

3 被爆二世(遺伝的影響)

A 出生時の障害(死産, 奇形, 新生児死亡)

原爆放射線が被爆者の生殖細胞に作用して、出生時の異常頻度の増加につながった可能性を調査するため、1948～54年に大規模な新生児調査が行われ、生後2週間以内に7万7,000人余の新生児が医師の診察を受けた。被爆者は爆心地からの距離と遮蔽の程度などに応じて5群に分類され、死産、奇形、新生児死亡などについてデータが解析された。その結果、これらの出生時異常の頻度が親の被曝線量とともに増えるという事実は観察されなかった。後になってDS86による個人被曝線量を用いた再解析も行われたが、結論は同じであった。他方、小児がんの治癒率向上（放射線治療も重要な貢献をしている）に伴い、多くの元患者が結婚し子どもが生まれる時代になった。このような元患者の子どもに関する調査によれば、放射線治療により親の生殖巣が受けた放射線量は極めて高い場合もあるが、25Gy以下では奇形の増加は示唆されていない。

B 性 比

親の放射線被曝により精子・卵子のX染色体に致死性の突然変異が生じると、子どもの性比に偏りを生じる可能性があった。初期の調査からはその可能性と一致する方向の結果が得られたが、統計的には有意でなかった。そこで原爆被爆者の子どもの出生時障害に関する調査が終了した後も、性比に関する情報だけは継続して収集された。しかし最終的な、14万人余について得られた情報は、仮説を支持することにはならなかった。

C 染色体異常

電離放射線にはDNAの二本鎖を切断する能力がある。他方、細胞の側にはDNA切斷を修復する能力が備わっている。しかしこの修復能力は完璧ではなく、元とは異なる切斷端同士を融合させる場合がある。その結果、染色体異常（構造異常）が生じる。生殖細胞（精子・卵子）の染色体にこのような異常が生じると、次の世代に染色体の構造異常を持つ人の割合が増える可能性がある。そこで、両親の少なくとも一方が2,000m以内で被爆し推定被曝線量が0.01Gy以上（T65D線量）の子ども8,322人（被爆群）と、両親ともに被曝線量が0.01Gy未満（2,500mより遠方で被爆、あるいは原爆が投下された日に広島・長崎にいなかった）の子ども7,976人（対照群）の血液リンパ球における染色体調査が行われた。その結果、確認された新規の染色体異常は、それぞれの群において1人ずつであり、親の放射線被曝の影響は観察されなかった。

D タンパク質レベルの遺伝的影響調査とその後のDNA調査

親の放射線被曝が原因で子どもに遺伝的影響がもたらされるかどうかは原爆が投下された直後から懸念されてきた問題の一つであった。そのためこれまでに、臨床レベルからDNAレベルに至るまで種々の遺伝学的調査が行われてきた。検査当時は優れた方法と思われたものでも後になって適切ではないと判明した場合や、調査した遺伝子の数が不十分であったものもあるが、幸いなことには、いずれの調査においても親の被曝の影響は示唆されていない。2000年代初期からはゲノム解析技術が一般的な研究室でも利用可能となったので、それに応じて高密度マイクロアレイを用いた個人

ゲノムの調査が開始されている。また全ゲノム塩基配列解読に基づく調査も手の届く時代になりつつある。

E 死亡率

原爆被爆者の子ども(被爆二世)の死亡率を指標として、親の放射線被曝の遺伝的影響が調査されてきた。これまでのところ、出生時や幼児期の死亡、20歳未満の死亡、そして20歳以降の死亡(平均年齢46歳)のいずれの場合にも、親の被曝による影響は観察されていない。しかし集団に生じた死亡の割合は3.5%であるため、まだ結論には至らない。その他の放射線被曝者の子どもについての調査としては、小児がんの治療により生殖腺が放射線に被曝した場合の子孫への影響を調べた研究が、線量が高くて示唆に富んでいる。即ち、男性患者であった場合には、死産や周産期死亡のリスク増加はみられていないが、女性患者であった場合には、初潮前の治療に限って死産や新生児死亡のリスク増加が観察されている。初潮後の治療の場合にはこのような影響がみられないことと、女性患者の場合は低体重の新生児を出産するリスクの増加が以前から知られていることから、以上の結果は卵巣の放射線被曝による遺伝的影響ではなくて、子宮への被曝の影響であろうと考えられている。

F がん罹患率

放射線は細胞に突然変異を生じさせる能力があるので、生殖細胞が放射線に被曝することで突然変異を生じ、被曝した人の子どもにがんが増加する可能性がある。しかしマウスにX線を照射して子ども(F_1)を調べた研究では、腫瘍頻度が増えるという報告と増えないという報告の両方があり、その機構についても理解が進んでいるわけではない。原爆被爆者の子どもの集団(約7万7,000人)については、1959年の集団設定以降継続して死亡率とがん罹患率に関する疫学調査が行われてきた。小児がんの中には遺伝が関係するものがある(例えば網膜芽細胞腫)ので、もし生殖細胞において腫瘍抑制遺伝子が不活性化されるような突然変異が生じると、若年発症の悪性腫瘍頻度が増加する可能性が考えられる。しかしこれまで約40年にわたって行われてきた追跡調査では、親の被曝の影響は観察されていない。原爆被爆者以外の調査としては、主に医療上の理由で放射線に被曝した人の子どもに関するものがあるが、これらも親の被曝の影響は観察されていない。つまり、胎内被曝(小児白血病や小児がんの増加が示唆されているが、因果関係に関しては議論がある)とは異なり、親の放射線被曝による次世代への遺伝的影響としての白血病やがんの増加は観察されていないということである。加齢に伴い頻度が増える固形がんについては今後の調査が重要となる。

G 生活習慣病有病率

放射線被曝の遺伝的影響として、成人期に発症する生活習慣病(がんを除く)への影響を調べた疫学研究は、現時点(2011年5月)では、放影研で、2002~06年に行われた調査のみである。この調査では、広島・長崎の原爆被爆者の子ども1万1,951人を対象に、成人期に発症する多因子疾患(高血圧、糖尿病、高コレステロール血症、心筋梗塞、狭心症、脳卒中)の有病率と親の放射線被曝との関連性の有無を調べた。その結果は、親の放射線被曝に関連した子どもの多因子疾患を一括して検討した場合に、リスクの増加を示す証拠はみられなかった。