

# 子供や妊婦に対しての配慮 —低線量と内部被ばくと胎児のリスク—

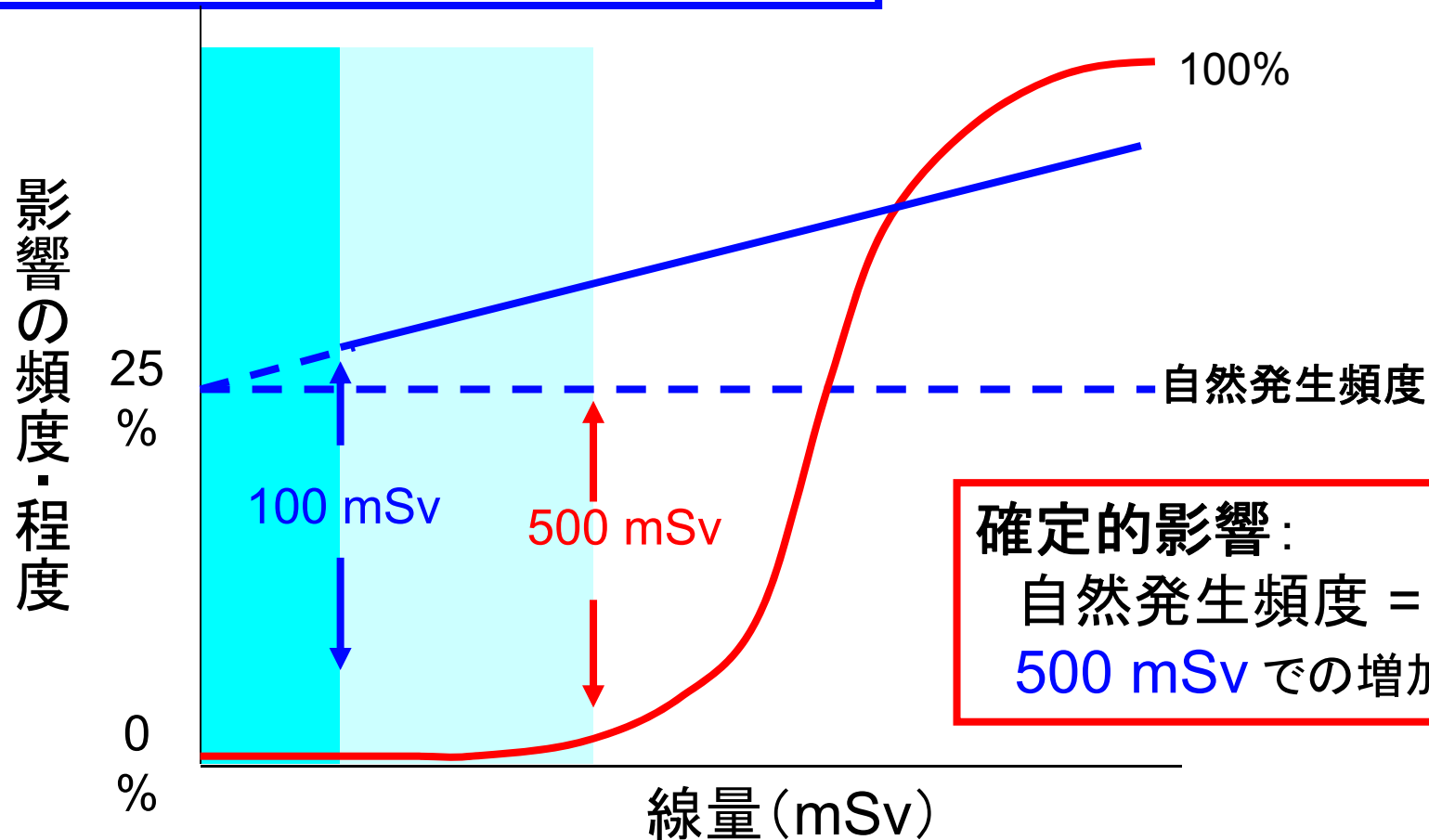
丹羽太貴

1. 低線量リスクとその扱い  
被爆者データは基本
2. 事故後の経過と状況に応じて重点が移る
3. 内部被ばくと外部被ばくのリスクの同等性
4. 小児被ばくと胎児被ばくのリスク
5. 最後に:サイエンスとバリュー

# 1. 低線量でと直線閾値無し(LNT)モデル

確率的影響：がん(と遺伝的影響)  
自然発生頻度 = 数10%  
100 mSv 以下での増加は有意でない

でも防護の目的には  
直線閾値無しモデルを使う



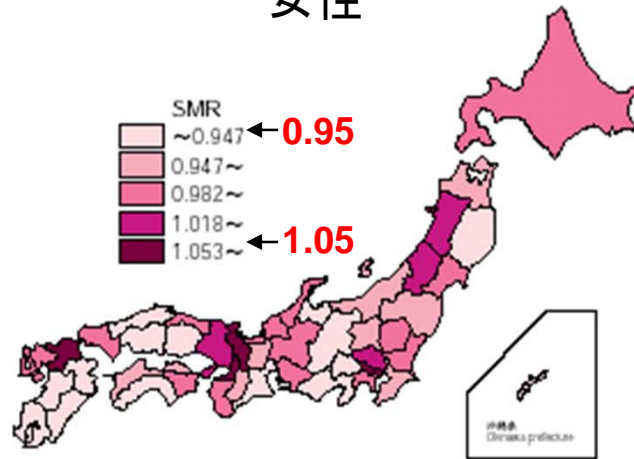
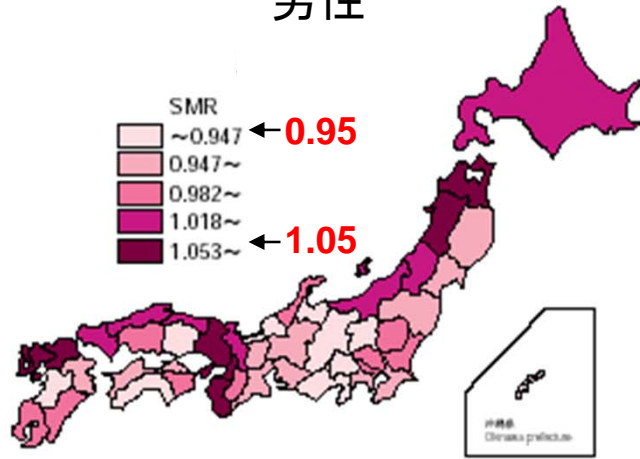
確定的影響：  
自然発生頻度 = 0 %  
500 mSv での増加は 1%

