

このスライドは、非営利かつ個人的な目的に限り閲覧することができます。

The following presentation slides are shared with symposium registrants exclusively for personal, non-commercial, educational purposes.

このスライドの著作権は、講演の発表者本人に帰属します（図表等の引用箇所は除く）。如何なる国・地域においても、また紙媒体やインターネット・電子データなど形態に関わらず、スライドの全部または一部を無断で複製、転載、配布、送信、放送、貸与、翻訳、販売、変造、二次的著作物を作成すること等は、固く禁止します。

Copyright of these slides belongs to the presenter and/or the Radiation Medical Science Center for the Fukushima Health Management Survey, Fukushima Medical University (except figures, tables, etc., cited from other sources). Authorized recipients should refrain from reproducing, reprinting, distributing, transmitting, broadcasting, loaning, translating, selling, modifying, or creating derivatives of any slides, in any physical or electronic medium anywhere in the world.

2022年 福島県立医科大学『県民健康調査』国際シンポジウム
公立大学法人福島県立医科大学放射線医学県民健康管理センター
国際シンポジウム事務局（広報・国際連携室）
✉ kenkani@fmu.ac.jp Tel: 024-581-5454(平日9～17時)

2022 Fukushima Medical University International Symposium on the Fukushima Health Management Survey
Secretariat of International Symposium
Office of Public Communications and International Cooperation, Radiation Medical Science Center for the Fukushima Health Management Survey,
Fukushima Medical University
✉ kenkani@fmu.ac.jp, TEL: +81-24-581-5454 (Weekday, 9a.m. - 5 p.m. JST)

放射線の遺伝的影響

広島・長崎とチェルノビルから学んだこと

福島医科大学「県民健康調査」国際シンポジウム

2022年3月5日（土）

公益財団法人放射線影響研究所（[放影研](#)）丹羽太貫

放射線の遺伝的影響

放射線を受けたら子供に**遺伝的影響**がでるのか？

- 放射線は体の細胞に**突然変異**を誘発する
- 突然変異で原爆被爆者には**がん**が増加する



- 突然変異は次世代に遺伝するといわれる
- そうなら放射線をあびた自分の子供は**奇形**や**がん**になるの？



ほんとなの??

- **広島・長崎**や**チェルノビル**ではどうだったの？
- **ほかの研究**ではどうなのか？

放射線の健康影響の基礎知識-歴史的出来事



- 1895年：レントゲンによるX線の発見と手の撮影
- 1896年：皮膚の脱毛・潰瘍の報告
- 1904年：エジソンの助手は手に癌を発し、後に死亡
- 1926年：放射線の突然変異作用の発見
- 1928年：国際放射線防護委員会（ICRP）の発足
- 1945年：広島・長崎の原爆、被爆者の追跡研究始まる
- ～
- 1986年：チェルノビル原発事故
- ～
- 2011年：福島原発事故
- ～
- 2022年：今も被爆者と被爆二世の方々の調査は続く



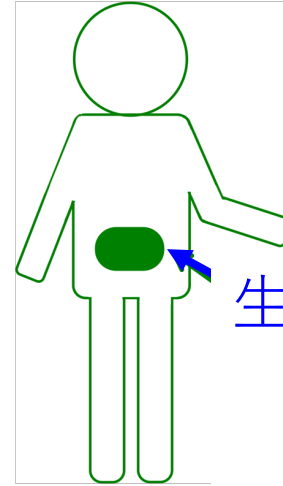
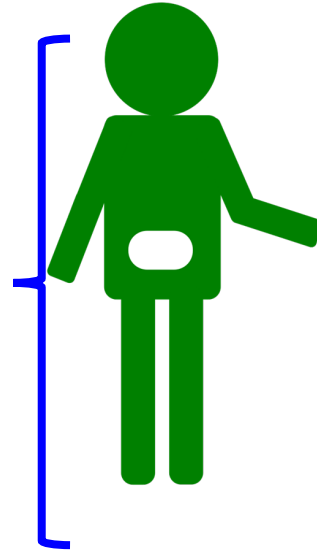
今日は遺伝的影響についての話です

基礎知識：体細胞と生殖細胞

体細胞：37兆個



体細胞は使い捨て
生老病死の対象



生殖細胞

成人女性：200万個、排卵数500

成人男性：10億個、受精数個



生殖細胞は不死

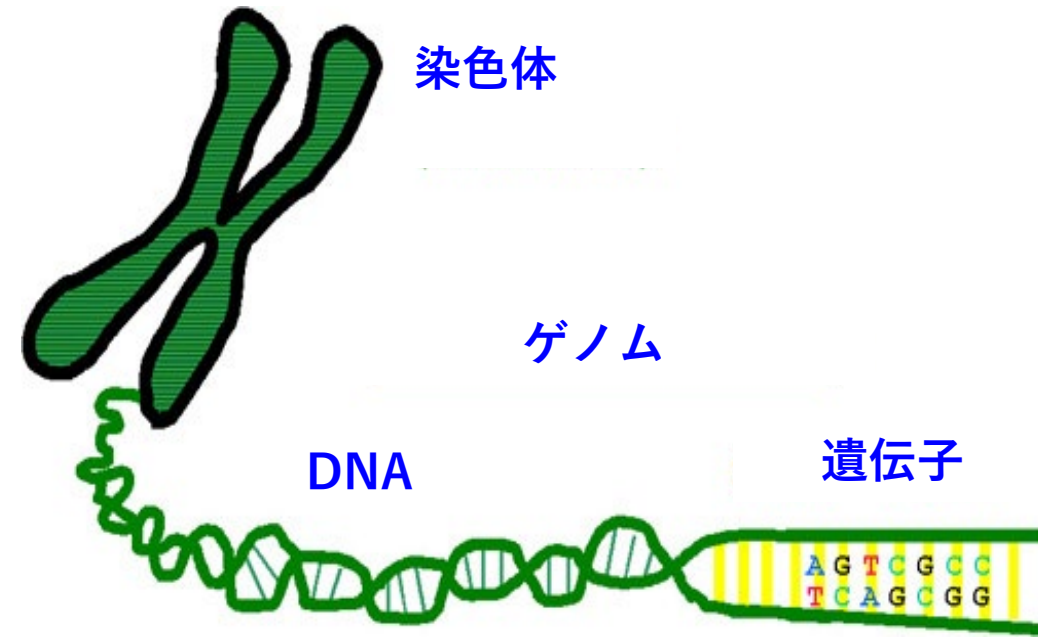
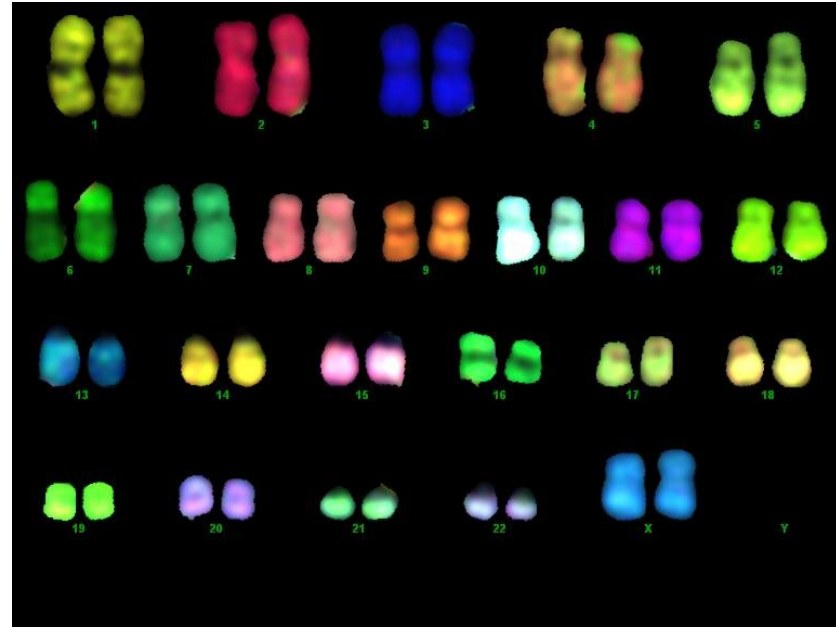
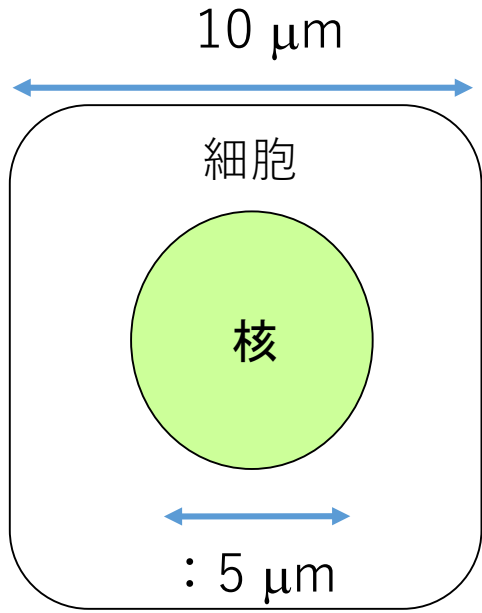
子供の最初の細胞になる

