加藤論文討論会　2023.11.23

UNSCEARの線量評価の問題点

第１部
UNSCEAR報告書の被ばく推定値と1080名実測値について

第２部
低線量被ばくの危険性について

大阪大学名誉教授
（放射線生物学）

本行　忠志

第１部　推定値と実測値について

1. UNSCEAR報告書の推定値からわかること
   問題点は100以上
   すべては過小評価の積み重ね
2. 1080名実測値からわかること
   ・1080名計測はどのように行われたか
   ・福島とチェルノブイリの実測値の比較に使われた
   ・福島のUNSCEAR推定値と実測値の比較に使われた
3. 高線量被ばくの計測例

第２部　低線量被ばく危険性について

・LNTモデルについて
・個人差について
・内部被ばくについて
・複合影響について
・低線量被ばくでも甲状腺がんは発生

日本のデータが権威あるUNSCEAR報告書に変身する流れ

UNSCEAR
日本人作業グループ
（旧放医研主体）

情報提供や
ﾄﾞﾗﾌﾄへのｺﾒﾝﾄ

資金提供

福島医大等の資料
や論文
日本政府の意向等

被ばく影響を認め
る論文は不採用

論文の恣意的採用

徹底した利益相反

「国際的に最も権威ある機関の報告書」変身

UNSCEAR
2020/2021報告書

日本政府や福島医大、
関係機関・組織が
最大限利用（依拠）
マスメディアも同調

原発事故福島の
被ばく推定値確定

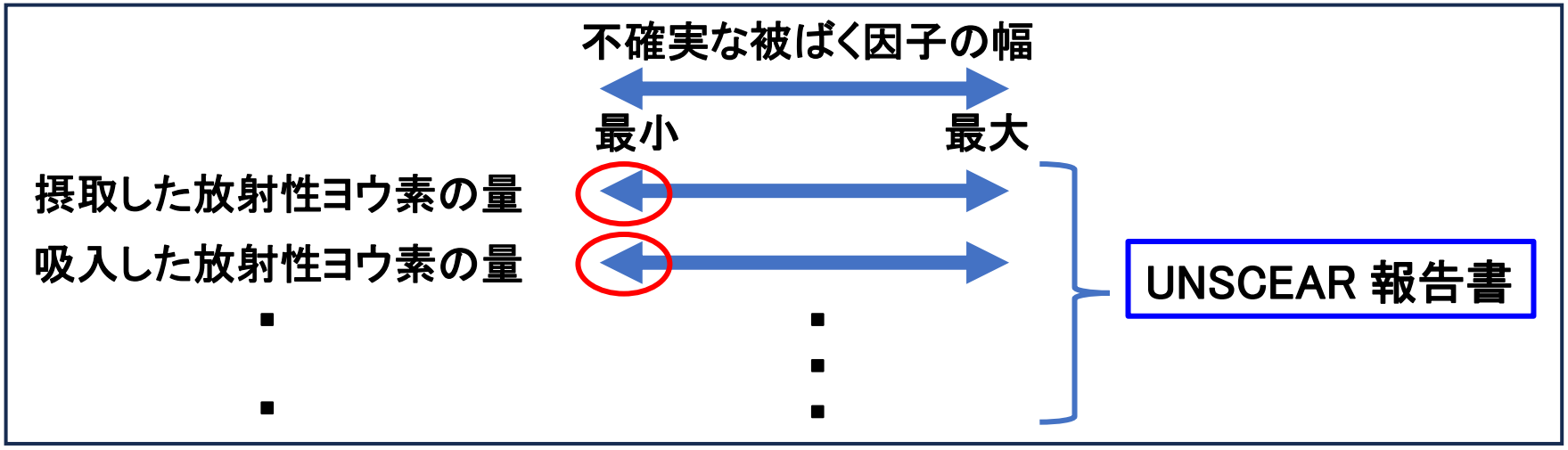
甲状腺被ばくに関す
るものだけでも100以
上の問題個所あり

「本委員会により推定された甲状腺吸収線量において、県民健康調査の検診プログラムで見られたような甲状腺がんの大幅な過剰は、予測されないであろう(パラグラフ226(a))」

J. Hongyo

UNSCEAR は被ばく因子の推定しうる最小値かそれ以下の値を採用し、平均被ばく線量としている

甲状腺推定被ばく線量に関して



過小評価の実際

1. 甲状腺ヨウ素取り込み率を1/2にした
2. 屋内退避効果を1/2にした
3. 避難者の飲料水以外の経口摂取被ばくを無視した
4. プルーム（放射性雲）による吸入被ばく推定に用いたATDMは、2桁以上の不確実性を伴う
5. 推定値は最大値を示さず、平均値で示している

J. Hongyo

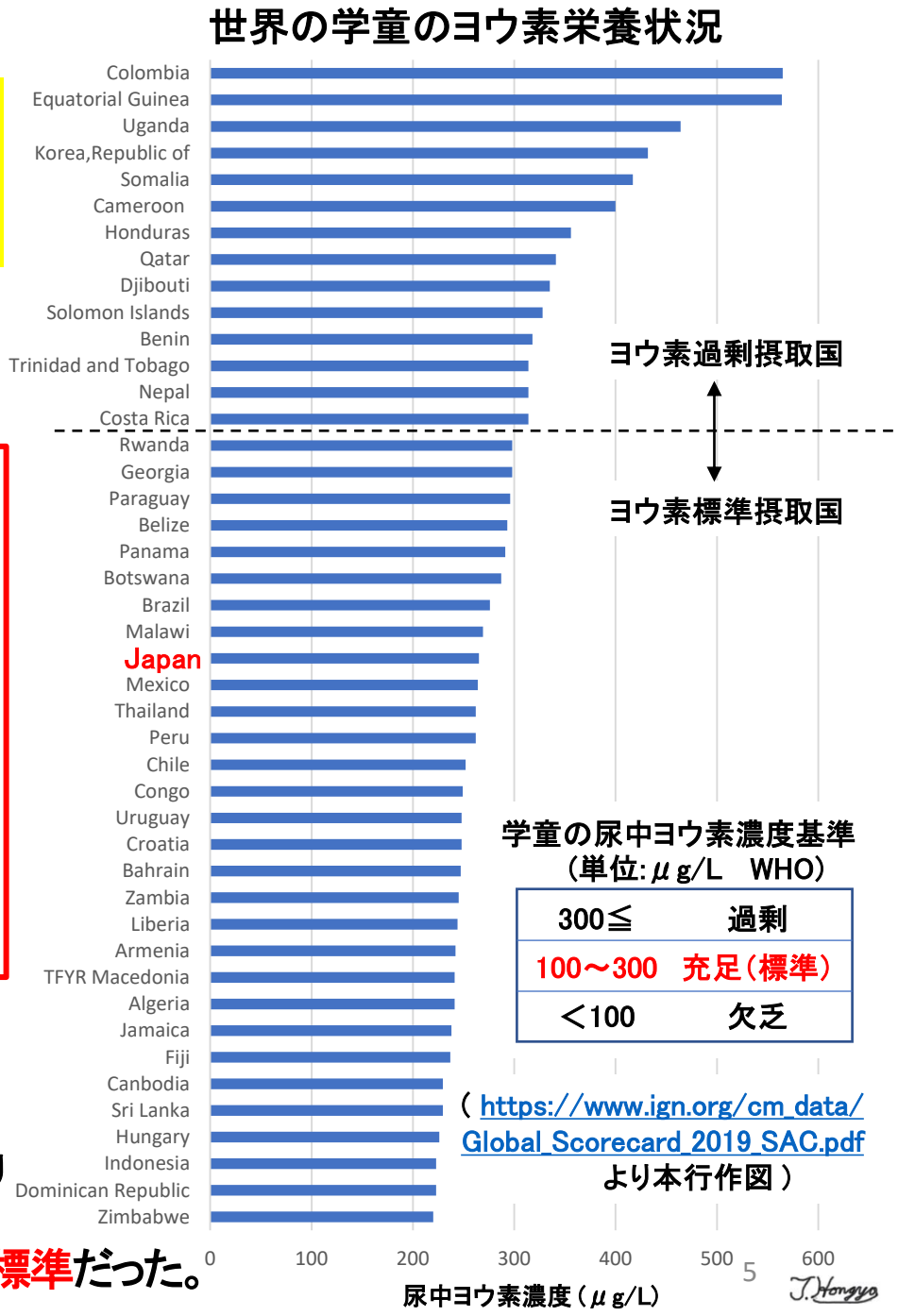
過小評価1

日本人はヨウ素摂取量が多いからと係数を1/2にした

日本の小児のヨウ素摂取量は世界標準範囲

世界の国でのヨウ素栄養状況（2019 年時点）において、**日本の小児（学童）のヨウ素摂取量は標準範囲内であり、過剰ではないことが証明された。**
（右図上位40か国のグラフ
日本は174か国中23番目）

Global scorecard of iodine nutrition in 2019 in the general population based on school-age children (SAC)　Iodine global network
https://www.ign.org/cm_data/Global_Scorecard_2019_SAC.pdfより



