部被曝 による小児甲状腺癌が増加

「体制派」も認めるチェル ノブイリでの健康被害

2011年の日本では? 初期のヨウ素 131の被曝を防ぐ対策はきわ めて不十分 吸入、経口摂取(飲料水、自家野菜?)に よる被曝の可能性



心がほうても 干1人脉 寺画 泳里 うし mうv える被曝はほぼなかったと結論

チェルノブイリ(3 Sv 超の被曝も)に比べれば被曝は桁違いに小さい。しかし・・・

ヨウ素被曝と甲状腺癌

事前および初期の対策が不十分だったこと は、取り返しのつかない失敗 日本に暮らす者にとって永遠の悔恨

コング検査に続く被曝線量の公式の調査がなかったことも重大な問題

- 原発を再稼働するとしたら対策は?

--->結論は未だ先?

最良の対策は継続的な医療検査

最優先すべきは個人の健康と幸福

実効線量とは 被曝と発癌リスク

再取の影響 ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

食品の汚染

放射性物質(主として放射性セシウム)による広域の汚染は長期的に続く可能性がある

放射性セシウムは、土壌や海水を通して、 農作物、肉類、魚類、乳製品などに移行 し、内部被曝の原因に?

対策 汚染の重い土地での作付けの制限 種々の食材の放射性物質の検査

Photo by Digital Globe, from Wikipedia

文科省・放射線量等分布マップ・拡大サイトより

福島における米の全袋検査



スクリーニング検査 (シンチレーションカウン ター) 詳細検査

(ゲルマニウム半導体検出 器)

平成 24 年度 約 1000 万袋 基準値超 71 袋 平成 25 年度 約 1100 万袋 基準値超 28 袋

基準は 100 Bq/kg



最も多かった食事を1年間→実効線量は約0.04 mSv **心配していたよりずっとずっと低い** (厚労省の基準値の目標は年間1 mSv) **多様な調査を継続すべき**

Photo by miya, from Wikipedia

http://www.fukushima.coop/kagezen/2013_02.html

			変の微安 (Bally a 生)	(2013 牛 3 月、 伯 局	又 个百
核種	試料数	検出結果 [▶]	(検出下限値)		
ストロンチウム 89	78	不検出	0 (0.1998 ~2000 ⁸⁷ 2002	2004 2006 2008 2010 2012 2014	
ストロンチウム 90	3	$0.016 \sim 0.034$	$(0.016 \sim 0.032)$	調想の役種も	
	75	不検出	$(0.009 \sim 0.083)$		
プルトニウム 238	78	不検出	$(0.0004 \sim 0.0046)$		
°ルトニウム 239+240	78	不検出	$(0.0004 \sim 0.0033)$		
			3.5 1 3 4 2.5 1		

~

に多かった





実効線量とは 被曝と発癌リスク

再取の影響 ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

実効線量とは 被曝と発癌リスク

再取の影響 ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

地面の汚染と高い線量

原子力発電所から放出された放射性セシウム が土の粒子の表面に付着して残っていること が、各地での高い線量の原因

除染によって、線量は平均的には下がってい るが、バラツキは大きくなっている

Cs - 134 及び Cs - 137の 1000k - 3000k 300k - 600k 300k 測定結果が 得られていない範囲

モニタリングポストは 0.2~0.5 µSv/h 程度 地元の人に「高い場所」を 教わると 1.5 µSv/h 超 (2013年6月) 文科省・放射線量等分布マップ・拡大サイトより

除染等により着実に減っている

福島市の公開データより(対象は中学生以下)

福島市における外部被曝

同じデータの片対数プロット

分布の「裾野」は長く伸びている? ごく小数だが波曝線量の互い人がいる可能性

ごく少数だが被曝線量の高い人がいる可能性 明日の早野講演

福島市の公開データより(対象は中学生以下)

実効線量とは 被曝と発癌リスク

再取の影響 ヨウ素被曝と甲状腺癌 食品の汚染と内部被曝 空気の汚染と内部被曝 地面の汚染と外部被曝 大規模な避難の影響

介護施設での状況

南相馬市の 5 つの介護施設(原子力発電所か ら 20 km ~ 30 km)

Nomura S, Gilmour S, Tsubokura M, Yoneoka D, Sugimoto A, et al. (2013) Mortality Risk amongst Nursing Home Residents Evacuated after the Fukushima Nuclear Accident: A Retrospective Cohort Study. PLoS ONE 8(3): e60192. doi:10.1371/journal.pone.0060192

避難の弊害 福島県の避難者は今も 13万6千人 長期にわたる避難生活は生活習慣病や鬱など 様々な健康被害につながっている 福島県内の災害関連死は 1,660人 除染作業が進められ、少しずつ避難指定が解 除されている。だが、放射線への不安は残る たとえ帰還しても、いったん停止してし まった様々な活動を再開するのはきわめて 困難。そして、三年以上のあいだに人々は 成長し、老い、人生は進んでいる。

初期のヨウ素被曝への無策は最大の悔恨 内部被曝は現状では驚くほど低い 生産者ら 総続的な調査が重要

まとめ

外部被曝も(内部被曝ほどではないが)低く なってきた。ばらつきが多いので、例外的な 個人を探し出す努力が必要 現状では

大規模な避難の影響は深刻 (もちろん、それ以外の地域でも問題は多い)

「前向きになれと言われるけれど、 私たちにはどちらが前なのかわからないのですよ」 (飯舘村から福島市に避難している女性)