# 低線量でのがんリスクは地域変動幅以下 癌死亡頻度の地域変動

全部位

男性

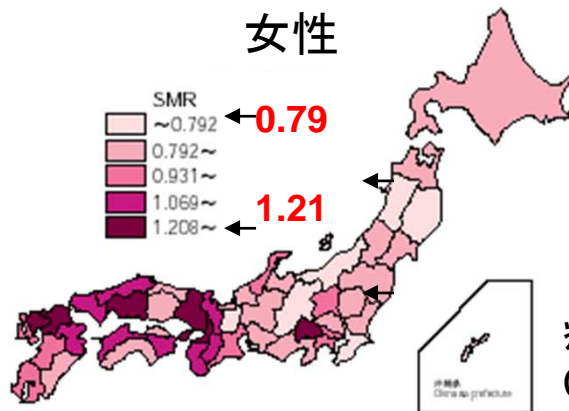
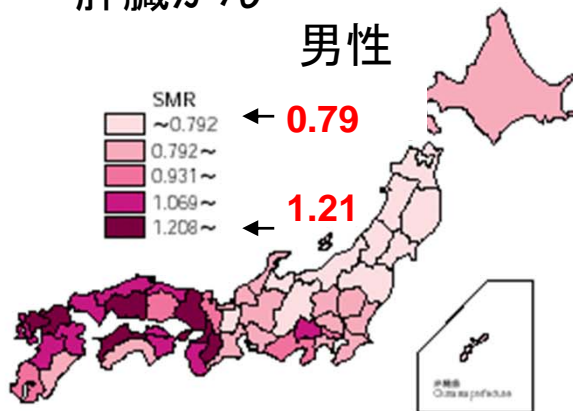
女性



6. 肝臓がん

男性

女性



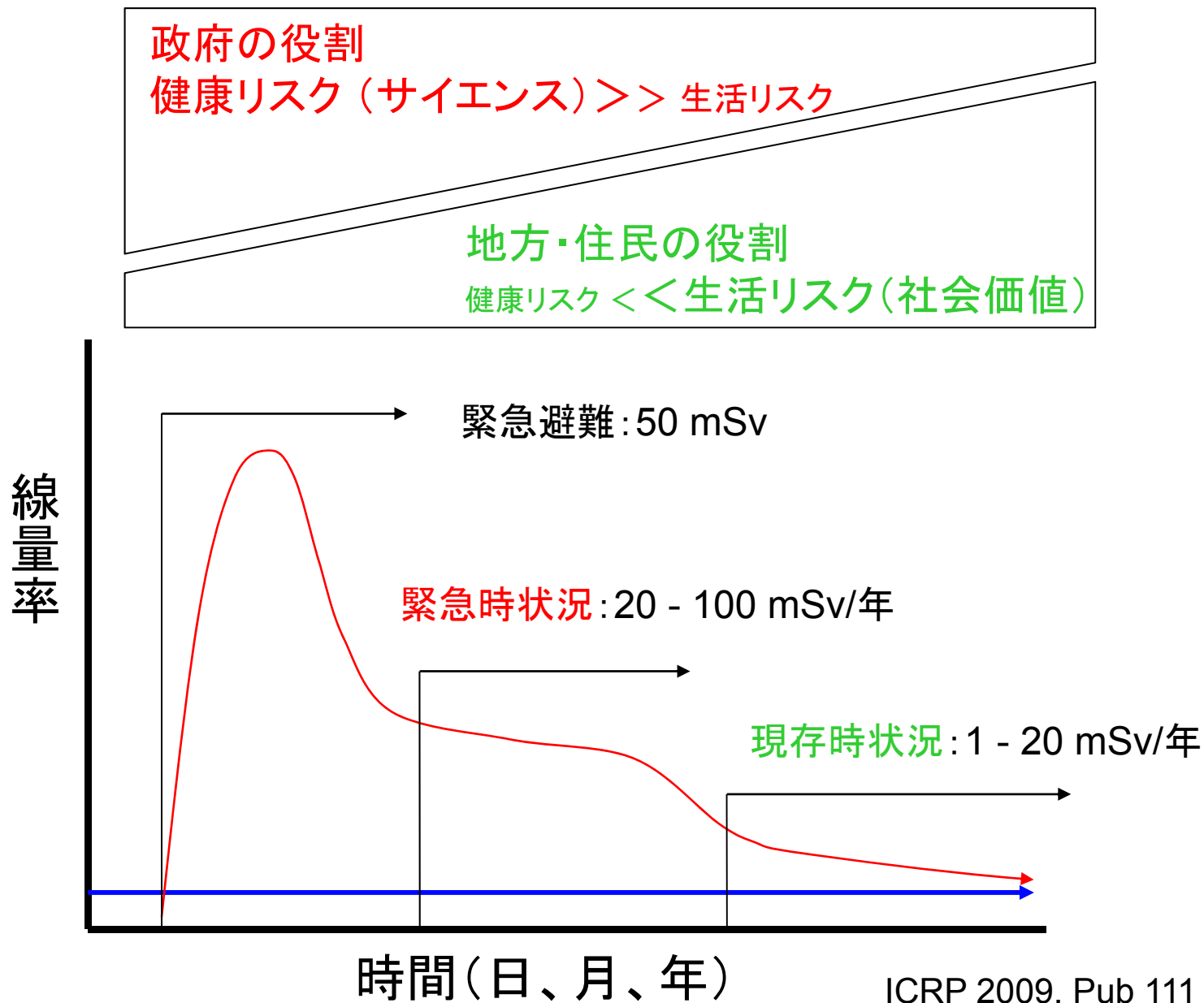
がん死亡率の変動  
 県での違い：10 %  
 広島市・郡部：-6 ~

+8%

癌登録(国立がんセンター)