学童の尿中ヨウ素濃度基準
（単位:μg/L　WHO）

300≦	過剰
100～300	充足（標準）
＜100	欠乏

（https://www.ign.org/cm_data/Global_Scorecard_2019_SAC.pdf より本行作図）

県民健康調査の小児の尿中ヨウ素摂取量も世界標準だった。

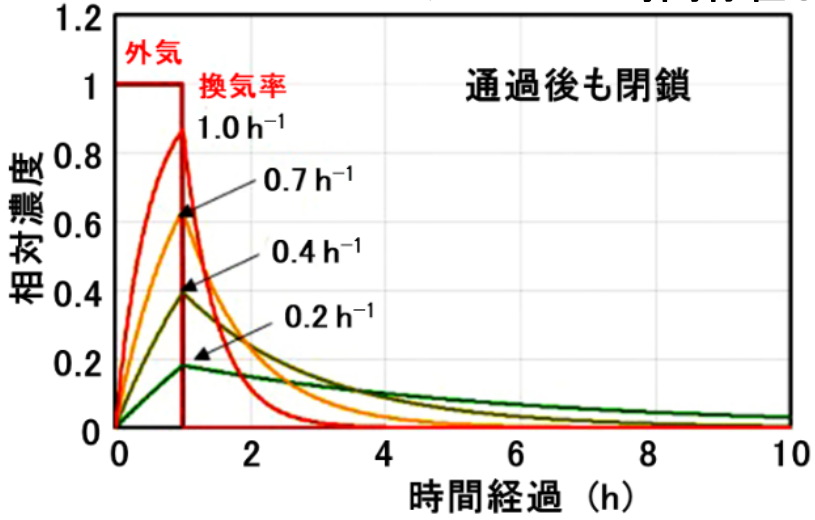
過小評価2

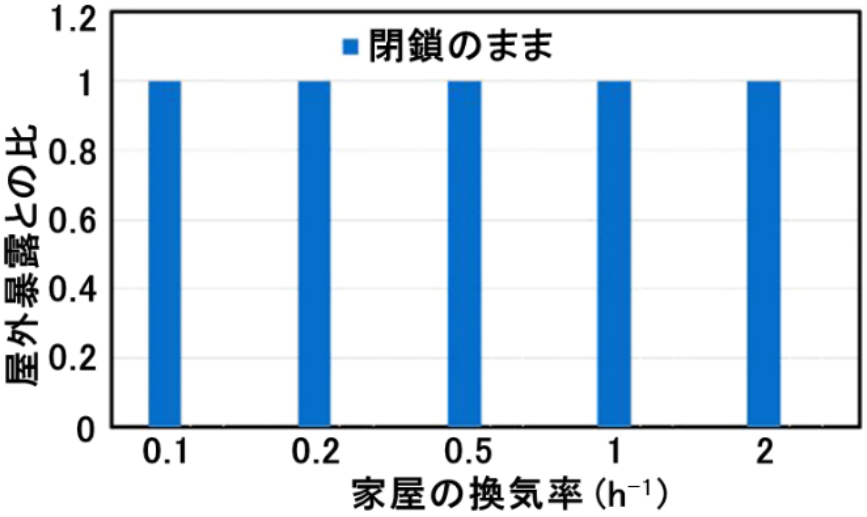
放射性ヨウ素吸入による被ばくの屋内退避効果を0.5にした

パラグラフA68（パラグラフは節、段落の意味）

物質のプルームの通過中に屋内にいた住民の吸入による線量被ばくの低減（建物によるフィルタリング効果の結果）について、低減係数は、0.1 未満から約 1 の範囲であった（ Hirouchi et al. 2018）。したがって、本委員会は、住民が屋内にいた時の放射性核種の吸入による線量の評価に対して 0.5 の低減係数を用いた。

プルームが1時間存在した場合の屋内退避の効果





山澤弘実　屋内退避に期待する効果とそのための要件　第6回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会 2019年6月 より

プルームが通過後も閉鎖している場合の屋内の累積濃度(左グラフの積分値に相当)は、換気率にかかわらず、数時間～半日で野外と同じ程度になる（屋内退避効果は1になる）

過小評価3

避難前および避難中の食品の経口摂取 による被ばく線量は無視できると仮定した

“避難者に関しては、調査結果[H15注, K10]に基づき、避難前および避難中の食品の経口摂取 による被ばく線量は無視できると仮定されている”

“ヨウ素131に汚染された食品や物資は、食品制限令以前から一般に大量に消費されない状況であった”　パラグラフ154、A83

“食品、飲料水、農産物に関連する対策は、概して、適時に効果的に実施され、公衆にも周知された。「暫定規制値」が制定され、食品と飲料水中の放射性核種のレベルが管理され、広範な モニタリングキャンペーンが実施された”　APPENDIX B. Table B1

注：[H15] Hirakawaらの論文では、自治体が運営・管理する避難所のみを調査

上記に反する実例

- 福島県内各地でI-131が10,000Bq/kg以上の野菜が3月22日まで出荷されていた
  OurPlanet-TV https://www.ourplanet-tv.org/44603
- 浪江町民が津島に避難した3月12日以降、避難先で路地野菜の炊き出しを食べた
  https://www.asahi.com/articles/DA3S14471890.html
- 事故後10日間廃棄処分の牛乳を3世帯で飲んでいた。
  https://togetter.com/li/677668
- 3月16～17日の川俣町の原乳が県内でヨーグルト加工し出荷（注）
  https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000015iif.html （厚労省HPより）
- 農産物や牛乳等の出荷制限（3月23日）や摂取制限（3月24日）まで自家栽培や市場で出回った野菜を食べていた

J. Hongyo

過小評価4

プルーム（放射性雲）による吸入被ばく推定値は何桁も低い

避難者の吸入推定値は、ATDM（大気輸送・拡散・沈着モデル計算）で行われているが、その不確かさについての記載は報告書にしばしばみられる

“いかなる特定の場所においても、当該推定値はかなりの不確かさを伴う”
（パラグラフA3）

“特定の場所と時間におけるその値には大きな不確かさがあった”
（補足資料　A-2 パラグラフ6）

“ATDM直接法は、福島県の中央部（中通り）と西部で濃度を著しく過小評価し、時には何桁も過小評価した”　（補足資料 A-9パラグラフ23）

黒川眞一氏　2023年4月8日 オンライン被ばく学習会　講演より

・UNSCEAR報告書が採用しているTerada論文のATDMは3月15日から16日に福島市の中心部 を襲った第1プルームをとらえておらず、^{131}Iの大気中濃度を1/100に過小評価している。

黒川氏の公開質問状：「郡山において、セシウム137の沈着速度が 100 cm/s という物理的にありえない異常な大きさになっているのはなぜですか」

UNSCEAR議長の回答：「おかしな値や直感に反する大気中濃度や沈着速度などは、どこかの地点では必ず起こることが確実です」

過小評価5　全て平均値で推計され、最も重要な最大値が不明

- 避難者を大雑把な地域単位に分け（40通りのシナリオ*）、それぞれ平均値で推計しているが、集団の中で最大値を推定することが最も重要
- 個人それぞれの被ばく量は生活様式（どこで何をしていたか、何時間いたか、何を食べたか等）でみな違う
- 避難が遅れたり、避難できなかった人は考慮されていない
- 平均値と最大値には大きな差があるため、平均値のみを示すことは大きな過小評価となる（例えば、シナリオ29では23倍の差、後述）。

（*シナリオは避難経路ごとに人々がどの程度の線量を受けるかを推定すること）

表 A13. 福島県の自治体から避難した幼児の推定甲状腺吸収線量

地域	シナリオ番号	避難先	1歳児の甲状腺吸収線量(mGy)					
			避難中	避難先	事故直後1年間の合計		予測される線量[d]	回避された量[e]
					平均	95%タイル		
双葉町	2	茨城県	14	0.68	15	47	490	480
双葉町	4	郡山市	12	3.7	15	43	490	480
浪江町	21	相馬市	12	2	14	45	120	110
浪江町	24	米沢市	12	0.37	13	44	120	110
小高町	29	新宿区	30	0.23	30	100	21	―
小高町	32	新宿区	23	0.23	23	76	21	―
小高町	33	埼玉	14	0.19	15	44	21	6.2

最大値700mGy

d もし避難をしていなかったとしたら事故直後1年間に受けていたであろう線量の推定値

e人々が避難することにより免れた線量の推定値

J. Hongyo

第1部　推定値と実測値について

1. UNSCEAR報告書の推定値からわかること
   問題点は100以上
   すべては過小評価の積み重ね
2. 1080名実測値からわかること
   ・1080名計測はどのように行われたか
   ・福島とチェルノブイリの実測値の比較に使われた
   ・福島のUNSCEAR推定値と実測値の比較に使われた
3. 高線量被ばくの計測例

第2部　低線量被ばく危険性について

・LNTモデルについて
・個人差について
・内部被ばくについて
・複合影響について
・低線量被ばくでも甲状腺がんは発生

1080名の実測値の問題点

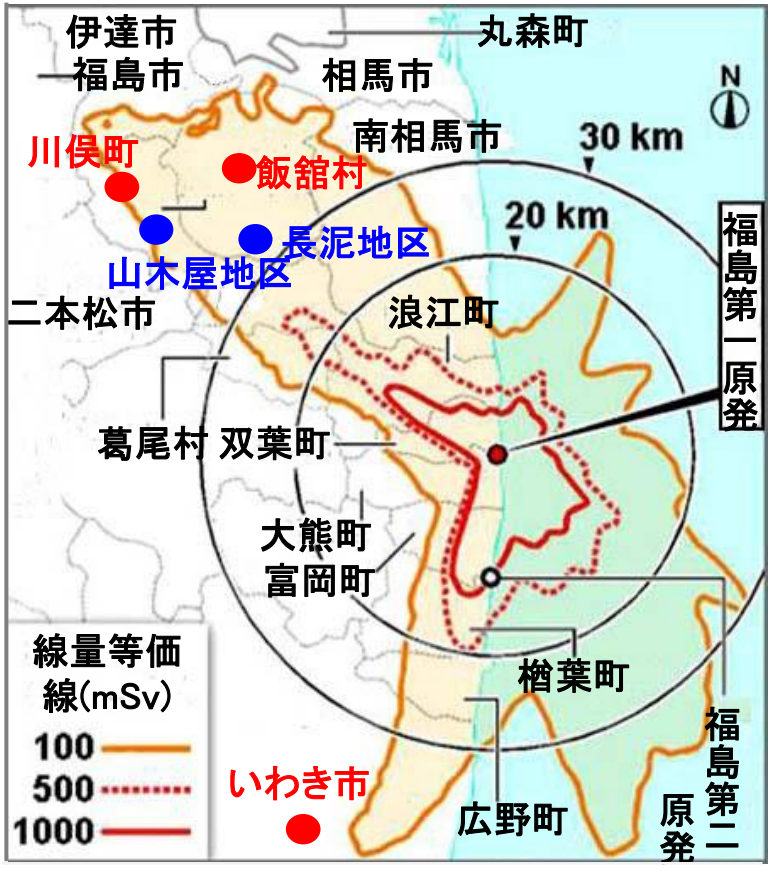
測定地点の問題

・すべて30km圏外（ほとんど40km圏）、もっと被ばく量が高い地域が存在する。
（川俣町山木屋地区や飯館村長泥地区の空間線量率の方がそれぞれ1桁以上高かった）

測定方法の問題

・首の回りを汚染の無い濡れタオルで拭き、除染して計測、肩口の着衣は（除染せず） BGとした
→BGが高く半数以上（約55%）が0やマイナスだった
－－－これは、最もやってはいけない解析方法
BG分は内部被ばくしていると考えるべき
・簡易計測のため核種の同定できず
・測定開始時期が遅すぎる（影響の強い短半減期ヨウ素はほとんど計測されず）
・計測数が少なすぎる（チェルノブイリは30万人以上）

3/12-24日の1歳児甲状腺等価線量SPEED試算



● は計測地点

川俣町中央公民館 647名
飯舘村公民館 299名
いわき市保健所 134名

パラグラフA136.

