

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26460747

研究課題名(和文)原爆被爆直後から空白の5年間における死亡危険度の解明

研究課題名(英文) Study of mortality risk of Hiroshima atomic bomb victims during 5 years just after the bombing

研究代表者

大谷 敬子 (Otani, Keiko)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・研究員

研究者番号：20243587

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：原爆による被爆は一般的に、原爆炸裂時に放出されたガンマ線や中性子線などの初期放射線による直接被爆と、その後の放射化された物質による誘導放射線や放射性降下物質などの残留放射線による間接被ばくとに分けて考えられている。本研究において、初期被ばく線量は、ほとんど無視できるほど小さいとされてきた遠距離被爆者や入市者についても、原爆投下直後から死亡危険度の上昇が認められ、残留放射線による健康被害が示唆されるという結果を得た。被ばく線量が低くても、被ばく状況によっては、健康影響があるということに注目しなければならない。例えば放射性物質を含んだ粉塵を吸い込むなどした場合の健康影響を再検討する必要がある。

研究成果の概要(英文)：A-bomb radiation exposure is generally divided into two types: direct exposure to gamma-ray as well as prompt and delayed neutrons from the initial radiation explosion, and indirect exposure from residual radiation comprising neutron activated radiation in soil and other materials as well as fallout from the nuclear explosion. The results of this study showed that increase of mortality risk was detected immediately after the bombing in distal survivors or entrants who were exposed by negligible low radiation dose. We must reconsider that such low estimates of residual-radiation dose have health effects in case that breathing dust contaminated with radioactive materials.

研究分野：医学統計学

キーワード：残留放射線 広島原爆 入市者

1. 研究開始当初の背景

被爆者に関する大がかりな調査として、放射線影響研究所 (RERF) によるコホート調査が 1950 年から、また広島大学原爆放射線医学研究所によるコホート調査が 1965 年から始められているが、被爆直後から 5 年間の被爆による被害の実態については空白のままである。広島市役所および広島大学が中心となり被爆直後からの被爆者各個人の被爆状況、死亡状況などの被爆による被害の全体像を明らかにするため被爆者実態調査、死没者名簿情報、被爆手帳申請などの基礎資料の統合化が行われてきたが、資料間で記載事項が異なっていることや、同一個人が重複して記載されている等の問題があるため、広島大学が中心となり、2010 年度から 2012 年度にかけて、資料内及び、資料間の個人の重複除去などの整備が行われ、被爆者に関する基礎資料が整えられデータベース化された (以下、統合化資料と呼ぶ)。

2. 研究の目的

本研究の目的は統合化資料を用いて、これまで不明とされてきた原爆投下直後から 1950 年にかけての原爆被害状況を明らかにすることにある。当初は、以下の三つの点について調べることを目的とした。(1) 被爆後早期の 5 年間を含む全被爆期間における死亡危険度の時間的変動について調べる。(2) 残留放射線の健康影響の実態の解明、(3) 原爆投下直後に死亡したとみられる高齢被爆者の健康被害の実態の解明。但し、(1)、(2) については、有る程度の成果が得られたが、(3) については今後の課題として残された。

3. 研究の方法

(1) 統合化資料を用いた研究

統合化資料のうち、“性別”、“被爆時年齢”、“死亡時年齢”、“被爆区分 (直接被爆、入市)”、直接被爆の場合は、“被爆地”、入市の場合は“入市日”が、明らかなものを抽出し、これらの項目を用いて、直接被爆者、入市者別に、全死因による死亡をイベント、1945 年 8 月 6 日から死亡日までの経過日数を時間変数とする生存解析を行った。

(2) アンケート調査による研究

「原爆投下後、放射化した微粒子を吸い込んだことが、その後の健康と関係があるのではなかろうか」という仮説のもと、原爆投下当日に入市した人の粉塵による被曝の状況と、その後の健康状態 (急性症状の発症、がん罹患など) の関係を調べることを目的とし、NHK の協力により、1945 年 8 月 6 日原爆投下当日、原爆被爆者の救護のため広島市内に入市した陸軍船舶特別幹部候補生 3 期生 142 名を対象とし、郵送によるアンケート調査を行った。アンケート調査内容は、「8 月 6 日当日における入市経路」、「入市した当時の火災やほこりの状況」、「作

