

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2014～2017

課題番号：26257501

研究課題名(和文) カザフ核実験場周辺住民の放射性降下物被曝の実態解明 - 線量評価及び健康影響解析 -

研究課題名(英文) Study of the radiation fallout around the former Soviet Union Semipalatinsk nuclear test site - Dosimetry and health effects -

研究代表者

星 正治 (HOSHI, Masaharu)

広島大学・平和科学研究センター・名誉教授

研究者番号：50099090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,800,000円

研究成果の概要(和文)：放射線による発がんなどのリスクは、ほぼ広島・長崎の被ばく者の調査により評価されてきた。その結果は国際放射線防護委員会(ICRP)での議論を経て、国内法である放射線障害防止法に取り入れられている。しかし原爆は一瞬の被ばくであるが、セミパラチンスクでは長時間かつ微粒子による被ばくである。従ってそのリスクは異なっている可能性がある。本研究は共同研究による被曝線量とリスク評価である。測定や調査は、1. 土壌中のセシウムやプルトニウム、2. 煉瓦、歯、染色体異常による被曝線量、3. 聞き取り調査による心理的影響、4. データベースの整備とリスク、5. 微粒子効果の動物実験などであり、被曝の実態を解明した。

研究成果の概要(英文)：Radiation risks have been evaluated basically from the Hiroshima and Nagasaki studies. After the discussion at International Commission on Radiological Protection (ICRP), the risks have been prescribed by the Japanese law of radiation protection. The radiations of the atomic bombs were exposure of the moment. However, that of the Semipalatinsk was long time exposure. Therefore we considered their radiation risks are different and began this project. The studies were radiation dosimetry and risk analysis based on international collaboration. Our measurements and results obtained were 1. Cs-137 and Pu isotopes in soil samples, 2. radiation doses using bricks, tooth enamel and chromosome aberration of blood, 3. psychological effects by hearings from residents, 4. maintenance of the data base and risk evaluation and 5. animal experiment of microparticle effects. From these studies we elucidated the radiation doses and realities of exposures what was happened in Semipalatinsk.

研究分野：放射線生物・物理学

キーワード：放射線 セミパラチンスク 線量評価 健康影響 内部被ばく マンガン56 ベータ線被ばく Microparticle effect

1. 研究開始当初の背景

放射線による発がんなどの健康障害リスクは、主に放射線影響研究所による広島・長崎の被ばく者の調査に基づいて研究されてきた。その結果は国際放射線防護委員会(ICRP)での議論を経て、国内法である放射線障害防止法で定められた被ばくの限度の根拠となっている。しかし、原爆被爆者が受けた放射線は直爆者に限定され、しかも一瞬の急性被ばくによるものである。しかし、セミパラチンスクでの被ばくは核実験で生成された放射性降下物(放射能を帯びた粉塵)によるもので、そのリスクの特徴は広島・長崎の直爆者により決められたものとは異なっている可能性がある。これらのリスクの特徴について何らかの違いが明らかになれば、原因の究明だけでなく法律の改正も必要となることが考えられる。

1994年セミパラチンスクでの被曝とその健康影響を研究するため、新たな研究室が広島大学・原爆放射線医学研究所に開設された。そして、本研究代表者はその責任者となった。それ以降、現在に至るまで25年間に渡って、これらの研究を継続的に進めてきた。旧ソ連のセミパラチンスク核実験場は四国ぐらゐの広大な面積があり、そこで1949年から1989年までの40年間に456回の核実験が行われた。そして周辺の広大な地域に放射能が降り注いだ(図1、2)。そして、ここでは数十万人が被ばくしたと言われている。

研究の拠点は、核実験場から110km離れたところにある大都市のセメイ市(旧セミパラチンスク市)とした。ここにはカウンターパートである、放射線医学環境研究所や国立セメイ医科大学など大学、研究機関、病院があり、これらの機関と研究協力協定を締結して研究を進めてきた。