Cologne & Preston, HP 80, 491, 2001

## 2. なぜ 20 mSv/年？ なぜ 1 mSv/年？



### 3. 内部被ばくと外部被ばくの機構面での同等性

光子放射線



原子・分子



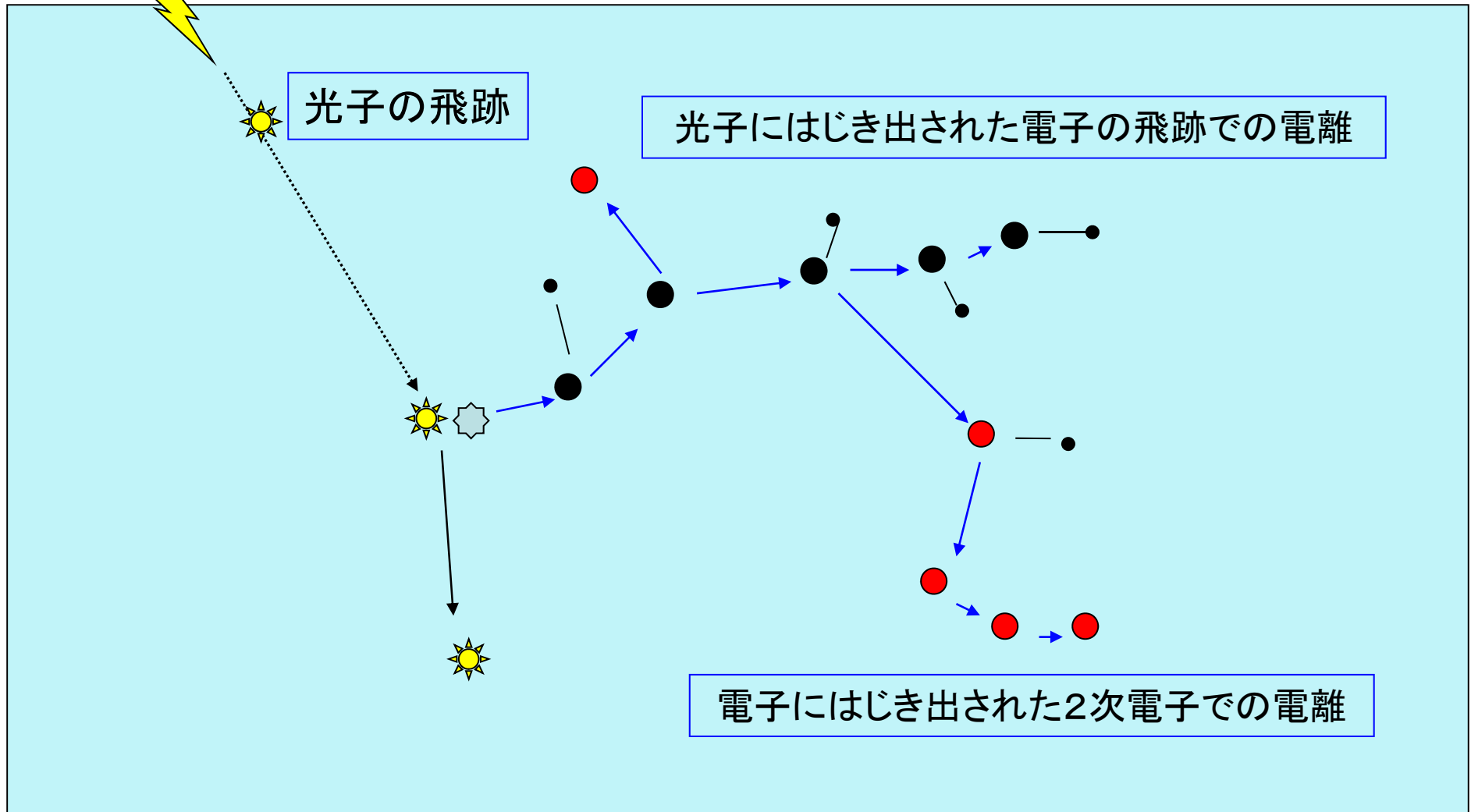
電子による電離  
(30 eV)



2次電子による電離  
(30 eV)