生殖細胞は大切に作られ、

とりわけ女性では

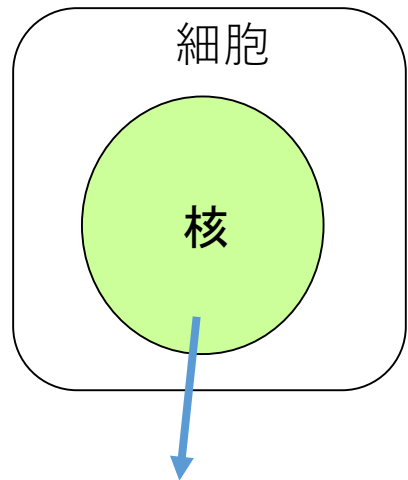
慎重に作られている

基礎知識：細胞、染色体、DNA、遺伝子、ゲノム

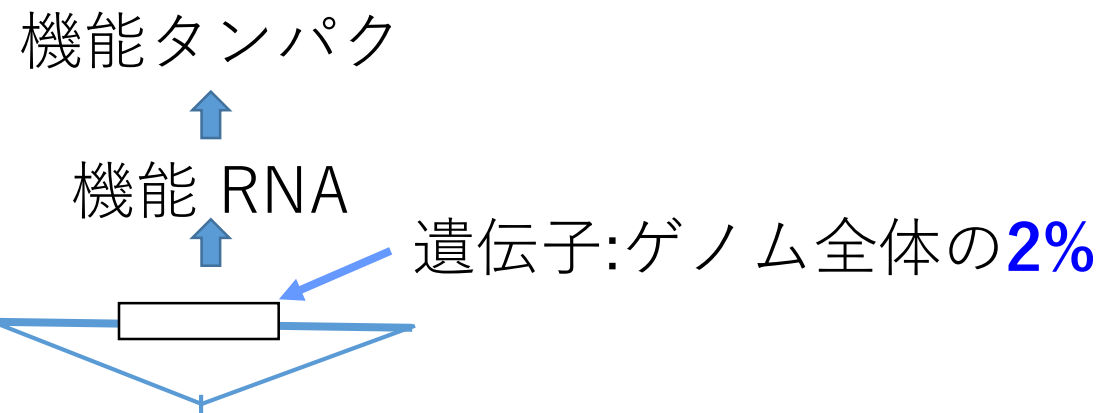
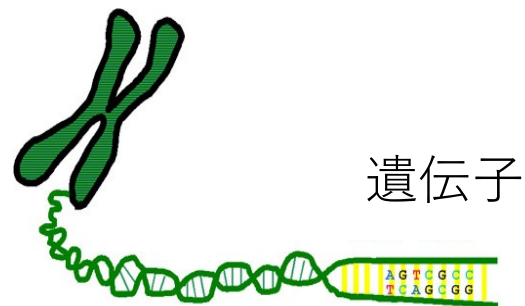


- 細胞の核は、**父母**からのそれぞれ**23の染色体**のセットが2つ入っている
- 染色体では**DNA**がクロマチン構造をとって折りたたまれている
- **23本**で一組の**染色体セット**に含まれている DNA 全体を**ゲノム**とよぶ
- **ゲノムDNA**には機能 **RNA** と機能タンパクの情報をもっている**遺伝子**が含まれる

基礎知識：遺伝子、機能タンパク、機能RNA



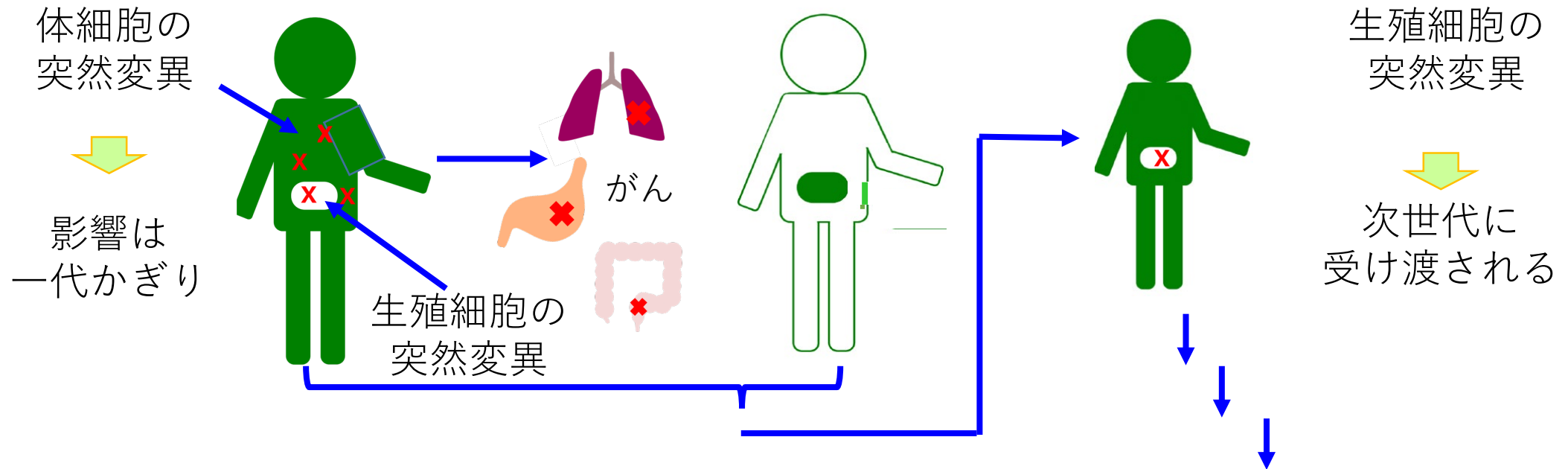
- 父母からもらうゲノム DNA はそれぞれ**30億塩基対**ある
- **30億塩基対**のゲノムDNAのなかで、**遺伝子**は**2%**を占める
- 遺伝子から読み取られた配列情報から、**機能 RNA** や**機能タンパク**が**作られ**、それらの機能で生体が保たれる
- 遺伝子部分のDNA配列が**変異**すると**健康が害される**ことがある



30億塩基対のゲノムDNA

A horizontal line with arrows at both ends, representing the 30 billion base pairs of the genome DNA.

