

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：85401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2016

課題番号：25305001

研究課題名(和文) セミパラチンスク旧核実験場近郊住民を対象とした疫学解析用統一データベース構築

研究課題名(英文) Construction of the epidemiological database for the people living in Semipalatinsk test site area

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：【背景】1949年から1962年にかけてセミパラチンスクで行われた地表核実験は地域住民に放射線被曝をもたらした。我々は放射線被曝が公衆衛生に影響を与えたかどうかを検証する目的で、甲状腺機能不全、甲状腺がん、甲状腺結節の検査を実施した。

【結果】放射線被曝をした地域と放射線被曝がそれほどなかったと思われる地域住民の甲状腺機能不全、甲状腺がんのリスクを比較したがリスクの上昇は認められなかった。しかしながら、甲状腺結節の所見は個々の放射線被曝線量が完全に推定されていないために限定的であるが、甲状腺結節に関するリスク上昇に関して放射線被曝地域住民の間において放射線被曝の影響がないとは言えなかった。

研究成果の概要(英文)：Background: Some above ground nuclear tests conducted from 1949 to 1962 at the Semipalatinsk Nuclear Test Site led to radiation exposure of the public. We conducted medical examinations for hypothyroidism, thyroid cancer, and thyroid nodules with the purpose of providing documentation that might be used in determining whether these exposures had an impact on public health.

Conclusion: There was no indication for an elevated risk of hypothyroidism or thyroid cancer among those who were believed to have been exposed compared to those who were likely unexposed. However, an elevated risk for thyroid nodules could not be ruled out among those living in affected settlements. The strength of these findings is limited by the absence of individual radiation dose estimates.

研究分野：データベース・放射線疫学

キーワード：セミパラチンスク 健康影響 低線量 リスク評価

1. 研究開始当初の背景

放射線の人体影響研究は、本研究代表者が所属する広島放射線影響研究所 (Radiation Effects Research Foundation (RERF)) にて原爆被災直後から進められてきた。この研究所で原爆被災者約 17 万人を選び(コホートの選定) 経過観察することにより、放射線による発がんへの影響が調査されてきた。この発がんへの影響は放射線のリスクとして求められ、そのリスクは国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection (ICRP)) で認定されてきた。この放射線による発がんのリスクは日本では放射線障害防止法に取り入れられ、放射線を扱う職業人、一般人に対し被ばく線量の限度を定めてきた。この結果により、たとえば胸部レントゲン検査を受けると将来どのくらいの確率で白血病などのがんになるかどうかが見積もることができる。しかしながら、通常の被ばくは長時間の被ばく(低線量率被ばく)であり、原爆による被ばくはごく短い時間での被ばくであることから、放射線のリスクを過大評価している等の批判があった。そのため、大集団での低線量率の被ばくの調査が必要でありアメリカをはじめとする各国の研究者が研究を進めている。そのうちチェルノブイリの被ばくは大集団ではあるが、ほとんどは低い線量(低線量)であり、現在に至っても甲状腺のがんが認められるのみである。

旧ソ連の核実験場であるセミパラチンスクでは、合計 467 回(合計 19 メガトン相当)の核実験が 1949 年から 1990 年の間に行われた。放射能は大気中に拡散し放射性降下物として、500km 程度の広範囲に影響を及ぼした。それらは直接外部被曝として、あるいは空気中や食物から地域住民の体内に取り込まれ内部被曝として被ばく線量を与えた。セミパラチンスク旧ソ連核実験場近郊には 50 万人ともそれ以上ともいわれる被曝者が存在している。このセミパラチンスクでは、低線量率で低線量から高線量までの被ばく者が含まれている。また他にこのような被ばく例はないので、低線量率被ばくを調査する上では最も適した、しかも唯一の集団と考えられる。本研究代表者は平成 11 年から 14 年まで、旧科学技術庁(現文部科学省)のセミパラチンスク調査団の一員として現地を訪れ、現地の医療機関および関連機関を視察、被曝影響調査のためのデータベース構築に協力してきたが、この調査とは別に、カザフスタン共和国保健省直轄カザフ放射線医学環境研究所のアブサリコフ所長と数度に渡り協議し、旧セミパラチンスク州全体を

