

---

第10回 エックス線被ばく事故検討WG 資料1

## (2)エックス線被ばくに関する線量測定と評価に関する論点

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
放射線医学研究所 計測・線量評価部  
物理線量評価グループ  
古渡 意彦

- 被ばく医療に資する線量評価の観点
- 線量評価上の論点と課題

本稿において述べられている見解は、  
量子科学技術研究開発機構の公式な見解とは無関係です。

## 事故時の線量評価について

assessment, evaluation, estimation が時系列で変化

今回は事故発生後になるが、事故発生時から実施される。

## 線量評価の目的

- ・事故の全容把握のために実施（放射線防護上）

何人被ばくしたか

assessment より evaluation

法令上の単位 周辺線量当量を実効線量として推定

- ・個人の治療方針決定に資するために実施（被ばく医療上）

トリアージのため assessment が直ちに実施される

assessment のための線量の estimation が実施される

## 外部被ばく線量評価の方法

被災者	放射線業務従事者 (緊急時対応者含む)	公衆(事故現場周辺住民等)
(高線量外部被ばくの場合) 歯のESR他	個人線量計の指示値	行動調査+環境モニタリングの 結果
行動調査+放射線輸送シ ミュレーション	行動調査+環境モニタリング の結果	
(あれば個人線量計)		

被災者に対しては吸収線量で評価  
(実効線量は防護量であるため)

入手された情報をもとに線量計算を実施  
事故現場での放射線情報を可能な限り入手し、事故の状況を再現

→線源との距離・ばく露された時間を絞る

## 事故の再構築について

- ・聞き取りにより状況確認

関係者の記憶が時間の経過に従ってあいまいになる。

2名以上で作業している場合、お互いの記憶が残っているか。

映像記録等が可能か。

→映像記録がない場合が多い

→監視カメラ等が設置されていない、映像が公開されない等

- ・被ばく状況

被ばく線量  $\text{線量率} \times \text{ばく露時間}$

全身に均一にばく露したと仮定する場合

ISOが線量評価に用いた照射ジオメトリに当てはめることになる

## 線量率及びばく露時間

いずれも線源と被ばく患者の位置関係で決まる

- 瞬間的な被ばくの場合 情報がそろそろ限り一義的に決定しやすい  
(臨界事故、加速器等の誤照射)
- ばく露時間が長い被ばくの場合 位置情報はより複雑  
移動と姿勢が絶えず変わるため、  
不均等被ばく状況 → 再現は困難

個人線量計の測定値の取り扱い

線量再構築時の重要なよりどころ

事故時の被ばく線量として最終報告にするには検証が必要

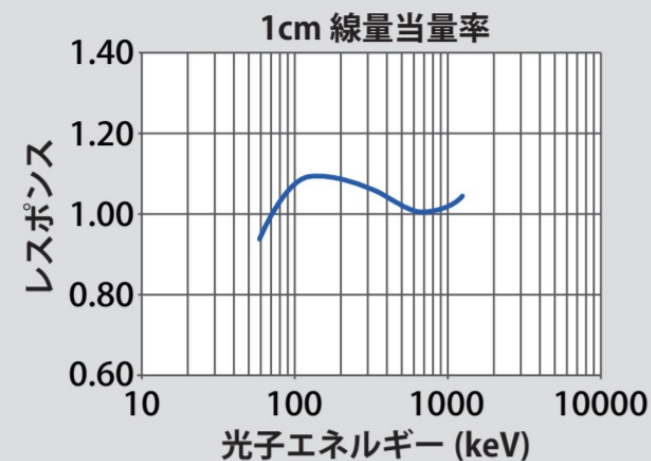
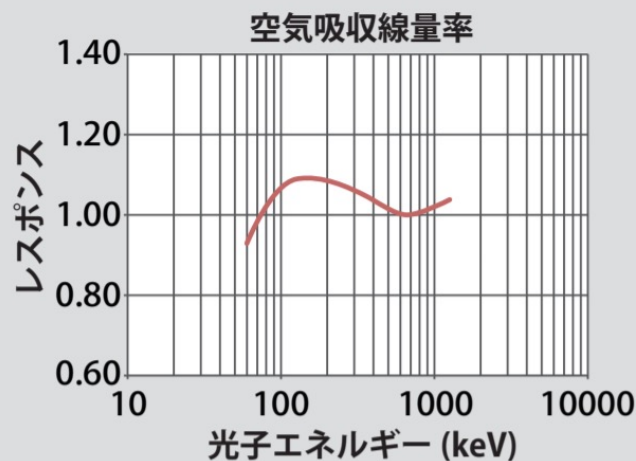
「作業場においては、放射線場のエネルギースペクトル方向は一般に良くわかっておらず、個人線量計で測られた測定値の不確かさは著しく大きいであろう。放射線場が均質でなく、方向がはっきりしないことによって、標準モデルの使用には誤差が生じる。関連する線量限度付近の実効線量を推定する際の95%信頼度での総合的な不確かさは、光子についてはプラスマイナスどちらかの方向についても係数1.5となり、エネルギー不明の中性子、及び電子についてはもっとずっと大きくなるだろう。(251)」