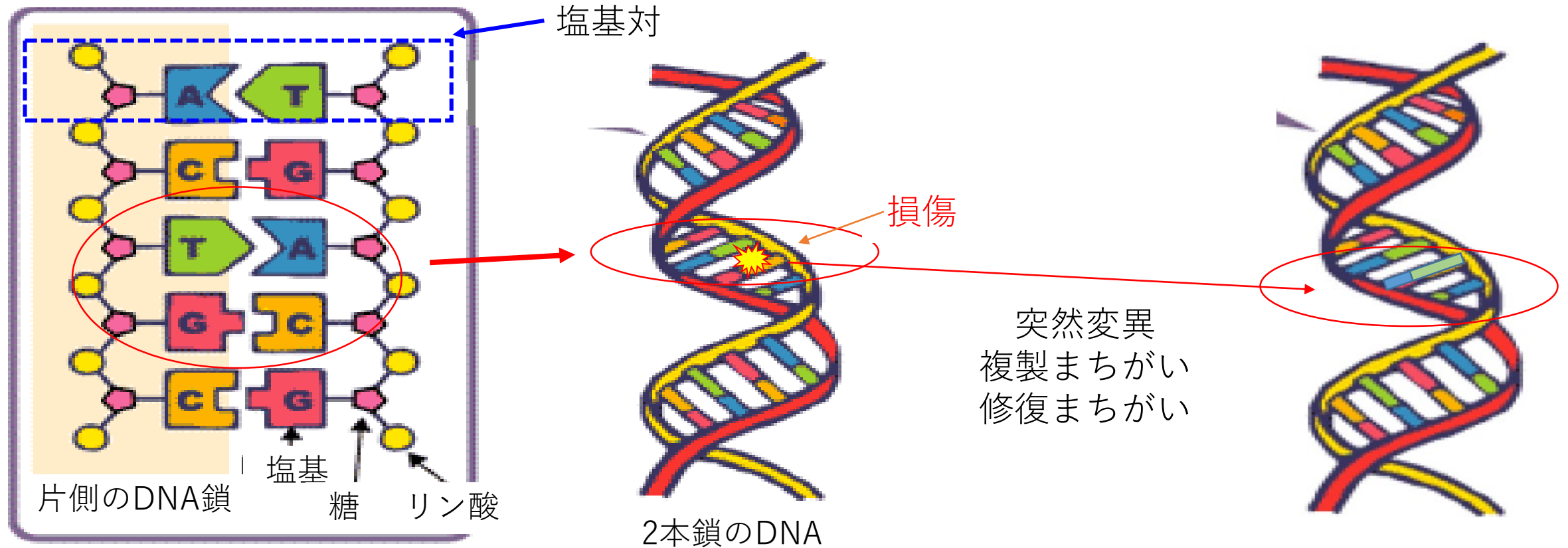
基礎知識：体細胞と生殖細胞と突然変異



突然変異の定義：古典的な遺伝子突然変異と、今日のDNA突然変異

- **遺伝子の突然変異**：何らかの影響がある場合が多い（例えば遺伝病）
- **DNAの突然変異**：DNAの突然変異で影響があるのは遺伝子部分の場合

基礎知識： なおDNA には突然変異がつきもの

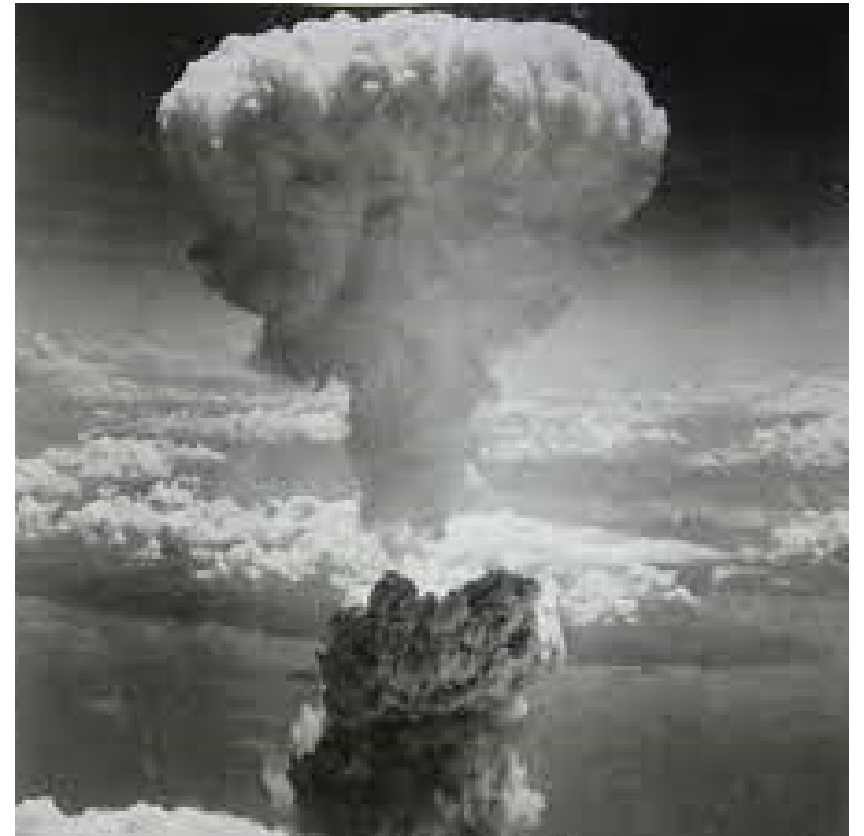
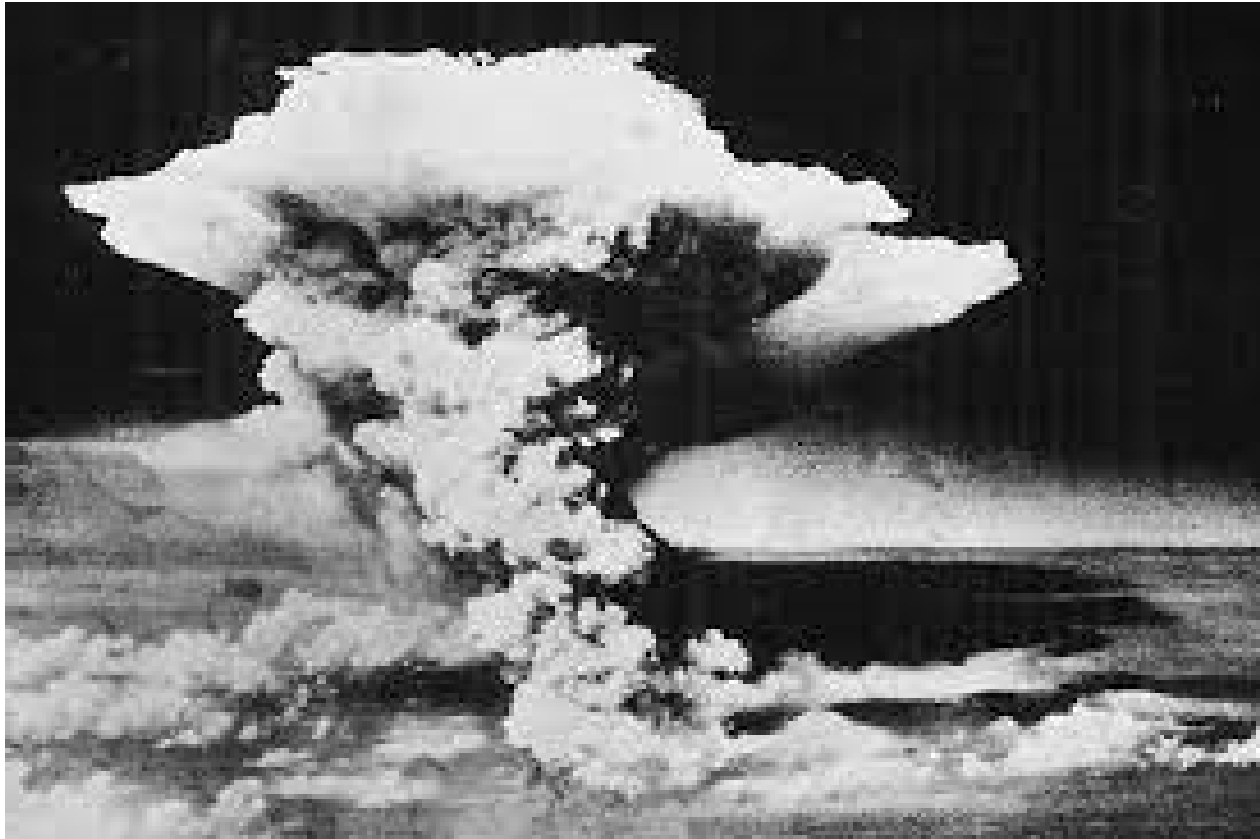