これまで、本研究グループは、土壌を集め持ち帰り放射能(PuやCs-137)を測定しその降下量を見積もった、また煉瓦や歯を収集し外部被曝線量を測定した。血液の染色体異常の検査や、甲状腺の検診も行った。また聞

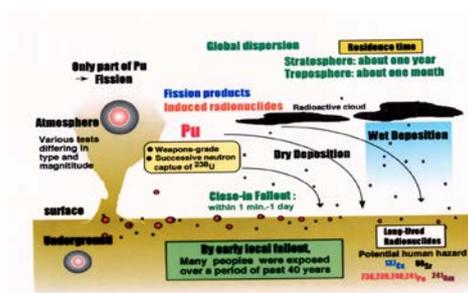
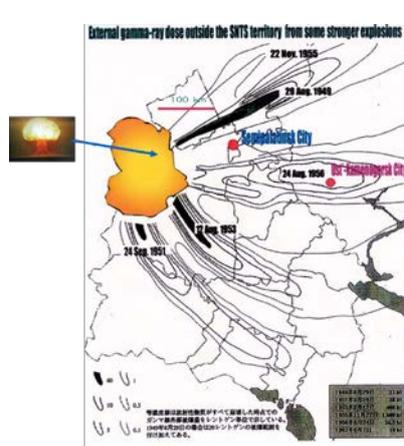


図1. 核爆発直後、放射能の微粒子が上空を通過して行く様子を示す概念図。大きい粒子が先に降下する。地上では人々が生活していて、これらの放射性微粒子により被ばくした。ここでは外部被ばくだけでなく内部被ばくも大きかったと考えられる。

き取り調査を行い心的影響も調査してきた。そして、これらの結果の一部はリスク計算のため、データベースに入力してきた。しかしながら、地域の村単位の被曝線量は分かっていたが、個人被曝線量については完成していなかった。また、広大な地域であるので、さらなるデータ収集により、地域全体をカバー



した測定を行う必要があった。そして、全域での放射線の被曝線量評価とその影響調査が必要であった。それにより、新しい線

図2. 左上の黄色い地域が四国ほどの広さの核実験場。主な4回の核実験の被曝線量を等高線で示している。一番北の等高線は1949年8月29日の最初の実験で、原爆は長崎型と同一である。黒く示した地域では600mSvの外部被ばくがあり、幅が約10kmで長さが約200kmである。この地域にはドロン村があり最大の被ばくとなった。

量を使ったリスク評価が必要となった。

また、原爆被爆者は黒い雨などの残留放射能からの被ばくも受けていると考えられるが、その影響の詳細は未解明である。セミパラチンスクはもっぱら残留放射能からの被ばくであり、それらから放出されるベータ線や、放射性微粒子の内部被ばくによる影響研究が進展すれば、広島・長崎の残留放射能による影響研究の進展も期待できる。さらに、過去に人々に起こったことについては、今後実証試験(prospective study)も必要である。それで動物を使った実験も考える必要性が出てきた。

これらの共同研究は、カザフ側だけでなく、アメリカや、ロシア、ドイツ、フランス(WHO)などヨーロッパのグループとも進めてきた。

2. 研究の目的

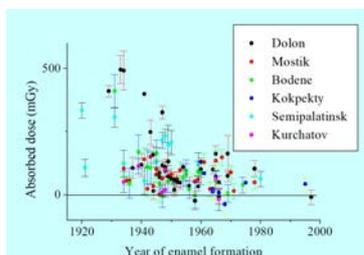
本研究の目的は、セミパラチンスク旧ソ連核実験場周辺での土壌中の放射能を測定し、また煉瓦や歯を使って個人被曝線量評価を行うことである。その際、これまでよく分かっていなかったベータ線や放射性微粒子による内部被ばくの影響を解明する。そのため動物実験も行い、それらの影響のメカニズムを解明することである。そして評価した線量を使いセミパラチンスクの特徴である低線量率被ばくのリスクを求めることである。また、セミパラチンスクの地域の住民の甲状腺の検診も行う。また染色体異常も調べる。さ