ICRP, 1997. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27 (1).

## NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ



### エネルギー特性データ

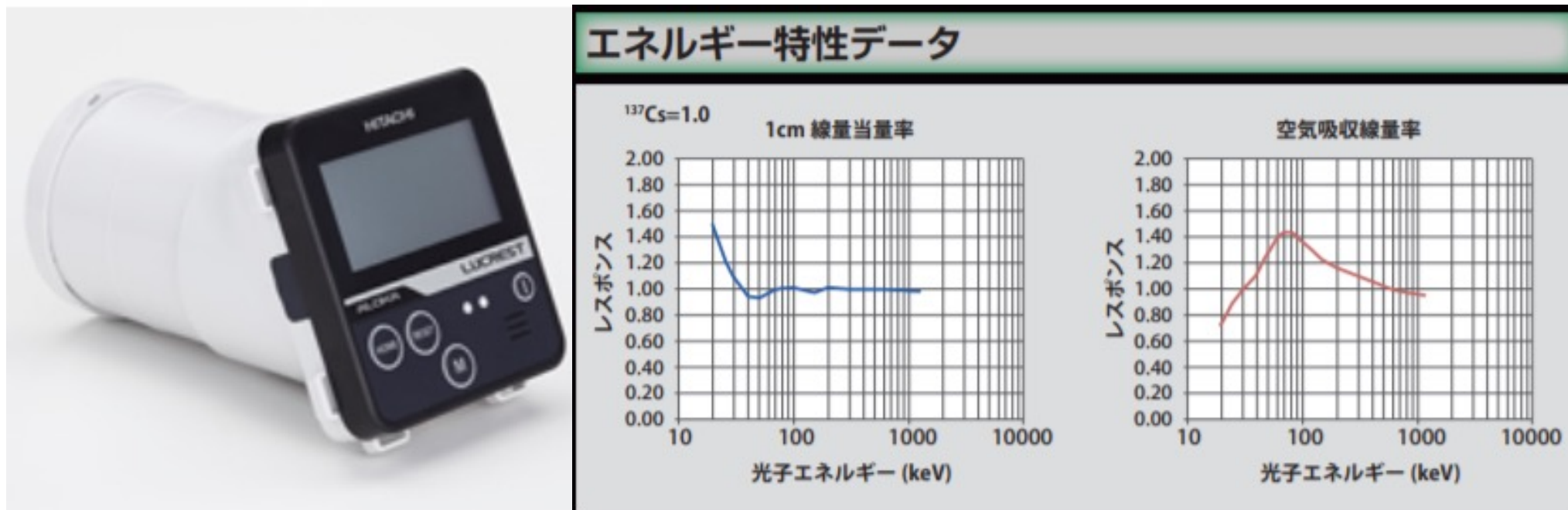


60 keV までの応答

[https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/TCS-1172-BR-074\\_j.pdf](https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/TCS-1172-BR-074_j.pdf)

