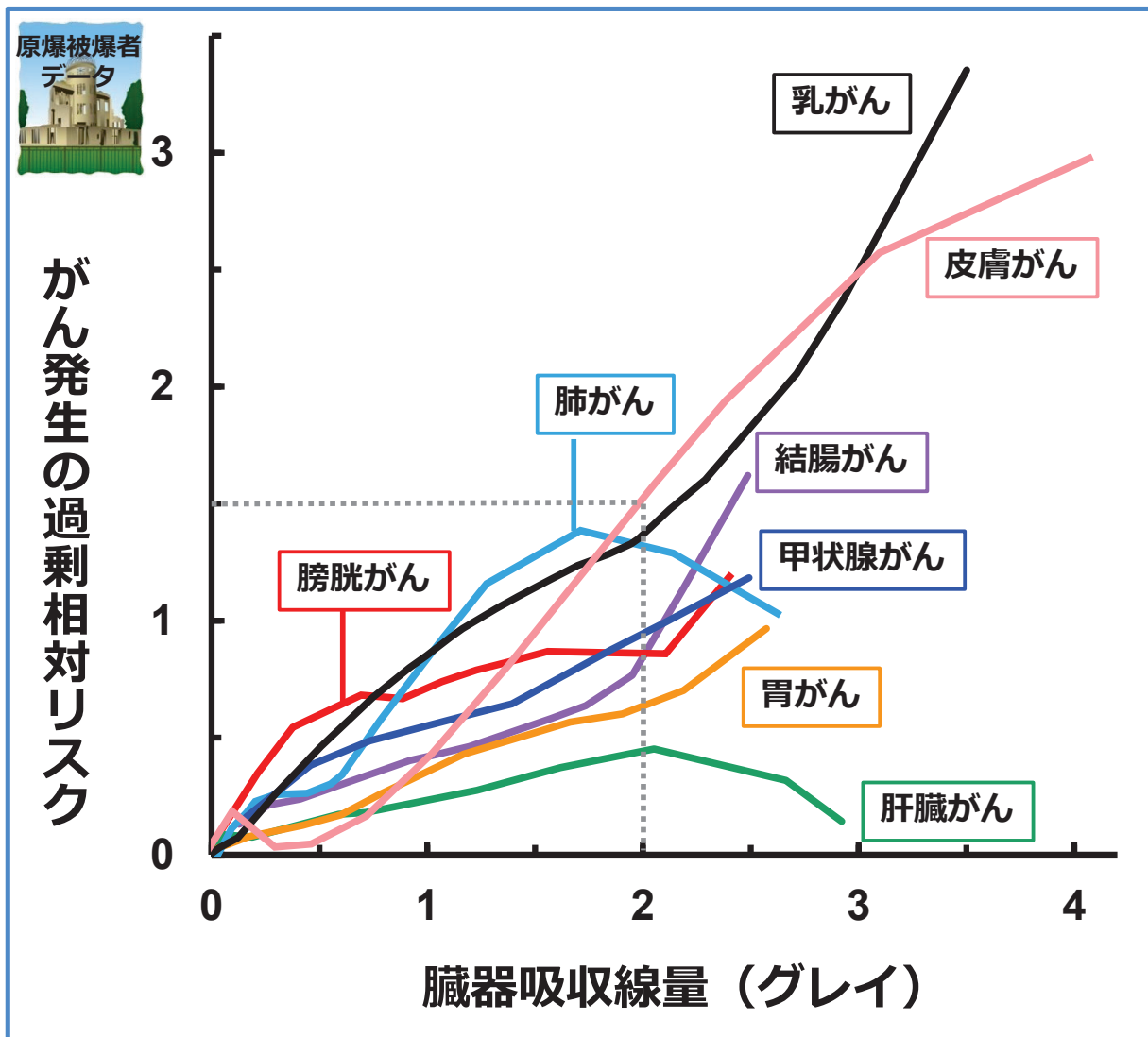


- ・ 放射線はがんを起こす様々なきっかけの一つ
- ・ 変異細胞ががんになるまでには、いろいろなプロセスが必要  
→ 数年 ~ 数十年掛かる

# 放射線感受性の高い組織・臓器



組織	組織加重係数 $w_T$ ※
骨髄(赤色)、胃、肺、結腸、乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
残りの組織の合計	0.12

出典：国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告より作成

※放射線による影響のリスクが大きい臓器・組織ほど大きい値になる。

出典：Preston et al., Radiat Res, 168, 1, 2007より作成

## 子供は小さな大人ではない

	ヨウ素131の 預託実効線量係数※1 ( $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ )	ヨウ素131を100Bq 摂取したときの 預託実効線量( $\mu\text{Sv}$ )	ヨウ素131を100Bq 摂取したときの 甲状腺等価線量※2( $\mu\text{Sv}$ )
3か月児	0.18	18	450
1歳児	0.18	18	450
5歳児	0.10	10	250
大人	0.022	2.2	55

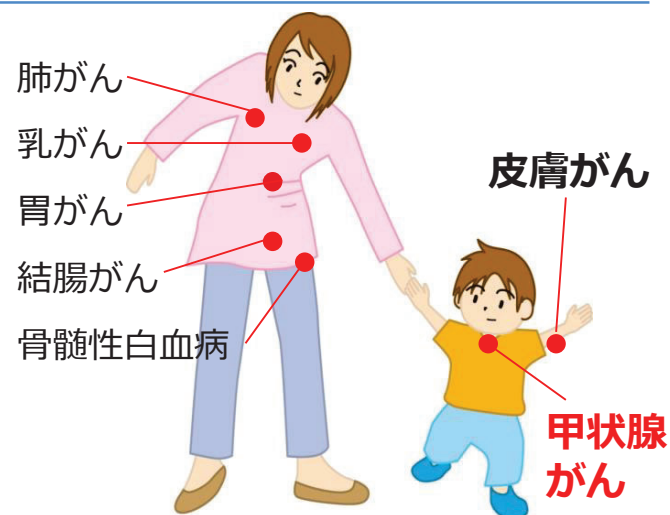
※1：代謝や体格の違いから、子供は預託実効線量係数が高い

※2：甲状腺の組織加重係数は0.04から算出

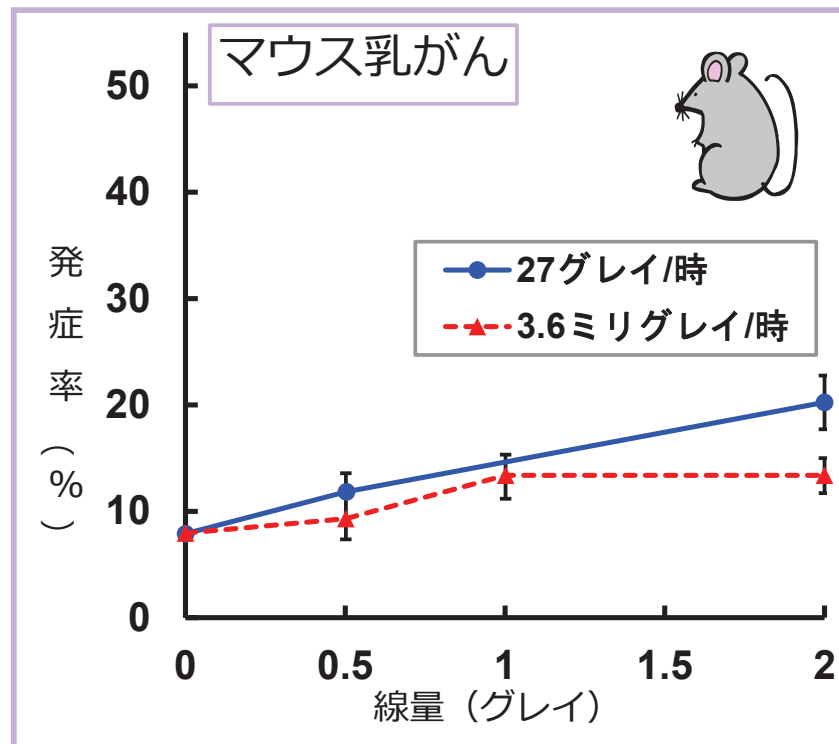
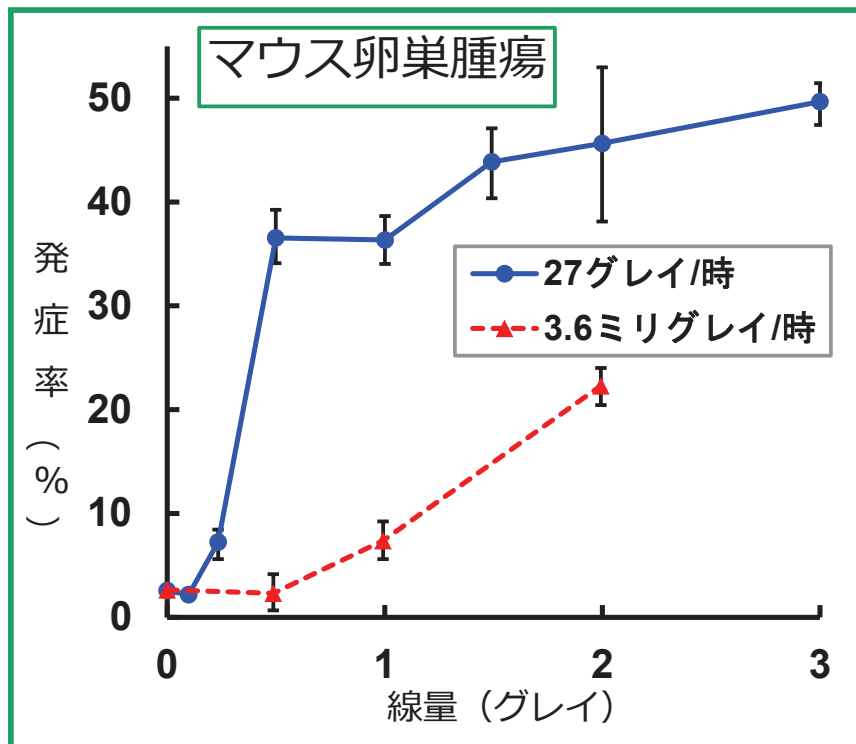
出典：国際放射線防護委員会（ICRP），ICRP Publication 119，  
Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60，2012  
より作成

