

課題番号 53

長崎原爆被爆者および福島第一原発事故試料アーカイブにおける内部被曝の検討

[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：鈴木 正敏

(東北大学加齢医学研究所)

分担者：なし

研究費：物件費20万円,

[2] 研究経過

東日本大震災の結果、福島第一原発から放射性物質の飛散事故が起こった。東北大学では、警戒区域内の野生化した家畜などの内部被ばく試料アーカイブの構築と生物影響調査を行っている。

本研究の目的は、これら福島原発事故試料アーカイブおよび人体内残留放射能の病理学的研究を行うことである。その一環として、我々は長崎原爆急性被爆症例のパラフィン標本肺、腎、骨等及び対照としてトロトラスト内部被曝患者例の肝臓パラフィンブロックを用いて内部被曝の検出法について検討している。既に、オートラジオグラフィにより、長崎原爆急性被曝症例では長崎原子爆弾の核種である ^{239}Pu 由来のアルファ粒子飛跡が認められることを報告した。これは、原爆被爆者における初めての内部被曝の証拠となった。更に、広島原爆フォールアウト地域4重がん症例の肺がん組織で放射線飛跡が ^{235}U 内部被ばくである可能性を示唆した¹⁾。また、がん発生の前段階にゲノム不安定性が関与することを提唱している²⁾。一方、我々はカザフスタンセメイ医科大学との共同研究でラットについて内部被曝実験を行い外部被曝とは異なった病理学的所見を報告した³⁻⁵⁾。研究打ち合わせは、Workshop "Mn-56 experiments and the results - Possibility of the small particle effects、第59回日本放射線影響学会(広島)で行った。

[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。

内部被曝の検討の一環として行った広島原爆症例：フォールアウト地域4重がん症例の肺がん組織のオートラジオグラフィの結果、アルファ飛跡が ^{235}U 内部被ばくである可能性を示唆した¹⁾。飛跡源は肺組織内貪食細胞とみられ、各組織でのアルファ線放出核種の放射能濃度は肺がん組織 0.0049536 Bq/cm^3 、肺非がん組織 0.0004782 Bq/cm^3 、近接リンパ節組織はバックグラウンド以下となった。この数値より、原爆被曝時より肺がん発症までの53年間における等価線量(Sv)を求めたところ、肺がん組織 $1.21 \pm 0.21\text{ Sv}$ 、肺非がん組織 $0.117 \pm 0.12\text{ Sv}$ となった。肺がん組織では肺非がん組織より約10倍高い放射線量であった。また、我々は現在、カザフスタンのセメイ医科大学で、中性子線を MnO_2 に照射して得た Mn^{56} を、雄Wistarラットへ曝露し、臓器別の被曝線量の測定後、病理学的変化を解析した結果、内部被曝実験では、外部被曝とは異なった病理学的所見を報告した³⁻⁵⁾。即ち内部被曝では、外部照射よりも線量が低いにも拘らず、小腸における細胞増殖の亢進は、2か月後も持続した。低線量で外部照射では認められない肺の出血と気腫が持続した。現在、福島原発事故について警戒区域内の野生化した家畜などの内部被ばく試料アーカイブの構築を行うにあたり、病理標本について情報収集及び線量評価についての検討を行っている。

(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、国際共同研究を含めた内部被ばく実験、更に、物理的線量評価は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内部被曝の成果は、組織における平均吸収線量が低線量であっても、飛跡周辺に存在した個々の細胞が受けた傷害は、生体にとって重大で決定的なのかもしれないことを示唆する。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病理という新しい研究領域の開拓が期待される。

福島第一原発事故試料	内部被ばく？
トロトラスト症例	高線量内部被ばく
広島・長崎原爆被爆者	低線量内部被ばく？
オートラジオグラフィ	α particleの確認
53BP1免疫染色	ゲノム不安定性

[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 69(4) : 359-361, 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* 63(5):457-467, 2016
- (3) Stepanenko VF, Rakhypbekov TK, Kaprin AD, Ivanov SA, Otani K, Endo S, Satoh K, Kawano N, Takatsuji T, Nakashima M, Shichijo K, Sakaguchi A, Kato H, Onda Y, Fujimoto N, Toyoda S, Sato H, Kolyzhenkov TV, Petukhov AD, Dyussupov AA, Chaizhunusova NZh, Sayakenov NB, Uzbekov DE, Saimova AZh, Shabdarbaeva DM, Pivina LN, Skakov MK, Vurim AD, Gnyrya VS, Azimkhanov AC, Kolbayenkov AN, Zhumadilov KSh, Kairkhanova YO, Yaskova EK, Belukha IG, Skvortsov VG, Ivannikov AI, Khailov AM, Akhmedova UA, Bogacheva VV, Anokhin YuN, Orlenko SP, Hoshi M. Irradiation of laboratory animals by neutron activated dust: development and application of the method - first results of international multicenter study. *Radiation and Risk* 25, 111-125, 2016
- (4) Stepanenko, V, Rakhypbekov, T, Otani, K, Endo, S, Satoh, K, Kawano, N, Shichijo, K, Nakashima, M, Takatsuji, T, Sakaguchi, A, Kato, H, Onda, Y, Fujimoto, N, Toyoda, S, Sato, H, Dyussupov, A, Chaizhunusova, N, Sayakenov, N, Uzbekov, D, Saimova, A, Shabdarbaeva, D, Skakov, M, Vurim, A, Gnyrya, V, Azimkhanov, A, Kolbayenkov, A, Zhumadilov, K, Kairkhanova, Y, Kaprin, A, Galkin, V, Ivanov, S, Kolyzhenkov, T, Petukhov, A, Yaskova, E, Belukha, I, Khailov, A, Skvortsov, V, Ivannikov, A, Akhmedova, U, Bogacheva V, Hoshi, M. Internal exposure to neutron-activated ⁵⁶Mn dioxide powder in Wistar rats Part 1: Dosimetry. *Radiation Environmental Biophysics* DOI 10.1007/s00411-016-0678-x, 2017
- (5) Shichijo K, Fujimoto N, Uzbekov, D, Kairkhanova, Y, Saimova, A, Chaizhunusova, N, Sayakenov, N, Shabdarbaeva, D, Aukenov, N, Azimkhanov A, Kolbayenkov, a, Mussazhanova, J, Niino, D, Nakashima, M, Zhumadilov, K, Stepanenko, V, Tomonaga, M, Rakhypbekov, T, Hoshi, M. Internal exposure to neutron-activated ⁵⁶Mn dioxide powder in Wistar rats Part 2: Pathological effects. *Radiation Environmental Biophysics* DOI 10.1007/s00411-016-0676-z 2017