

放射線の被ばくが色や形の変化でわかる!? ～放射線で起こる染色体異常の話～

染色体ってなに?

染色体とは、遺伝子の集合体として親から子供への生物としての“設計図”を伝える運び屋(遺伝子の入れ物)の役割を果たしています。よく皆さん耳にするDNAは、複雑なクロマチン構造(図1)を作って染色体を構成し、細胞核の中に小さく折りたたまれています。染色体の名前は、色素でよく染色することができるところから染色体(chromosome)と呼ばれるようになり、細胞分裂をしている最中にこのような形で顕微鏡で簡単に観察することができます。

図2はマウスの染色体の写真で、人間の染色体は23対で46本あるのに対して、マウスの染色体は20対で40本になります。また、この写真的染色体はM-FISH法というマウス染色体20対をそれぞれ染め分けることができるという特別な技術を用いたものです。この技術によって、染色体に発生する異常を、色や形の変化から比較的簡単に見分けることが可能になりました。

染色体異常はなぜ起こる

染色体異常は、様々な環境要因(酸化ストレス、化学物質、放射線)で発生し、歳をとれば増加することが知られています。

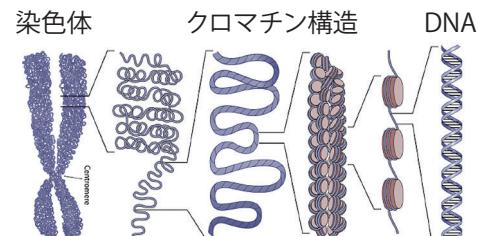
例えば、染色体が切断される(図3)と、その部分が再結合できなかったり(欠失)、つなぎ直す機能があっても誤って修復をしてしまい、元とは違う染色体ができたりします(転座)。

染色体異常を色と形で見分ける

右図は「転座」の例です。切れた染色体が、別の番号の染色体とつなぎ直されて発生します。これは、2番と7番の染色体の間で起きた転座の例です。

染色体異常は、放射線量が増えるほど増加することが知られていましたが、低線量率放射線でどの程度まで検出できるかは分かっていませんでした。そこで、低線量率放射線を照射したマウスの染色体異常について調査を行いました。

図1 染色体はDNAの集合体です



出典: Jansen and Verstrepen-Microbiol. Mol. Biol. Rev. (2011), 75(2), 301–320.の図1を改変

図2 メスマウス染色体の写真です

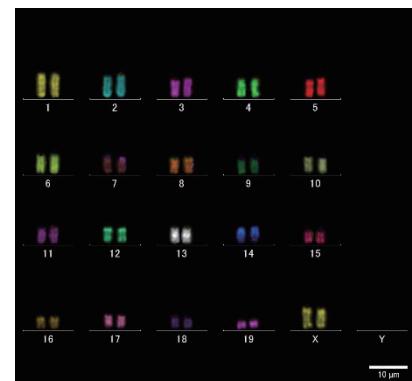


図3 染色体異常(転座)の発生

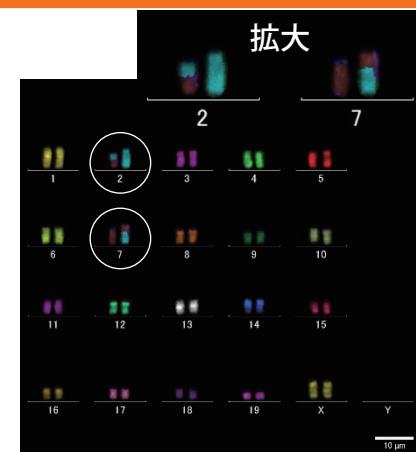
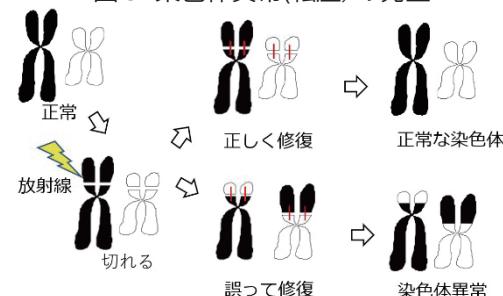


図4 染色体異常の写真

より詳しくご理解いただくために

- 平成17～30年度の14年間に実施した「生物学的線量評価実験調査」及び「低線量率放射線に対する分子細胞応答影響実験調査」の成果の一部です。

放射線の被ばくの影響を知ることは社会的に重要であると考えられており、高線量率放射線の影響を見る場合には、血液中のリンパ球の染色体異常頻度を調べることが感度の良い方法であることが分かっています。染色体異常は自然にもごくわずかに発生しますが、低線量率放射線で起こる染色体異常の発生頻度については研究データが少なく、高線量率放射線の場合と違いがあるのか明確には分かっていませんでした。そこで、実験用マウスに低・中線量率放射線の長期連続照射を行い、染色体異常頻度について調査を行いました。

