

汚染水処理対策委員会  
トリチウム水タスクフォース  
2014年2月7日

# 健康影響の一般論と疫学

立崎英夫

((独)放射線医学総合研究所 REMAT 医療室)

# 内容

- 低線量影響の基礎〈一般論〉
- 内部被ばくの基礎〈一般論〉
- トリチウムの人への健康影響

# 低線量影響の基礎〈一般論〉

表1 放射線の人体影響 – 確率的影響と確定的影響–

分子	細胞		組織・臓器			個体	
損傷	障害	種類	臨床症状	分類	発症機構(原因)	線量効果関係	線量影響関係
DNA 損傷	突然異変	生殖細胞	遺伝性影響	確率的 影響	単一細胞 の突然 変異		
		体細胞	がん				
DNA 損傷	細胞死 あるいは 細胞変性	生殖細胞	不妊	確定的 影響	多細胞の 細胞死		
		体細胞	機能損失 (脱毛、皮膚障害、 急性放射線症 など)				

((独)放射線医学総合研究所:医学教育における被ばく医療関係の教育・学習のための参考資料(2012.6.6改訂)より)

# 組織反応のしきい値

全身ガンマ線被ばく後の成人の臓器及び組織に関わる罹病の1%発生率と死亡率に対する、急性吸収線量のしきい値の予測推定値

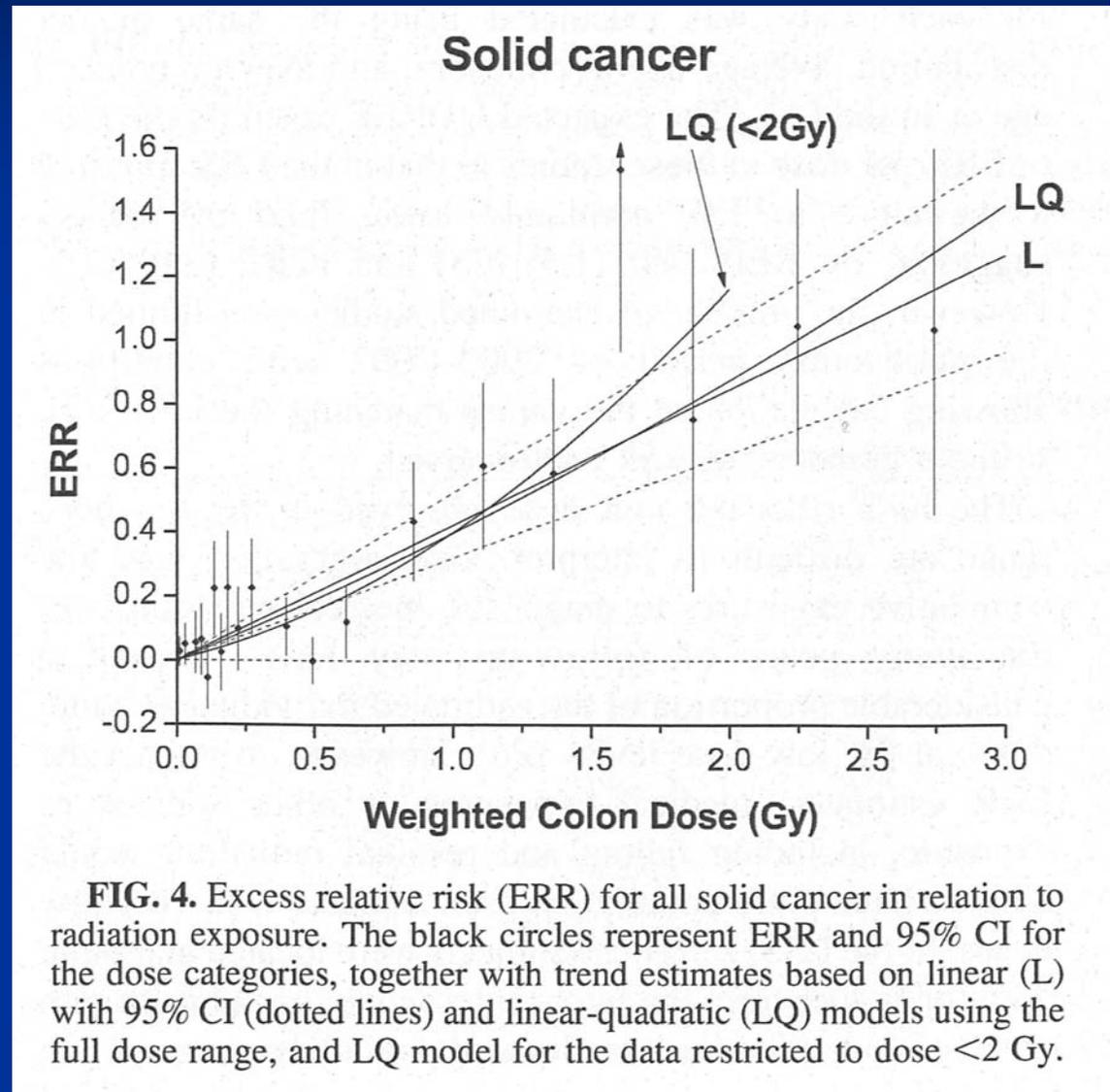
影響	臓器／組織	影響の発現時間	吸収線量 (Gy)
罹病:			1%発生率
一時的不妊	睾丸	3-9 週間	~0.1 (約)
永久不妊	睾丸	3週間	~6
永久不妊	卵巣	< 1週間	~3
造血系の能低下	骨髄	3-7 日	~0.5
皮膚発赤の主要期	皮膚(広い区域)	1-4 週間	<3-6
皮膚火傷	皮膚(広い区域)	2-3週間	5-10
一時的脱毛	皮膚	2-3週間	~4
白内障(視力障害)	眼	数年	~1.5* (*その後改定あり)