・測定実施前の期間にモニター対象者がどこに居たかについての公開情報が不足している。
・各人が地元で生産された食品を消費したか否か、測定前に衣服を着替えたか否かなど、他の要因についても、情報を入手できなかった。

推定の中央値、平均値と最大値には100倍、23倍の差がある

表 A20　モデル値（推定値）と「測定値」（実測値）の比較

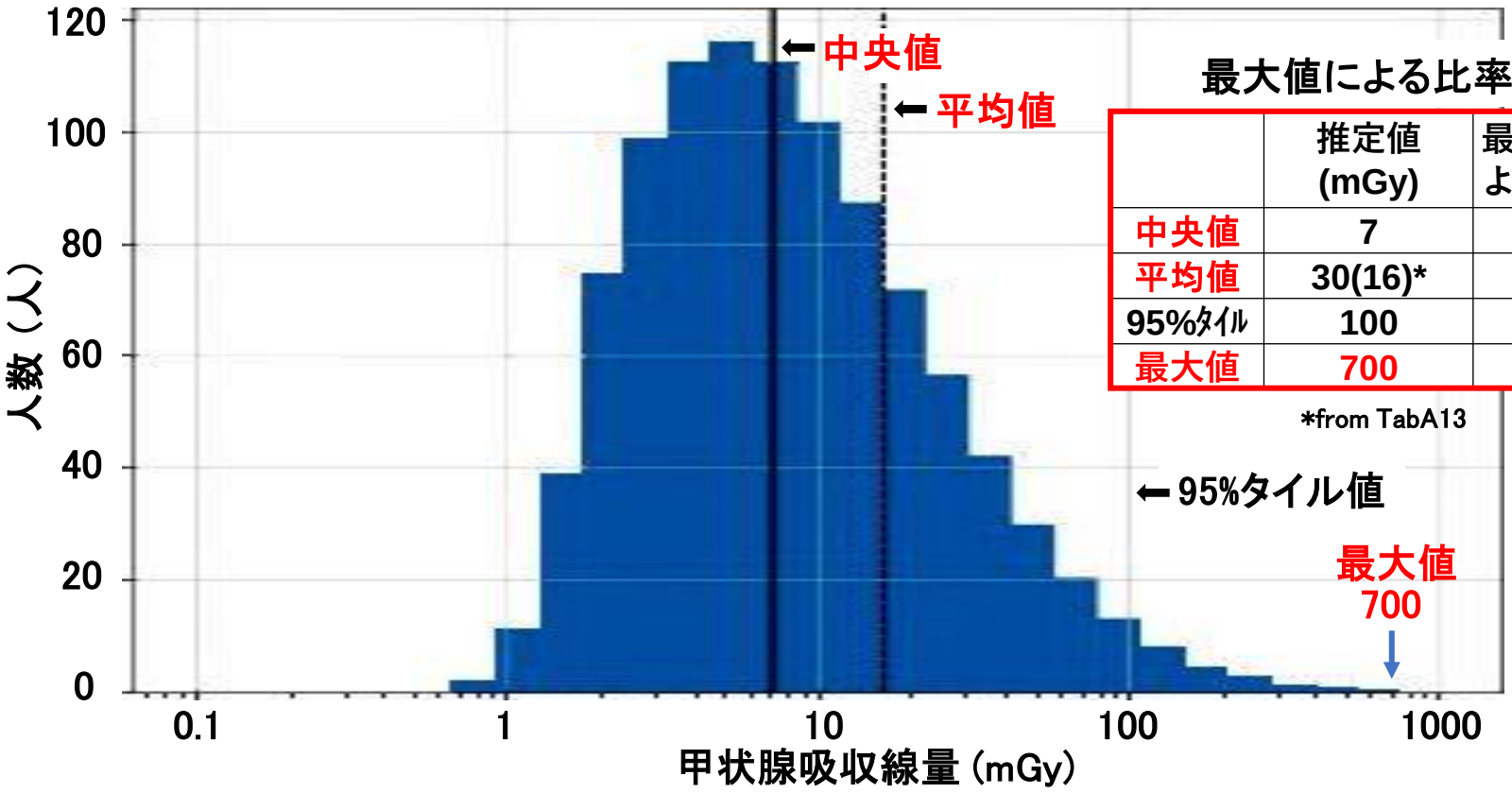
地域	甲状腺吸収線量の中央値 (mGy)			
	10 歳児		1 歳児	
	モデル値	「測定値」	モデル値	「測定値」
いわき市	2.2	1.8 (79)	2.6	4.6 (55)
川俣町	1.8	2.6 (361)	2.1	4.5 (286)
飯館村	2.3	3.6 (220)	2.8	7.1 (79)

（　）は測定対象者数

パラグラフA136.

線量の推定値（モデル値）と「測定値」は非常に良好な一致を示している。

シナリオ 29 南相馬市小高区→原町区→いわき市→県外（1008名）（Attachment A-21 Fig.A-21.IV.58.）



最大値による比率

	推定値 (mGy)	最大値による比率
中央値	7	100
平均値	30(16)*	23
95%ﾀｲﾙ	100	7
最大値	700	1

*from TabA13

異なる条件の比較で“被ばく量は何桁も違う”はおかしい

表３甲状腺等価線量の分布（H29 学術会議　子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題p22）

甲状腺等価線量(mSv)	福島原発事故飯舘村、川俣村、いわき市の15 歳以下(1080 人)		甲状腺等価線量(mSv)	チェルノブイリ原発事故ベラルーシ、ウクライナ避難者の 14 歳以下（約 2．5 万人）	
0	55.4%		<50	0.8%	
0-10	31.7	99%以上	50-100	6.5	
10-20	10.5		100-200	7.7	
20-30	1.9		200-500	38.4	
30-40	0.3		500-1000	19.6	
40-50	0.1		1000-2000	18.7	99%以上
50-60	0.1		2000-5000	5.6	
60-70	0.1		>5000	2.7	

（1080名甲状腺直接計測データ）

（UNSCEAR 2008　Vol Ⅱ Tab B4）

福島

30km圏外（避難区域外）の非避難者1080人

測定場所や測定方法が不適切

チェルノブイリ

30km圏内（立ち入り禁止区域）の避難者約25,000人

2つの表は条件が全く異なる

この表は、「福島とチェルノブイリの被ばく量は何桁も違う」の決め手として利用されており、「311子ども甲状腺がん裁判」被告準備書面(1)（令和4年 8月 26日 p86）にも使用されている

T. Hongyo

第1部　推定値と実測値について

1. UNSCEAR報告書の推定値からわかること
   問題点は100以上
   すべては過小評価の積み重ね
2. 1080名実測値からわかること
   ・1080名計測はどのように行われたか
   ・福島とチェルノブイリの実測値の比較に使われた
   ・福島のUNSCEAR推定値と実測値の比較に使われた
3. 高線量被ばくの計測例

第2部　低線量被ばく危険性について

・LNTモデルについて
・個人差について
・内部被ばくについて
・複合影響について
・低線量被ばくでも甲状腺がんは発生

高線量被ばく計測例

1

避難者汚染スクリーニングのデータ

約114,000人、多くは20km 圏内、避難先で計測

1.3万−10万cpm:少なくとも901人、10万cpm以上:102人
（1歳児：1.3万cpm＝100mSv相当、10万cpm=769mSv 相当）

（study2007「見捨てられた初期被ばく」岩波書店より）

2

福島事故後の母乳測定データ（Unnoら＊）の解析

（放射線医学総合研究所）

被測定者	授乳婦の摂取量（Bq）	乳児の摂取量（Bq）	実効線量（mSv）	乳児甲状腺の等価線量(mSv)	被測定者の居住地	原発からの距離(km)
A	4.39E+05	1.42E+05	26	524	福島県いわき市	45
B	3.76E+05	1.21E+05	22	449	茨城県常陸大宮市	113
C	1.00E+06	3.24E+05	58	1199	茨城県水戸市	128
D	2.76E+05	8.91E+04	16	330	茨城県下妻市	170
E	2.89E+05	9.31E+04	17	345	茨城県笠間市	137
F	2.89E+05	9.31E+04	17	345	茨城県笠間市	137
G	2.89E+05	9.31E+04	17	345	千葉県千葉市	217

（http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/conf01− 06/mat01_2.pdf）

＊: N Unno, et al., J. Obstet. Gynaecol. Res., 38: 772−779, 2012

福島での被ばく量はもっと高かった可能性

T. Hongyo

避難者の実際の放射性ヨウ素高度被ばく例

３　福島原発１号機爆発後避難した人のWBCデータ

測定日2011年3月13日（γ線核種のみ）

核種	同定信頼度	放射能 Bq	% 誤差
Zr-89	0.891	6,492	15.5
SB-126	0.495	484,964	29.14
I-130	0.694	38,795	28.05
I-131	0.985	1,684,090	14.89
I-132	0.979	9,593,630	12.75
Te-132	0.999	1,630,990	16.32
I-133	0.984	492,410	12.09
Xe-133	0.868	28,507	21.35
Cs-134	0.873	307,671	22.03
I-135	0.789	243,623	35.5
Xe-135m	0.983	2,898	39.97
Cs-137	0.973	19,393	12.51
LA-140	0.444	60,615	46.99
Bi-212	0.906	304,012	21.65

https://twitter.com/namiekuwabara/status/1495021411114840064

ツイッターの知人のデータとのこと(作成者:桑原豊氏)

「避難住民3人だけが放医研でのWBC検査データを保有しているようです」

事故直後のWBC計測値で詳細は不明ながら、高濃度被ばく者の存在を示す非常に貴重なデータ

甲状腺等価線量

1歳児：4,920 mSv
成人：　545 mSv

（[ICRP Pub71]およびヨウ素の化学形態:無機微粒子0.5、ヨウ素元素蒸気0.2、有機状ヨウ素0.3[パラグラフ28]より計算）

J. Hongyo

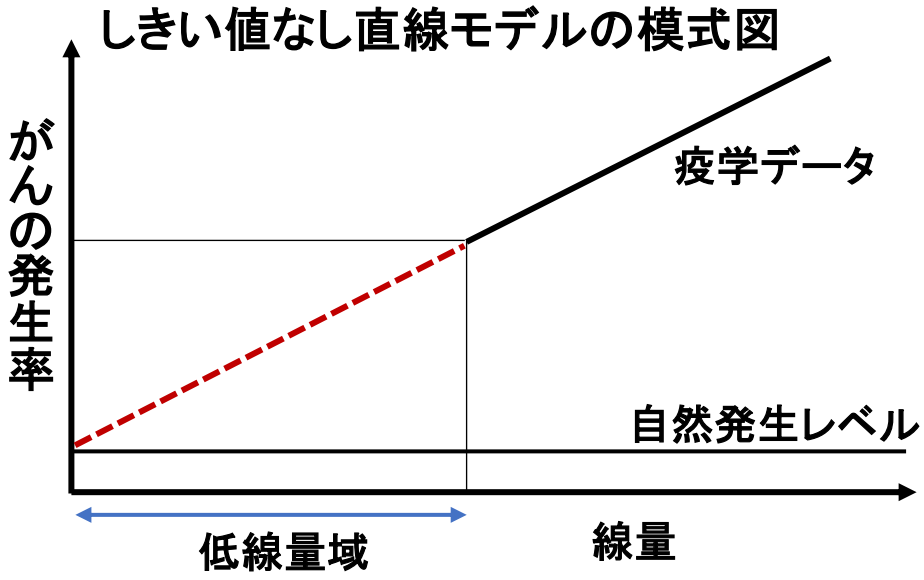
第1部　推定値と実測値について

1. UNSCEAR報告書の推定値からわかること
   問題点は100以上
   すべては過小評価の積み重ね
2. 1080名実測値からわかること
   ・1080名計測はどのように行われたか
   ・福島とチェルノブイリの実測値の比較に使われた
   ・福島のUNSCEAR推定値と実測値の比較に使われた
3. 高線量被ばくの計測例

