

広島原爆の放射化土壌によるβ線及びγ線皮膚線量の評価

広島大,¹京大田中憲一, 遠藤暁, 今中哲二¹,
葉佐井博巳, 星正治

1. はじめに

広島・長崎の原爆被爆者の急性被曝障害については、これまで様々な研究がなされてきている。このうち脱毛は、原爆炸裂時には爆心から離れた場所におり、その後、市の中心部に入って被曝した「入市被爆者」にも認められたとされている。入市被爆者に対して原爆炸裂時に伴う瞬間的な中性子・γ線被曝がほとんどなかったことを考えると、入市被爆の主な要因としては地面近傍の物質の放射化による誘導放射能が考えられる。入市被爆者の脱毛が放射線によるものであるかを考える上で、原爆中性子によって土壌中に生成した放射性核種による皮膚線量を評価することはきわめて重要と言える。

原爆線量評価体系 (T65D、DS86、DS02) においてはγ線のみが取り扱われてきた。一方、皮膚被曝においてはβ線及びγ線の両方が寄与し得たと考えられ、特に放射化土壌が皮膚に付着した体系ではβ線寄与が支配的になる例が考えられる。そこで本研究では、β線及びγ線由来の皮膚線量を、①放射化した地面による被曝、ならびに②皮膚に付着した放射化土壌による被曝の両方について評価する。

2. 方法

評価の対象核種は、はじめの数週間の被曝の主な要因となると考えられる²⁴Na, ⁵⁶Mn, ³²P, ⁴²K, ⁴⁶Sc, ²⁸Alとした。それぞれの放射化量は、JENDL3.3の(n, γ)反応断面積とDS02における中性子フラックスを乗じて評価した。土壌中存在比としては、DS86における広島城の値を用いた。

土壌中の核種からのβ線・γ線の輸送は、MCNP-4Cにより計算した。放射化した地面による被曝としては、地面からの高さ依存した空気中空気カーマをF8*タリーで計算し、換算係数1.09を乗じて空気中組織カーマとした。更に変換係数を乗じて皮膚線量とした。皮膚線量への変換係数は、後述の皮膚付着土壌による被曝の計算結果より、地面からの高さ2.5cmについては0.94、高さ100cmについては1.00と評価した。皮膚付着土壌による被曝の評価では、ICRU球の周りに土壌が付着した体系を想定した。皮膚線量としては、ICRP60勧告に基づき深さ70μmについてICRU球へのエネルギー付与をF8*タリーで算出した。

3. 結果および考察

皮膚付着土壌のMCNP-4C計算のために、皮膚と毛髪それぞれについて付着土壌厚さを実験的に評価した。皮膚については、シャーレに入れた乾燥土壌へ人の指を接触する前後の土壌重さを測った結果、 $4.3 \pm 2.0 \mu\text{m}$ であった。毛髪については、土壌に接触する前後の髪の毛の重さを測定することにより評価した。平均的な例として、長さ5cmの髪が頭皮 1cm^2 あたり200本生えているとし、毛髪付着土壌が全て頭皮に付着した厚さを評価すると、 $21.7 \pm 6.8 \mu\text{m}$ となった。毛髪による遮蔽や乾湿状況による付着量の違いなど考慮すべき点はあるが、本研究では一例として、土壌厚さを上記2つの厚さの和 $26\mu\text{m}$ とした。

これを用いて被曝の大半が引き起こされるはじめの1週間について計算した結果、爆心で地面からの高さ1mの皮膚線量は0.84Gyとなった。このうち、放射化した地面からの線量は99%程度で、このうちγ線によるもの75%と主成分であった。皮膚付着土壌の寄与は残りの1%程度と小さく、ほぼβ線によるものであった。これが地面からの線量と同程度になるのは $1000\mu\text{m}$ 程度の土壌が皮膚に接触していた場合である。高さ2.5cmでは、線量は15%程度高くなるとの結果が得られた。

4. まとめ

放射化土壌による皮膚線量は、爆裂から1週間の期間について、爆心で地面からの高さ1mにおいて0.84Gyと、脱毛が起こるとされている2Gy程度より低い結果となった。土壌厚さのばらつきや放射性降下物などの要因を考慮すると、より大きな線量が算出される可能性がある。脱毛と被曝線量の関連の研究においては、付着土壌の厚さや入市者の爆心からの距離の時間変化に加えて、内部被曝の評価も必要と考えられる。