

Radiation Research 掲載論文

「日本人原爆被爆者における中性子被曝に関する考慮」

“Accounting for Neutron Exposure in the Japanese Atomic Bomb Survivors”

Harry M. Cullings, Donald A. Pierce, Albrecht M. Kellerer

Radiat. Res. 2014 (December); 182(6): 587-98

(doi: 10.1667/RR13663.1)

今回の調査で明らかになったこと

原爆放射線被曝は主成分であるガンマ線と、それに比べはるかに少量の中性子線から構成されていた。中性子線は単位線量当たりの生物学的な効果がガンマ線や X 線に比べて高いことが知られている。この効果の高さの程度は生物効果比 (RBE) として知られる。いくつかの実験的研究により、RBE 値は中性子線とガンマ線が低線量の場合には高線量である場合よりも高い可能性 (つまり線量レベルに比例する「可変 RBE」) が示された。今回の調査により、仮想の可変 RBE を適用しても、放影研が追跡中の原爆被爆者について算出した総線量は、線量全体の中性子線部分について仮定した RBE にあまり依存しないことが判明した。この結果は、低線量放射線リスクの推定における「可変 RBE」の重要性を主張してきた研究者の懸念を和らげるかもしれない。また可変 RBE は、原爆被爆者の中性子線およびガンマ線への混合被曝について正確に推定されていない場合もある。

解 説

放影研が追跡している原爆被爆者はガンマ線および中性子線の両方に直接被曝しており、全対象者において中性子線による吸収線量はガンマ線に比べはるかに少ない。一般的に放影研研究では線量の大部分を占めるガンマ線成分に関するリスクの推定に関心を寄せているが、リスク推定は被爆者がガンマ線および中性子線の両方から受けた総線量に相当するよう調整したガンマ線量に基づき行う必要がある。この等価線量は、単位線量当たりの生物学的な効果が中性子線の方が大きいことを考慮するための加重係数を中性子線量にかけた数値とガンマ線量の和として算出する。使用する加重係数が中性子線の RBE である。

被爆者が受けた中性子線量およびガンマ線量は高度の相関関係にあるため、中性子線

の RBE を原爆被爆者データから確実に推定することができず、放射線生物学研究から得られた情報を取り入れる必要がある。放影研では長年に渡り中性子線の RBE として 10 という定数を用いてきたが、放射線生物学研究により低線量域において RBE はそれよりも相当高い値であることが示唆されている。近似値として RBE=10 という定数を使用する場合、RBE が可変であれば線量の線形関数としてリスクを推定するために最適な総線量の範囲（約 1 Gy）においてほぼこの値を取ると仮定している。この論文では、線量依存の RBE の正しい使用および影響について説明するためいくつかの考え得る RBE 関数について検討している。

しかし、著者らは特定の RBE を提唱してはならず、まして可変 RBE を使用することを提唱しているわけではない。むしろ広範な選択肢の中から想定した中性子線 RBE が、放影研データを用いたリスク評価の結果において一般的に考えられてきたほど重要でないことを示す。このような誤解の一部については、原爆被爆者データの場合、中性子線およびガンマ線が混在する放射線場であることを考慮せねばならないという事実には十分な注意を払わないで可変 RBE 関数を検討したことに関係がある。放射線生物学実験で使用された中性子線のみ放射線場に比べ、このように混在した放射線場では中性子線の RBE 値ははるかに低い。

今回の論文によれば、純粋な中性子線場の RBE を混合放射線場の原爆放射線に適用すると、合計線量が 1 Gy という中程度線量レベルの実際の中性子線 RBE が 4 倍以上過大評価される可能性がある。中性子線のみ放射線被曝では RBE は中性子線量に依存し、一般的に混合放射線場では被曝した両方の放射線成分に依存する。しかし、本論文は放影研研究の場合、RBE は主として（中性子線に）随伴するガンマ線量に依存することを示す。これは、個人の中性子線量が対応するガンマ線量よりもはるかに少ないことに起因する。

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 60 年以上にわたり調査してきた。その研究成果は、国連原子放射線影響科学委員会（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。（2013年のインパクト・ファクター：2.445）