我々の細胞のDNA はいろいろな原因で日々損傷を受けている

自然損傷（主に酸化ラジカル）：数万損傷/日

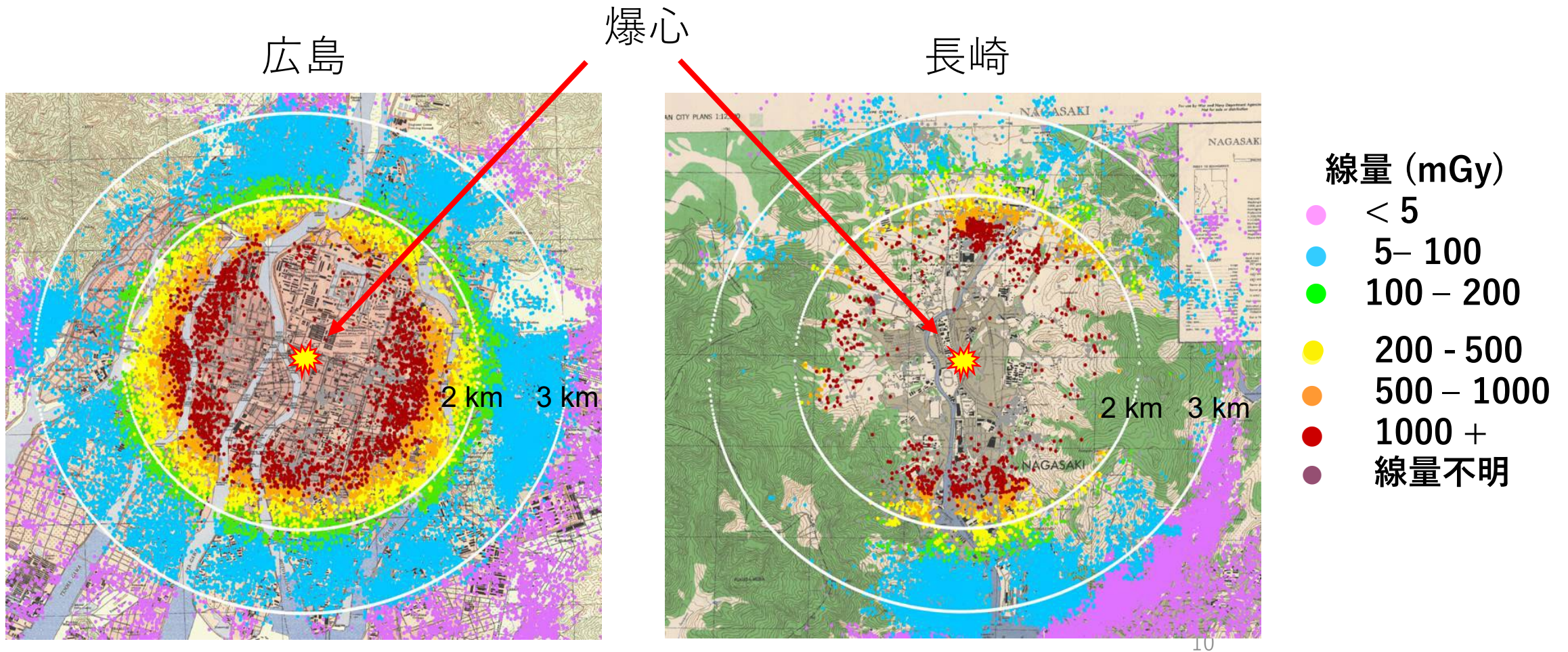
放射線：4000損傷/ 1 Gy （1 グレイ = 1シーベルト、あるいは1000 mGy = 1000 mSv）

さて放射線の遺伝的影響：原爆と放影研の研究



- 1945年8月6日：広島、ウラン爆弾、9万人死亡
- 1945年8月9日：長崎、プルトニウム爆弾、7万4千人死亡
- 1947年：ABCCの設立、被爆者12万、被爆二世7万7千人の健康追跡調査開始、二世の研究は2060年まで続く