励起





放射性物質



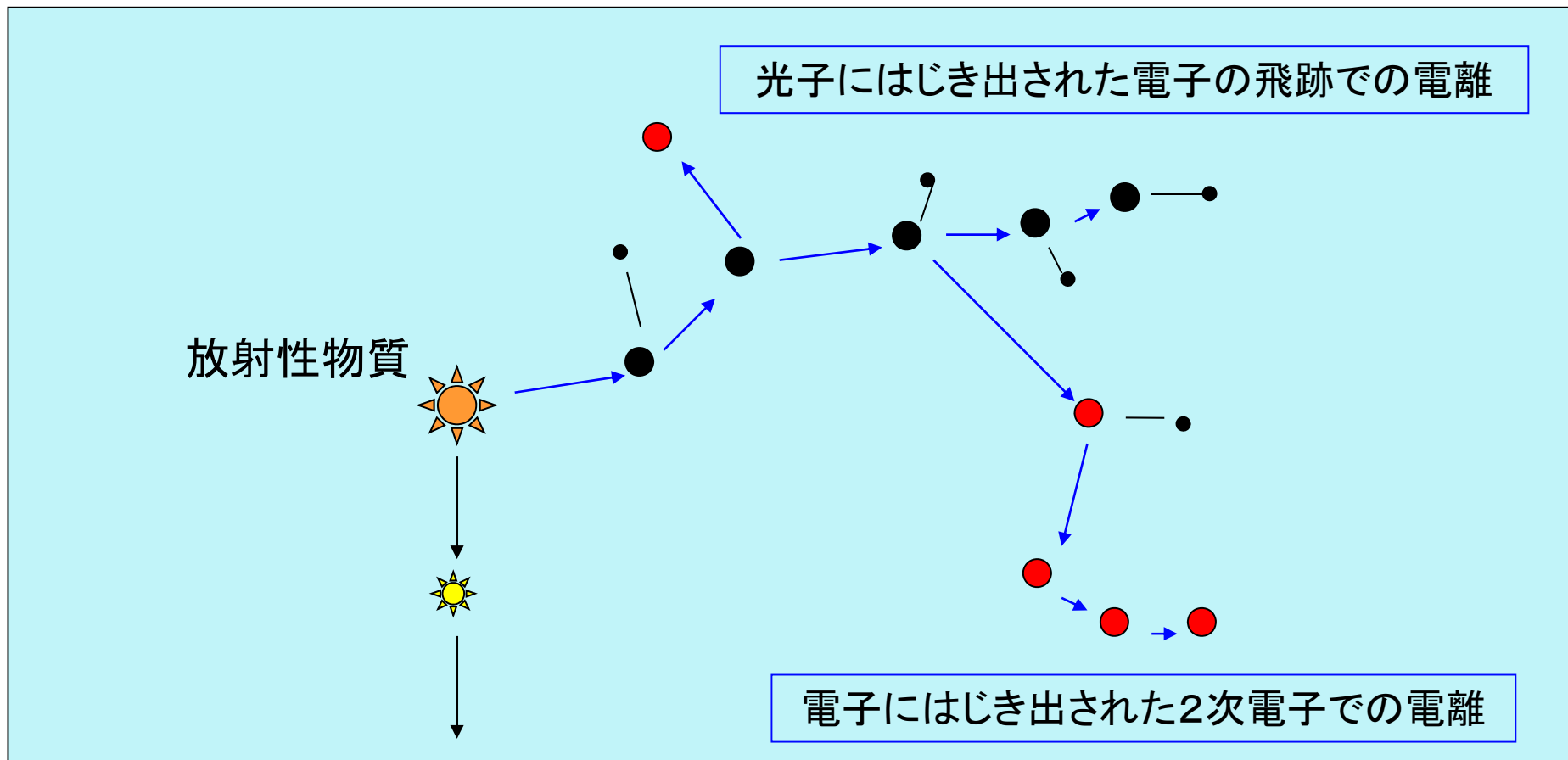
原子・分子



電子による電離  
( 30 eV )