**子供では大人と比較して、甲状腺や皮膚のがんリスクが高くなる**

$\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ : マイクロシーベルト/ベクレル



# 低線量率被ばくの発がんへの影響



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）1993より作成

低線量・低線量率のリスク

高線量・高線量率のリスク

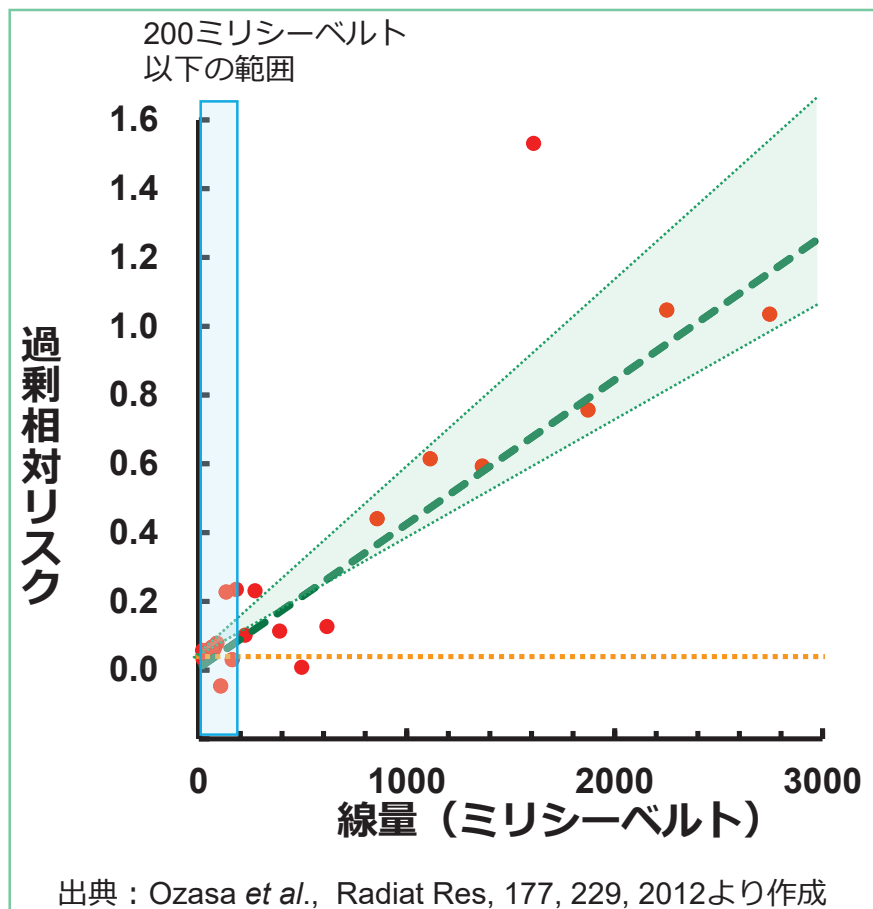
=

線量・線量率効果係数

機関	線量・線量率効果係数
国連科学委員会 (UNSCEAR)1993	3より小さい (1~10)
全米科学アカデミー (NAS)2005	1.5
国際放射線防護委員会 (ICRP)1990,2007	2



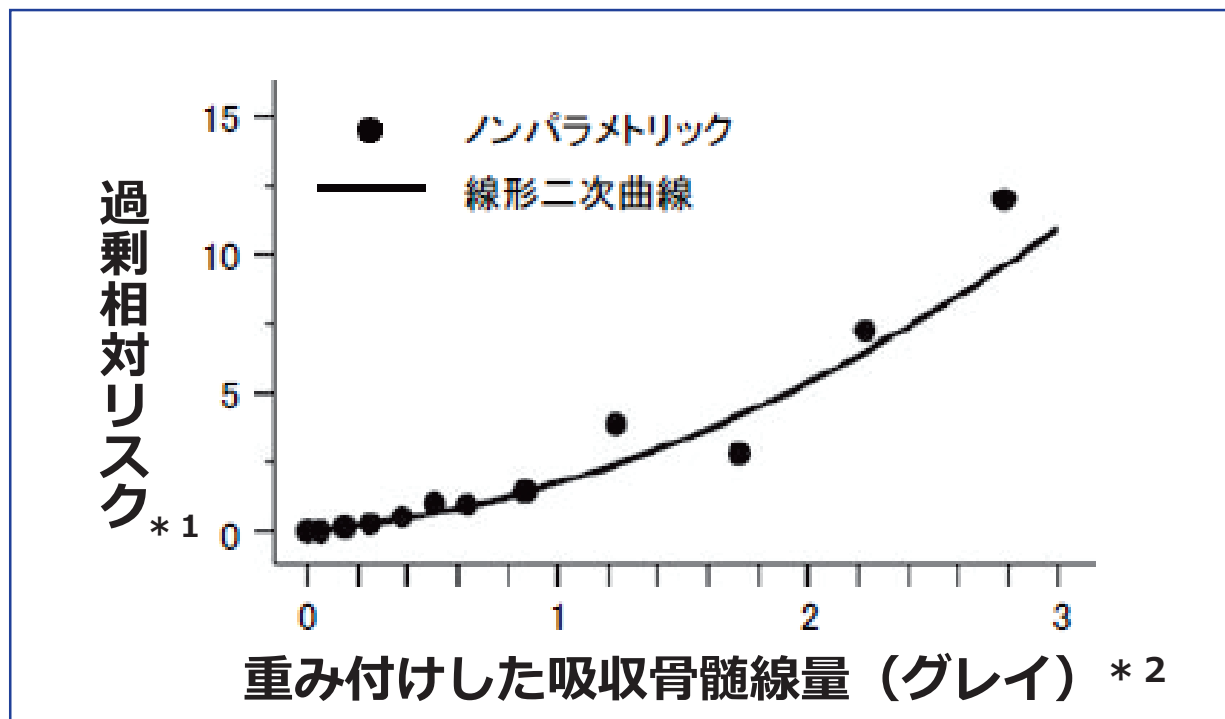
## 固形がんによる死亡（原爆被爆者での結果）



過剰相対リスク：放射線を受けなかった集団に比べ、放射線を受けた集団ではどのくらいがん発生のリスクが増加したかを調べたもの



## 広島・長崎原爆被爆者における白血病の線量反応



※1 : 放射線被ばくを受けた場合の死亡率（または罹患率）の、被ばくを受けなかった場合の死亡率（または罹患率）に対する増加分を示す指標。放射線被ばくによって何倍増えたかを示す。

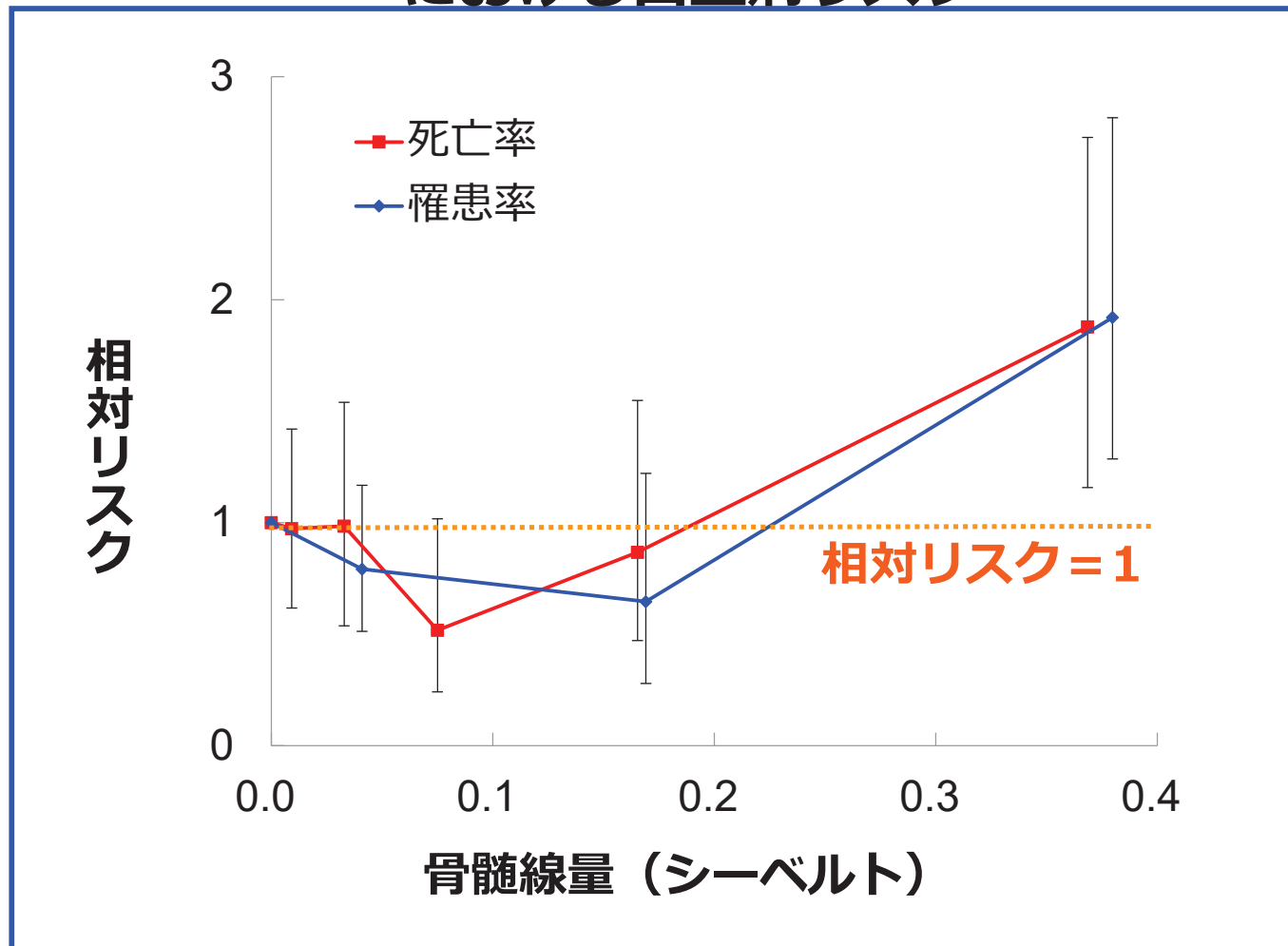
※2 : 白血病の場合、重み付けした骨髄線量（中性子線量を10倍したものとγ（ガンマ）線量の和）を使用

