

低線量放射線影響の機構解明

背景・目的

現行の放射線防護体系の基となっている、しきい値無し直線(LNT)モデルは、データの少ない低線量域の放射線リスクを、便宜的に高い線量域における疫学データから直線的に外挿したものであるが、放射線は微量でも害があるという主張の根拠にされている。しかし、近年の低線量放射線影響研究の進捗により、低線量・低線量率の被ばくでは、LNTモデルによる推定値よりもリスクが低くなることを示すデータも得られてきている。低線量放射線による健康リスクを正しく評価できれば、防護基準を科学的な裏付けに基づいた合理的なものにすることや、社会の放射線に対する不安感を払拭することにもつながると期待される。

本課題では、これまでに、高自然放射線地域住民の疫学調査により、低線量率放射線を長期にわたって被ばくした場合には、短期間に放射線を受けた原爆被爆者の場合より影響が小さいことを示すデータを得ている。放射線防護基準の適正化に向けて、上記データの裏付けとなる生物学的な機構を、動物・細胞実験データを蓄積し明らかにする。

主な成果

1. 低線量放射線による DNA 修復機能の活性化

発がんの原因になると考えられている体細胞の突然変異に着目し、0.2 Gy と 1 Gy の X 線を照射してショウジョウバエの翅に生ずる突然変異数の変化を観察した(図1)。その結果、正常なショウジョウバエでは、変異数は 0.2 Gy 照射群が最小で、非照射群よりも有意に低かった。これは、0.2 Gy 程度の放射線量を受ける場合はバックグラウンドとして存在する突然変異が修復されていることを示唆している。

DNA の二本鎖切断修復機能を欠くショウジョウバエでは同様の変化が見られるのに対して、DNA の一本鎖切断修復機能を欠くショウジョウバエでは同様の変化が見られない。この結果から、バックグラウンドとして存在する突然変異の修復は、放射線による一本鎖切断修復機能の活性化が要因となっていることが明らかとなった。対応する遺伝子がヒトにもあることから、同様の現象がヒトにおいても生ずると考えられる。

2. 放射線が当たった細胞の周囲の健全な細胞の応答

放射線を受けたとき放射線が当たった細胞の周囲の健全な細胞にも影響が誘導される現象(バイスタンダー応答)が知られており、放射線が当たる細胞と当たらない細胞が混在する低線量域において放射線のリスクを高める可能性が指摘されている。そこで、当研究所のマイクロビーム X 線照射システムを用いて、約 70 万細胞のうちの 5 細胞に対して X 線を照射し、細胞生存率の線量応答を調べた。その結果、X 線の場合は粒子線について知られていたような低線量域での細胞生存率の低下は見られず、0.12 Gy 以下の線量ではバイスタンダー応答による細胞死は起こらないことを明らかにした(図2)。

その他の文献 Radiation Research, 167, 2 (2007)、Radiation Research, 170, 3 (2010)

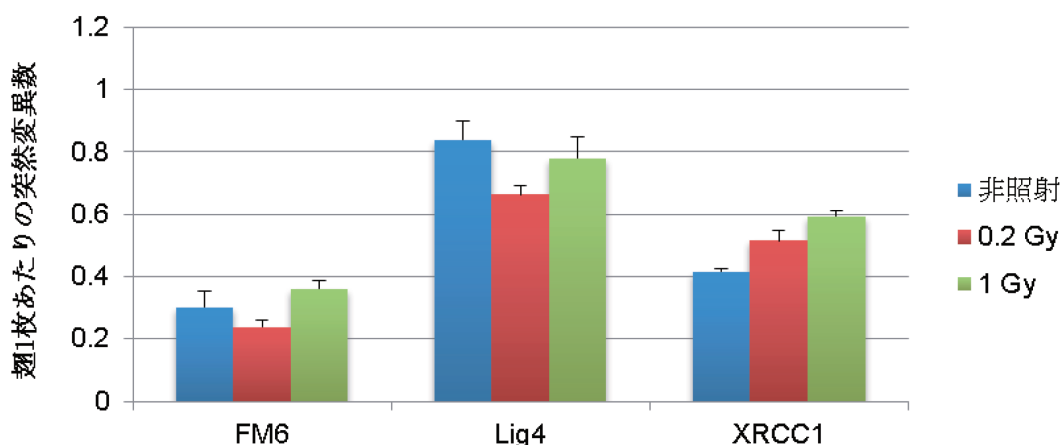


図1 体細胞突然変異数の線量応答

正常な個体FM6 および DNA の二本鎖切断修復欠損系統Lig4 では、0.2Gy 照射群の突然変異数が非照射群よりも有意に低い線量応答を示している。これに対して、DNA の一本鎖切断修復欠損系統XRCC1 では線量に対して単調に増加した。このことから、FM6 や Lig4 に見られる線量応答の要因は一本鎖切断の修復機能であり、0.2Gy 程度の放射線を受けることによりそれが活性化されることでバックグラウンドとして存在する突然変異が修復されていることがわかる。

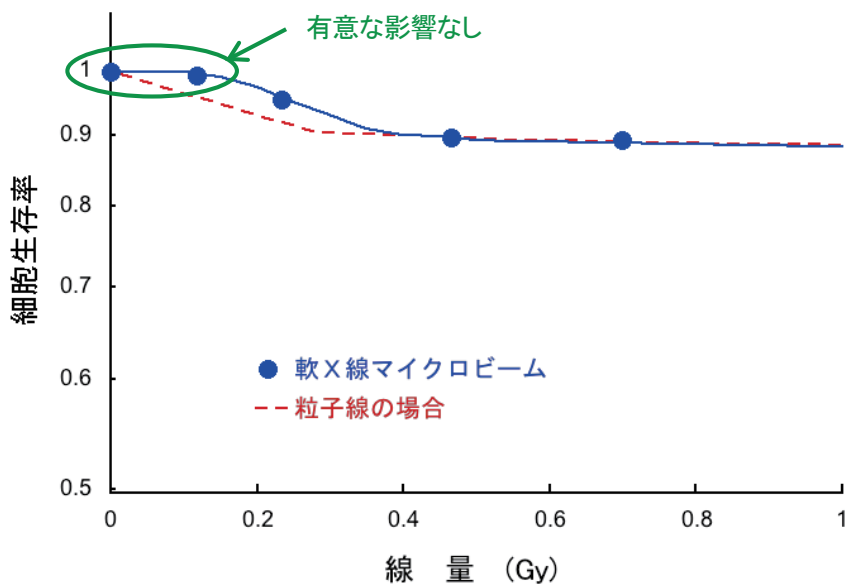


図2 細胞生存率の線量応答

X線照射の場合は、バースタナダー応答による細胞生存率の有意な低下は、0.12Gy までの低線量域では観察されていない。これに対して、粒子線の場合には低線量域でも有意に細胞生存率が低下することが知られている（点線）。この違いは、放射線の種類により生じる生物効果が異なることに起因すると考えられる。