らに、聞き取り調査を行い物理的被曝状況だけでなく健康影響に対する心理的環境要因についても調べる。福島、チェルノブイリ、マーシャル諸島のマグロ漁船員も放射性降下物からの影響であることが共通である。線量評価やその影響についても調査をする。

これらの結果は、広島大学や島根大学で国際シンポジウムを開催し研究成果を公開する。国内外の学会などでも研究を発表する。

3. 研究の方法

調査研究の実施国はカザフスタン共和国である。セメイ市(旧セミパラチンスク市)を拠点とした。セメイ市は旧ソ連セミパラチンスク核実験場から最短で約110km離れた場所にあり、この地域で最大の都市で人口は約35万人である(図2)。核実験場は日本の四国くらいの広大な地域であり、この中で実験が行われた。第1回目は1949年8月ドロン村に近く長崎型の原爆で大気中核実験が行われた。この実験ではキノコ雲が上空に立ち上がりそれから



それから水平に数百キロに渡って核の雲が村々を通った。その村の

図3. これまでに測定した歯の結果。ガンマ線による外部被曝を示す。これにより被ばくの形態が分かる。図2に示すように被ばくの地域は約10kmx200kmくらいで、全地域から見ると比較的狭い範囲である。その中で最大で500mGyの被ばくがあり、他はそれより低い線量であったがこれがセミパラでの被ばくの特徴である。(文献⑦など)

一つがドロン村で、セミパラチンスクの核実験では最大の被ばくとなった。その他大きな被ばくはサルジャル、カイナル、カラウル、ズナメンカ各村などでも認められた。これらの村を調査対象とした。(図3)

現地までの経路は、空路は日本からソウル、アルマティ経由でセメイに入った。

- (1) セメイ市を基点に地方へ出かけた。移動方法は車で、ドロン、サルジャル、カラウル、カイナル、マカンチ、ズナメンカ、パプロダール、ウスカメノゴルスク等へ出向く。原則日帰りであるが、遠方の場合には現地にて宿泊した。
- (2) 土壌、煉瓦、歯の採集は現地のカウンターパートとロシアのグループとともに行った。この中には1000カ所の土壌のCs-137, Puの同位体の測定結果が書かれている。これらから地域住民の被ばく線量を計算する。
- (3) 血液の採血と染色体異常などの検査についてはこれまでの結果をまとめて線量計算の資料とした。

(4) クルチャトフの研究所にある原子炉で二酸化Mnの粉末(3μm)に熱中性子を照射し、Mn-56を生成した。その粉末をケージに入れたラットに様に広がるように噴射し、内部被ばくをさせた。直後にそれぞれの臓器に取り込まれた放射能を測定し、そのデータを元にモンテカルロ計算により内部被曝線量を計算した。その他のラットはセメイ国立医科大学に持ち帰りラットへの影響を2ヶ月以上観察した。その内容は、1. 赤外線センサーによる活動度、2. 各臓器の病理学的な検査を行った。3. 動物の歯による被曝線量も測定した。

(5) 甲状腺の検診は約1000名となっていて、データベースに入力した。

(6) データベースへの測定結果や評価された被曝線量はその都度入力し、現在は古い線量が入力されている。

(7) 心理的影響についての現地調査と解析を行った。

(8) これまでの全てのデータを整理し、正確な被ばく線量推定のため、そしてリスク計算のための基礎資料とした。

(9) バックグラウンドとしての埃の影響を考えるため、自然界の大気中の埃を調べることも重要である。今回、アスタナ市で1年間大気中の埃をエアサンプラーにて収集し放射能や重金属を測定した。今後、セメイ市などについても調査し、大気中での広がり