業を行った場所」、「作業の内容」、「作業中の‘ほこり’による曝露状況」、「入市直後の体調」および、「被爆後の病歴」についてである。

4. 研究成果

(1) 直接被爆者について

観察開始時点を 1945 年 8 月 7 日とした場合、爆心地での生存率曲線が最も低く、観察開始時点を 1946 年 1 月 1 日とした場合は、爆心地での生存率曲線が最も高くなっていた (図 1)。

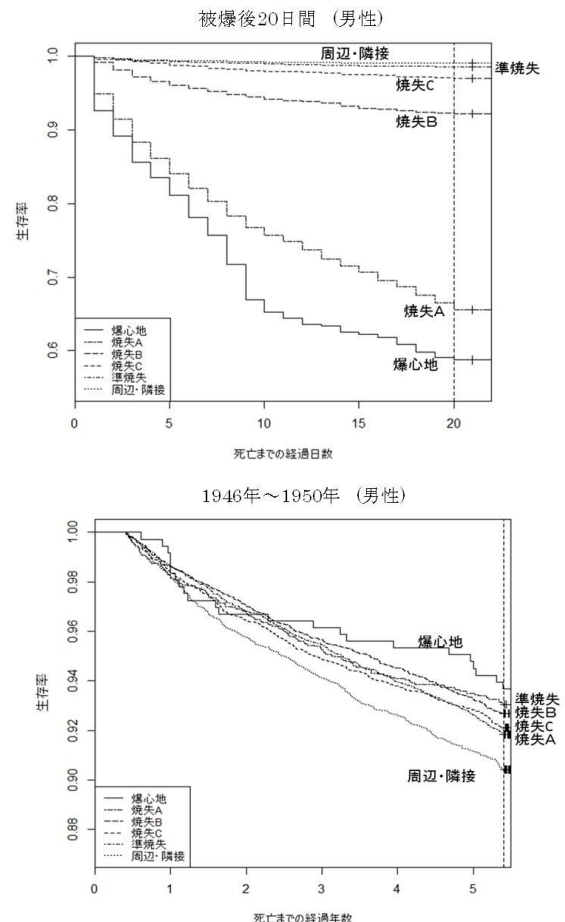


図 1 被爆地域区分別 Kaplan・マイヤー生存曲線。上図は 1945 年 8 月 6 日を生き延びた人の被爆後 20 日間の生存率を、下図は初期の放射線障害が収束しつつあると思われる 1946 年 1 月 1 日から 1950 年 12 月 31 までの 4 年間の生存率を示す。

このことは、爆心地域での被爆者は、爆死、火傷、感染症、初期の急性放射線障害などの致命的な障害を受けた人と、何らかの遮蔽により比較的軽度な障害で済んだ人が、混在していたことを示していると考えられた。また、観察開始時点を 1946 年 1 月 1 日とした場合、被爆地が爆心地から 3.1km 以上離れている市内周辺および隣接地域での累積生存率が最も低くなっており、Cox の回帰分析の結果においても、爆心地から 3.1km 以遠で、被爆した者の相対死亡危険度は、3.0km 以内で被爆

した者に比べ有意に高かった。DS02 線量推定方式よるこの地域での初期放射線量は、ほとんど 0mSv であり、放射線影響研究所の LSS コホート研究においても線量として無視できるとしている。原爆投下後、家族や縁者の安否を尋ねて市内に入ってきた人が大勢含まれていると思われる。