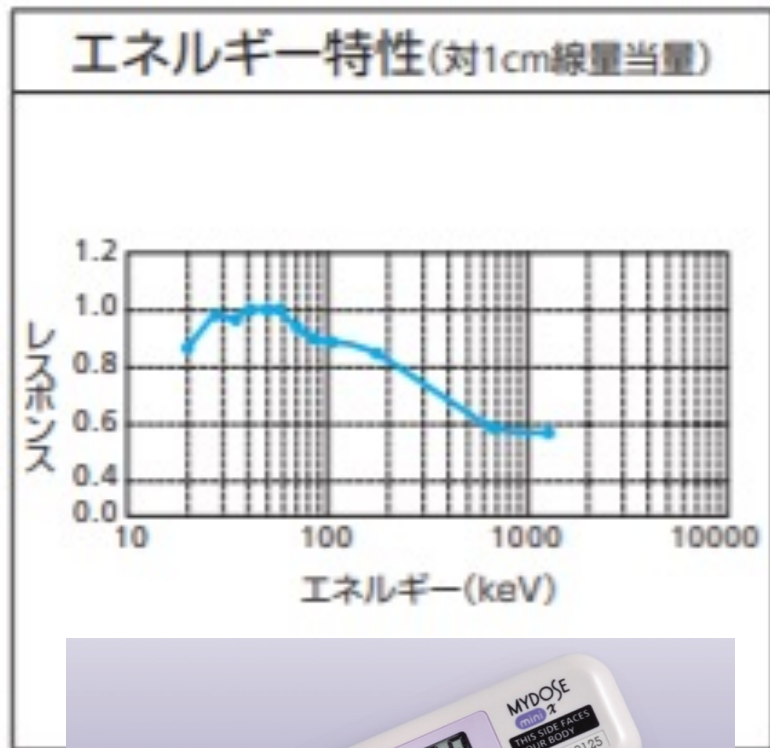


## 電離箱式サーベイメータ

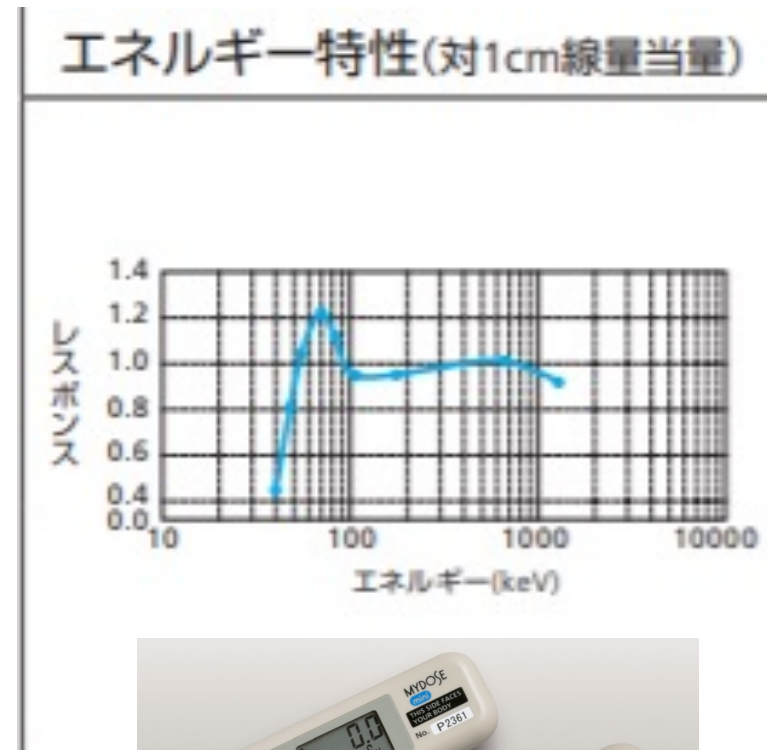


20 keV から応答

[https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/ICS-1323\\_BR-073\\_j.pdf](https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/ICS-1323_BR-073_j.pdf)