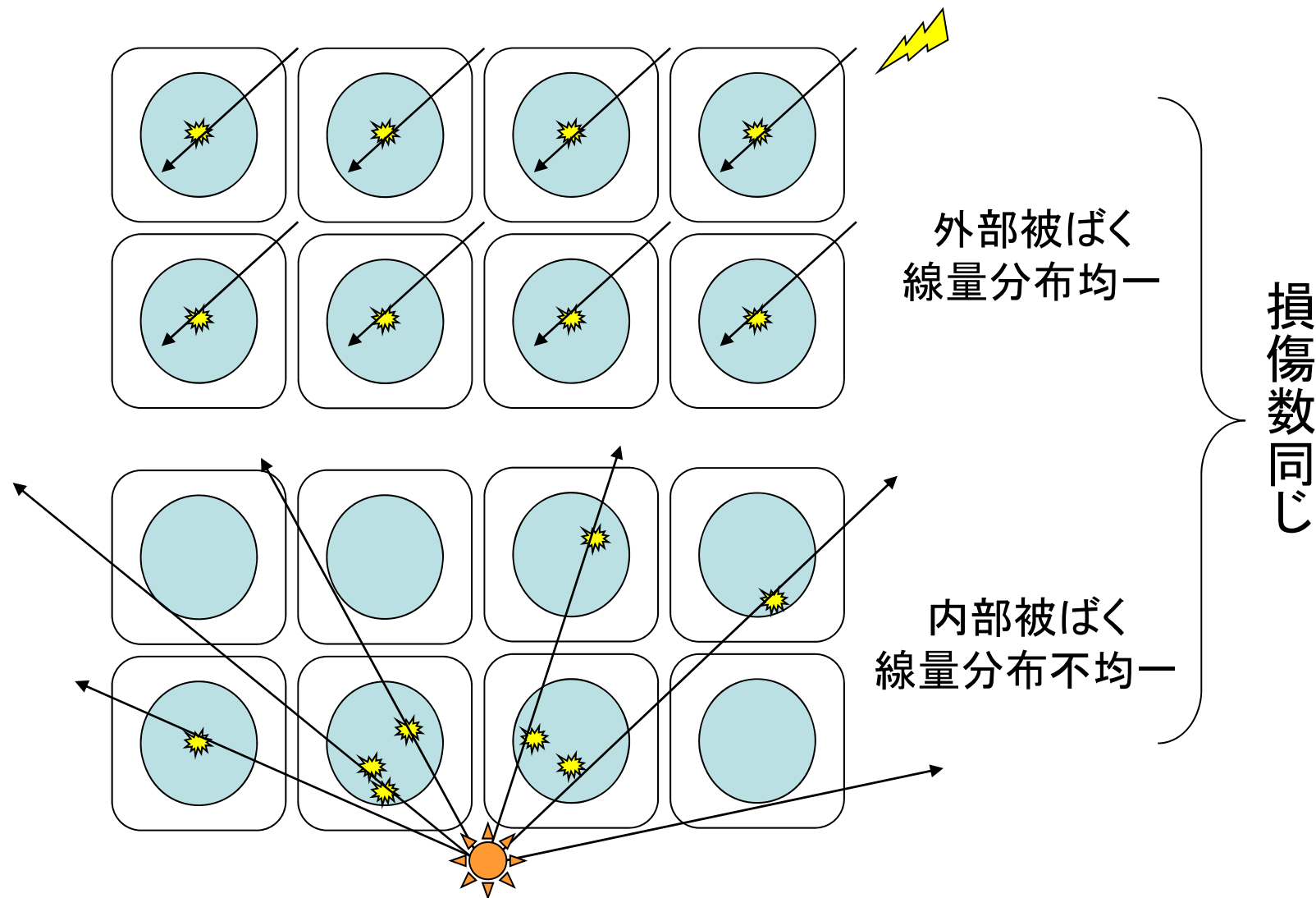


2次電子による電離・励起  
( 30 eV )



微視的な機構は全く同じ → 効果は吸収線量で評価できる  
 ただし、内部被ばく線量は微視的分布と体内臓器分布が不均等

# 微視的分布が不均等であっても効果はほぼ同等



吸収線量が同じ → 総損傷数は同じ  
リスク = 損傷数 → 発がんリスクもほぼ同じ

## 内部被ばくと外部被ばくの同等性 小児時の被ばくによる甲状腺癌の例

被曝タイプ	研究デザイン(論文)	過剰相対リスク (1 Gy あたり)
外部被ばく	プール解析 (Ron 他, 1995)	7.7
内部被ばく チェルノビル	症例対照研究 (Cardis他 2005)	4.5
	コホート研究 (Tronko他, 2006)	5.2
	エコロジー研究 (Likhtarov他, 2006)	8.0
	エコロジー研究 (Jacob他, 2006)	19
	プール解析 (Brenner 他, 2011)	1.4

Ron, HP 93, 502, 2007



# 内部被ばくの危険性についてのいろいろな意見 —ウクライナで膀胱癌が多発するとの報告について—

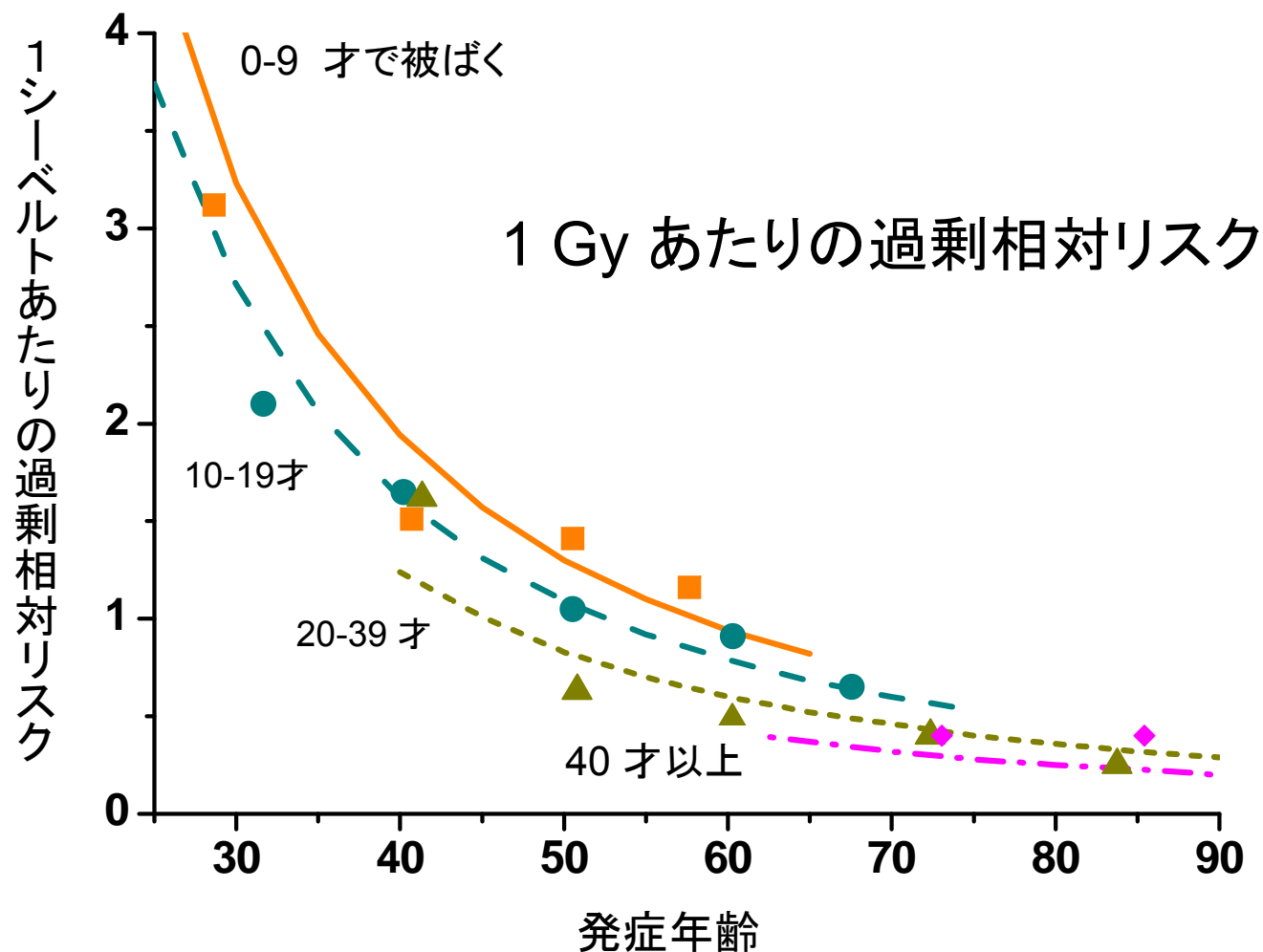
前立腺肥大除去手術で得られた膀胱サンプルの解析とセシウムレベル

	I 群	II 群	III 群
患者数	73	58	33
土壌Cs-137 (Ci/km <sup>2</sup> )	5-30	0.5-5	0
尿中Cs-137 (Bq/L)	6.4	1.2	0.29
がん	53/73	37/58	0/33