(2) 入市者について

入市者について、Cox の回帰分析の結果より、8 月 6 日入市者については若い男性であるほど相対死亡危険度が高くなっていた。入市者の場合、被爆線量は、入市場所、滞在時間や、行動などにより大きく影響を受け、その推定はほとんどの場合不可能であるが、おそらく、中年の男性の活動量は高齢者のそれと比べ、大きかったことを反映しているのではないと思われる。女性については、8 月 6 日入市者の死亡数が少ないことから、詳細な解析が出来なかった。さらに、入市者を対象とし、1945 年 8 月 6 日から 1958 年 12 月 31 日までの約 13 年間に於ける全死因をイベントとする生存解析を行った。全日本の年代別死亡率を用いて調整後の 8 月 6 日入市者の死亡危険度は、被爆時年齢が比較的若い男女(30 歳代～50 歳代の男性および 10 歳代～20 歳代の女性)において、8 月 8 日以降に入市した者に比べて被爆直後から有意に高くなっていた。一方、被爆時年齢が比較的高い男性(60 歳代の男性)および 30 歳代以上の女性では、8 月 6 日入市者における死亡危険度は 8 月 8 日以降入市者とほぼ同等であり、被爆直後から 13 年間のほぼ全期間において有意な超過は検出されなかった。被爆時年齢が比較的若い男女において、残留放射線によると考えられる死亡危険度の上昇が原爆投下直後から、約 13 年間の観察期間において認められた。

(3) 粉じんによる曝露について

陸軍船舶特別幹部候補生を対象としたアンケート調査の結果、爆心地から半径 2km 以内で作業し「粉塵」を浴びた集団では、爆心地から半径 2km 以遠で作業し「粉塵」を浴びなかった集団に比べて、急性症状様の症状発症およびがん既往歴ありのオッズの有意な上昇を認めた(図 2, 図 3)。

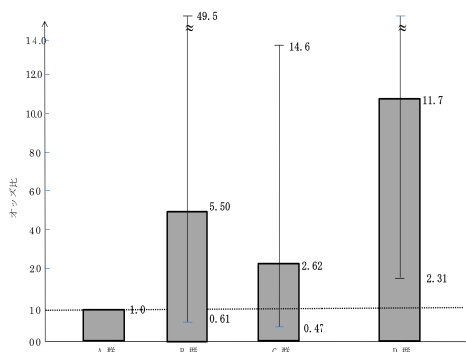


図 2. 急性症状発症の作業場所別・粉じん曝露別オッズ比と 95%信頼区間。D 群の A 群に対するオッズ比は 11.7 で、その 95%信頼区間は [2.31, 59.5] であった。

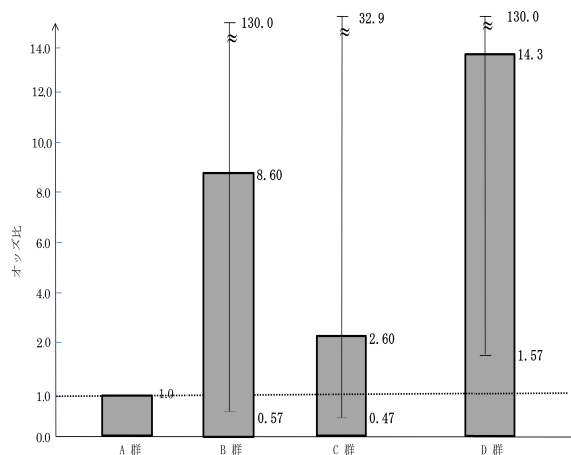


図 3. がん(白血病を含む)罹患既往歴の作業場所別・粉じん曝露別オッズ比と 95%信頼区間。D 群の A 群に対するオッズ比は 14.3 で、その 95%信頼区間は [1.57, 130.0] であった。

これらの結果は、放射化した微粒子を吸い込んだことによる内部被曝による健康影響を示唆するものであった。

以上、これまで得られてきた知見を放射性核種の放射能の半減期をもって説明すると、2つの放射性核種、 ^{56}Mn (半減期は 2.6h)および ^{28}Al (半減期は 2.2min), が本質的な因子として候補に挙がる。半減期が 15.0 時間の ^{24}Na の影響も否定できないが、入市被爆者の入市日別固形がん危険度の変化を推定した結果、8 月 9 日入市者に比べて 8 月 6 日入市者における超過相対危険度が 20%近い高値であったのに対して、翌日及び翌々日の同危険度はそれぞれ数%の水準にまで低下していることを考慮すると 15 時間という(比較的長い)半減期を持つ ^{24}Na による被曝の大きな影響が在ったとは考え難い。なお、身近な環境中に ^{28}Al の半減期よりも長く ^{56}Mn の半減期よりも短い半減期を持つ放射性核種は存在しないことは既に報告されている。広島原爆の場合、プルトニウム微粒子による放射能汚染は問題になっていないが、 ^{28}Al や ^{56}Mn を含んだ微粒子が、Tamplinらによって提唱されたいわゆる Hot particle 効果を引き起こし、急性症状発症やがん罹患の危険度を高くしていたことが考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 6 件)