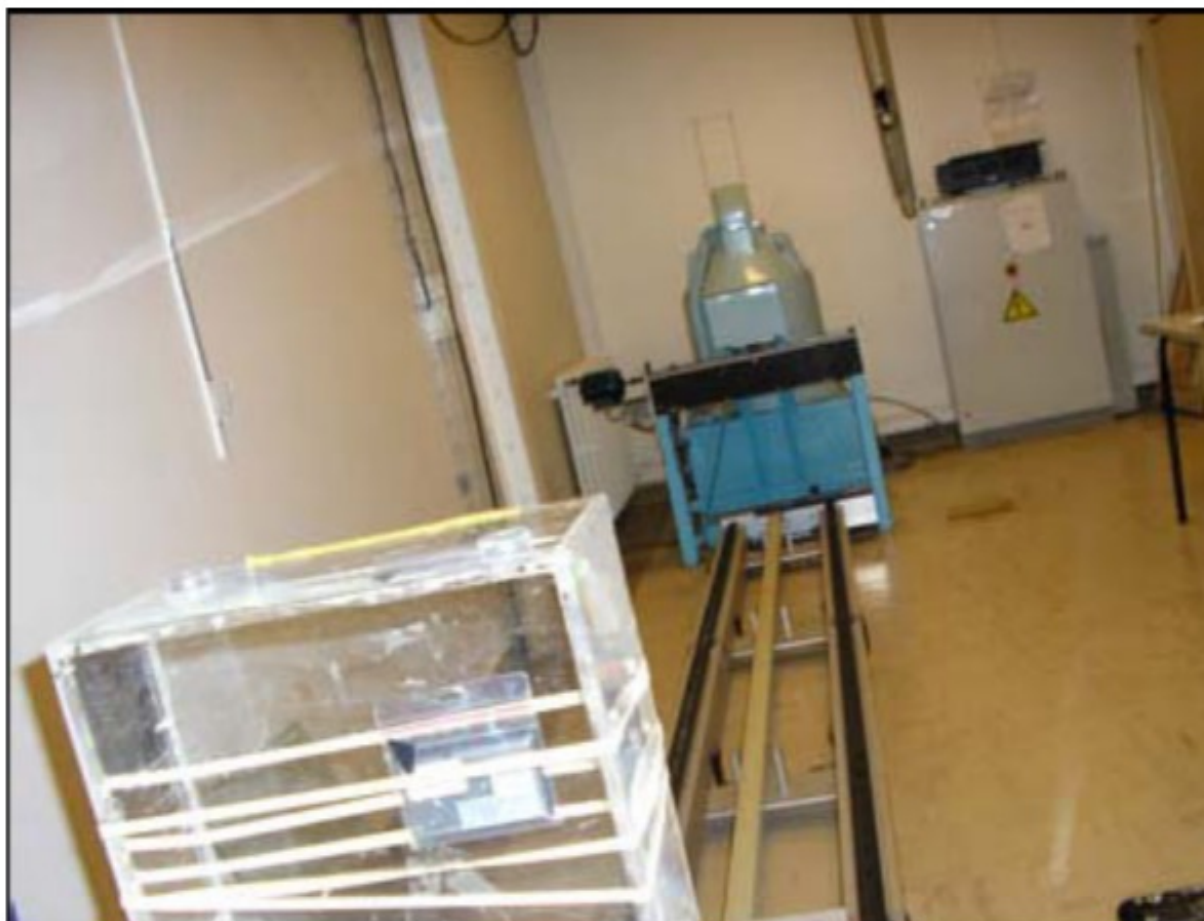
X線用(医療現場等)



ガンマ線用(放射線施設、原子力施設)