第2部　低線量被ばく危険性について

- **LNTモデルについて**
- **個人差について**
- **内部被ばくについて**
- **複合影響について**
- **低線量被ばくでも甲状腺がんは発生**

LNT モデル



LNT（しきい値なし直線）モデル：約 100 mSv を下回る電離放射線の線量においても、線量の増加に正比例して確率的影響の発生率が増加すると仮定

NCRPは大規模調査でLNTモデルを支持

被ばく後のがんリスクに関する 主要な 29 の研究・集団における 3 つの構成要素（線量計測、疫学、統計）の妥当性を、（弱い）から（強い） まで 5 段階に格付けし、さらに、LNT 支持度を（支持なし）から（強い）まで 4 段階に格付けした。（次ページ表参照）

29 のうち，20（69%）がLNTモデルを支持

NCRP Commentary No. 27, 2018 （NCRP:米国放射線防護審議会）

J. Hongyo

表 レビューしたがん研究の質の評価と(LNT)モデルに対する支持の度合い　NCRP Commentary No.27,2018

case	研究(または研究グループ)、文献番号	線量	疫学	統計	LNT支持度
1	原爆寿命調査(LSS)(10)	強い	強い	強い	強い
2	INWORKS(英国、米国、フランスの複合コホート)(17)	強い	強い	強い	強い
3	結核患者のX線透視(18)	強い	強い	中等度	強い
4	小児期の原爆被爆(19)	強い	強い	強い	強い
5	小児甲状腺がん研究(14)	強い	強い	強い	強い
6	マヤック原発作業員(20)	中等度	中等度	強い	中等度
7	チェルノブイリ放射性降下物、ウクライナおよびベラルーシ甲状腺がん(21、22)	強い	中等度	中等度	中等度
8	小児乳がん研究(23)	中等度	強い	強い	中等度
9	胎内原爆被曝(19)	中等度	強い	強い	中等度
10	テチャ川、周辺住民(24)	中等度	中等度	中等度	中等度
11	胎内被爆、医療(25)	弱い	中等度	中等度	中等度
12	日本の原発作業員(26)	中等度-強い	中等度	強い	弱い-中等度
13	チェルノブイリ事故処理作業員、ロシア(27)	弱い	弱い-中等度	中等度	弱い-中等度
14	米国の放射線技師(28, 29)	弱い	中等度	中等度	弱い-中等度
15	マウンド核作業員(30)	中等度	弱い-中等度	弱い-中等度	弱い-中等度
16	ロケットダイン核作業員(31)	中等度	中等度	中等度	弱い-中等度
17	フランスのウラン加工労働者(32)	中等度-強い	強い	弱い-中等度	弱い-中等度
18	医療用X線作業員、中国(33)	弱い-中等度	弱い-中等度	中等度	弱い-中等度
19	台湾 放射線汚染建物、住民(34)	中等度	弱い-中等度	弱い-中等度	弱い-中等度
20	バックグラウンド放射線レベルと小児白血病(35)	弱い-中等度	中等度	中等度	弱い-中等度
21	胎内被曝、マヤックとテチャ(36)	弱い	弱い-中等度	中等度	支持なし
22	ハンフォード131I放射性降下物の研究(37)	中等度	強い	弱い-中等度	支持なし
23	インド、ケララ州、自然背景放射線が高い地域(38)	中等度	中等度	弱い-中等度	支持なし
24	カナダの原発作業員(39)	中等度-強い	強い	強い	支持なし
25	米国の退役軍人(40)	強い	強い	強い	支持なし
26	中国、揚江、高自然放射線地域(41)	弱い-中等度	弱い	弱い	結論不可
27	若年者のコンピュータ断層撮影検査(42)	弱い	弱い-中等度	弱い-中等度	結論不可
28	小児医療用X線と白血病の研究(10以上の研究の総計)(25, 43)	弱い	中等度	弱い-中等度	結論不可
29	核兵器実験による放射性降下物の研究(8件の研究の総計)(44)	弱い-中等度	弱い	弱い-中等度	結論不可

LNT支持

J. Hongyo

表の case 1　寿命調査（LSS）全固形がんの過剰相対リスク

原爆寿命調査14報原論文：ゼロが最良のしきい値であった

LSS固形がん死亡率解析14報(1950–2003) K. Ozasa, et al. Radiation Research, 177(2012)

全固形がんの過剰相対リスクが有意となる最小推定線量範囲は0–200 mSvであり、しきい値は示されず、ゼロが最良のしきい値であった

放影研のHPでは、「リスクが有意となる線量域は 200 mSv以上であった。」と著者の結論が研究所によって書き換えられていた。

LSS固形がん罹患率解析(1958–2009) EJ Grant, et al. Radiation Research, 187(2017)

性別平均の線形ERRモデルを用いて統計学的に有意な線量反応を示した最低線量範囲は0–100mGy(P = 0.038)であった
固形がんリスクは被ばく後60年以上経過しても上昇したままである
性別平均の上向きの湾曲は、喫煙の調整とは無関係の用量反応で観察された

LSSについてNCRPのコメント （NCRP Commentary No.27, 2018）

LSS は、全ての年齢集団、正確な線量計測、広い線量域、死亡率の追跡が＞60 年、がん発生率の追跡が＞50 年の質の高い大規模コホート研究である。統計力が高く、リスク推定が正確で、固形がんの発生率にも死亡率にも、しきい値がないことと矛盾しないことが示されている。

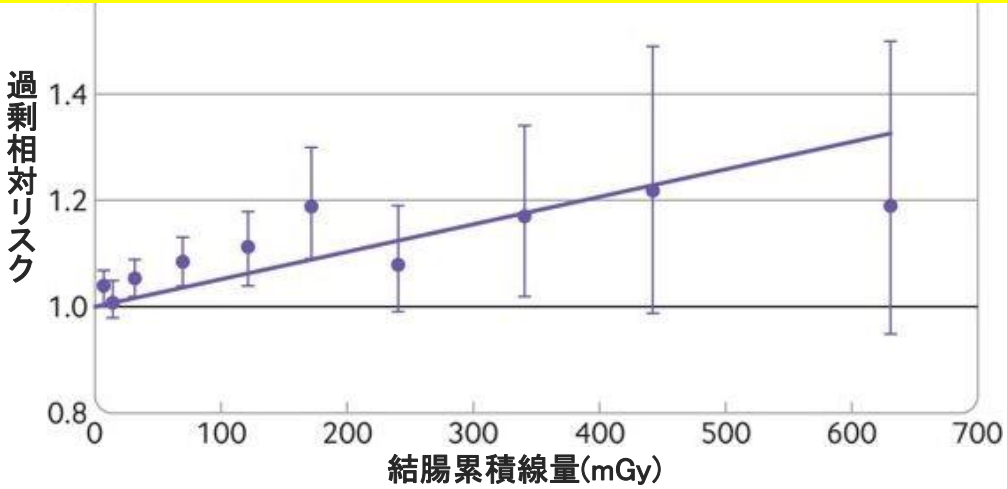
表の case 2　INWORKS（国際原子力作業者研究）全固形がん死亡相対リスク

低線量での死亡リスクは、中高線量のリスクと同程度であった(2015)
低線量域では全線量域よりも線量反応関係の傾きが急であることを示唆（2023）

INWORKS 2023

- 対象309,932人（追跡期間1,070万人年以上）
- 被ばく量の増加に伴ってがんの死亡率が直線的に増加
- 推定累積線量は平均12.9–20.2 mGy
- 固形がんによる死亡率の推定値は、累積線量1Gy当たり52%増加
- 0–100mGyの範囲では約2倍に増加

（Richardson DB et al, BMJ 2023; 382 ）



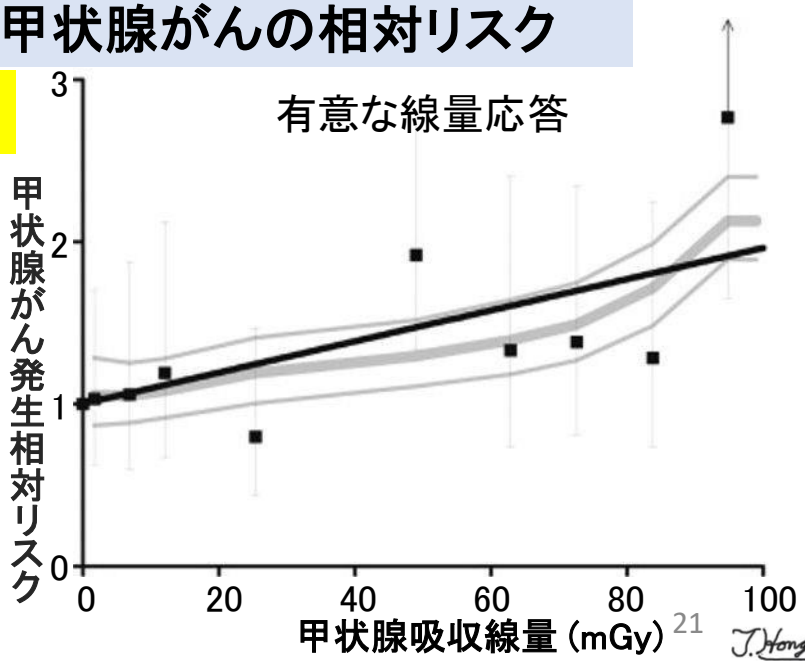
表の case 5　小児期外部低線量被ばくによる甲状腺がんの相対リスク

甲状腺がん発生の推定しきい値は0～30mGy

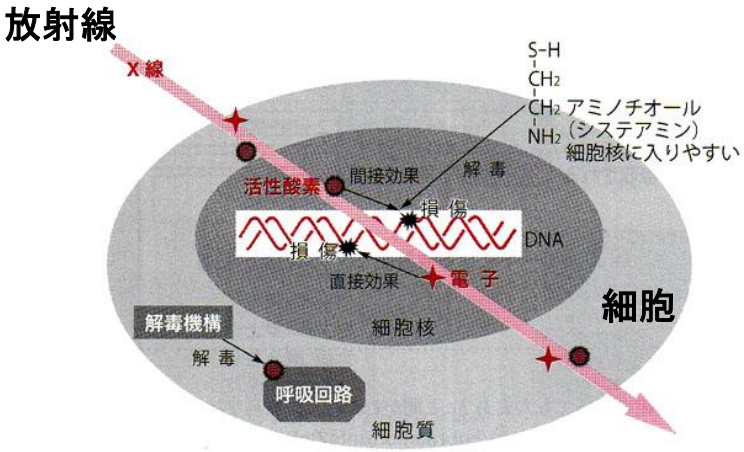
- 9 件の疫学的コホートのプール解析（小児がん生存者 2 件、小児期良性疾患X線治療者 6 件、小児期原爆被爆生存者 1 件）
- 200 mGy未満の被ばくに限定（追跡期間 250 万人年以上）