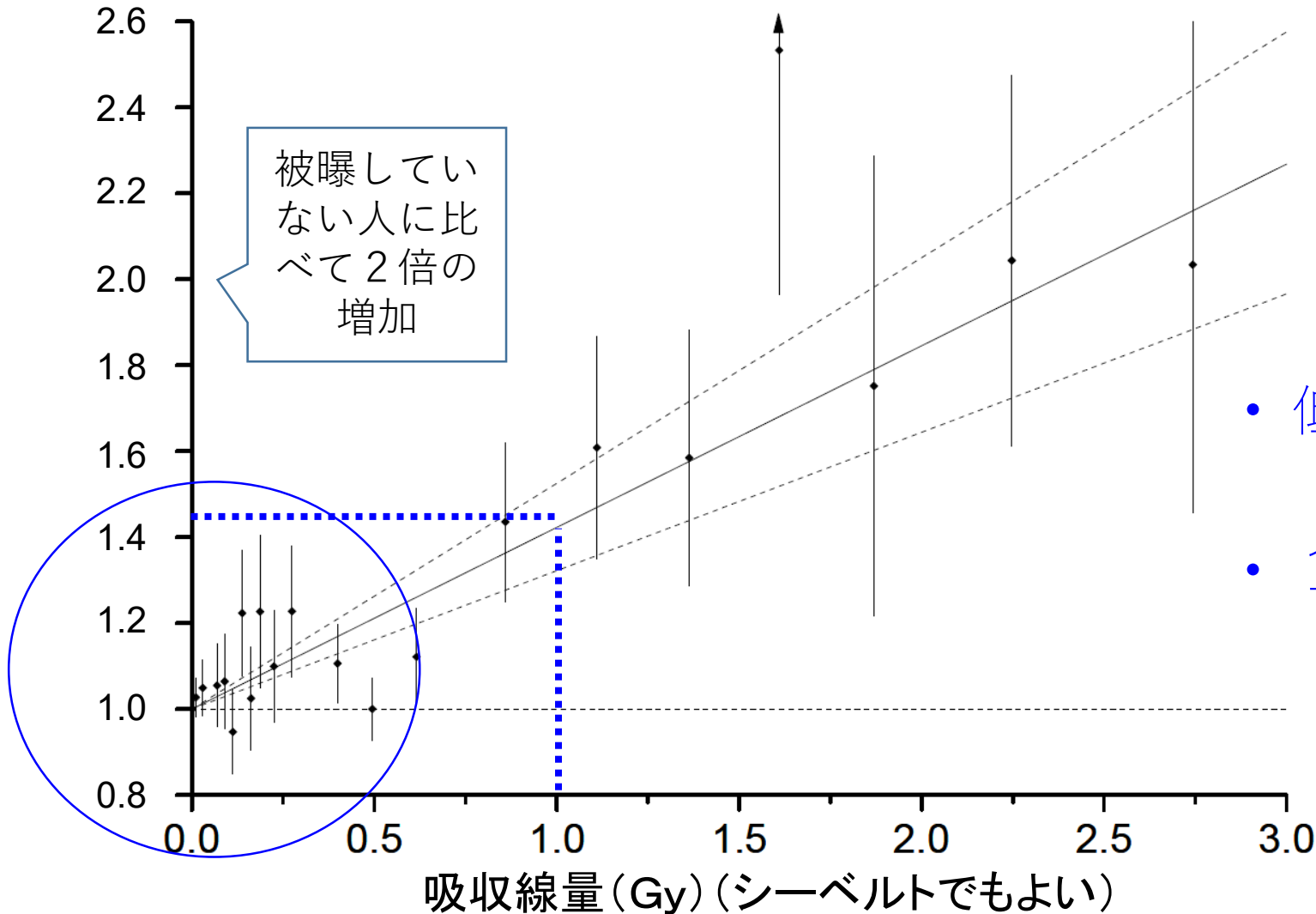
放影研の研究：被爆者の線量推定



- 原爆の出力、被爆の位置（聞き取り）、遮蔽状況、から線量を計算した
- 他の線量推定の方法で得た線量とも一致し、たいへんに正確

放影研の研究：被爆者の固形がん死亡のリスクは有名放射線防護の基盤であるリスク推定に使われている

相対リスク 30歳被爆で70歳死亡のリスク



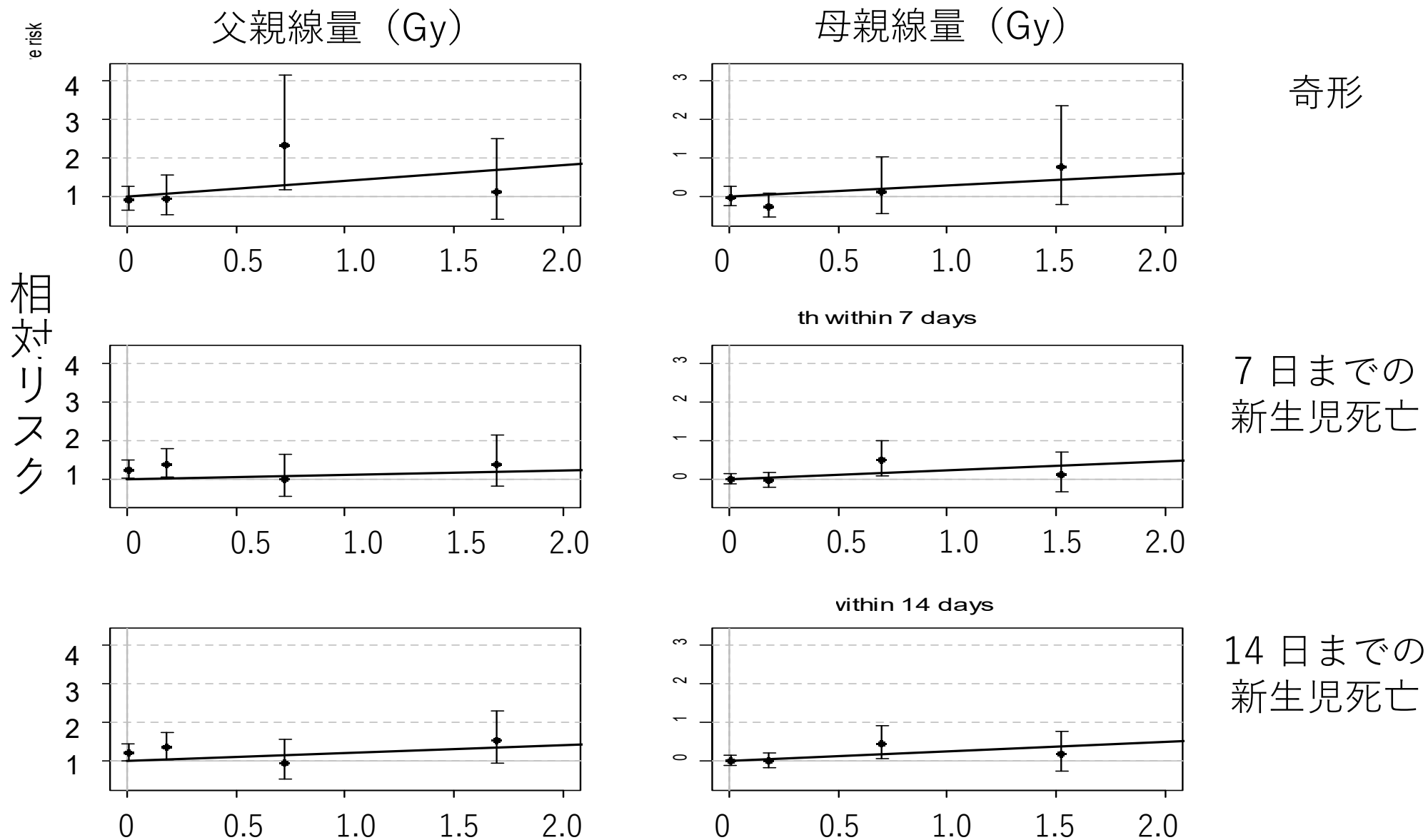
- 低線量域ではばらつきが大きくリスクの増加は有意ではない
- 1 Gyでがんリスクは1.5倍