出典 : Wan-Ling Hsu et.al. The Incidence of Leukemia, Lymphoma and Multiple Myeloma among Atomic Bomb Survivors: 1950–2001, RADIATION RESEARCH 179, 361–382 (2013)より作成

# 白血病の発症リスク



## 0.4シーベルト以下の線量域での原爆被害者における白血病リスク



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2006年報告書より作成



## 原爆被爆者の被ばく時年齢別の生涯リスク

被ばく時年齢	性別	100mSv当たりのがん死亡生涯リスク (%)	急性被ばくがない時のがん死亡生涯リスク (%)	100mSv当たりの白血病死亡生涯リスク (%)	急性被ばくがない時の白血病死亡生涯リスク (%)
10歳	男	2.1	30	0.06	1.0
	女	2.2	20	0.04	0.3
30歳	男	0.9	25	0.07	0.8
	女	1.1	19	0.04	0.4
50歳	男	0.3	20	0.04	0.4
	女	0.4	16	0.03	0.3

出典：

- ・ Preston DL et al., Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat Res., 2003 Oct;160(4):381-407.,
- ・ Pierce DA et al., Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990 Radiat Res., 1996 Jul;146(1):1-27. より作成

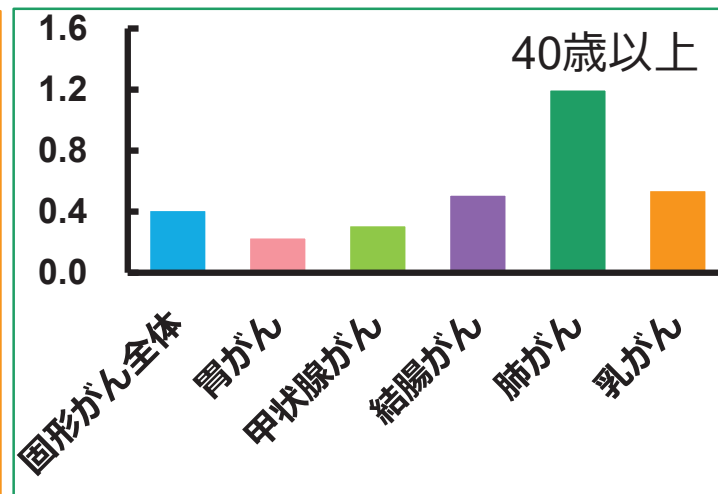
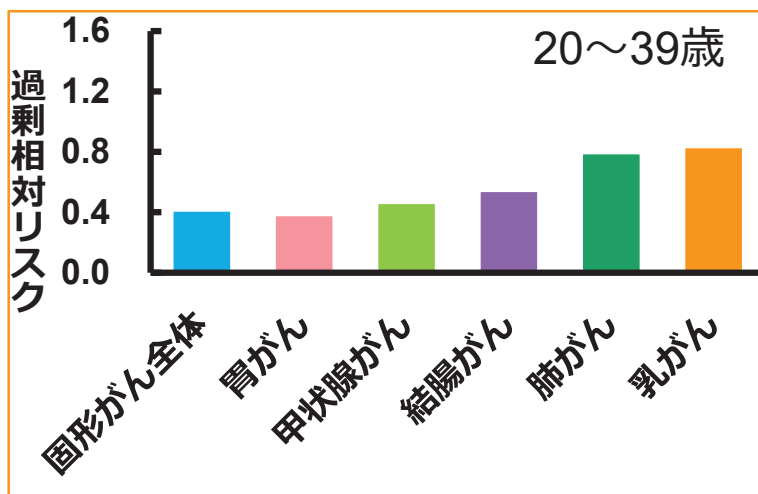
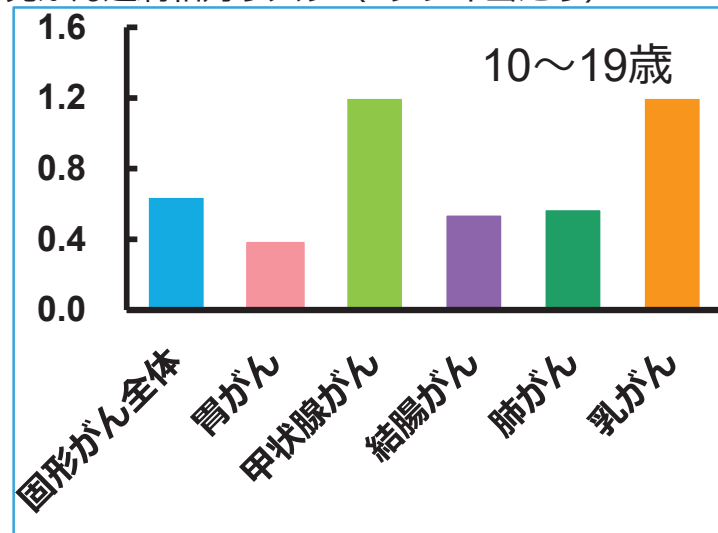
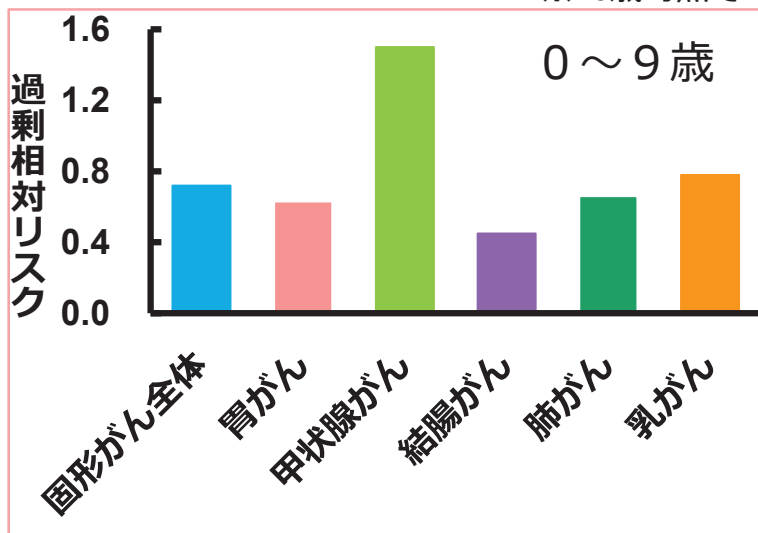


# 被ばく時年齢別発がんリスク



## 被ばく時年齢ごとの発がん過剰相対リスク

※70歳時点での発がん過剰相対リスク（1グレイ当たり）



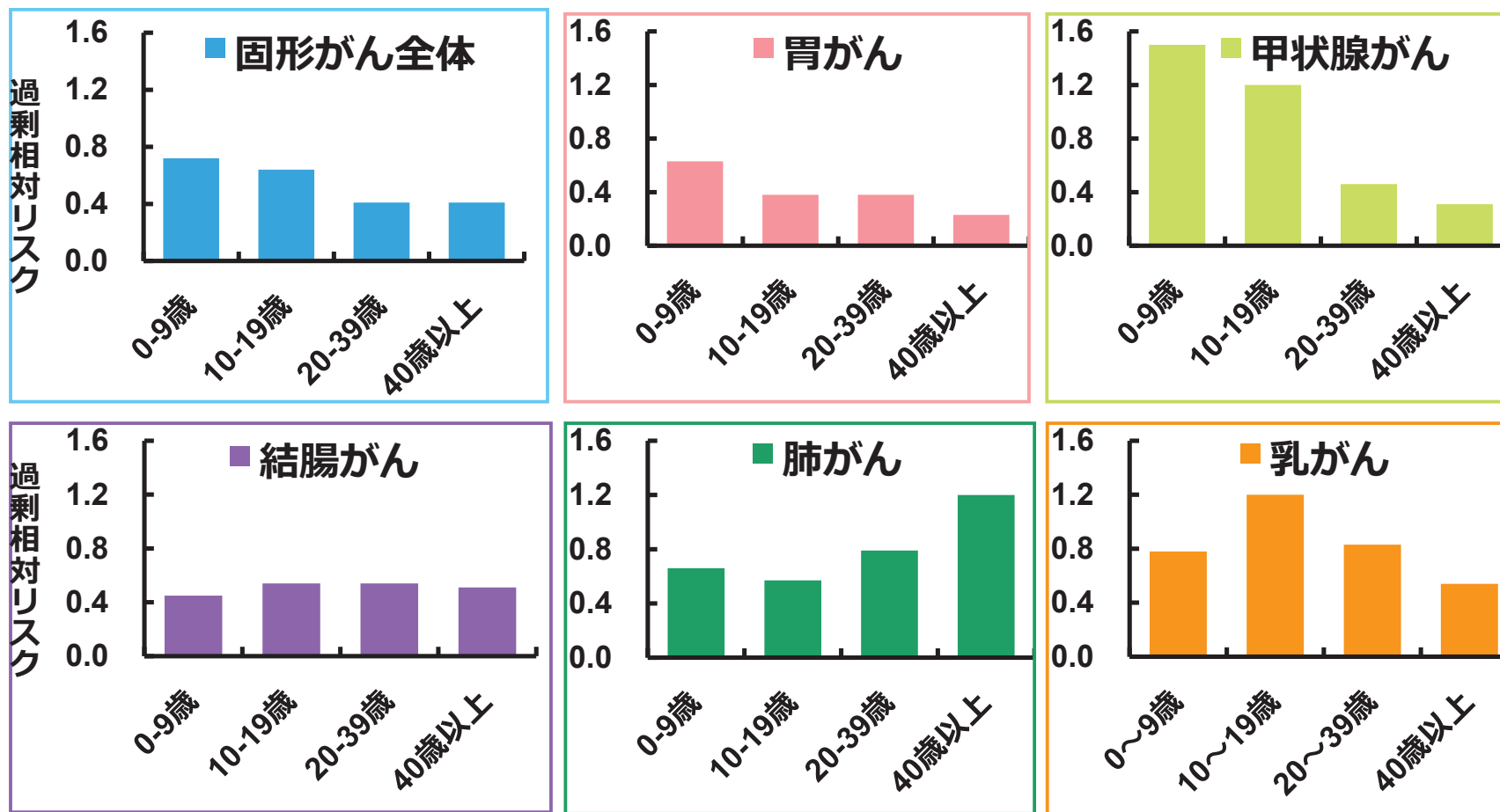
出典：Preston et al., Radiat Res, 168,1, 2007より作成