- 相対リスクは被ばく量とともに有意に直線的に増加
- 推定しきい値は 0 ～ 30 mGyの範囲
- 線量反応増加傾向は、被ばく後 45 年間持続し、被ばく時年齢が若いほど大きかった

（J H Lubin et al. J Clin Endocrinol Metab. 102:2575–2583, 2017）



放射線被ばくによる健康影響のメカニズム

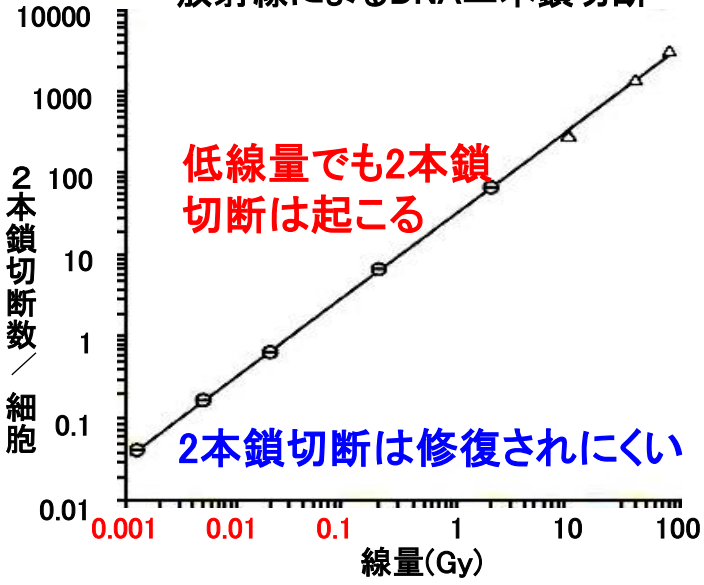


DNAは毎日
傷ついている

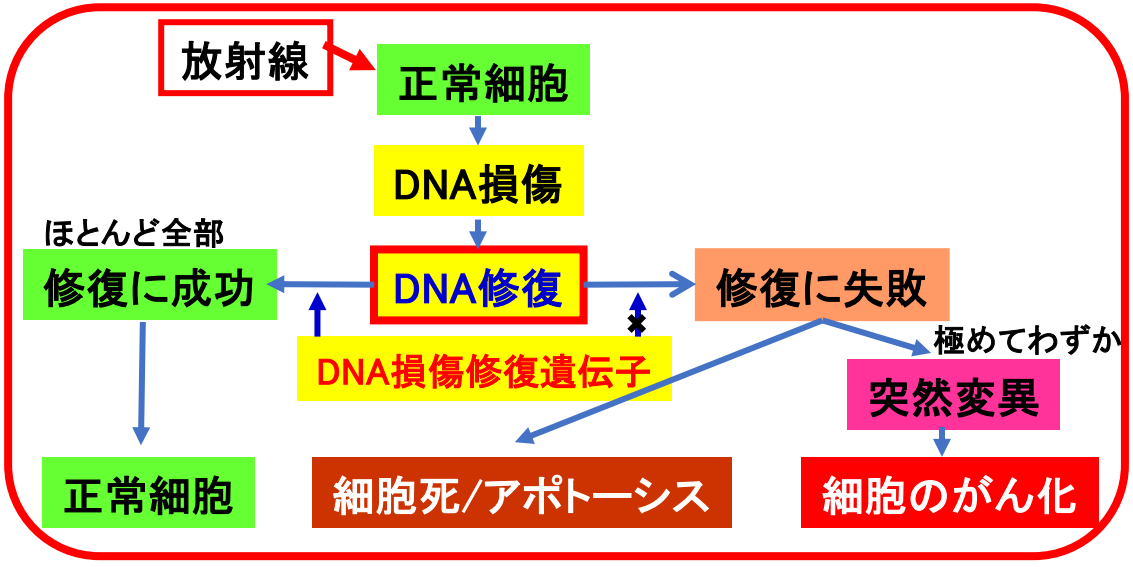
DNA損傷

傷の種類	自然の傷 (/細胞/日)	放射線の傷 (/細胞/mSv)
塩基損傷	20,000	0.3
1本鎖切断	50,000	1.0
2本鎖切断	10	0.03

放射線によるDNA二本鎖切断



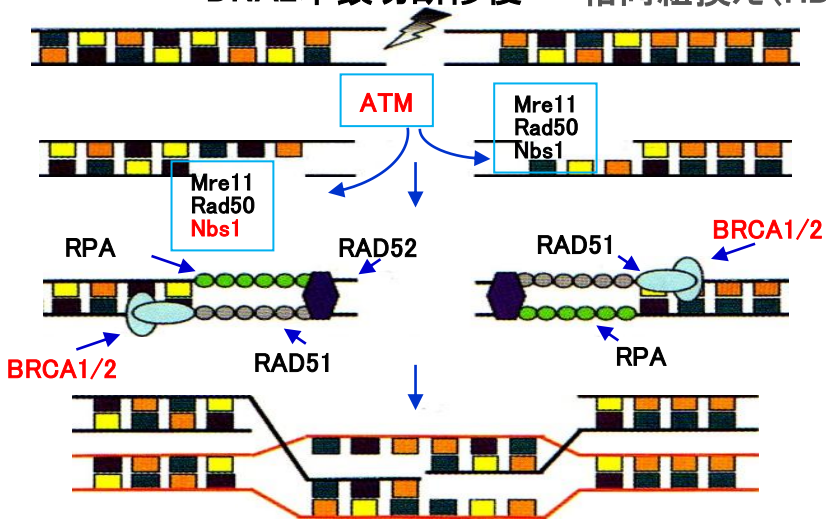
(Rothkamm K et al PNAS 100, 2003)



放射線によるDNA損傷が修復されなかったときに
がんが発生する

放射線感受性が高くなる遺伝子がある

DNA2本鎖切断修復　相同組換え（HDR）の模式図



ATM、NBS1、BRCA1/2遺伝子等はDNA2本鎖切断修復に重要な役目を果たしている遺伝子

DNA損傷修復に関与する遺伝子に異常があると放射線感受性が高くなる

下記の遺伝子はいずれもDNA2本鎖切断の修復に関与

ATM
- 毛細血管拡張性運動失調症の原因遺伝子
- 白血病、リンパ腫を発生しやすい

NBS1
- ナイミーヘン症候群の原因遺伝子
- リンパ腫を発生しやすい

生まれつきこれらの遺伝子の異常をヘテロ接合の形で持っている人が世界に1～5%存在

BRCA1/2
- 遺伝子の一方の変異した生殖系列のアレルの保持は、乳癌や卵巣癌、前立腺癌の発症リスクが高い（女優ｱﾝｼﾞｪﾘｰﾅ･ｼﾞｮﾘｰは乳癌予防的切除術を受けたことで有名）
- 全乳癌の 5 – 10 %を占める。家族性卵巣がんの 70 – 80 %を占める。
- BRCA 1 / 2 変異を有する女性では 30 歳前のレントゲン、マンモグラフィーやCTにおいても乳癌リスクが増加　(Pijpe A et al. BMJ 2012; 345: e5660)

遺伝子アレルのヘテロ接合
- 正常
- 変異(+)

放射線感受性が高くなる遺伝子と疾患がある

原因	疾患	遺伝子異常	備考
非相同末端接合(NHEJ)の欠損	重症複合免疫不全症(SCID)- ligase IV	リガーゼIV遺伝子の変異	DSB修復の根本的欠陥
	SCID -Artemis	ARTEMIS遺伝子の変異	
	SCID -DNAPKcs	DNAPKcs遺伝子の変異	
	Cernunnos	Cernunnos遺伝子の変異	
相同組換え修復(HRR)の障害	ファンコニー貧血(FA)およびFA様疾患	FANCA遺伝子等の変異	放射線抵抗性DNA合成に欠陥
	RAD51類似体疾患	RAD51C遺伝子等の変異	
	ブルーム症候群	BLM遺伝子の変異	G2照射後に感受性が大きく上昇
放射線損傷の認識や伝達に関与する遺伝子の障害	毛細血管拡張性失調症(AT)	ATM遺伝子の変異	高い放射線感受性
	毛細血管拡張性失調症様障害	RASA1遺伝子の変異	
	ナイミーヘン症候群(NBS)	NBS1遺伝子の変異	
	NBSlike disorder	RAD50遺伝子の変異	
	RIDDLE症候群	ERCC6L2遺伝子の変異	
染色体の姉妹染色分体結合の障害	コルネリア・デ・ランゲ症候群(CdLS)	NIPBL変異を有する	相同組換え修復に欠陥
	ロバート症候群	早発性染色分体分離	
	Warsaw breakage syndrome	DDX11遺伝子の変異	
放射線誘発がんの素因保持者	BRCA1/BRCA2遺伝子の保因者	BRCA1/BRCA2の遺伝子変異	乳癌および卵巣癌素因
	ウィルムス腫瘍	WT1 /WT2の遺伝子変異	
放射線誘発がんを発生させる遺伝性疾患	網膜芽細胞腫	RB1 遺伝子の変異	放射線誘発癌リスクの上昇
	LiFraumeni症候群(LFS)	TP53の生殖細胞系列変異	乳房、脳、副腎、造血組織等の発がん
	基底細胞母斑症候群(BCNS)	PTC腫瘍抑制遺伝子の変異	
	神経線維腫症1型(NF1)	NF1遺伝子の変異	放射線誘発癌リスクの上昇
胎児期に獲得された染色体異常	白血病の一部	白血病関連転座	低線量放射線でリスク上昇
動脈硬化患者	動脈硬化性疾患		低線量率被ばくで放射線感受性が増加
自己免疫疾患患者	関節リウマチ、全身性エリテマトーデス(SLE)、多発性筋炎など		放射線感受性が高い