これからセシウムの内部被ばくで膀胱がん多発と結論

でも、同じ尿中 1 リットルには 50 Bq の放射性カリウム40 がいつもある  
セシウム137 の微量の追加線量で膀胱癌多発はたいへん考えにくい

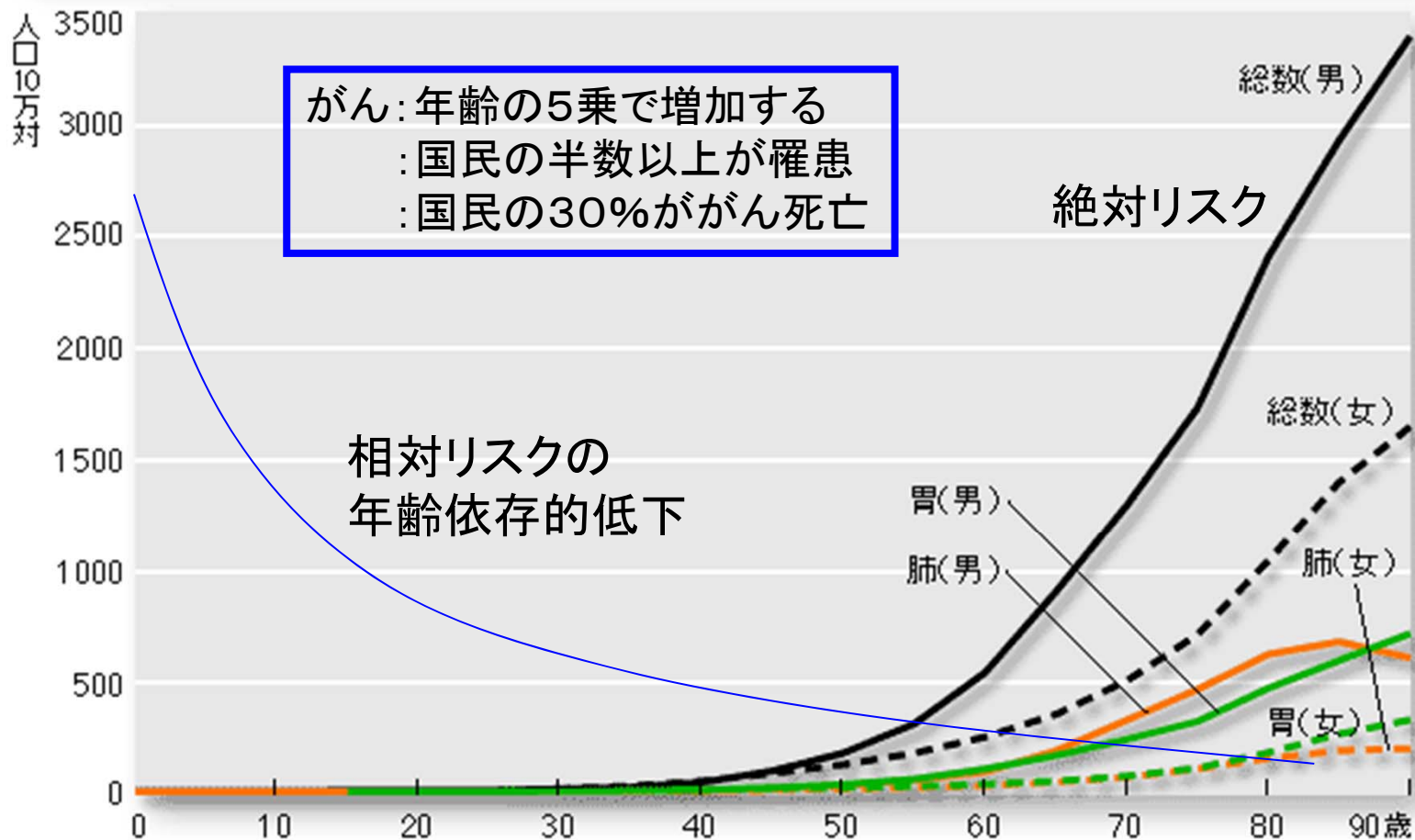
## 4. 小児被ばくと胎児被ばくのリスク: 小児期の高感受性



発がんの相対リスクは若年で高く、経年的に低下する

# がんの絶対リスクは年齢とともに増加

年齢階級別がん死亡率(平成11年)