(出典:ICRP[国際放射線防護委員会の2007年勧告](Tab A.3.4)日本アイントープ協会 2009 より改変)

# 固形癌過剰相対リスク

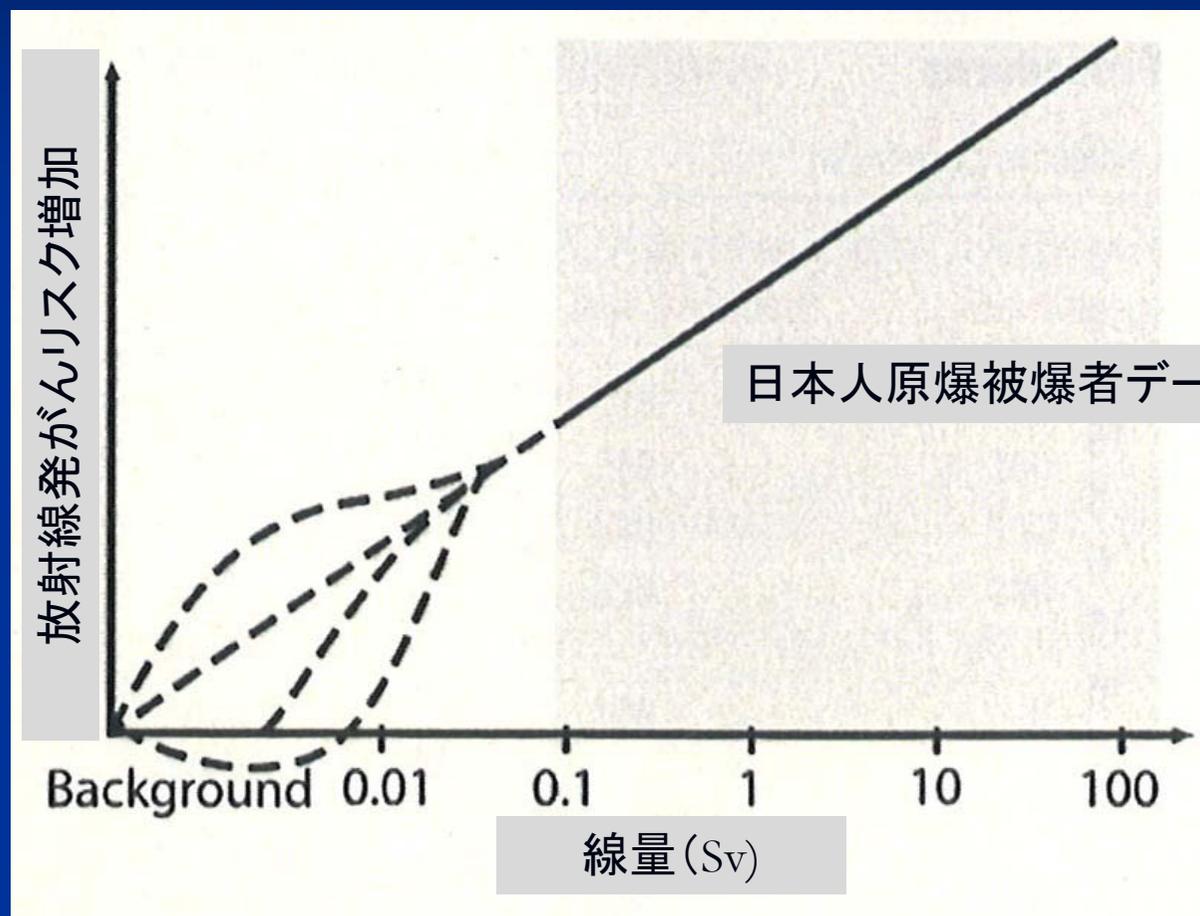
## Excess Relative Risk for Solid Cancer