Human Radiosensitivity, Report of the independent Advisory Group on Ionising Radiation,
© Health Protection Agency 2013 より 本行作表

J.Hongyo

低線量被ばくの影響には大きな個人差がある

広島大学の田代教授他

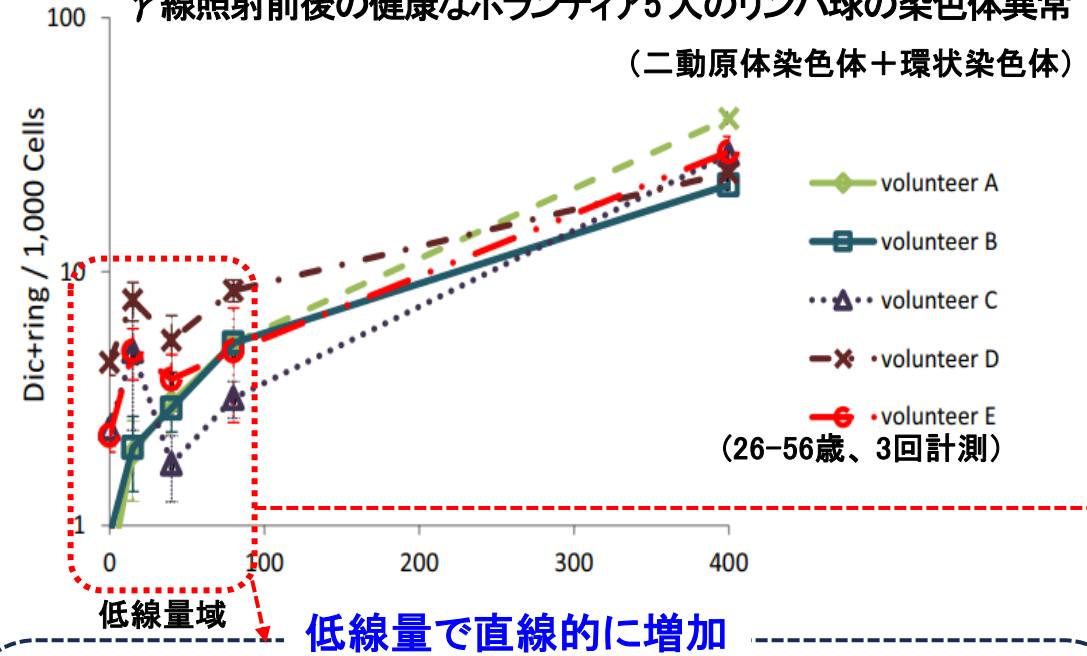
低線量被ばくで有意差はなくても、影響を受けやすいグループが存在

Shi L, Tashiro S, et al. Radiat Res. 2018;190:424-432

Supplementary information in S-10 Chromosomal Abnormalities in Human Lymphocytes after CT

γ線照射前後の健康なボランティア5人のリンパ球の染色体異常

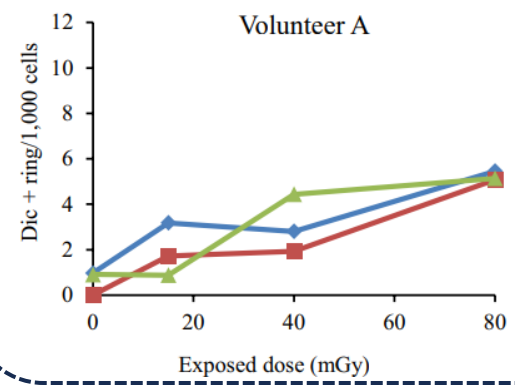
（二動原体染色体＋環状染色体）

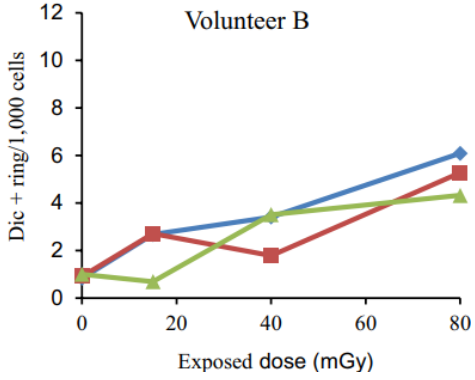


（26-56歳、3回計測）

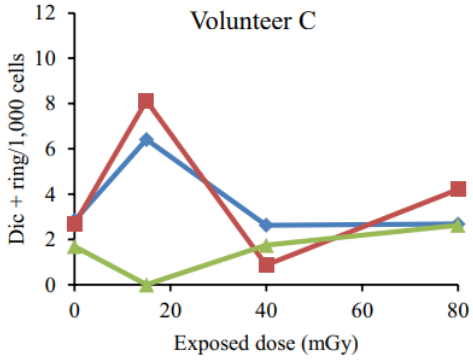
低線量域

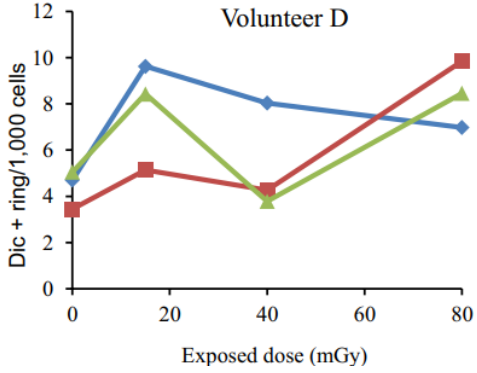
低線量で直線的に増加

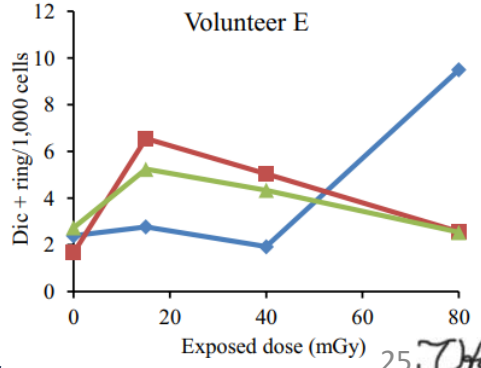




低線量で増加がはっきりしない





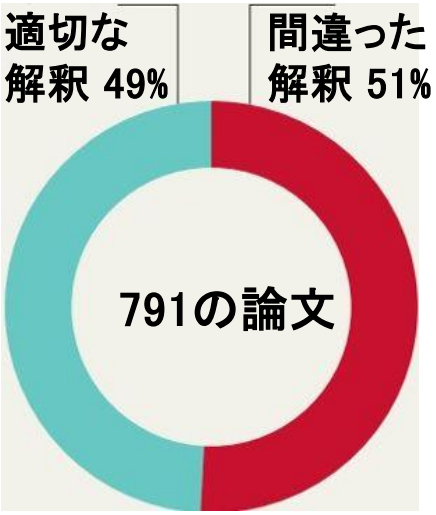


「統計的に有意でない」の解釈の間違いについて

V Amrhein, et al., Nature, 567: 305, 2019

統計的に有意でない結果が、約半数で「差なし」または「効果なし」を示していると解釈されている

P値が0.05などのしきい値より大きいからといって、あるいは信頼区間がゼロを含んでいるからといって、「差がない」あるいは「関連がない」と結論づけてはならない。



検定での命題

命題：「Aならば，Bである」
逆 ：「Bであれば，Aである」 ----- 誤
裏 ：「Aでなければ，Bでない」 ----- 誤
対偶：「Bでなければ，Aでない」 ----- 正

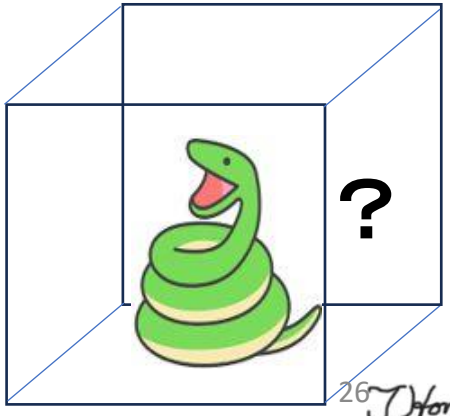
命題：「有意差があれば，がんのリスクがある」
裏 ：「有意差がなければ，がんのリスクがない」 -- 誤