生涯リスクは、相対リスクと絶対リスクの積算で求まる

# 放射線によるがんの生涯リスクの年齢依存性

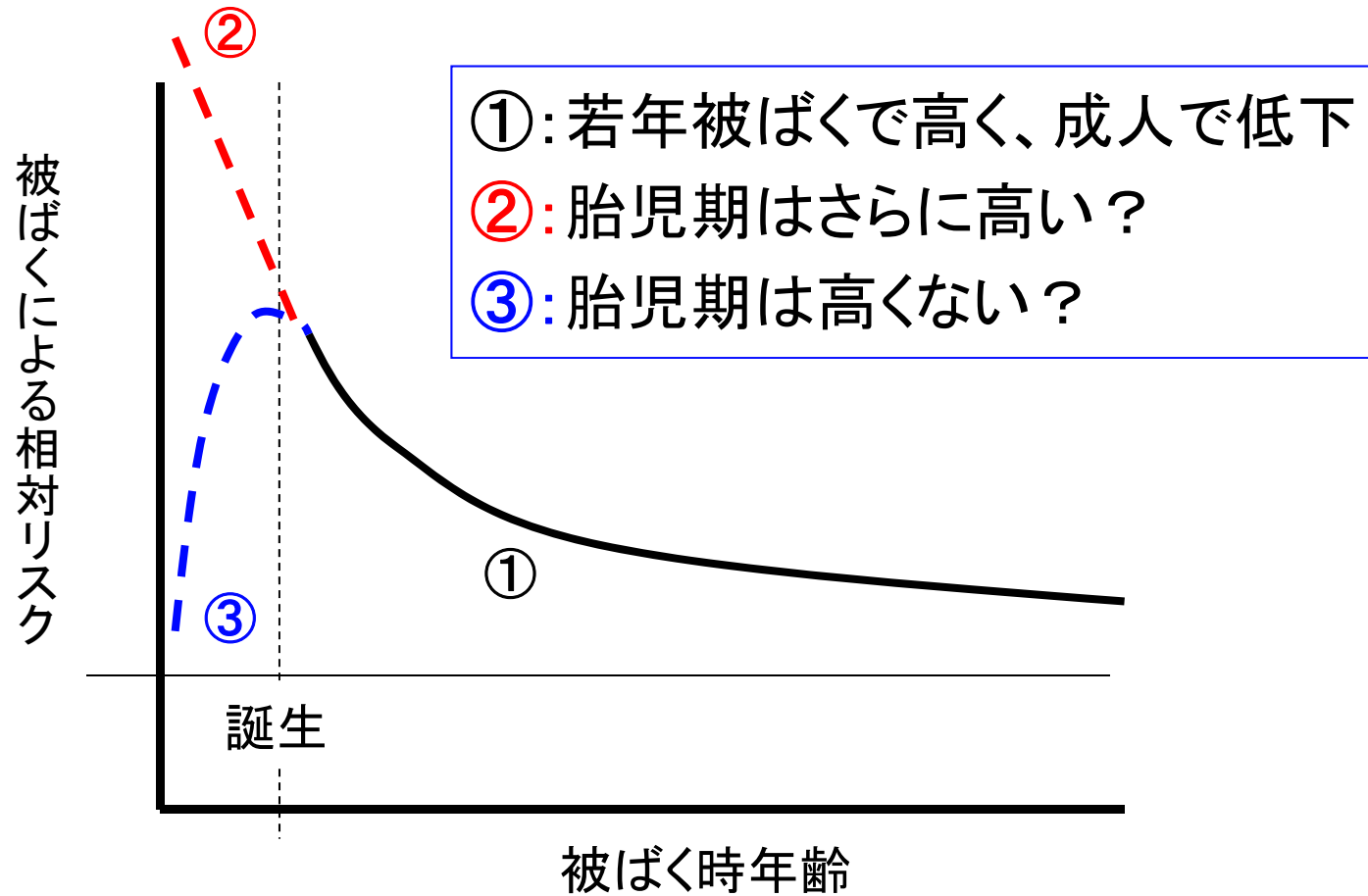
1000 mSv 被曝の場合の癌の生涯リスクの比較

被曝時年齢	相対リスク	被曝時年齢	相対リスク
男性		女性	
10歳	1.6	10歳	2.3
30歳	1.4	30歳	1.8
50歳	1.3	50歳	1.4

Pierce et al. RR 146, 1-27, 1996

小児期—思春期までは、放射線発がんの感受性高い

# 胎児期での被ばくのリスクは？



## 小児癌についてのオックスフォード研究 (OSCC)

- 1950年代に英国全土の小児白血病とがんの大規模な「症例対照調査」(Alice Stewart博士)
- 結果、小児白血病と小児がんの発症は、母親が妊娠中に受けた骨盤のレントゲン撮影との間に統計的に有意な関係があることが明らかになった。
- 1回のレントゲン撮影で平均10 mSvくらいの被曝、小児白血病の頻度は1.3~1.5倍くらいに増える
- LNTを仮定すると、相対リスクは1Gyで約50