と人体への影響を調べる。

(10) セミパラチンスク以外の、福島、マーシャル諸島の漁船員、チェルノブイリなども研究し、それらとも比較しその被ばくの状況を調査した。

4. 研究成果

(1) 土壌、煉瓦、歯の採取と測定は現地の3者カウンターパートとロシアのグループとともに行った。結果は土壌について1000カ所のCs-137, Puの同位体の測定結果をまとめ文献②で公表した。これらから地域住民の正確な被ばく線量を計算する。

(2) 血液の染色体異常などの検査についてはこれまでの結果を文献③に発表した。これらも個人被曝線量計算の資料とした。

(3) ラットを使った動物実験

(3)-1. 原子炉でMn-56の粉末をラットに暴露した直後に内部被ばく線量の測定を行った。その結果を使って計算を行い文献⑤で内部被ばく線量の結果を発表した。

(3)-2. またその後、7時間後、3日後、14日後、60日後に解剖し病理組織を検査した。そしてそれらは放射化していない二酸化マンガン照射群、コバルト2000mGy照射群、コントロール群の4群で比較した。図4に示すように、肺の組織(内部被ばく100mGy)に対して図4(a), (b)のように肺気腫や出血が見られる。一方図4(c), (d)に示すコバルト2000mGyとコントロール群では大きな違いはない。放射化されていない

二酸化マンガンの群にも変化は見られなかった。このように内部被ばくは肺の場合、

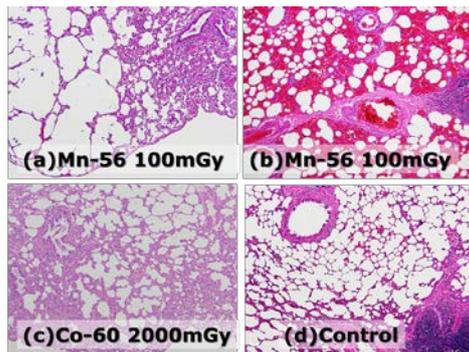


図 4. 肺の病理組織の顕微鏡写真。(a), (b)では 100mGy の内部被ばくに対して肺気腫や出血が見られる。一方 (c)の Co-60 2000mGy ではコントロールと比べても大きな違いはない。

外部被曝よりも 20 倍以上も影響が大きいという全く新しい結果を得た。結果は文献④に発表した。これについては原因解明などさらなる研究が必要である。

(3)-3. ラットの運動量も 2 ヶ月以上にわたって測定した。赤外線センサーにより、動きをカウントして 1 分毎に連続的に記録した。これらの結果、照射後数日は運動量が減少することが観察されたが、それ以降の長期の運動量の減少は確認されなかった。本来の目的であった、原爆ぶらぶら病やカイナル症候群に代表される強い倦怠感などの症状は、長期に続くのでさらなる研究が必要なことも分かった。

(3)-4. また、照射中の外部被曝線量を歯やガラス線量計で測定した。歯の場合は線量が低すぎて検出が困難であったが、ガラス線量計では最大 6mSv と低い結果が出た。これは広島

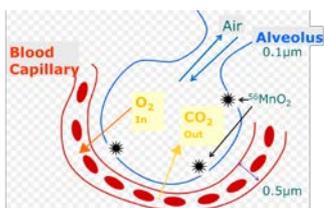


図 5. 肺胞内で放射性微粒子が付着すると障害が起こる理由。黒い $^{56}\text{MnO}_2$ の微粒子が肺胞に入り付着する。計算によるとその近傍では 100Gy 以上もの被ばくになる。

研究が必要である。

- (4) 甲状腺の検診は約 1000 名となり文献⑥にまとめた。今後データベースに入力する。
 (5) セミパラチンスク近郊住民の被曝線量については、リヨンにある WHO の研究所やアメリカ、ドイツ等の研究所との共同研究を行ってきたが、一時中断している