小笹ほか、2012

放影研の研究：被爆二世での遺伝的影響の調査

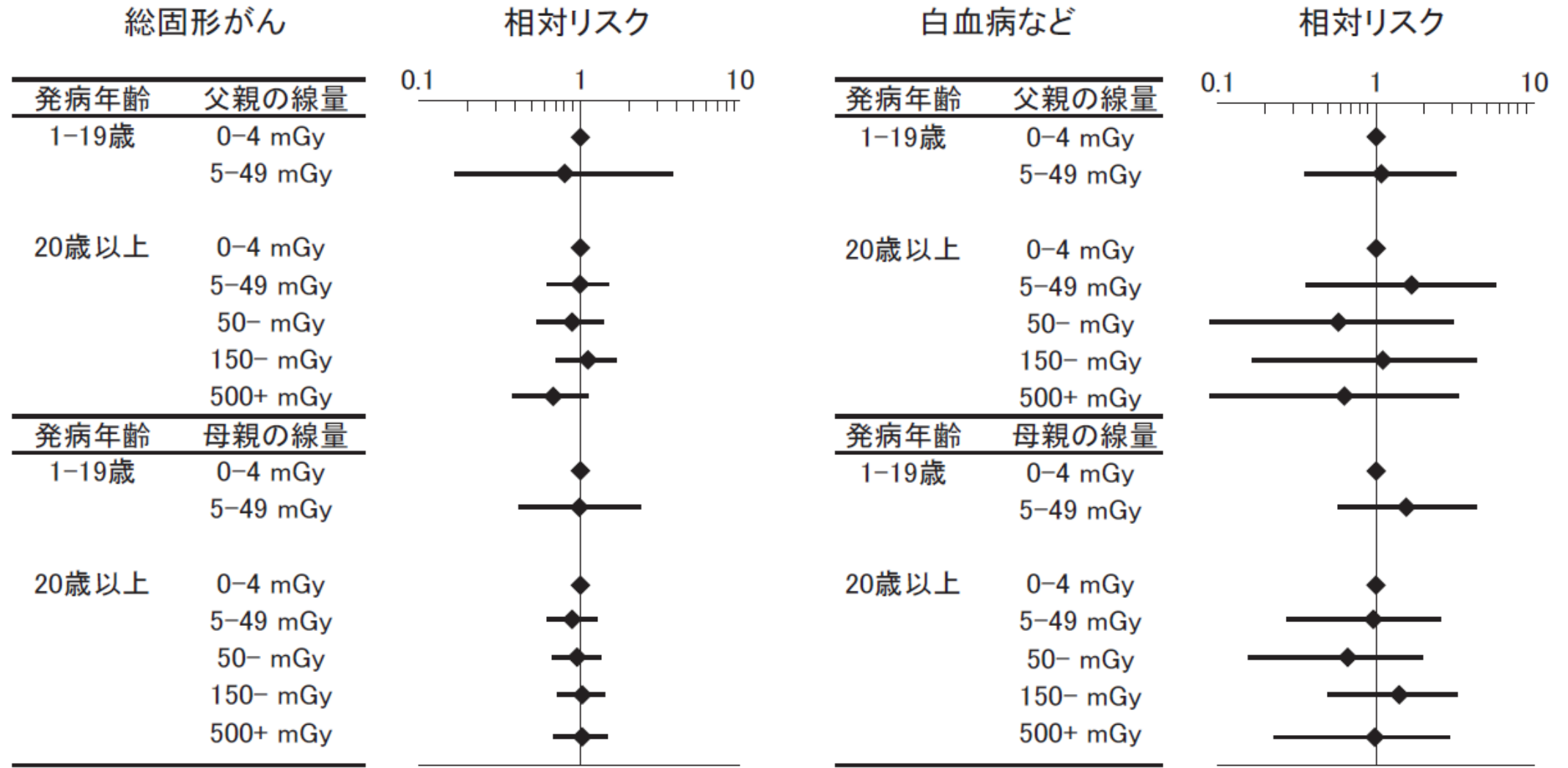
調査期間	調査内容
① 1948-1954年	出生時障害（妊娠終結異常、奇形、新生児死亡） 人数：77,000人
② 1948-1962年	被爆者の子供における男女比
③ 1967-1985年	被爆者の子供における染色体異常
④ 1975-1985年	被爆者の子供における血液蛋白質の突然変異
⑤ 2021年	①の出生時障害データの再解析
⑥ 1948 - 現在	被爆者の子供における死亡率およびがん罹患率

放影研の被爆二世研究：出生時調査



いずれも影響があると言えない

放影研の被爆二世研究：がん罹患 (2003年論文)



1946 - 1984 年生まれた7万人余の被爆二世の1997 年まで追跡

放影研の被爆二世研究：がん死亡（2015年論文）

母親被曝の二世			父親被曝の二世		
線量・mGy	死亡人数	ハザード比	線量・mGy	死亡人数	ハザード比
0	806	1	0	1003	1
1-49	184	1.092	1-49	93	0.943
50-149	67	0.883	50-149	31	0.735
150 - 499	81	1.046	150 - 499	42	0.973
500 -	56	0.970	500 -	35	0.830
線量不明	52	0.721	線量不明	42	0.782

1946–1984 年生まれ、7万人余の被爆二世の解析

いずれも影響があるとは言えない

Grant 他、2015 年論文

放影研の被爆二世研究：がん以外の疾患（2015年論文）

母親被曝の二世			父親被曝の二世		
線量・mGy	死亡人数	ハザード比	線量・mGy	死亡人数	ハザード比
0	2525		0	3034	
1-49	548	1.045	1-49	315	0.972
50-149	232	0.969	50-149	140	0.986
150 - 499	236	0.962	150 - 499	140	0.966
500 -	176	0.991	500 -	145	1.061
線量不明	220	1.027	線量不明	163	0.987

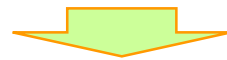
1946-1984 年生まれの7万人余の被爆二世の解析

これもやはり影響があるとは言えない

Grant 他、2015⁶年論文

放影研の被爆二世研究：現段階でのまとめ

- 原爆被爆者では、がんやがん以外の心疾患などの増加が明らかになっている
- 被爆二世では、出生時に始まり、その後のがんおよびがん以外の疾患（例：心疾患）による死亡は、親の被爆による増加なし
- いまや被爆二世の平均年齢は、60歳というがんやがん以外の疾患の多発年齢を越え、今後とも注意深い追跡調査が必要
- 以上、被爆二世の遺伝的影響の解析では疾患の増加の有無を調べてきた。