1. 大瀧 慈, 大谷 敬子, 広島原爆被爆者における健康障害の主要因は放射性微粒子である, 科学, 査読無, 86 巻(8), 2016, 819-830

2. Matsuba Junji, Otani Keiko, Satoh Kenichi, Kawakami Hideshi, Ohtaki Megu. High initial-dose dependency of cerebrovascular disease mortality among female survivors of the Hiroshima atomic bomb exposed in teens: A cohort study, 1970-2010, Hiroshima J. Med. Sci., 査読

有, 65(2), 2016, 35-43

3. 大谷敬子, 大瀧 慈: 広島原爆における粉じん被ばく の健康影響について 陸軍船舶特別幹部候補生アンケート調査を用いて, 長崎医学会雑誌, 査読有, 91 巻特集号別冊, 2016, 210-215

4. 大谷敬子, 大瀧 慈, 原 憲行, 広島入市者を対象とした原爆投下直後の 10 年間における死亡危険度の経年的変動の推定, 広島医学, 査読有, 69 巻, 2016, 346-350

5. Kerr G, Egbert S, Al-Nabulsi I, Bailiff I, Beck H, Belukha I, Cockayne J, Cullings H, Eckerman F, Granovskaya E, Grant E, Hoshi M, Kaul D, Kryuchkov V, Mannis D, Ohtaki M, Otani K, Shinkarev S, Simon S, Spriggs G, Stepanenko V, Stricklin D, Weiss J, Weitz R, Woda C, Worthington P, Yamoto K, Young R, Workshop report on Atomic bomb dosimetry – Review of dose related factors for the evaluation of exposures to residual radiation at Hiroshima and Nagasaki, Health Physics, 査読有, 109(6), 2015, 582–600, DOI: 10.1097/HP.0000000000000395

6. 大谷敬子, 大瀧 慈, 富田哲治, 原 憲行, 佐藤裕哉, 星 正治, 佐藤健一, 広島原爆被爆者における原爆投下直後から 5 年間での死亡危険度の解明, 長崎医学会雑誌, 査読有, 89 巻, 2014, 227-233

[学会発表](計 3 件)

1. Otani K, Tonda T, Satoh K, Hoshi M, Takihara Y, Ohtaki M, Study of solid cancer mortalities among Hiroshima early entrants, 1970-2010, International Symposium “Mn-56 experiments and the results - Possibility of the small particle effects -”, Dec.9, 2016, Hiroshima

2. Otani K, Ohtaki M, Tonda T, Sato Y, Hara N, Kawakami H, Tashiro S, Hoshi M, Satoh K, Excess Risk of Solid Cancer Mortality among Early Entrants in Hiroshima City after A-bombing- Using half-life of radionuclides, Workshop of Health Physics Conference 2014, 5 July 2014, Baltimore, USA

3. Keiko Otani, Megu Ohtaki, Tetsuji Tonda, Yuya Sato, Noriyuki Hara, Hideshi Kawakami, Satoshi Tashiro, Masaharu Hoshi, Kenichi Satoh, Studies of Cancer Mortality Risk among Early Entrants after Hiroshima Bombing: 1970-2010, International Biometrics Conference 2014, 10 July 2014, Florence, Italy

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷 敬子 (OTANI KEIKO)
広島大学・原爆放射線医科学研究所・研究員

研究者番号: 20243587

(2) 研究分担者

大瀧 慈 (OHTAKI MEGU)
広島大学・原爆放射線医科学研究所・名誉教授

研究者番号: 20110463

佐藤 健一 (SATO KENICHI)
広島大学・原爆放射線医科学研究所・准教授

研究者番号: 30284219

富田哲治 (TONDA TETSUJI)
広島県立大学・経営情報学部・准教授
研究者番号: 60346533