- 実行する考えである。今後リスクを求める。これは低線量率被ばくの代表的な例となる。
 (6) 染色体異常に関して論文③とした。
 (7) 心理的影響の現地調査と解析を行った。
 (8) アスタナ市で大気中の放射能微粒子や汚染物質を収集し測定した。大気中に漂う埃の中の放射能を測定し重金属も測定した。埃による健康影響研究として共通であり、論文を作成中である。
 (9) 福島原子力発電所関連についても煉瓦などをサンプリングしベータ線やガンマ線量を測定し、文献⑨など論文として発表した。
 (10) マーシャル諸島での核実験によるマグロ漁船員の被曝線量調査に関しては、染色体異常は文献⑧として発表した。歯の測定も継続していて 3 名の結果が出ている。
 (11) 広島・長崎の原爆被曝者について、直爆者、早期入市者、速距離被曝者等について広島大学のデータベースなどを使って解析し、内部被曝の影響を示唆する論文を発表した。文献①。
 (12) 広島大学で第 21 回国際シンポジウム (2018 年 1 月 23 日) を開催した。また島根大学で第 5 回国際シンポジウム (同 1 月 25 日) を開催し発表した。
 (13) 今回の動物実験により、放射性微粒子による内部被ばくの影響が特異的に大きい事を新発見した。これらは外部被ばくと比べて 20 倍以上も大きく社会的な影響は大きい。これらの統一的理解や防護研究を進める事が今後の大きい課題となる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 57 件)

- ①大瀧 慈, 保田浩志, 大谷敬子, 星 正治: 原爆被曝者 (LSS) の安定型染色体異常細胞の頻度に観られる被曝ばく状況依存性 - DS86 被曝ばく線量の持つ大きな偏りの存在が示唆されている -, 広島医学 2018 印刷中 査読有
 ②M. Yamamoto, K. Kawai, J. Tomita, K. Mino, A. Sakaguchi, Y. Ohtsuka, T. Imanaka, S. Endo, N. Kawano, M. Hoshi, K. Apsalikov, T. Muldagaliyev, B. Gusev. Environmental radioactive contamination in settlements around the former Soviet Union " s Semipalatinsk nuclear test site : Sarzhai Karaul and Kainar settlements, and some settlements located south of the Pavlodar Region. IPSHU 研究報告シリーズ研究報告 No. 55, 1-55, 2018, ISSN 1342-5935. 査読
 ③ N. Chaizhunosova, M. Madiyeva, K. Tanaka, M. Hoshi, N. Kawano, K. Inoue, Y. Noso, (Hoshi4 番目, Inoue6 番目, Noso7 番目) Cytogenetic abnormalities of the descendants of permanent residents of heavily contaminated East Kazakhstan, Radiation and Environmental Biophysics, 56: 337-343, 2017. DOI:10.1007/s00411-017-0717-2, 査読有