影響は見られていない

放影研以外での二世研究

放影研の被爆二世の追跡研究では、親の原爆被爆の影響と疾患の関係はみられていないが、それを支持するほかの研究はあるのか？



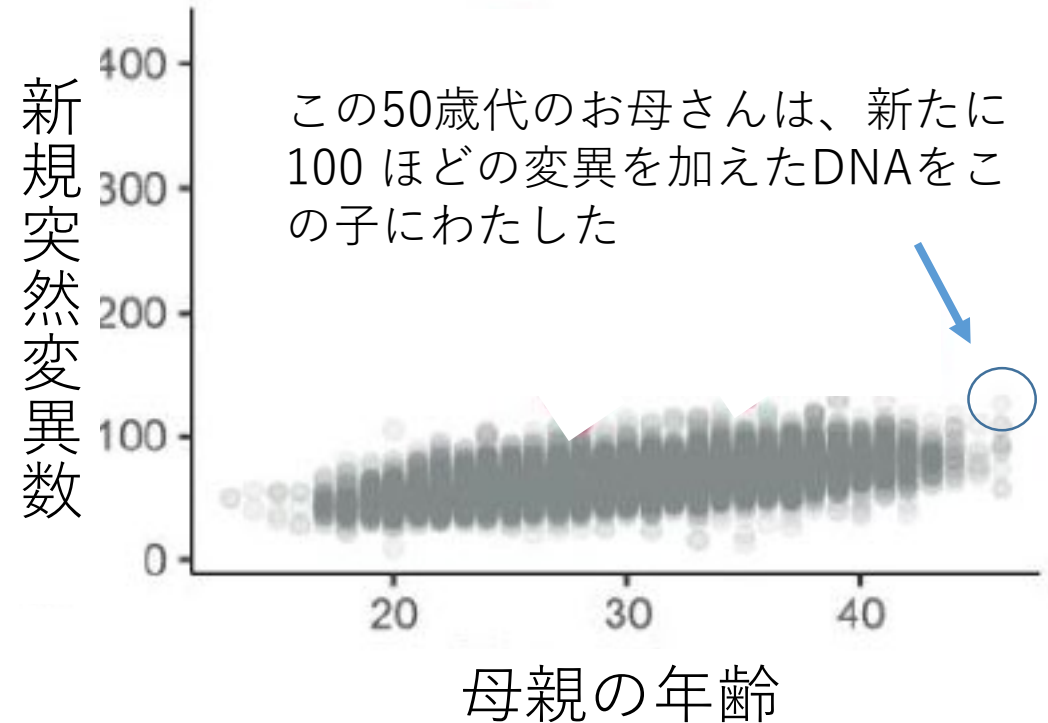
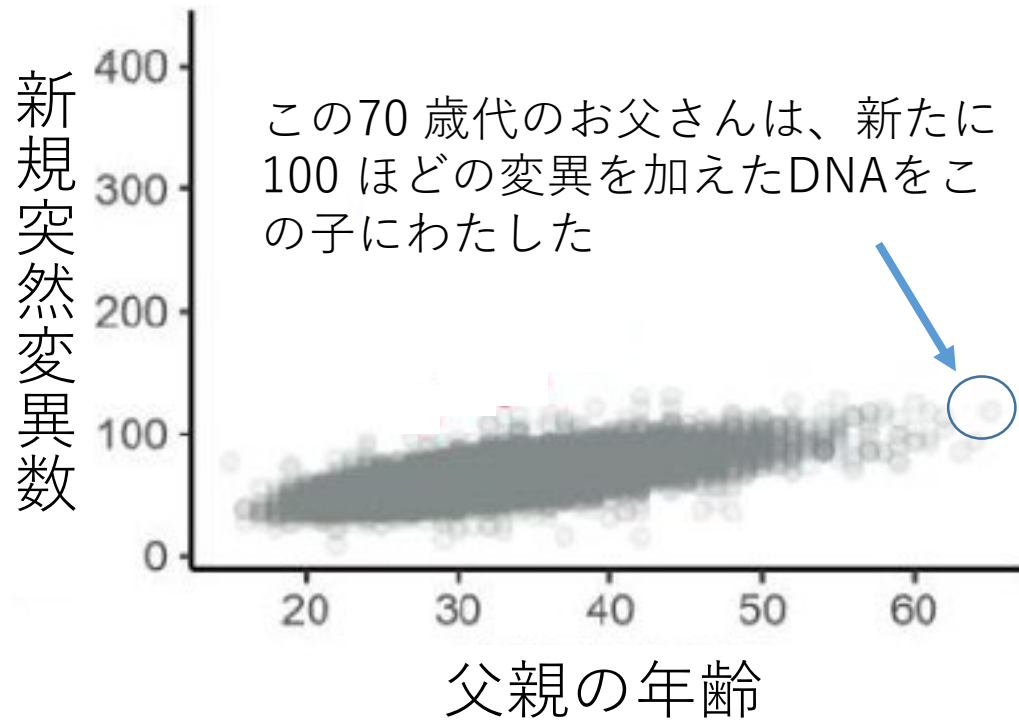
- 放射線治療患者の子供の疫学研究
 - 親の生殖腺が受けた線量は、被爆者よりもよほど高い。
でもこれまでの研究で子供での健康影響は見られていない



これまでは疾患でみた遺伝的影響の結果
DNA レベルの解析がどうなるのか、確認が必要！！

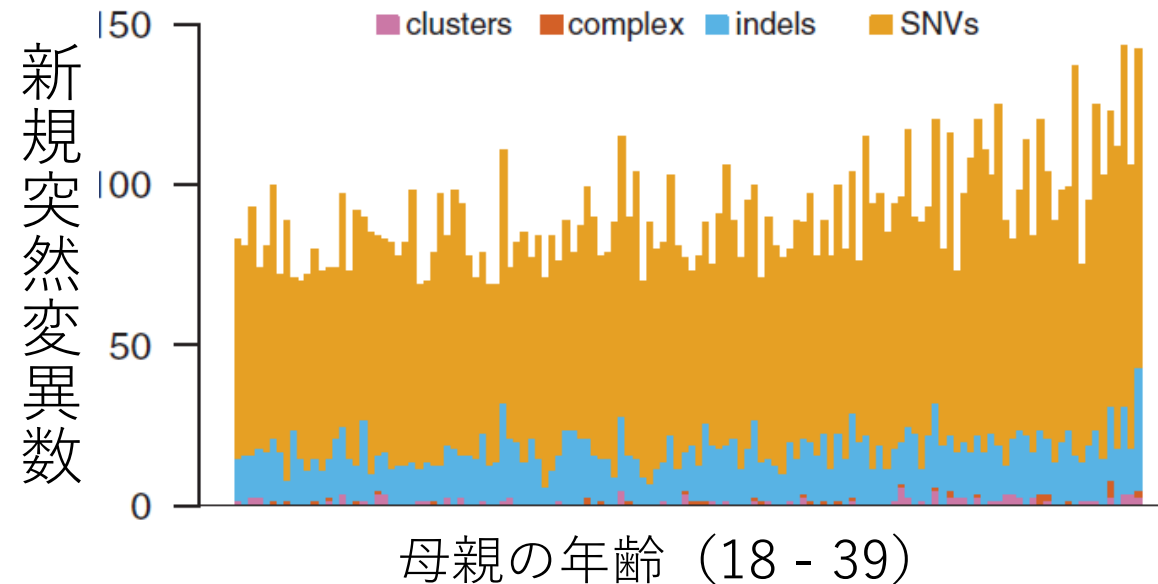
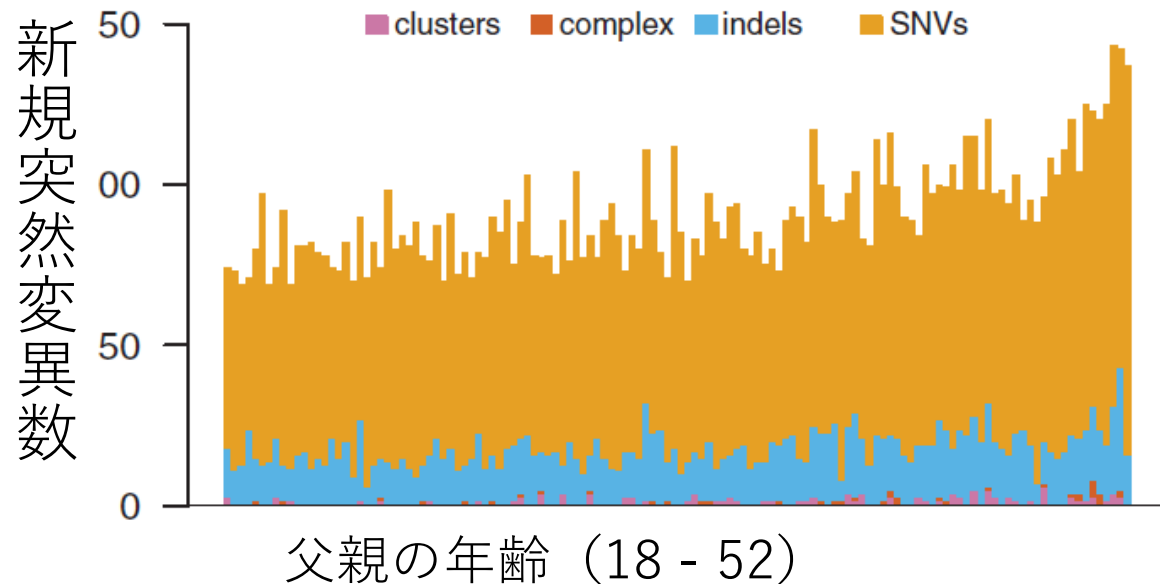
その前に：自然突然変異の解析