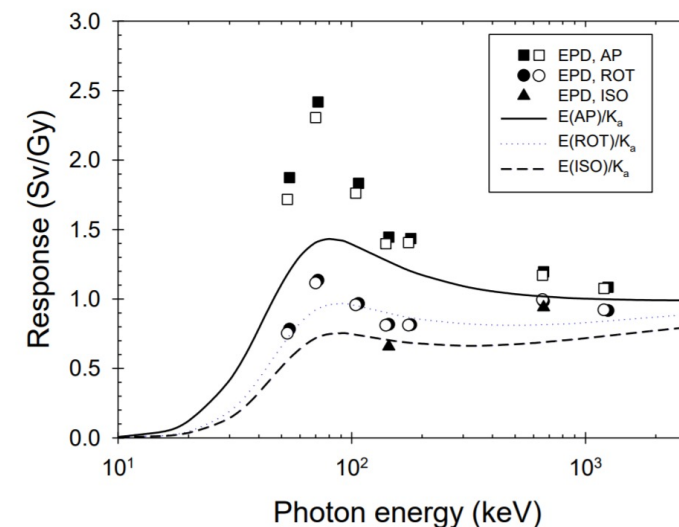
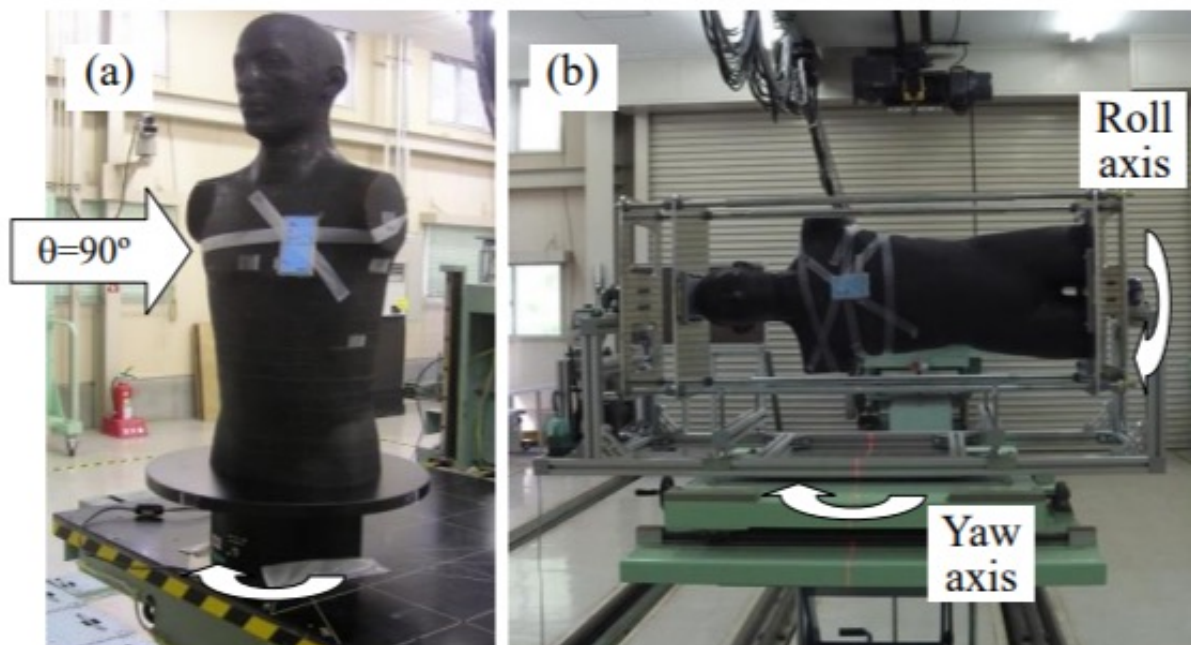
[https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/PDM-127B-BR-029\\_j.pdf](https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/PDM-127B-BR-029_j.pdf)  
[https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/PDM-122B-SHC-BR-072\\_j.pdf](https://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/catalog/radiation/pdf/PDM-122B-SHC-BR-072_j.pdf)

一般的に線量計の校正は正面から実施される。  
個人線量当量は実効線量を過大に見積もる。



*Figure 5.7 Irradiator containing two photon sources ( $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ ).*

[https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1564\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1564_web.pdf)



**Fig. 4.** Energy dependence of dosemeter response on the RANDO phantom per unit air kerma for AP, ROT, and ISO geometries. A family of air kerma ( $K_a$ ) to effective dose ( $E$ ) conversion coefficients curves are shown as well. The closed and open symbols represent the response of the dosemeter placed on the center and that of the dosemeter placed 7 cm left from the center, respectively, on the chest of the phantom.