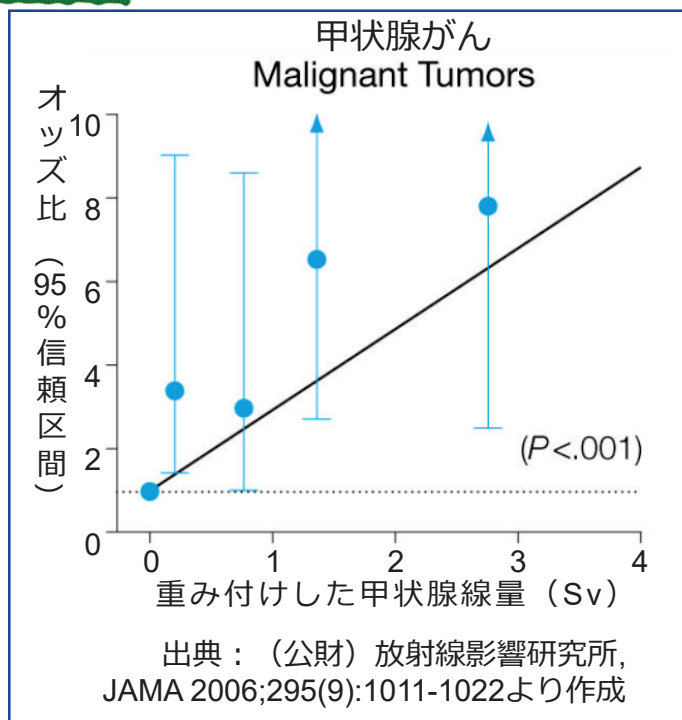
原爆被爆者データ

## がんの種類ごとの年齢による発がん過剰相対リスク

※70歳時点での発がん過剰相対リスク（1グレイ当たり）



出典：Preston et al., Radiat Res, 168,1, 2007より作成



## 甲状腺微小乳頭がんの解析

mGy：ミリグレイ

重み付けした甲状腺線量	平均線量 (mGy)	対象 (人)	発見数 (人)	オッズ比※ (95%信頼区間)
<5mGy	—	755	33	1
5~100mGy	32	936	36	0.85 (0.52~1.39)
100~500mGy	241	445	22	1.12 (0.64~1.95)
500mGy<	1237	236	15	1.44 (0.75~2.67)

出典：Hayashi et al., Cancer, 116, 1646, 2010より作成

※オッズ比：ある事象の起こりやすさを2つの集団で比較したときの、統計学的な尺度。  
オッズ比が1より大きいとき、対象とする事象が起こりやすいことを示します。  
それぞれの集団である事象が起こる確率をp (第1集団)、q (第2集団) としたとき、オッズ比は次の式で与られます。

$$p \text{ のオッズ } \div q \text{ のオッズ } = p / (1-p) \div q / (1-q)$$

95%信頼区間が1を含んでいなければ、統計学的に有意であるといえます。

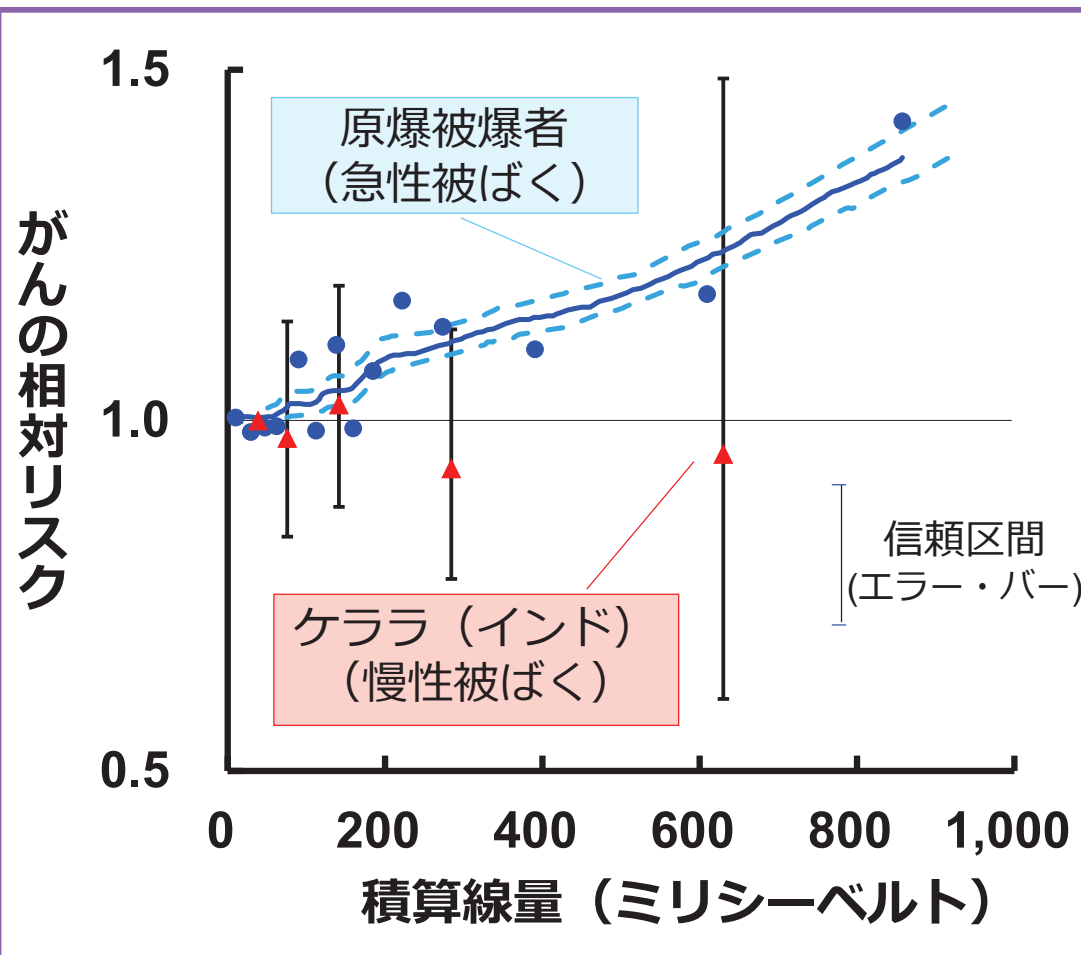
## インド高自然放射線地域住民の発がん



### ケララ (インド)

戸外平均線量 4 mSv/年以上  
高い地域では~70mSv/年

mSv : ミリシーベルト



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



国	白血病症例数		全がん症例数		標準化罹患比 (SIR)	
	観察数	期待数	観察数	期待数	白血病	全がん
汚染地域の住民						
ベラルーシ	281	302	9,682	9,387	93	103
ロシア	340	328	17,260	16,800	104	103
ウクライナ	592	562	22,063	22,245	105	99

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2000年報告より作成

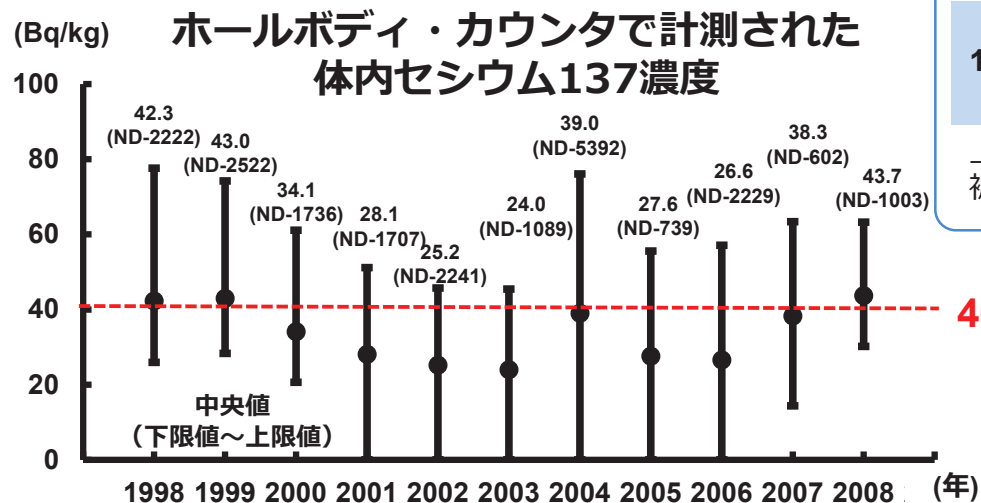
# セシウムによる内部被ばく - チェルノブイリ原発事故 -



体内のセシウム137濃度の  
季節ごとの変化 (Bq/kg) と被験者数

	1998~2001年	2002~2005年	2006~2008年
3~5月	34.6 (ND-2154.9) 10,993	27.3 (ND-5392.2) 18,722	32.0 (ND-1757.1) 9,284
6~8月	71.5 (ND-399.0) 265	32.2 (ND-393.0) 268	21.2 (ND-271.1) 451
9~11月	40.9 (ND-2521.7) 9,590	33.5 (ND-1089.3) 8,999	44.2 (ND-2229.3) 4,080
12~2月	33.5 (ND-1735.8) 8,971	20.6 (ND-607.0) 6,603	39.8 (ND-1454.3) 6,404