100mSv以下で統計的は有意差がなくなる

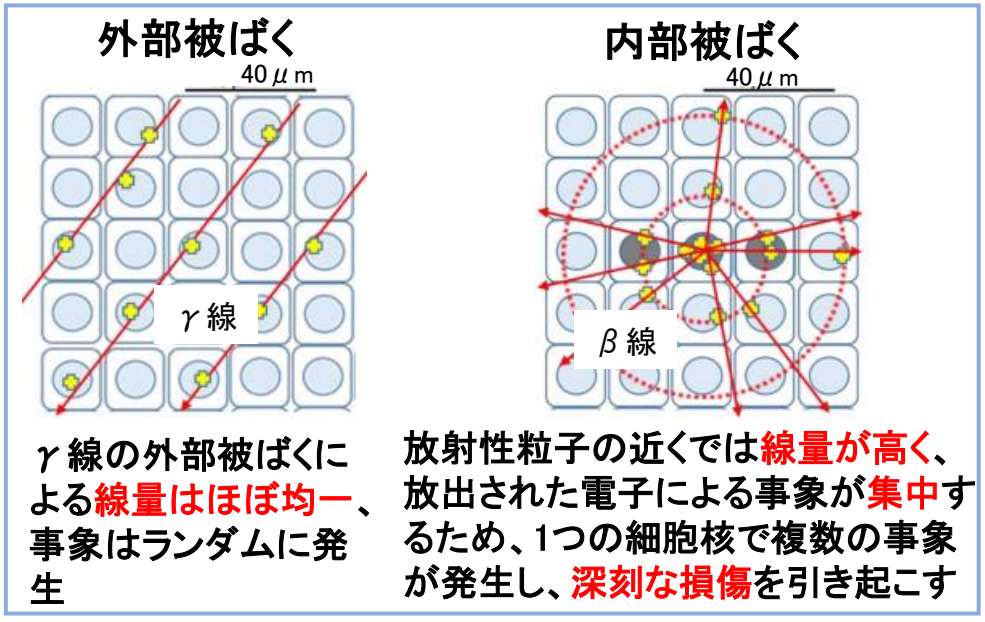
がんは発生しない 誤

がんが発生するかどうか明らかでない 正

箱の中に「へびがいない」と「へびがいるかどうか明らかでない」は全く違う



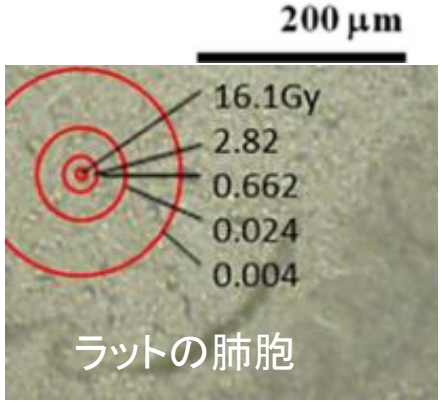
内部被ばくの場合、見かけは低線量でも中心部は高線量で重篤な障害



γ線の外部被ばくによる線量はほぼ均一、事象はランダムに発生

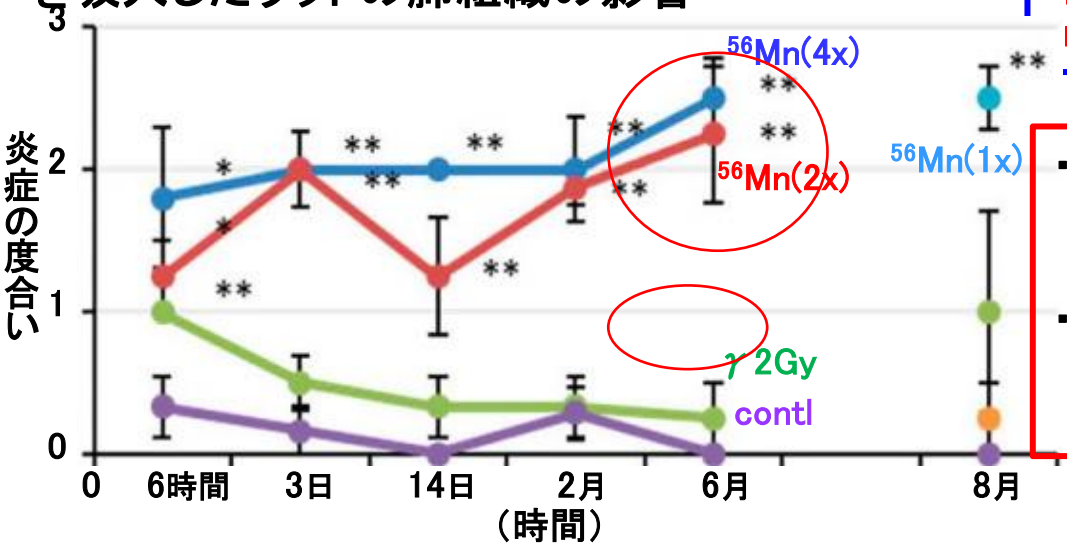
放射性粒子の近くでは線量が高く、放出された電子による事象が集中するため、1つの細胞核で複数の事象が発生し、深刻な損傷を引き起こす

(K.Shichijo et al. Biomed., 8, 171 (2020))



^{56}Mnによる肺組織の平均線量は0.1Gyでも中心部は10Gy以上の高線量

短半減期放射性マンガン(^{56}Mn半減期:2.58h)を吸入したラットの肺組織の影響



実験結果

- ^{56}Mnにより肺に持続的な障害(出血、肺気腫、炎症)
- 0.1 Gyの内部被ばくによる肺組織の障害は重篤
- 2 Gyのγ線外部被ばくによる障害はほぼなし
- 内部被ばく平均線量が 0.1 Gy であっても、中心部の線量は 10 Gy以上の高線量

- 短半減期放射性核種の内部被ばくは、組織に非常に大きな障害を与え、初期の影響が長期間持続する可能性
- 短半減期放射性ヨウ素等においても^{56}Mnと同様に、高線量・高線量率に作用した甲状腺組織に持続的な炎症や組織破壊が進行する可能性

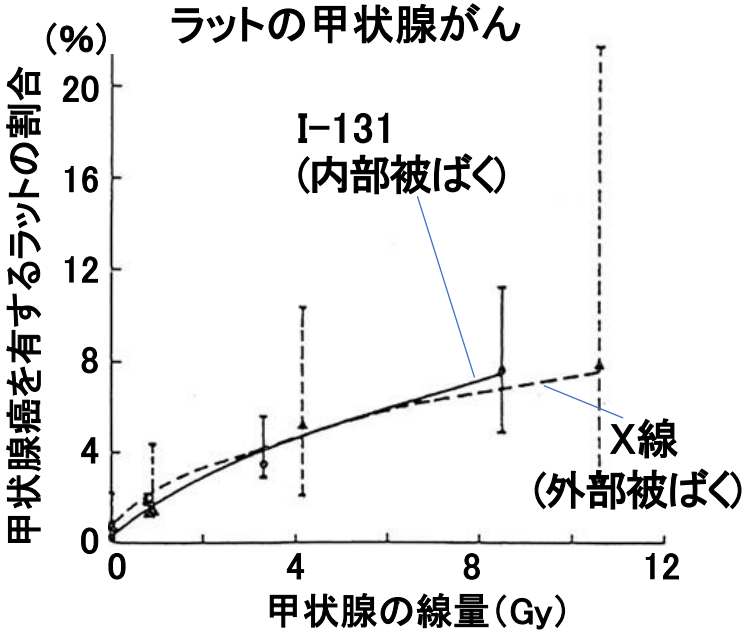
複合影響

放射線による発がんリスクは、他の物質との複合的な曝露の結果として評価されるべきである。
発がん性物質には、タバコ、ホルモン、ウイルス、金属などの遺伝毒性および非遺伝毒性化学発がん物質がある。

Y Shimada, et al. Genes and Environment, 29, 29－37 (2007)

複合影響の具体例

- 鉱山労働者における喫煙者の肺がん絶対リスクは非喫煙者の約3倍(Lubinら)
- 原爆放射線とC型肝炎ウイルス感染との間に統計的に有意な相互作用
- 妊娠中にX 線を照射したマウスに生後ENU(多くの動物種でDNA変異を誘発する発がん物質)を併用すると、より大きな発がん率を示した (Hoyes-KPら)

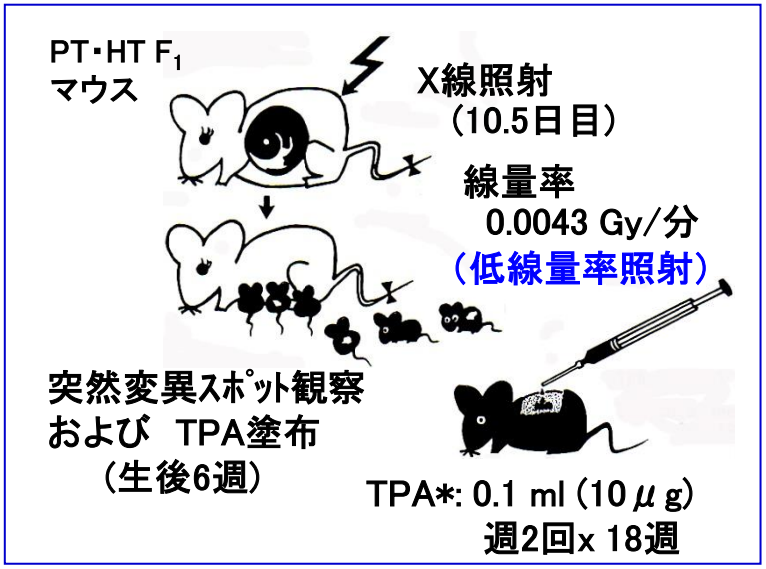


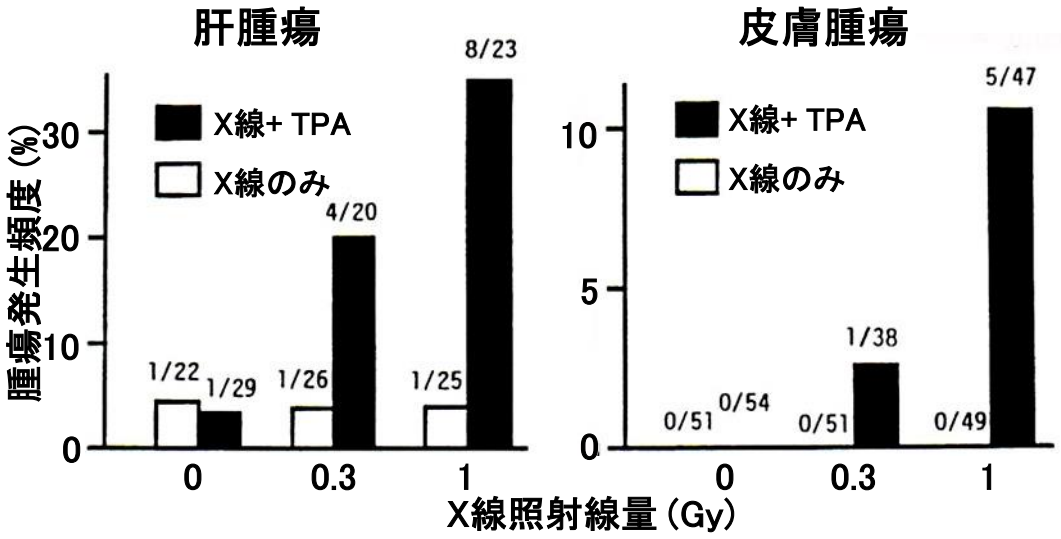
(Lee W, et al., Radiat Res, 92, 307-319, 1982)

