

Radiation Research[§] 掲載論文

「原爆被爆者が受けた原爆ガンマ線量の細胞遺伝学的手法による再構成：広い光子エネルギー分布と造血幹細胞/前駆細胞の寄与をどう考慮すべきか」

中村 典、平井裕子、児玉喜明、濱崎幹也、Harry M. Cullings、Kismet A. Cordova、阿波章夫

“Cytogenetic reconstruction of gamma-ray doses delivered to atomic bomb survivors: Dealing with wide distributions of photon energies and contributions from hematopoietic stem/progenitor cells”

Radiat Res 2017 (October); 187(4):412-8
(doi: 10.1667/RR14832.1)

今回の調査で明らかになったこと

放射線による被ばく線量を生物学的に推定する方法がいくつかある。そのうちのひとつが血液リンパ球に生じた染色体異常頻度を用いる方法である。しかし原爆のガンマ線はさまざまなエネルギーを持つ一方で、染色体異常誘発効率はガンマ線のエネルギーにより異なること、さらに被ばく後長い年月を経ているため、検査したリンパ球の中には被爆時に造血幹細胞/前駆細胞であったもの（その放射線感受性はよく分かっていない）があるなどの問題があつて、今日まで染色体異常頻度に基づく線量評価は行われてこなかった。

今回、これらの問題を克服するために、歯エナメル質における被ばく線量を電子スピン共鳴法により調べ、その結果を同じ被爆者の染色体異常頻度から計算した線量と比較した。その際、観察した細胞は全て被ばく時にリンパ球であり、しかも原爆放射線のスペクトルは⁶⁰Co ガンマ線のものと同じであると仮定した。歯と骨髄の遮蔽の違いも考慮して比較した結果は、互いによく一致していることが明らかになった。

以上の結果は、染色体異常頻度から計算された⁶⁰Co 等価線量そのまま被ばくした原爆ガンマ線量とみなせる（補正は必要ない）ことを示している。

解 説

放射線被ばく後に被ばく線量を推定する方法のひとつに、血液リンパ球における染色体異常頻度を用いる方法がある。この場合、一般的には、あらかじめ試験管内で血液リンパ球を⁶⁰Co ガンマ線で照射して、線量と染色体異常出現頻度との間の線量反応曲線を求めておき、その後で検査を受ける人の染色体異常頻度を調べて線量を推定するという手順が取られる。しかし原爆被爆者の場合にはふたつの理由から、今日までそれができなかった。

ひとつは、原爆から放出されたガンマ線はエネルギーの分布が大変幅広く、モデル実験ができないことである。染色体異常の誘発頻度は、線量は同じであってもガンマ線のエネルギーによって異なるので、モデル実験は大切な要件のひとつである。

もうひとつの理由は、被ばく当時は未熟な分化段階にあった細胞が、長い年月の後でリンパ球のプールに入ってくる可能性があること。未熟細胞は血液リンパ球よりも放射

線に対する感受性が高い可能性があるが、新しいリンパ球と古いリンパ球を区別する方法がないので、調べたリンパ球は全て被ばく当時からリンパ球として線量推定するしか方法がない。

これらの問題を克服する目的で、本論文ではおよそ 100 名の被爆者について、光子のエネルギー依存性が少ないと考えられている歯のエナメル質を用いた電子スピン共鳴法 (ESR) と染色体異常頻度の両方を測定し、線量を推定した。後者は、被ばくした全ての細胞が血液リンパ球 (分化的に成熟した細胞) であり、原爆ガンマ線の効果は ^{60}Co ガンマ線 (ほぼ単一のエネルギー) と同じと仮定して行った。

調査の結果

歯エナメル質における ESR 測定によって得られた推定線量と、リンパ球における染色体異常頻度から推定された ^{60}Co 等価線量を比較したところ、歯 ESR から求めた線量の方が少し大き目であることが分かった。この違いは、歯よりも骨髄 (リンパ球の多くが被ばく時に存在していたと考えられる臓器) の方が、骨による遮蔽効果が大きいためではないかと考えられた。そこで個々人の遮蔽情報に基づいて、臓器線量を計算する前のカーマ線量 (被爆者が存在していた空間における空中線量) を推定したところ、両者は互いによく一致していることが分かった。

以上の結果は、染色体異常頻度から計算された ^{60}Co 等価線量を原爆ガンマ線とみなしてよい (補正は必要ない) ことを示している。

今回の調査の意義

今回の研究結果により、原爆被爆者の染色体異常頻度から求めた被ばく線量と、被ばく地点における爆心地からの距離や遮蔽条件に基づいて計算された物理線量 (DS02R1 線量) を直接比較できるようになる。すなわち、染色体異常のデータを用いて物理線量に系統的な偏りがあるかどうかを吟味する道が開けた。

放射線影響研究所は、広島・長崎の原爆被爆者および被爆二世を 70 年近くにわたり調査してきた。その研究成果は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) の放射線リスク評価や国際放射線防護委員会 (ICRP) の放射線防護基準に関する勧告の主要な科学的根拠とされている。被爆者および被爆二世の調査協力に深甚なる謝意を表明する。

§*Radiation Research*誌は、放射線影響学会 (Radiation Research Society) の公式月刊査読学術誌であり、物理学、化学、生物学、医学の領域における放射線影響および関連する課題の原著と総説を掲載している。(2016/2017年のインパクト・ファクター: 2.539)