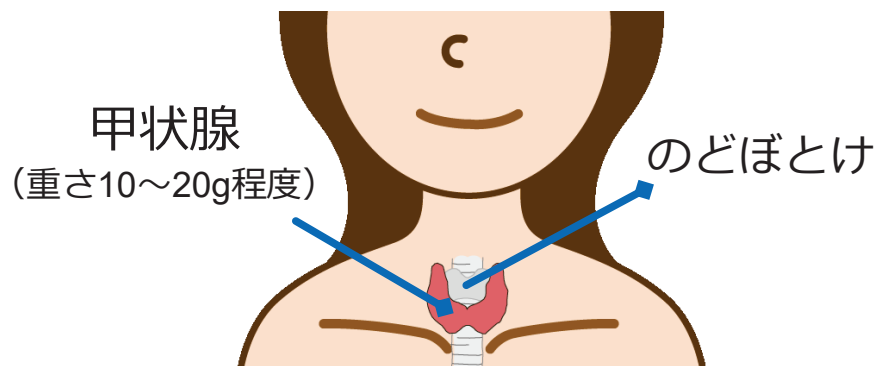
上から平均値 (Bq/kg)、(検出下限値~検出上限値)、  
被験者数 (人)。NDは検出限界以下。



ブリヤンスク州では、  
1998 ~ 2008年の間、  
年間平均40Bq/kgの  
内部被ばくを認めた

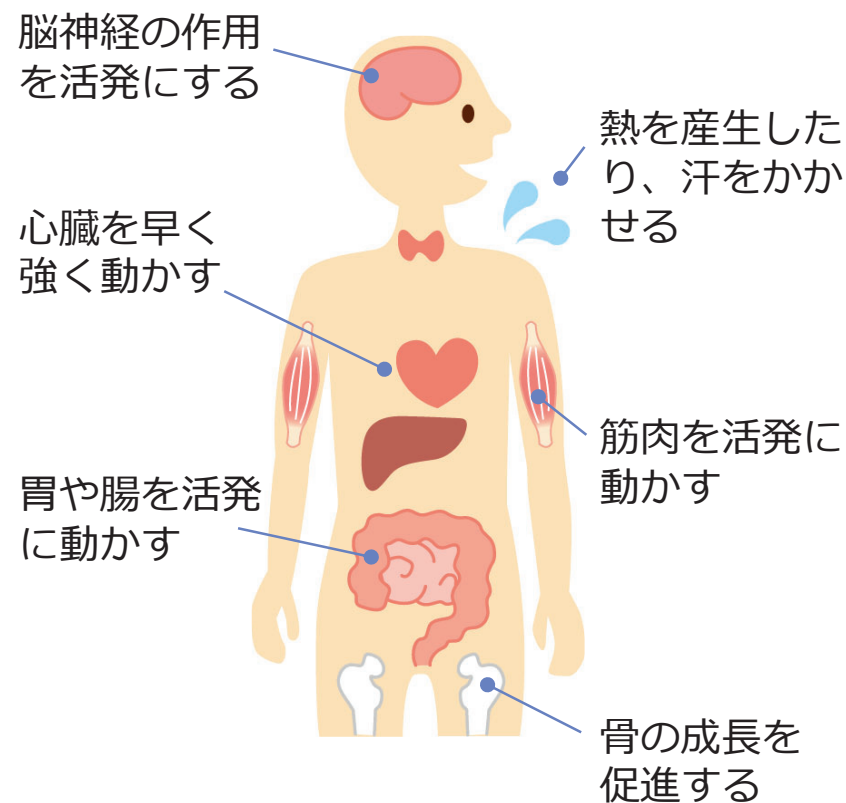
Bq/kg : ベクレル/キログラム

出典 : Sekitani *et al.*, Radiat Prot Dosimetry, 141, 1, 2010より作成



- 甲状腺は首の下部中央（のどぼとけの下）にある。
- 食物などに含まれる「ヨウ素」を取り込んで、甲状腺ホルモンを作り、血液の中に分泌。

## 甲状腺ホルモンの働き



- **ヨウ素 = 甲状腺ホルモンの原料**

1食の摂取量	含まれるヨウ素量
昆布の佃煮 (5~10g)	10~20mg
昆布巻き (3~10g)	6~20mg
ひじき (5~7g)	1.5~2mg
わかめの吸い物 (1~2g)	0.08~0.15mg
海苔2分の1枚 (1g)	0.06mg
昆布だし (0.5~1g)	1~3mg
寒天 (1g)	0.18mg

## ヨウ素摂取量 食事摂取基準2015年版

**推定平均必要量 : 0.095mg**  
**推奨量 : 0.13mg**

- **日本人の摂取量は  
推定約1~3mg/日**



出典 : Zava TT, Zava DT, Thyroid Res 2011 ; 4 : 14.、「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定検討会」報告書 厚生労働省、スーパー図解 甲状腺の病気. 法研究 より作成

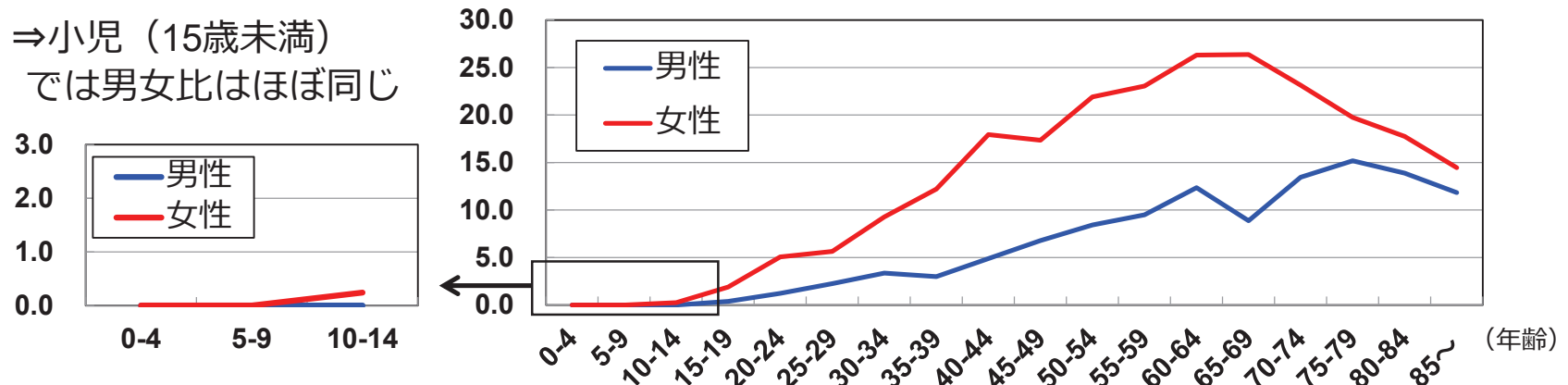


# 甲状腺がんの特徴

- **女性に多い** (全国推定年齢調整罹患率 (対人口10万人) 2010)  
⇒女性：11.5、男性：4.5 (人)

- **若年者から高齢者まで各年齢にみられる**

(全国年齢階級別推定罹患率 (対人口10万人) 2010)



- **生涯にわたり健康に全く影響しない「潜在がん」がある**
- **手術後の予後は多くの症例で良好** (部位別がん粗死亡率 (対人口10万人) 2010)

	甲状腺	胃	肝臓	肺	白血病
男性	0.9	53.5	34.9	81.8	7.9
女性	1.7	26.5	17.4	30.0	5.0

出典：国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」より作成

## 甲状腺がんは生涯にわたり症状のあらわれない 「潜在がん」がある

※潜在がんとは・・・

進行が遅いため症状が現れず、死亡した後の解剖で初めて発見されるもの。

### 甲状腺潜在がん

- 甲状腺がんの多くを占める分化がんはがん細胞の増殖が遅いため、一生を通して症状として現れないものもある。
- 過去に日本で行われた剖検研究では、102件の剖検のうち、約28%で潜在的な甲状腺分化がんが見つかったという報告もある。