- 低・中線量率の放射線を連続照射されたマウスでは、低線量率から中線量率、高線量率の範囲で染色体異常頻度に線量率効果が見られました。

線量率や線量の高・低については、現在、国連科学委員会(UNSCEAR)が定義したものが一般的に用いられています(表1)。今回の調査では、表2に示すように低線量率から中、高線量率の範囲までの放射線(放射性セシウムから出るガンマ線)を実験用マウスに照射し、線量率と染色体異常の発生頻度の違いについて調査を行いました。

表1 低線量率と低線量の目安

	低	中	高
線量率 (mGy/分)	< 0.1	0.1~99	100 \leq
(mGy/日)	< 144	144~144,000	144,000 \leq
線量 (mGy)	< 200	200~2,000	2,000 \leq

(国連科学委員会1993年報告)

生後8週齢のマウスにそれぞれの線量率で照射した後、脾臓細胞中のリンパ球の染色体異常解析を行い、線量率ごとの線量効果曲線を作成し比較を行いました。結果は転座型染色体異常のものです(図4)。その結果、8ミリグレイ/分以上の高線量率群では従来知られている曲線的に増加する傾向が見られましたが、1.5ミリグレイ/分の高線量率群と低・中線量率群(0.05ミリグレイ/日を除く)では、直線的な異常頻度の増え方に変わりることが分かりました。また、同じ総線量でも線量率が低くなると異常頻度が低くなる、すなわち放射線の生物影響が小さくなることが分かり、例えば総線量200ミリグレイの線量の場合、低線量率群と高線量率群と比べると異常頻度は約1/2～1/3になっていることが分かります。また、1ミリグレイ/日の低線量率までは染色体異常による放射線の影響が検出可能である一方、0.05ミリグレイ/日では非照射対照群との差が検出ができないことも分かりました(図5)。0.05ミリグレイ/日は、もし同程度の放射線をヒトが受けた場合に年間で約20ミリシーベルトとなる線量率であり、放射線業務従事者の年間被ばく線量限度の目安となる線量です。

表2 実験に用いた線量率

	低	中	高
線量率 (mGy/分)	-	1.5, 8, 33.3	135, 890
線量率 (mGy/日)	0.05, 1, 20	400	-

mGy : ミリグレイ

図4 転座型染色体異常の異常頻度は、線量率が低くなるほど小さくなることが分かりました

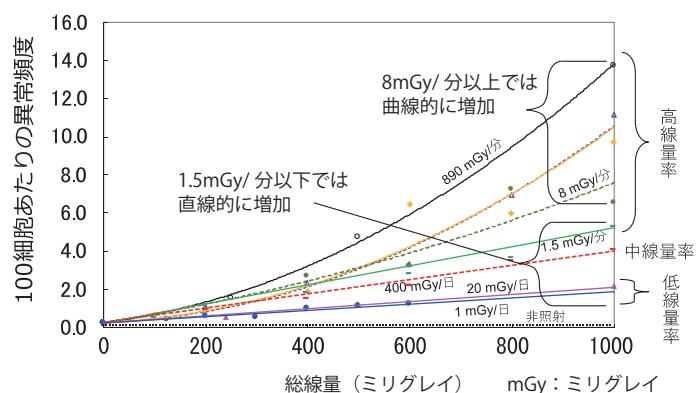
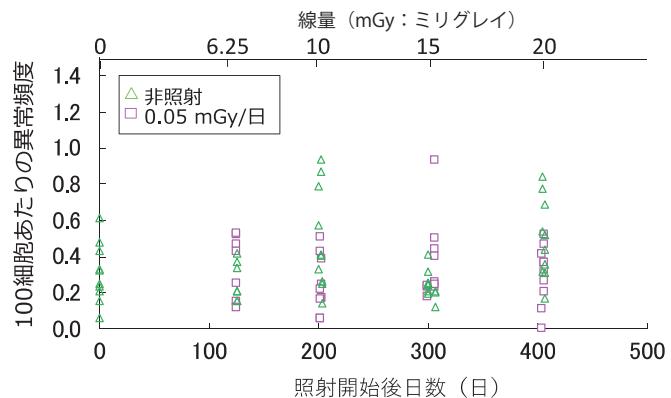


図5 一番低い0.05mGy/日では染色体異常頻度の差が見られませんでした



お問い合わせ先（放射線に関するご質問も受け付けております）

公益財団法人 環境科学技術研究所 共創センター

本リーフレットは青森県からの受託により制作しています。

ホームページ : <https://www.ies.or.jp>

メールアドレス : kanken@ies.or.jp

電話 : 0175-71-1240