Doll & Wakeford, Br. J. Radiol, 70, 130, 1997

## 原爆による胎児期被ばくと小児がんの発症

1958 -1999 年の追跡、固型がん発症データ

胎児被爆者 2,452 人: 過剰相対リスク = 1.0 /Sv

小児被爆者 15,388 人: 過剰相対リスク = 1.7 /Sv

胎児被爆者の研究からは

小児白血病は出ない

小児がんは肝芽細胞がんと腎がんのみ

過剰相対リスク = 1 / Sv

胎児被ばくのリスクは高くは無いよう

JNCI 100, 428-436, 2008

## 胎児被ばくでは小児甲状腺がんも出にくい

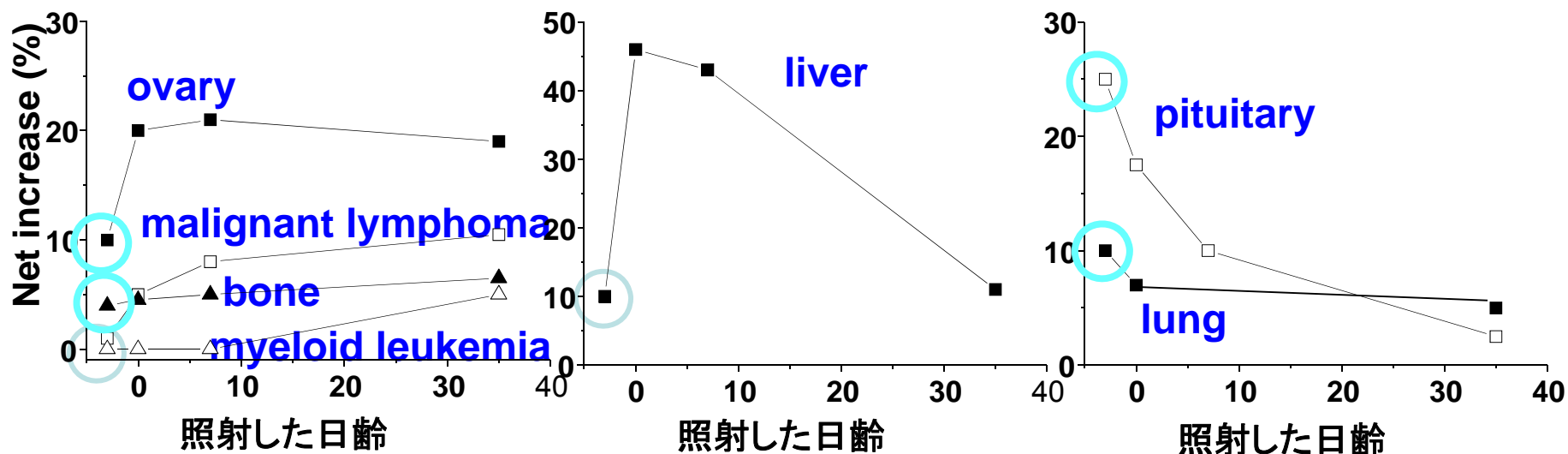
チェルノブイル事故					
非被ばく小児		胎児被曝した小児		小児被ばく者	
男子	女子	男子	女子	男子	女子
4826人	4646人	1258人	1151人	4810人	4910人
0例	0例	0例	1例	7例	24例
0		$8.6 \times 10^{-4}$		$3.2 \times 10^{-3}$	

胎児被ばく: 2,409 人 → 1 人 (0.09 %)  
 小児被ばく: 9,720 人 → 31 人 (0.49%)



# マウス実験でも胎児の放射線発がん感受性は低い

3.8 GSv

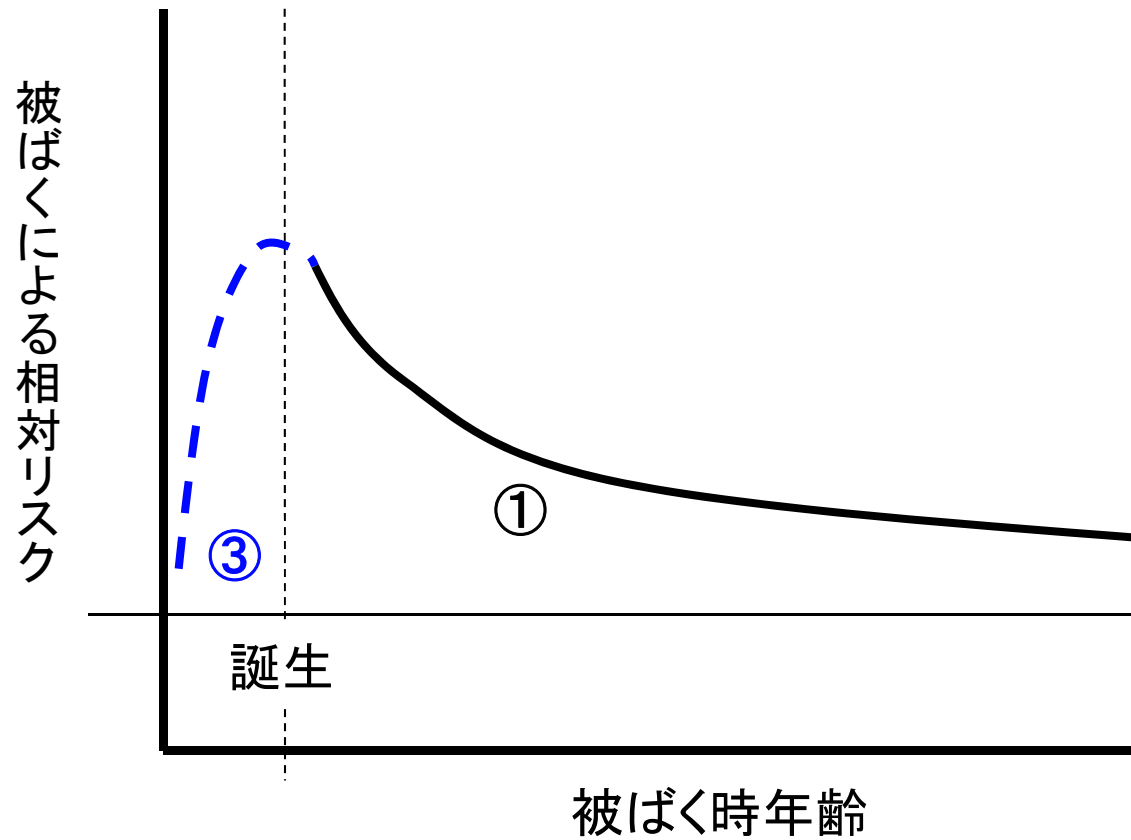


○ 妊娠17日の胎児

Sasaki J Radiat Res Suppl. 2, 73-85 (1991)

胎児期被ばくはかならずしも高感受性ではない  
というよりも、生後の被ばくよりもリスクは低い

# 胎児期での被ばくのリスクは？



たぶん③のシナリオが正しいのでは  
現在研究進行中、機構も解明される見込み

#### 4. 最後に:サイエンスとバリュー ベラルーシの子供の絵(事故後)



ブラギン博物館、2011年10月1日

## ベラルーシの子供の絵(最近)



福島でも生活社会面のリスク回避が最重要課題  
科学に基づく線量・健康リスク管理＋きめ細かな社会面への対応