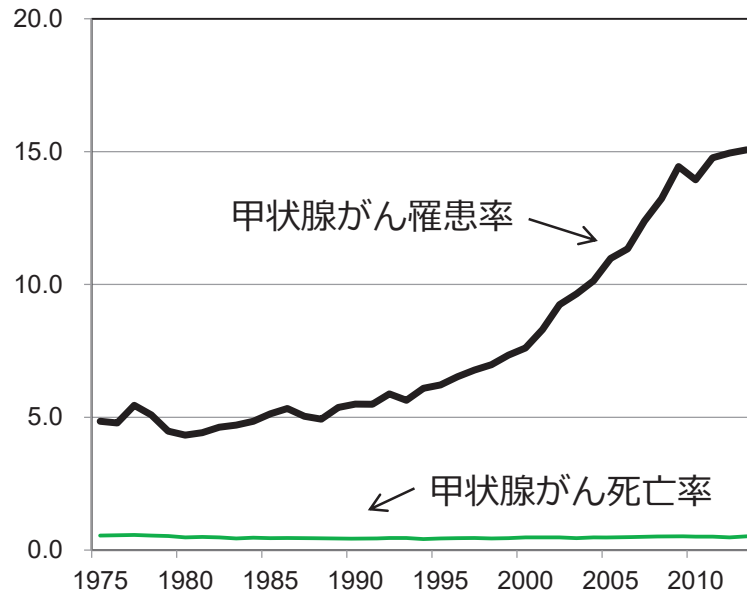
【参考】日本人が一生の間に甲状腺がん罹患する確率\* 女性0.78%、男性0.23%

\*わが国における1975年から1999年のがん罹患患者数のデータに基づいて求めた、  
一生涯の間に少なくとも1回がん罹患する確率。（加茂他、厚生指針、第52巻6号、2005年6月）

出典：Kamo et al., (2008) Jpn. J. Clin. Oncol 38(8) 571-576、Fukunaga et al., (1975) Cancer 36:1095-1099 等より作成

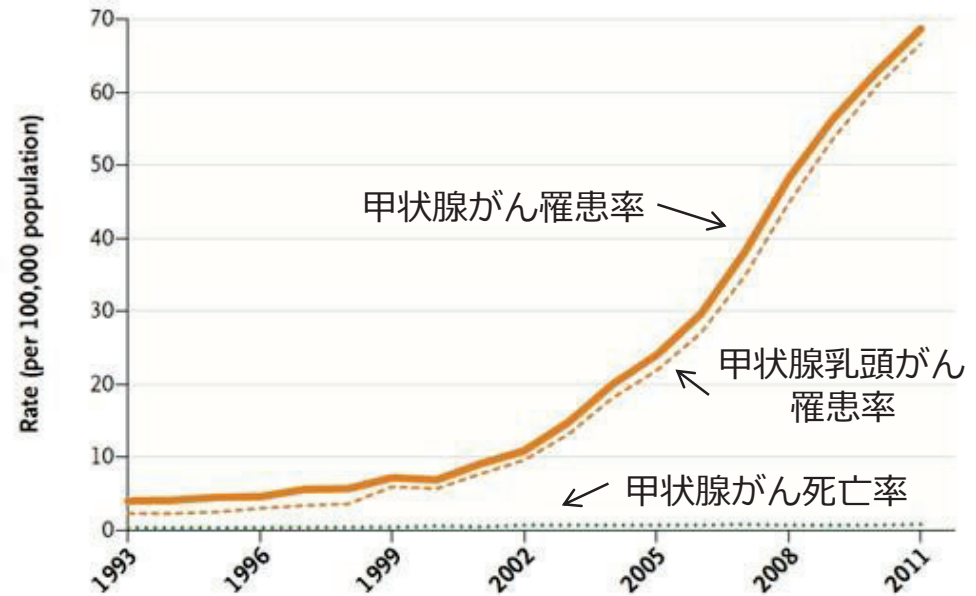
## 世界各国の罹患率と死亡率 (対人口10万人)

(罹患率・死亡率)  
(人口10万人あたり)



アメリカ\*1

(罹患率・死亡率)  
(人口10万人あたり)



韓国\*2

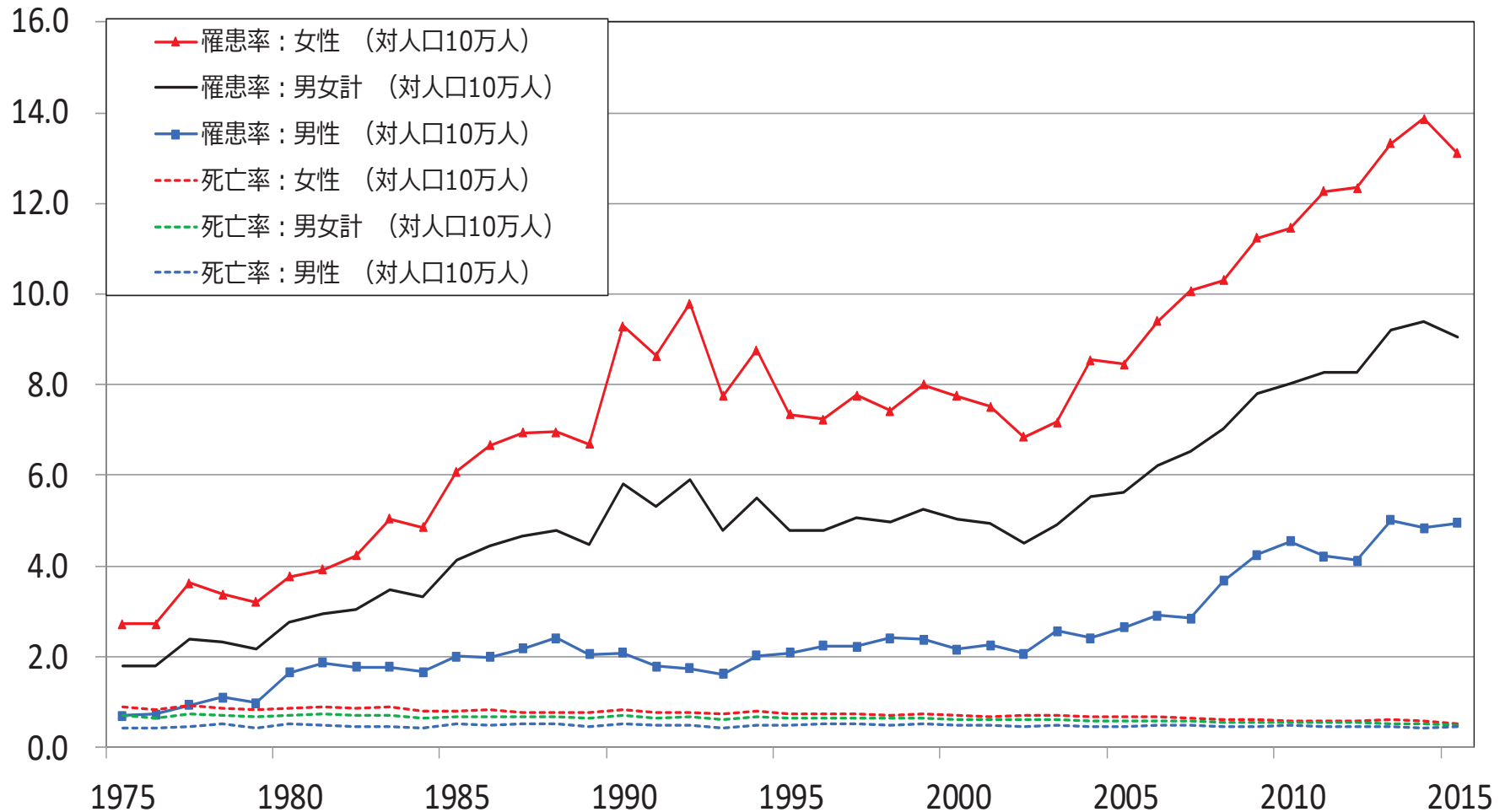
Copyright(c) 2014 Massachusetts Medical Society. All rights reserved.  
Translated with permission.

\* 1 : NATIONAL CANCER INSTITUTE, Surveillance, Epidemiology, and End Results Program, SEER Cancer Statistics Review 1975-2013より作成

\* 2 : Ahn HS, N Engl J Med. 2014 Nov 6;371(19):1765-1767より作成

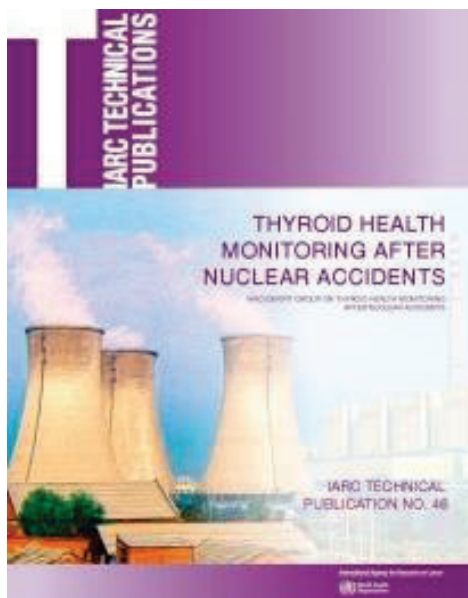
## 日本の年齢調整罹患率と死亡率（対人口10万人）の年次推移

（罹患率・死亡率）  
（人口10万人あたり）



出典：国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」より作成

- 2018年9月、国際がん研究機関（IARC）の国際専門家グループが、「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングについてのレポート」を公表。
- 将来起こりうる原子力事故の後に甲状腺超音波検査を実施する際の原則を提示するため、甲状腺がんの疫学、臨床等に関する最新の知見がまとめられるとともに、以下の2つの提言がされている。なお、レポートは、過去の原子力事故後に実施されてきた甲状腺超音波検査を評価等するものではない。



### 提言1

原子力事故後に甲状腺集団スクリーニング※1を実施することは推奨しない

※1 ある特定地域の全住民に対し、甲状腺検査とそれに続く診断とフォローアップ検査の参加者を積極的に募集すること

### 提言2

原子力事故後、よりリスクの高い個人※2に対して長期の甲状腺健康モニタリングプログラムの提供を検討するよう提言する

※2 胎児期、小児期または思春期（19歳未満）に、100～500 mGy以上の甲状腺線量を被ばくした個人

出典：

- IARC 「原子力事故後の甲状腺モニタリングに関する提言」（2018年）
- IARC 「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングの長期戦略 IARCテクニカル・レポート第46号の概要」（2018年）  
（邦訳版 [http://www.env.go.jp/chemi/rhm/post\\_132.html](http://www.env.go.jp/chemi/rhm/post_132.html)）