調査対象とすることに決定、文部科学省科学研究費補助金によりその調査を開始した。役割分担として、本研究代表者は疫学解析用データベースの構築と指導、蓄積されたデータの解析を受け持ち、カザフ放射線医学環境研究所はデータベースの保守、各被曝地域への職員派遣による聞き取り調査及び検診、データ入力を行っている。現在、データベースには 2012 年 3 月末時点で、166,446 人のセミパラチンスク州住民の基本情報および、86,846 人の死亡情報、その他が入力されている。

2. 研究の目的

広島の放射線影響研究所では、広島・長崎に投下された原子爆弾による放射線の発がんなど人体への影響研究(リスク評価)を行ってきた。このリスクは国際放射線防護委員会(ICRP)で検討され、全世界における放射線防護基準策定に使用されている。日本では放射線障害防止法等の法令の被ばくの限度の基準となっている。しかし原爆による被ばくは瞬時の被ばくであり、長期にわたる被ばくの影響は解明されていない。旧ソ連核実験場(現カザフスタン共和国内)からの放射能による被ばくは長期の被ばくであり、ここでの放射線のリスク評価が検討されてきた。本研究の目的は、近郊住民の健康調査や本研究グループの甲状腺検診結果を中心に、低線量・低線量率慢性被曝の人体への影響を解明することにある。

3. 研究の方法

【データベースの作成】これまで集積してきた約 1,300 人分の甲状腺の検診結果と本研究で収集される結果のデータベースを作成する。またこれまで作成してきたデータベースの充実を主とする。この中には各対象者の基本情報に加え、被ばく線量、死亡情報、がん罹患情報、食生活習慣調査、被曝時状況聞き取り調査などが含まれる。過去の武市医師のグループによる甲状腺の検診結果のデータを整理統一する。これまでに 86,846 件の死亡情報を収集しているが、引き続き死亡情報を収集する。この死亡情報は ZAGS(出生と死亡に関する登録)から基本的に収集されるが、更に詳細な死亡情報、家族関係や居住に関する情報を得るために、各村落の診療所に出張し、個々の診療録の調査を行う。比較的被曝線量が高いと言われている地域(アバイ、ベスカラガイ)の住民に対して生化学検査、血液学検査などの諸検査を実施しているが、この検査結果をデータベースに入力する作業を開始する。セミパラチンスク州立がんセンターと対象者のがん罹患調査について協議し、がんセンターに蓄積された詳細ながん罹患情報を入手し、データベースに入力する。

【被ばく線量調査】はこれまでと継続して

試料の収集、被曝線量の物理的測定を行う。レンガや歯の ESR から得られた外部線量評価、死亡した被曝者の骨表面から測定される内部被曝線量評価が含まれる。これまで国際会議を通じて、線量の統一化を図ってきたが、ドロン村での、煉瓦、歯、計算、セシウム 137 の土壤汚染、染色体異常などから得られた各種の結果が一致した。セシウム 137 の汚染は最も確実にデータが得られるので、各地の村を訪問し土壤中のセシウム 137 を測定し、被ばく線量を評価する。【甲状腺の検診】 はこれまで被ばく線量調査と同時に進めてきた。今後も継続して検診を進める。被ばく者については、現地に検診に訪れるまたは、カウンターパートの放射線医学環境研究所に招いて検診する。検診結果や問診による家族歴、喫煙の有無等の基礎情報も重要であるので引き続きデータ収集し、全ての情報が統一的に保存されたデータベースを作成する。【その他】 では、カザフスタン放射線医学環境研究所のアブサリコフ所長が、疫学解析用のデータベース充実のために、あらゆる情報の入手に協力を行なう。また、データ中に不明な点があれば村などに研究員を出張させ、その詳細を調査する。入力に必要な PC 等のカザフスタン政府からの調達、入力支援者などの雇用を受け持つ。各村への巡回検診を行い、被曝者の食習慣聞き取り調査を行なう。同時に、各被曝者の健康調査と共に、各種検査を行ない、データベースに入力する。高線量地区に居住する被曝者に関して、研究所での特別検査の実施を行なっている。これには、染色体検査、甲状腺機能検査が含まれ、これらのデータについてもデータベースへの入力を行なう。