Norio TSUJIMURA et al. "Performance of Panasonic ZP-1460 electronic personal dosemeter under exposure conditions likely to be found at Fukushima Daiichi nuclear power plant" JPS Conf. Proc.11,070008(2016), Proc. Int. Symp. on Radiation Detectors and Their Uses (ISR2016)

## 放射線防護の観点から

- ・使用する線量計を校正時に回転照射する等の取り組みは行われてはならない＞標準化の観点から。

## 事故時の被ばく者の線量評価の観点から

- ・実効線量の推定方法について整理が必要

- ・事故時の線量評価は、平常時の個人モニタリングと異なる。

- ・実効線量を「安全側」と過大に見積もることはどの程度有効か。

## 線量計をつけていない被ばく者の場合の線量評価

### 測定

- ・血液採取からの染色体線量評価
- ・歯からのESR等による線量評価
- ・手指の爪からのESRによる線量評価
- ・中性子被ばくの場合、所持品の放射化による被ばく線量の推定(携帯電話等の素材の放射化)  
→臓器線量を推定(計算コード等を組み合わせる)

周辺線量当量率 × 行動記録 → 線量推定

エックス線装置からの漏洩線量の場合

→周辺線量当量率の測定・推定が課題となる場合が考えられる

## 産業用X線特有の課題

### 線源について

エックス線エネルギー: 100 keV以下のエックス線の下限值の設定

線量再構築のため、事故を再現したばく露試験

測定上の困難 検出器・線量計の性能を確保できない

(IECでは30 keV から性能要求)

壁厚の薄い電離箱

半導体検出器(Si、CdTe等)

固体線量計→フィルタのないタイプを準備

物理ファントムの課題 可動する四肢のついた物理ファントムはない

姿勢と位置関係を再現するためには不可欠

服を着たファントムはない

→衣服による遮へいの効果を考慮するのが困難

同時に、事故を再現したシミュレーションを実施

→詳細な事故時の情報が必要

# 具体的な検討課題等について(5-1)

Voxel phantom (male) AP irradiation geometry, calculated by MCNP6



評価した組織	662 keV 1光子あたりの 吸収線量 (Gy particle <sup>-1</sup> )	10 keV 1光子あたりの吸 収線量 (Gy particle <sup>-1</sup> )	10 keV / 662 keV
Colon (大腸)	2.61E-16	2.29E-20	0.000088
Lungs (肺：左右)	2.60E-16	6.00E-22	0.0000023
Stomach (胃)	2.60E-16	7.48E-23	0.00000029
Gonads (生殖腺)	2.98E-16	4.00E-18	0.013
Liver (肝臓)	2.37E-16	1.05E-22	0.00000044
skin (皮膚：全身)	2.59E-16	1.37E-16	0.277
Heart (心臓)	2.60E-16	0.00E-00	0.0
Oral Mucosa (口腔)	2.38E-16	2.14E-19	0.00090
Eye Lens (水晶体：左右)	3.11E-16	1.80E-16	0.58

単位光子数あたりでは、臓器により10 keV光子の場合、<sup>137</sup>Csγ線の1.3%以下の影響。  
一方、皮膚線量は0.53倍  
眼の水晶体線量は0.58倍



## エックス線被ばくでの線量評価上の論点と課題

被ばく線量評価:

- 被ばく医療に資する線量評価上の課題
- エックス線被ばく露に起因する課題

今後の評価に向けて

- ・より低いエックス線エネルギーの10 keV以下の放射線場の有無
- ・測定器の性能に関する調査
- ・エックス線装置による事故発生有無にかかわらず線量評価を実施
  - 「意外」と被ばくする事実
  - 計算シミュレーションと(可能であれば)実験により検証

---

# ご清聴ありがとうございました



量子科学技術研究開発機構(QST)は、量子科学技術による「調和ある多様性の創造」により、平和で心豊かな人類社会の発展への貢献を理念とし、「世界トップクラスの量子科学技術研究開発プラットフォーム」の構築を志します。

■ QSTホームページ : <http://www.qst.go.jp/>

■ QST未来戦略2016: <http://www.qst.go.jp/about/welcome/plan2016.html>