より作成

- 放射線被ばくとは関係なく、日本人が一生の間に甲状腺がんになる確率\*は、

- 女性で0.78%、男性で0.23%

(Kamo et al., (2008) Jpan.J. Clin Oncol 38(8) 571-576)

\* わが国における1975年から1999年のがん罹患患者数のデータに基づいて求めた、

一生涯の間に少なくとも1回がん罹患する確率。(加茂他、厚生指標,第52巻6号,2005年6月)

- 甲状腺への線量が1,000ミリシーベルトの場合、甲状腺がんになる確率の増分は、

- 女性で0.58~1.39%、男性で0.18~0.34% \*\*

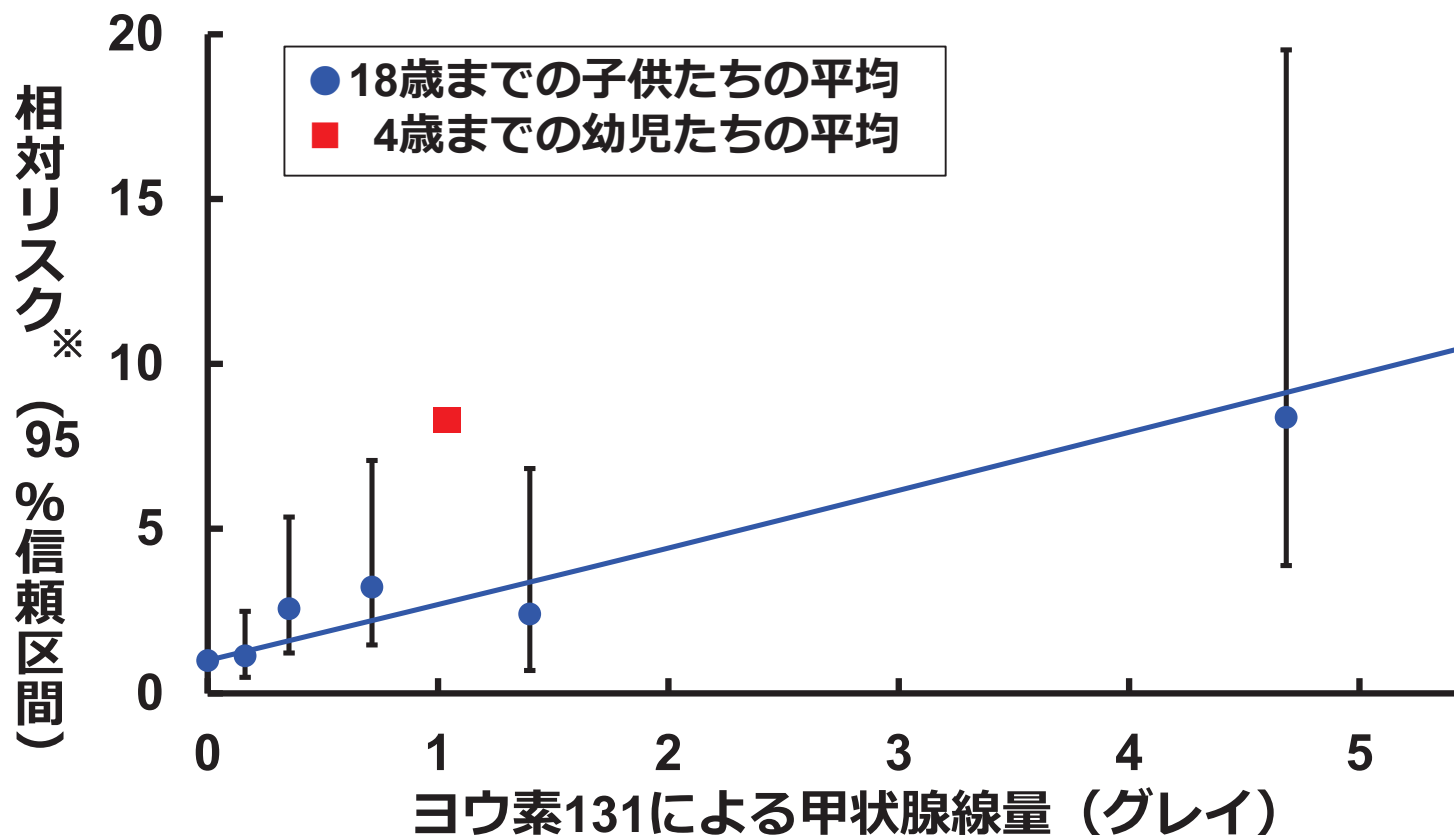
(UNSCEAR2006年報告書附属書A)

\*\* 確率の増分を計算する手法は複数ある。女性の場合、男性の場合ともに、

下端がEARモデル、上端がERRモデルと呼ばれる手法で推計された値。

しかし、低線量の甲状腺被ばくにおいては、他の要因による発がんの影響で隠れてしまうため、リスクの増加を科学的に証明することは難しいとされています。

甲状腺がんとヨウ素131による被ばく線量の線量効果関係  
(ウクライナにおけるチェルノブイリ原発事故のコホート研究により推定)



出典：Brenner et al., Environ Health Perspect 119, 933, 2011より作成

※相対リスクとは、被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。



安定ヨウ素剤	1グレイ (Gy) での過剰相対リスク※ (95%信頼区間)	
	土壌中ヨウ素濃度 が高い地域	土壌中ヨウ素濃度 が低い地域
投与なし	2.5 (0.8-6.0)	9.8 (4.6-19.8)
投与あり	0.1 (-0.3-2.6)	2.3 (0.0-9.6)

出典：Cardis et al., JNCI, 97, 724, 2005より作成

※過剰相対リスクとは、相対リスクから1を引いた値です。相対リスクは、被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。



## 避難集団の被ばく - チェルノブイリ原発事故 -



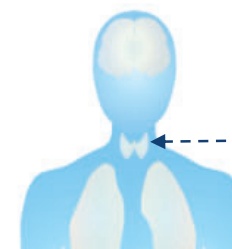
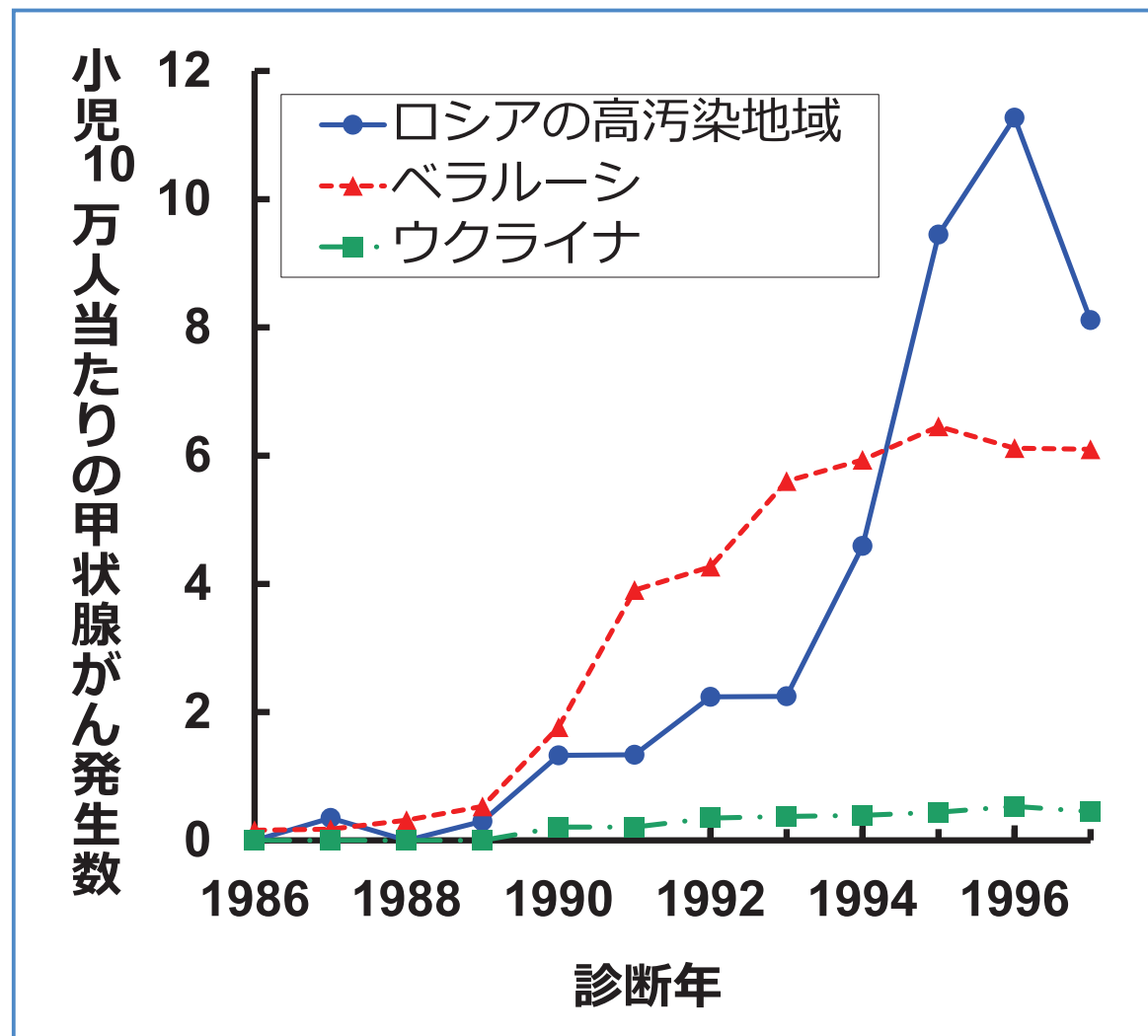
国	人数 (千人)	平均実効線量 (mSv)		平均甲状腺 線量 (mGy)
		外部 被ばく	内部被ばく (甲状腺以外)	
ベラルーシ	25	30	6	1,100
ロシア	0.19	25	10	440
ウクライナ	90	20	10	330

