

## 長崎県爆被爆におけるプルトニウム内部被曝の検討

### [1] 組織

代表者：七條 和子  
 (長崎大学大学原爆後障害医療研究所)  
 対応者：福本 学  
 (東北大学加齢医学研究所)  
 分担者：なし

研究費：物件費 143,700 円,  
 旅費 56,300 円

### [2] 研究経過

福島原発事故後 5 年を迎えた日本で、放射線の研究は、腫瘍制御に関する研究の中で最も関心事であり、その重要性が増している。本研究の目的は、体内残留放射能が人体に及ぼす影響を病理学的に検出することにある。長崎原爆被爆者の体内残留放射能をオートラジオグラフィ法により検出し、放射線が人体細胞に及ぼす影響を検討する。その一環として、原爆急性被爆者の肺、腎、骨などおよび対照としてトロトラスト内部被ばく症例の肝臓パラフィン標本を用いて検討した。長崎原爆急性被爆者症例では原子爆弾の核種である  $^{239}\text{Pu}$  由来のアルファ粒子の飛跡が標本上に確認された。即ち、原爆被爆者における内部被ばくの科学的証拠が初めて提出された。一方、私達は既に、原爆被爆者のがん発生の前段階にゲノム不安定性が関与することを報告した。今回、アルファ放射線内部被ばくが人体細胞に及ぼす DNA 障害を検討するために DNA 二重鎖切断部位に集積して核内フォーカスを形成するゲノム不安定性の指標である p53 binding protein 1 (53BP1) の発現を原爆被爆者およびトロトラスト症例標本で検討した。さらに、アルファ粒子飛跡周辺細胞に 53BP1 核内フォーカスが高発現したことに着目し、核を通過する際の吸収線量を算出した。研究打ち合わせは、日本病理学会、第 15 回国際放射線学会、One Health 国際学会、東北大学加齢研究所で行った。

オートラジオグラフィ	$\alpha$ particle の確認
53BP1 免疫染色	ゲノム不安定性
トロトラスト症例	高線量内部被ばく
長崎原爆被爆者	低線量内部被ばく？

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。  
 まず第 1 に、トロトラスト症例の肝標本においてトロトラスト顆粒から一定の距離にあるアルファ粒子飛跡周辺の肝細胞核に、53BP1 のフォーカス形成が多く認められた。  
 第 2 に、アルファ粒子放射線の生物学的効果を検討するために細胞核線量を算出した。 $E$  を核がアルファ粒子から受けるエネルギー、 $L$  を LET、 $x$  を楕円体状の最も長い軸の長さとする。アルファ粒子が長軸に沿って飛行するとき、核内の LET の変化は無視した。 $E = Lx$  楕円体の残りの 2 つの軸の長さは等しく  $y$  であるとする、楕円体の体積は、

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{x}{2}\right)\left(\frac{y}{2}\right)^2 = \frac{1}{6}\pi xy^2$$

となる。核の質量を  $m$  と

し、核の密度を  $\rho$  すると、 $m = \rho V$  であるから、質量あたりのエネルギー、吸収線量は、

$$D = \frac{E}{m} = \frac{Lx}{\rho V} = \frac{6L}{\pi y^2 \rho}$$

となる。従って、吸収線量は、 $y$  で決定される。

結果、吸収線量は、胆管組織で 3.3 Gy と高値だった。放射能は骨組織で 0.0212 Bq/cm<sup>3</sup> (0.397 Sv、50 年生存期間) だった。

#### (3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究は、学外研究者との交流が飛躍的に活性化し、原爆被爆者の病理標本上のアルファ粒子飛跡数を算出することで、内部被ばくの物理的線量評価から生物学的評価へと発展した。また、本共同研究で明らかになった細胞核線量の成果は、例え組織における平均吸収線量が低線量であっても、アルファ粒子飛跡周辺に存在した個々の細胞核が受けた吸収線量は高線量であった。福島原発事故関連研究における研究者ネットワークの拡大や内部被ばくの線量評価という新しい研究領域の開拓（萌芽的研究の発見）に結びつき、今後の発展が期待されている。

#### [4] 成果資料

- (1) 広島フォールアウト地域4重がん症例の肺がん組織で証明された内部被ばく 鎌田七男、七條和子、松山睦美、高辻俊宏、武島幸男、関根一郎、中島正洋 広島医学誌 in press, 2016
- (2) Mussazhanova Z, Akazawa Y, Matsuda K, Shichijo K. et al. Association between p53-binding protein 1 expression and genomic instability in oncocytic follicular adenoma of the thyroid. Endocrine Journal, Epub1-11, 2016
- (3) Matsuu-Matsuyama M, Shichijo K, Okaichi K, Kurashige T, Kondo H, Miura S, Nakashima M: Effect of age on the sensitivity of the rat thyroid gland to ionizing radiation. J Radiat Res 56 (3):493-501, 2015
- (4) The Nagasaki Atomic Bomb Survivors' Tumor Tissue Bank. Miura S, Akazawa Y, Kurashige T, Tukasaki K, Kondo H, Yokota K, Mine M, Miyazaki M, Sekine I, Nakashima M. Lancet 386:1738, 2015