原爆被爆者の疫学研究より



(LSS A-bomb Report 14)  
(from Ozasa k et al.; Radiat Res  
177:229-243, 2012)

# 低線量影響を外挿するモデル



直線を外挿したのが直線しきい値無しモデル(LNTモデル)

(Hendee WR & O'Connor MK, Radiology 264(2):312-321より改変)

## 2.2.2. 人体への影響に着目した線量(放射線防護量)と単位

### 放射線の人体に与える影響

実効線量： $E$  (シーベルト： $Sv$ )

$$E = \sum_T (W_T \times \sum_R (W_R \times D_{T-R}))$$

$D_T$  : 組織ごとの吸収線量

$W_R$  : 放射線加重係数

$W_T$  : 組織加重係数



# 内部被ばくの基礎<一般論>

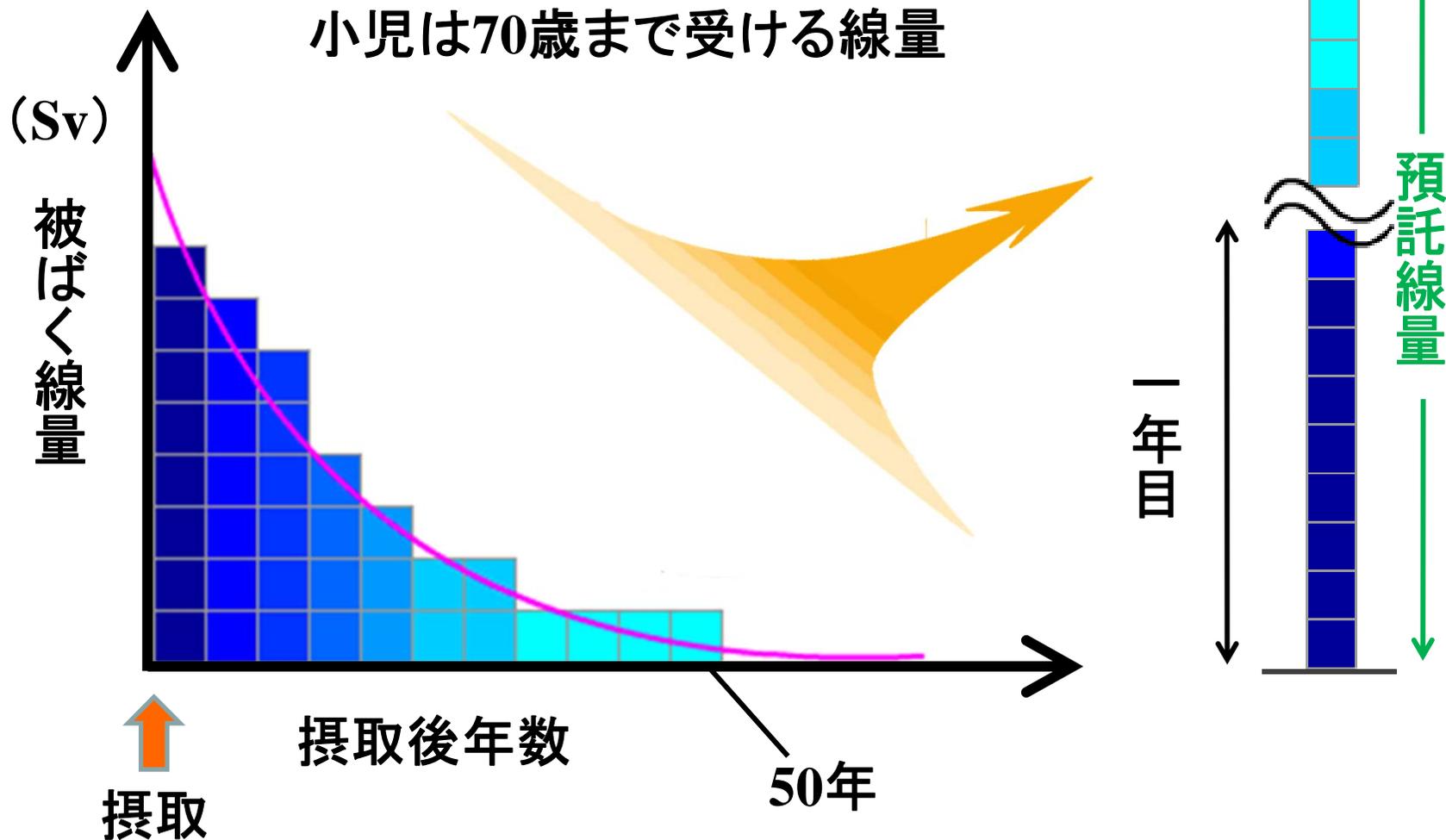
# 内部被ばく



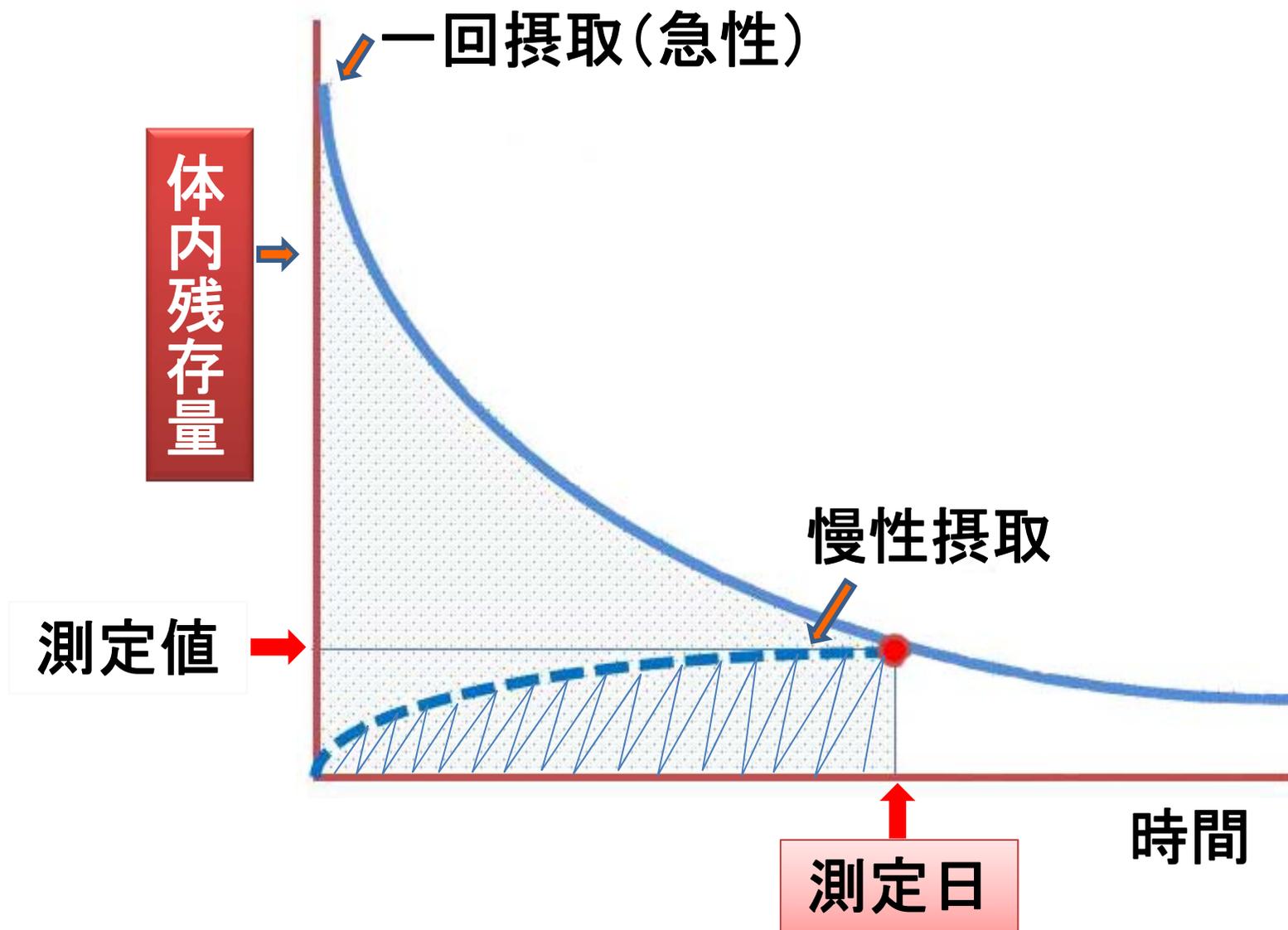
# 内部被ばくの線量

## - 預託線量 -

放射性物質の摂取後、大人は50年間、  
小児は70歳まで受ける線量



# 1時点の計測値



# 線量係数

## Dose coefficient

- 放射性物質の単位摂取量あたりの線量の同義語として用いられる。