2万2千家族の子供の DNA 解析：親になく子で見つかる新規の突然変異



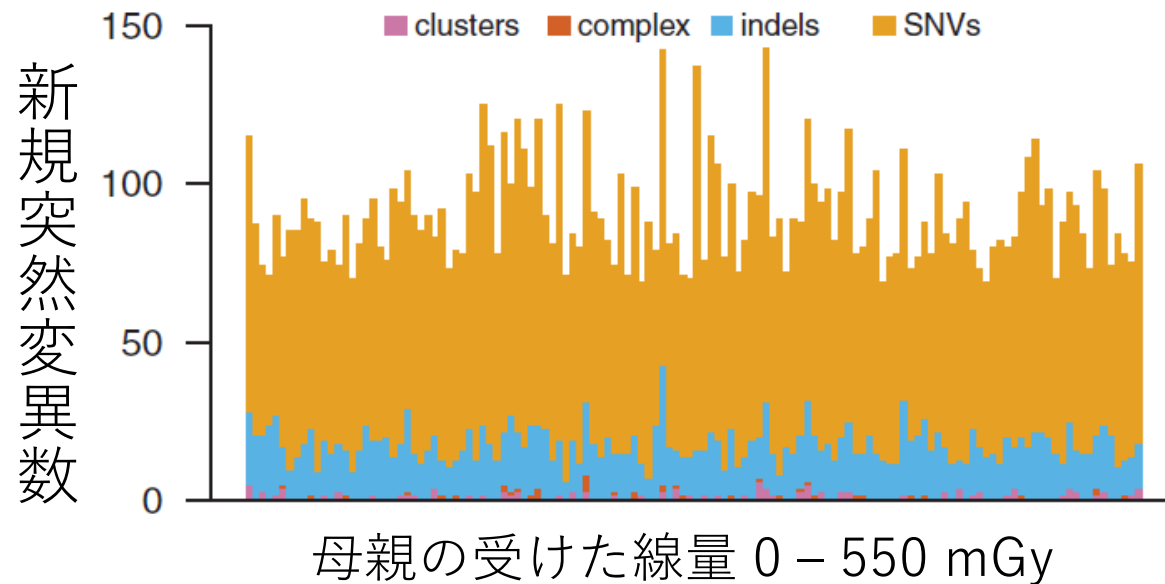
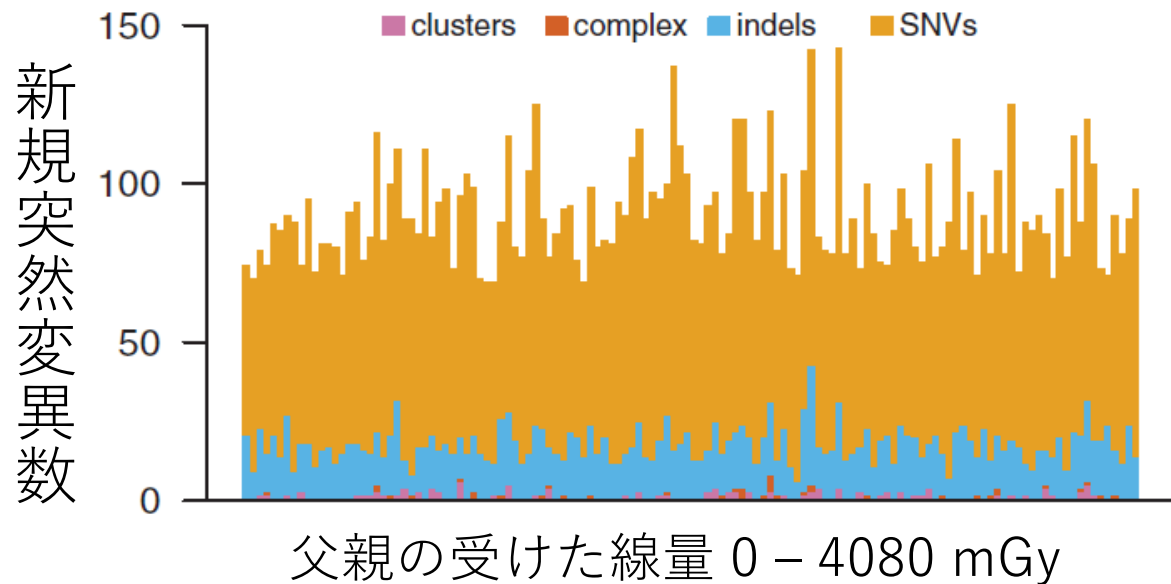
- 親の年齢とともに生殖細胞での自然突然変異が増加する
- 普通の妊娠では、50 – 100の新規突然変異が見つかる
- でもそれらが子供に影響する例はまれ

チェルノビル事故作業者の130人の子供のDNA解析 — 授精時の**両親の年齢** —



- チェルノビル原発事故処理に加わった作業者には、線量の高い方もおられ、34名が放射線の**急性障害**で死亡している
- 作業者の子供に見つかる新規突然変異は、**親の年齢に依存して増加**している

チェルノビル事故作業員から生まれた130人子供の解析 — 両親の被曝線量 —



作業員の子供での新規突然変異は、親の放射線量と関係しない

残された問題

- これまでの研究からは、被爆者から生まれた被爆二世で、健康障害の増加は観察されていない
- 放射線治療を受けた方の子供さんでも、親の線量に応じた健康障害は観察されていない
- チェルノビル事故での作業者の方の子供についての全ゲノム解析でも親の線量に応じた突然変異の増加は観察されていない
- そして生殖細胞には、自然突然変異が常に生じる



答えを待つ問題

- ショウジョウバエやマウスで放射線の遺伝的影響が明らかになっているのに、なぜヒトでは見えないのか？

ご清聴ありがとうございます

このスライドは、非営利かつ個人的な目的に限り閲覧することができます。

The following presentation slides are shared with symposium registrants exclusively for personal, non-commercial, educational purposes.

このスライドの著作権は、講演の発表者本人に帰属します（図表等の引用箇所は除く）。如何なる国・地域においても、また紙媒体やインターネット・電子データなど形態に関わらず、スライドの全部または一部を無断で複製、転載、配布、送信、放送、貸与、翻訳、販売、変造、二次的著作物を作成すること等は、固く禁止します。

Copyright of these slides belongs to the presenter and/or the Radiation Medical Science Center for the Fukushima Health Management Survey, Fukushima Medical University (except figures, tables, etc., cited from other sources). Authorized recipients should refrain from reproducing, reprinting, distributing, transmitting, broadcasting, loaning, translating, selling, modifying, or creating derivatives of any slides, in any physical or electronic medium anywhere in the world.

2022年 福島県立医科大学『県民健康調査』国際シンポジウム
公立大学法人福島県立医科大学放射線医学県民健康管理センター
国際シンポジウム事務局（広報・国際連携室）
✉ kenkani@fmu.ac.jp Tel: 024-581-5454(平日9～17時)

2022 Fukushima Medical University International Symposium on the Fukushima Health Management Survey
Secretariat of International Symposium
Office of Public Communications and International Cooperation, Radiation Medical Science Center for the Fukushima Health Management Survey,
Fukushima Medical University
✉ kenkani@fmu.ac.jp, TEL: +81-24-581-5454 (Weekday, 9a.m. - 5 p.m. JST)