- ④ K. Shichijo, N. Fujimoto, V. Stepanenko, N. Chaizhunusova, K. Zhumadilov, M. Hoshi (Shichijo1 番目、Fujimoto2 番目、Hoshi16 番目) Internal exposure to neutron activated ^{56}Mn dioxide powder in Wistar rats - Part 2: Pathological effects. *Radiation and Environmental Biophysics*, 56, 55-61, 2017, DOI 10.1007/s00411-016-0676-Z. Ibid. Erratum to Internal exposure to neutron-activated ^{56}Mn dioxide powder in Wistar rats - Part 2: Pathological effects. DOI 10.1007/s00411-017-0687-4. 査読有.
- ⑤ V. Stepanenko, Keiko Otani, K. Satoh, N. Kawano, K. Shichijo, T. Takatsuji, A. Sakaguchi, N. Fujimoto, S. Toyoda, H. Sato, M. Hoshi, (Otani3 番目、Satoh4 番目、Kawano5 番目、Shichijo6 番目、Takatsuji8 番目、Sakaguchi9 番目、Fujimoto12 番目、Toyoda13 番目、Sato14 番目、Hoshi35 番目) Internal exposure to neutron activated ^{56}Mn dioxide powder in Wistar rats - Part 1: Dosimetry. *Radiation and Environmental Biophysics*, 56, 47-54 2017, DOI 10.1007/s00411-016-0678-x 査読有.
- ⑥ B. Grosche, H. Katayama, M. Hoshi, K. Apsalnikov, T. Belikhina, Y. Noso, N. Takeichi, Thyroid diseases populations residing near the Semipalatinsk Nuclear Test Site, Kazakhstan: Results from an 11 years series of medical examinations. *SM J. Public Health Epidemiol.*, 3 1038, 2017. ISSN: 2473-0661. 査読有
- ⑦ K. Zhumadilov, A. Ivannikov, V. Stepanenko, S. Toyoda, V. Skvortsov, M. Hoshi, EPR dosimetry study for population residing in the vicinity of fallout trace for nuclear test on 7 August 1962. *Radiat. Protec. Dos.* 1-5, 2016. Doi: 10.1093/rpd/new128, 査読有
- ⑧ K. Tanaka, M. Ohtaki, M. Hoshi, Chromosome aberrations in Japanese fishermen exposed to fallout radiation 420-1200 km distant from the nuclear explosion test site at Bikini Atoll: report 60 years after the incident. *Radiat. Environ. Biophys.* 55, 329-337, 2016. DOI 10.1007/s00411-016-0648-3. 査読有
- ⑨ K. Saito, I. Tanihata, M. Hoshi, (Hoshi8 番目). Detailed deposition density maps constructed by large-scale soil sampling for gamma-ray emitting radioactive nuclides from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J Environ Radioact* 139, 308-319, 2015. 査読有
- [学会発表] (計 82 件)
- ① M. Hoshi, M. Ohtaki, K. Otani, N. Fujimoto, K. Shichijo, S. Endo, Y. Sambayev, K. Zhumadilov, A. Sakaguchi, M. Yamamoto, N. Chaizhunusova, V. Stepanenko, S. Shinkarev, K. Apsalnikov, T. Muldagaliev, K. Inoue, Y. Noso, N. Kawano, 1. Radioactive micro-particle effects experimentally and theoretically, 2. Air dust sampling and measurements, 3. Dosimetry and radiation risk studies in Semipalatinsk area, 21th Hiroshima International Symposium: Studies on health effects of exposure to radioactive micro-particles, Hiroshima, Japan, January 23, 2018
- ② M. Hoshi, M. Ohtaki, K. Otani, N. Fujimoto, K. Shichijo, K. Satoh, N. Kawano, S. Endo, T. Takatsuji, Y. Noso, K. Inoue, A. Sakaguchi, S. Toyoda, H. Sato, (Hoshi 1 番目、Ohtaki5 番目、Otani6 番目、Fujimoto7 番目、Shichijo8 番目、K. Satoh23 番目、Kawano24 番目、Endo25 番目、Takatsuji27 番目、Noso29 番目、Inoue30 番目、Sakaguchi31 番目、Toyoda34 番目、H. Sato35 番目) Internal exposure experiments of ^{56}Mn using rats simulating radioactive soil dust exposure in Hiroshima and Nagasaki. 4th Asian Congress of Radiation Research (ACRR2017), Aug. 16-18, 2017, Astana, Kazakhstan.
- ③ K. Shichijo, N. Fujimoto, T. Takatsuji, D. Uzbekov, Y. Kairkhanova, A. Saimova, N. Chaizhunusova, N. Sayakenov, D. Shabdarbaeva, N. Aukenov, A. Azimkhanov, A. Kolbayenkov, Z. Mussazhanova, D. Niino, M. Nakashima, K. Zhumadilov, V. Stepanenko, M. Tomonaga, T. Rakhypbekov, M. Hoshi. Pathological effects in relation to dose level after acute intake of neutron-activated ^{56}Mn dioxide powder in Wistar rats. 4th Asian Congress of Radiation Research (ACRR2017), Aug. 16-18, 2017, Astana, Kazakhstan.
- ④ M. Hoshi. Overview of our Semipalatinsk study from 1994. The 13th International Scientific-Practical Conference 'Ecology. Radiation. Health', Semey, Kazakhstan [招待講演] 8, 2017.
- ⑤ N. Fujimoto, Y. Kairkhanova, A. Saimova, D. Uzbekov, N. Chaizhunusova, K. Shichijo, M. Nakashima, T. Rakhypbekov, V. Stepanenko, M. Hoshi. Internal exposure to radioactive ^{56}Mn dioxide powder in rats - Effects on gene expressions, The 13th International Scientific - Practical Conference 'Ecology. Radiation. Health', Semey, Kazakhstan [招待講演] 8, 2017.
- ⑥ M. Hoshi, Internal exposure experiments