(ICRP[国際放射線防護委員会の2007年勧告], 用語解説, 日本アイソトープ協会 2009 より)

- 預託実効線量 = 摂取量 x 実効線量係数
- 単位: Sv/Bq
- 摂取経路により異なる
- 核種、化学的形態、年齢により異なる

# トリチウムの人への健康影響

# 放射線加重係数( $W_R$ )関連事項

勧告	年	放射線のタイプ	係数名	$W_R$
ICRP 26	1977	(X線, $\gamma$ 線および)電子 ( $L_\infty$ 不明の場合)	線質係数 Q	1
ICRU 40 (Joint Task Group of ICRP/ICRU)	1986	トリチウムの $\beta$ 線	Acceptable approximation value Q(bar)	2
ICRP 60	1990	電子(及びミュー粒子), 全てのエネルギー	放射線(荷)重係数 $W_R$	1
ICRP 103	2007	電子(とミュー粒子)	放射線加重係数 $W_R$	1

トリチウム水被ばくで観察されたすべての影響(実験的データ)を考えると, RBE値は1~3.5の範囲にあった。ガンマ線と比較すると, 大部分の値は1~3の間にあり, またX線に対しては大部分は1~2で, その多くは1~1.5の値であった。

トリチウム水としてのトリチウムからのベータ線放射について得られたRBE値は, 低LET放射線に対して一般に観察される値の範囲内であり, 単一の放射線加重係数値として1を使用するという単純化されたアプローチはトリチウムに適応できる。(ICRP 103, 2007, B94項, B96項, より)

# トリチウムによる人に対する事故

- 1960年代のヨーロッパで、トリチウムを含む夜光剤を使用する工場では研究者あるいは作業員に被ばく事故が発生している。
- 2例の死亡が報告
- 被ばく線量は極めて不確定：尿中のトリチウム量などから3～20 Svと推定
- 死因は骨髄障害による汎血球減少症
- このうち1例の助手に貧血発生

# 疫学研究 — レビュー

- トリチウムの被ばくに関連する疫学研究の系統的レビュー
- Little MP, Wakeford R., “Systematic review of epidemiological studies of exposure to tritium.”, J Radiol Prot. 2008 Mar;28(1):9-32.
- 対象:
  - 作業員(英国、米国、カナダ)
  - 環境放出による胎内被ばくと作業員の子孫(カナダ、ドイツ、米国)
- 結論: 作業員や公衆についてのがんやその他の健康影響に対する利用可能な研究は、トリチウムに特化した線量の欠如、低線量、少数の対象人数によって有用性が損なわれている。英国作業員のコホート研究で個人のトリチウム線量を得られる可能性はあるが、多くの労力(資金)を要する。英国以外でも、カナダや米国での作業員の研究も同じく可能性がある。