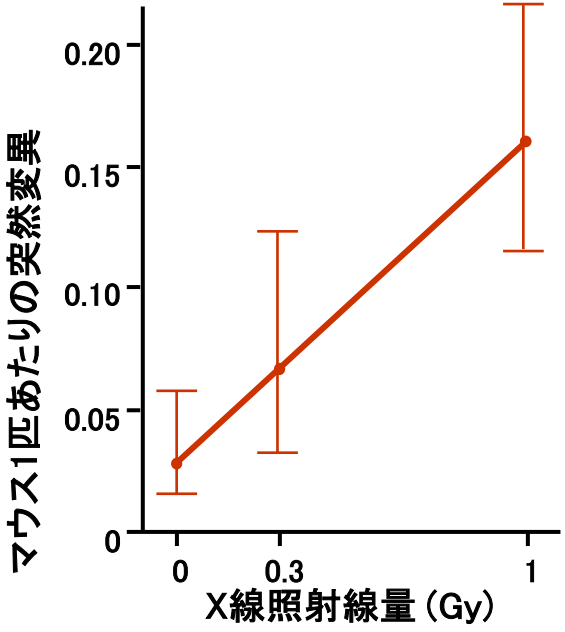
内部被ばくの影響に外部被ばくの影響が上乗せされる

複合影響　胎児期X線を浴びると生後有害物質によりがんが発生

イニシエーター（発がん物質）とプロモータ（がん促進物質）を示した実験例







放射線により誘発された胎児細胞の前腫瘍性病変は**突然変異と同じく受け継がれ**、生後に与えられたTPAにより腫瘍化したものと考えられる。

一度、少量の放射線を浴びた後、さらに様々な有害物質（たばこ、アルコール、放射性物質etc）に曝されることにより、がんになりやすくなる可能性がある（**複合影響**）

（Nomura T, Hongyo T, et al. Cancer Res, 50: 2135–2138, 1990）

TPA*:発がんプロモーター。ギャップジャンクションでの細胞間の正常な情報交換を阻害

J. Hongyo

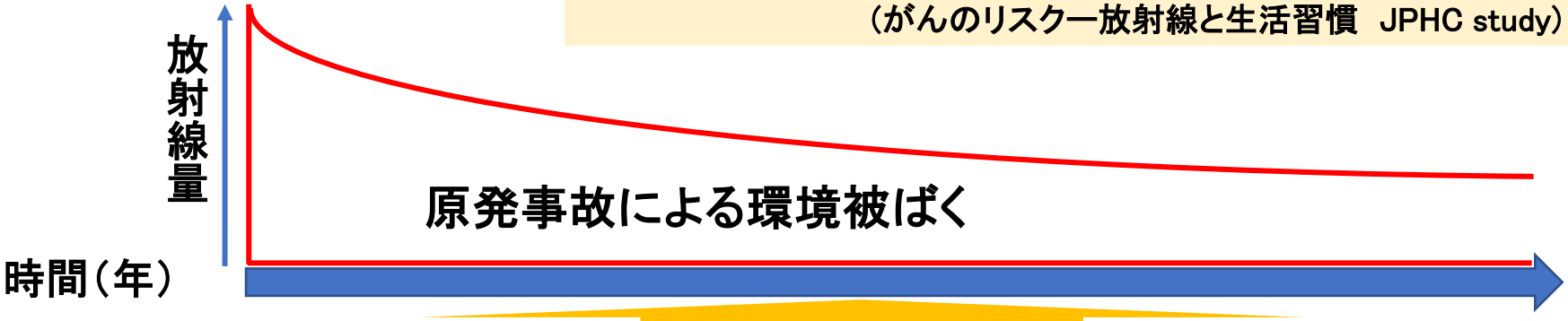
複合影響

被ばく、喫煙、飲酒などが、それぞれが単独で作用するのではなく複合的に作用すると考えるべき

被ばく量と喫煙、飲酒との発がんリスクの比較

相対リスク	被ばく量	喫煙	飲酒、その他
1.50−2.49	1000−2000mSv (1.8)	喫煙者(1.6)	大量飲酒(1.6) (450g以上/週)
1.30−1.49	500−1000mSv (1.4)		大量飲酒(1.4) (300−449g/週)
1.10−1.29	200−500mSv (1.19)		肥満(1.22) 高塩分食(1.13)
1.01−1.09	100−200mSv (1.08)	受動喫煙(1.02) (非喫煙女性)	
検出困難	100mSv未満		

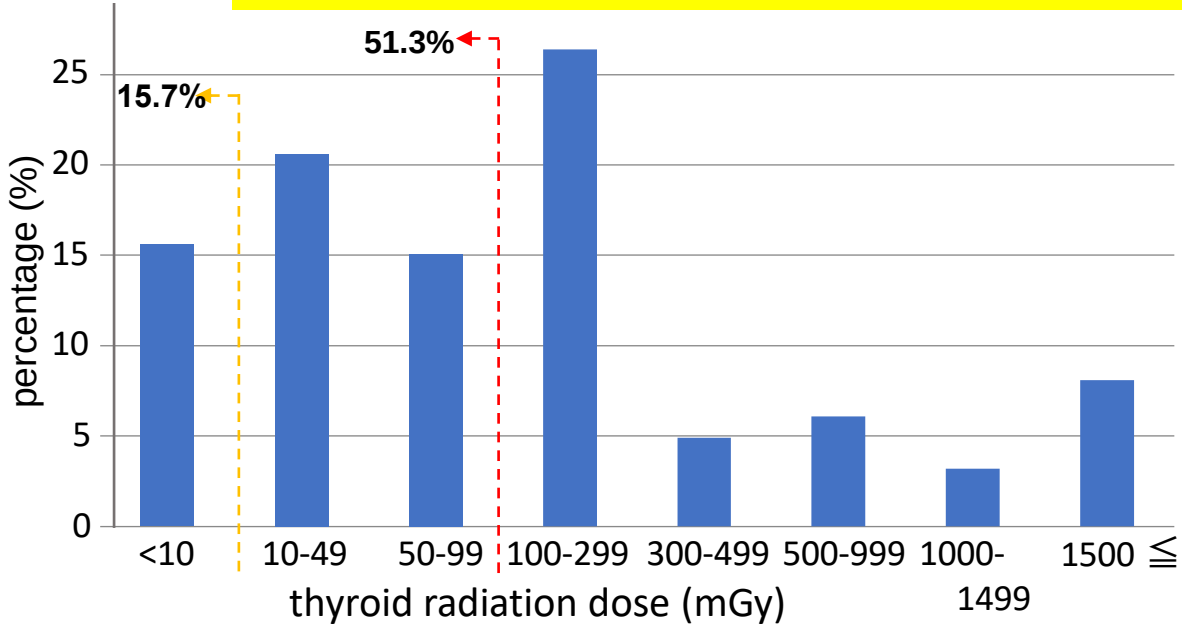
(がんのリスク—放射線と生活習慣　JPHC study)



有害物質　タバコ、アルコール、化学物質、ストレスetc　医療被ばく

J. Hongyo

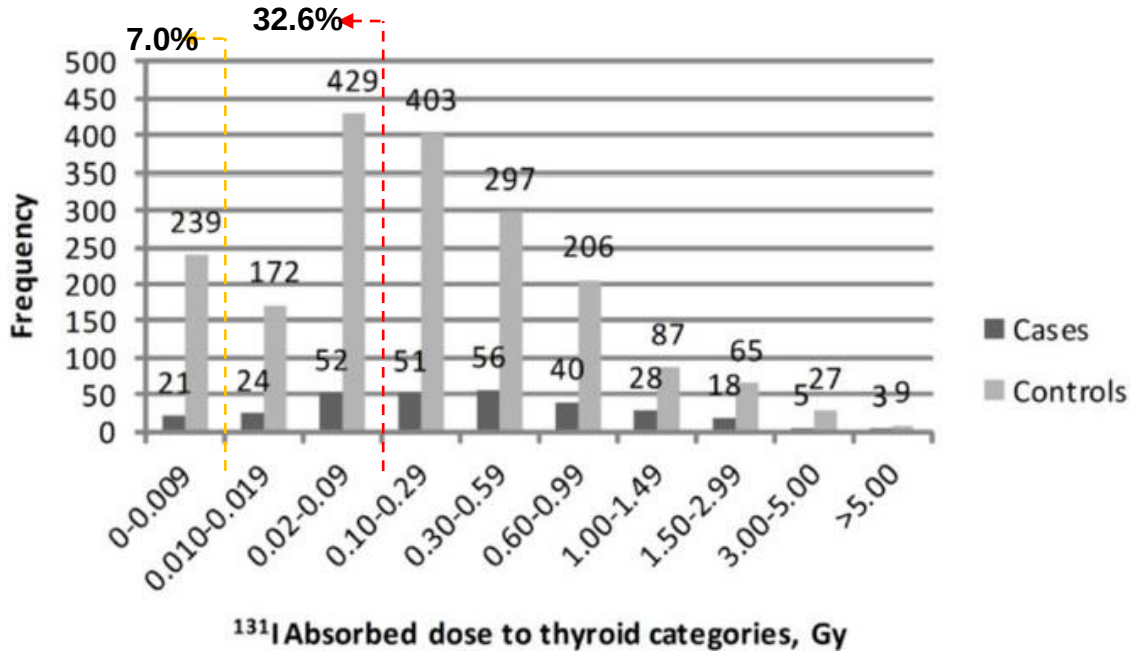
低線量被ばくでも甲状腺がんは発生している



ウクライナの小児甲状腺がん患者（手術時14歳以下）の甲状腺被ばく線量の分布
1986−1997年、345人

100mGy未満で51.3%,
10mGy未満でも15.7%
甲状腺がんが発生

M.D.Tronko et al. Cancer, 86,149 (1999)



ベラルーシとロシア連邦の18歳以下の甲状腺がん症例298人とマッチさせたコントロール1934人

100mGy未満で32.6%,
10mGy未満でも7.0%
甲状腺がんが発生

L.Zupunski et al. Cancers, 11,1481 (2019)

ま と め

1. UNSCEAR報告書の過小評価の原因は甲状腺係数や屋内退避効果を1/2に、不確実性が非常に高い吸入被ばく量を不自然に大幅に下げ、経口摂取の被ばくをほぼ無しにしたことによるところが大きい。
2. 1080名の小児甲状腺直接計測は、計測地点や計測方法に問題が多く、避難者の実際の被ばく量から大きくかけ離れた不適切なものであり、これを基準にしたチェルノブイリとの比較や推定値との比較は成り立たない
3. UNSCEAR報告書による小児の推定甲状腺吸収線量の平均値や中央値は非常に低くなっているが、その補足資料では、低くても、最大値は平均値の23 倍、中央値の100倍の例も示されている。

以上より、UNSCEAR報告書による福島の避難者の被ばく推定値は大きな過小評価と考えられ、その推定値に基づいた“人体への被ばく影響皆無論”や“多発している甲状腺がんの過剰診断論”は成り立たない

4. LNTモデルを指示する研究報告が増えていることや、たとえ低線量被ばくであっても、遺伝子による放射線感受性の個人差、内部被ばくの特性、複合影響等を考慮すると、“安全な被ばく量”は存在しないと考えられる

J. Hongyo

ご清聴ありがとうございました