of rats simulating radioactive soil dust exposure in Hiroshima and Nagasaki. Kiev International Symposium in 5, 2017. Medical Center IGF.

〔図書〕(計 2件)

- ① 高橋嘉夫、田中万也、坂口綾、東京大学出版会、原発事故環境汚染 福島第一原発事故の地球化学的側面、2014、312

6. 研究組織

(1) 研究代表者

星 正治 (HOSHI Masaharu)
広島大学・平和科学研究センター・
名誉教授
研究者番号：50099090

(2) 研究分担者

坂口 綾 (SAKAGUCHI Aya)
筑波大学・数理物質系・准教授
研究者番号：00526254

山本 政儀 (YAMAMOTO Masayoshi)
金沢大学・理工研究域・特任教授
研究者番号：10121295

遠藤 暁 (ENDO Satoru)
広島大学・工学研究科・教授
研究者番号：90243609

原田 浩徳 (HARADA Hironori)
東京薬科大学・生命科学部・教授
研究者番号：10314775

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

川野 徳幸 (KAWANO Noriyuki)
広島大学・平和科学研究センター・教授
研究者番号：30304463

豊田 新 (TOYODA Shin)
岡山理科大学・理学部・教授
研究者番号：40207650

藤本 成明 (FUJIMOTO Nariaki)
広島大学・原爆放射線医科学研究所・
准教授
研究者番号：40243612

井上 顕 (INOUE Ken)
高知大学・
教育研究部医療学系臨床医学部門・教授

研究者番号：40469036

野宗 義博 (NOSO Yoshihiro)
島根大学・医学部・特任教授
研究者番号：50164695

原田 結花 (HARADA Yuka)
文京学院大学・保健医療技術学部・教授
研究者番号：50379848

高辻 俊宏 (TAKATSUJI Toshihiro)
長崎大学・水産・環境科学総合研究科
(環境)・教授
研究者番号：70163219

七條 和子 (SHICHIJO Kazuko)
長崎大学・原爆後障害医療研究所・助教
研究者番号：90136656

佐藤 斉 (SATO Hitoshi)
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号：90285057

片山 博昭 (KATAYAMA Hiroaki)
公益財団法人放射線影響研究所・
情報技術部・部長
研究者番号：20360852
(平成28年度まで。研究終了のため分担者
から除外)

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
(平成28年度まで。研究終了のため分担者
から除外)

(3) 研究協力者

チャイジュヌソバ ナイラ
(CHAIZHUNUSOVA Nailya)
Semey State Medical University・教授

ステパネンコ ヴァレリー
(STEPANENKO Valeriy)
Medical Radiological Research Centre of
the Russian Academy of Medical Sciences,
Obninsk・教授

シンカレフ セルゲイ (SHINKAREV Sergey)
Federal Medical Biological Agency,
Moscow・教授

ズマジーロフ カシム (ZHUMADILOV Kassym)
L.N. Gumilyov Eurasian National
University・教授

武市 宣雄 (TAKEICHI Nobuo)
武市甲状腺クリニック・院長