mSv : ミリシーベルト    mGy : ミリグレイ

出典 : 国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告より作成

# 小児甲状腺がんの発症時期 －チェルノブイリ原発事故－

## 小児甲状腺がん（チェルノブイリ原発事故）



甲状腺

ヨウ素は甲状腺ホルモンの材料

事故の4～5年後に  
小児甲状腺がんが発生し始め、  
10年後には10倍以上に増加

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）  
2000年報告書より作成

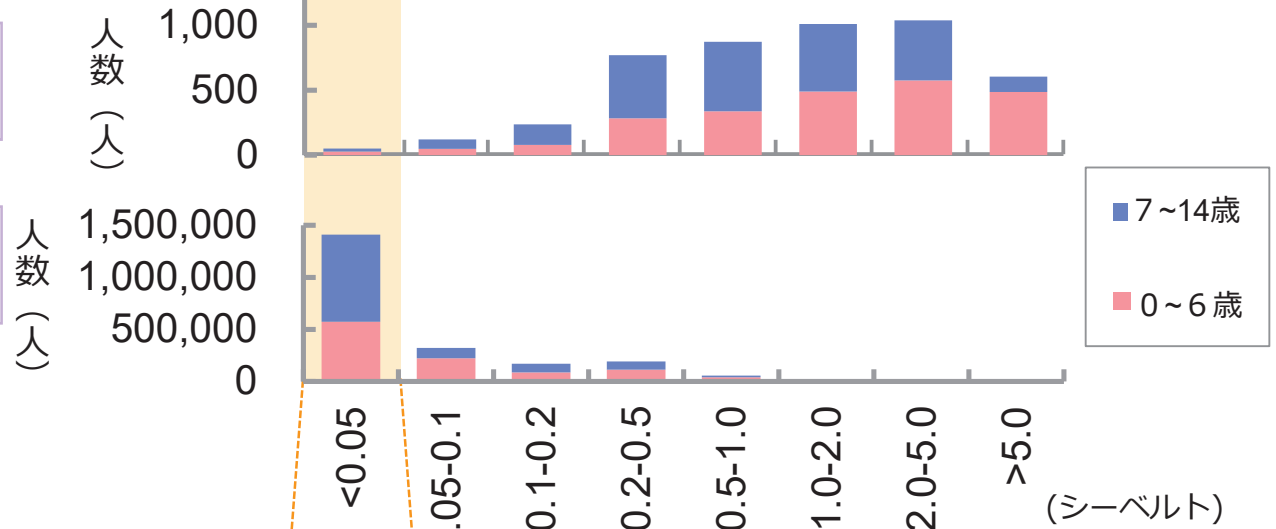
# チェルノブイリ原子力発電所事故と 東京電力福島第一原子力発電所事故との比較（甲状腺線量）

## 小児の甲状腺被ばく線量

### チェルノブイリ原発事故

ベラルーシで1986年  
に避難した集団

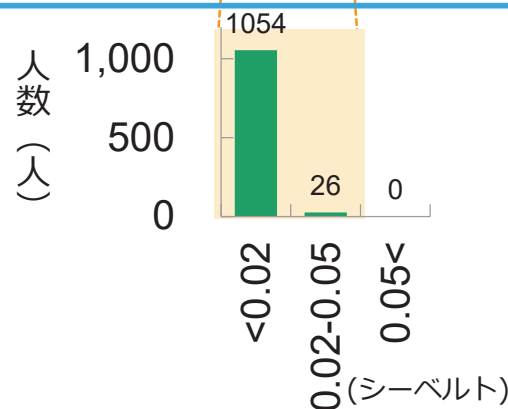
ベラルーシ全体  
(避難者を除く)



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）報告書2008年報告より作成

### 東京電力福島第一 原子力発電所事故

※このデータは、限られた  
住民に対して行われた調査  
によるものであり、全体を  
反映するものではない。



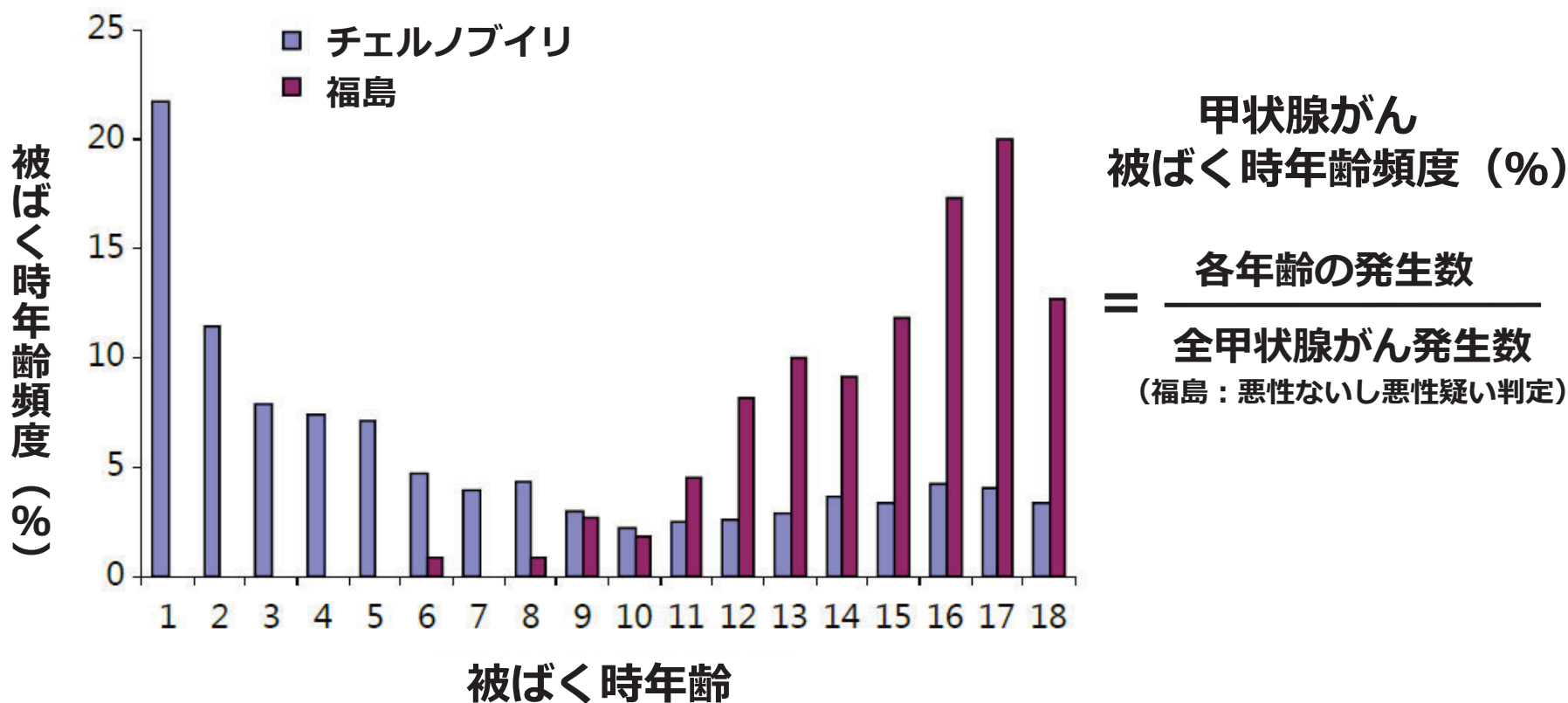
#### 計算方法

「小児甲状腺簡易測定調査結果の概要について」（2011年8月17日 原子力被災者生活支援チーム医療班）にある「小児甲状腺簡易測定結果」を、「スクリーニングレベル0.2 $\mu$ Sv/h（1歳児の甲状腺等価線量として100mSvに相当）」（2011年5月12日 原子力安全委員会）」を用いて比較のために改編（Gy = Sv）。

出典：原子力災害専門家グループ「福島県産の食品の安全性について」

※計測方法や測定地の空間線量率から判断して検出限界は0.02Sv程度。

- チェルノブイリと福島で観察された  
小児甲状腺がんの被ばく時年齢頻度分布  
（各地域の発生数に占める、被ばく時年齢別の発生割合）



出典：Williams D. Eur Thyroid J 2015;4:164-173より作成

## 甲状腺がんについての専門家会議 中間取りまとめの評価

専門家会議（※）中間取りまとめ（2014年12月）では、福島県「県民健康調査」甲状腺検査先行検査で発見された甲状腺がんについて、以下の点を考慮し、「原発事故由来のものであることを積極的に示唆する根拠は現時点では認められない。」と評価しています。

（※）東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議

- i) 今回の原発事故後の住民における甲状腺の被ばく線量は、チェルノブイリ事故後の線量よりも低いと評価。
- ii) チェルノブイリ事故で甲状腺がんの増加が報告されたのは事故から4～5年後のことであり、「先行検査」で甲状腺がんが認められた時期とは異なる。
- iii) チェルノブイリ事故で甲状腺がんの増加が報告されたのは主に事故時に乳幼児であった子どもであり、「先行検査」で甲状腺がん又は疑いとされている者に、乳幼児はいない。
- iv) 一次検査の結果は、対象とした母集団の数は少ないものの三県調査の結果と比較して大きく異なるものではなかった。
- v) 成人に対する検診として甲状腺超音波検査を行うと、罹患率の10～50倍程度の甲状腺がんが発見される。

出典：「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議」中間取りまとめ（2014年12月）  
(<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/tyuukanntorimatomesegohyouhannei.pdf>)