#### 4. 研究成果

【対象集団】本研究における調査集団は、地表核実験での放射線の影響を受けた4つの集落(Dolon, Kainar, Karaul, Sarzhal)の影響を受けていないと考えられる残りの集落に住んでいた住民の中から自発的に甲状腺検診に参加した人々から構成されている。これまでに分析されてきた放射線量により大きく二つの区分がなされている。また、過去のコホートの分析では、線量推定値は実際の曝露量よりも過大に評価している傾向があった。甲状腺検査を受ける参加者からはカザフスタン共和国の倫理規定に従ってインフォームド・コンセントを取り甲状腺検査および血液検査を行った。甲状腺検査への参加は、参加者からの自発によるものであったが、甲状腺障害自体が男性よりも女性に多いことから、検査の対象は女性に重点を置いた。1999年から2009年の間に1287件の甲状腺検査を行った。検査時に、姓名、性、生年月日、

身長、体重、家族構成、家族の曝露状況、曝露時の居住地、出産回数など聞き取り調査を行った。次に、尿中の安定ヨウ素濃度の測定するための尿サンプルの採取、甲状腺ホルモン測定のための血液採取、甲状腺の状態を調べるための触診を行い、最後に超音波検査を実施して結節等のあるなしを調べ、結節が確認された場合には細胞診のために穿刺を行った。1999年から2004年までは各集落を巡回し検査を行ったが、2005年からはセメイ市にあるカザフ放射線医学環境研究所に対象者を呼び、研究所にて検査を行った。1287件の検査のうち、711件はカザフ放射線医学環境研究所が持つ被曝者データベースに登録があった。複数回検査を受けた住民の場合、最新の検査情報を使用した。その結果、登録のあった711件のうち複数回の検査を除くと557人になった。また、生年月日、性別、民族、時には身長と体重に基づいて妥当性を検討した結果、510人が解析対象となった。

【被曝線量】個々人の正確な被曝線量推定は情報量の不足から計算は不可能である。しかし、各居住地、特に放射性降下物が降り注いだ地域に関する推定放射線量はこれまでの調査から判明しているため、最初に対象集団を二つのグループに分けた。すなわち住居が放射性降下物による影響を受けたか、或いは影響を受けていない地区にあるかどうか。結果として1067名の受診者のうち715名(67%)が放射性降下物の影響がある地域からであった。第2段階として、地表核実験が行われた時点で、放射線による影響を受けた集落に住んでいたかどうかで分類した。過去の線量推定の研究結果から与えられる線量は、最新の線量推定システムから得られた線量推定値とは適合しないが、被曝の影響を受けた集落の定義は可能である。この定義に基づいて、被曝の影響を受けた集落に住んでいる人のうち244人が実際に曝露されておらず、影響を受けていない集落に住んでいる6人が実際に曝露されていることがわかった。最終的に、1031人の被験者のうち、455人が被曝、576人が非被曝、34人は被曝したかどうか不明であった。

【統計解析】データセットは母集団からのランダムサンプルと考えられることから曝露、非曝露との差異を明確にするため、カイ2乗検定を適用した。曝露と非曝露とのリスクを比較するために、年齢、性別による層別化を行った。リスク比はオッズ比を計算するためにMantel-Haenszel検定を適用した。

【結果】検診期間中は甲状腺機能低下症や甲状腺悪性腫瘍の発生が主要な研究課題であったが、甲状腺がんと関係があり、また外部放射線とも関係が示されている甲状腺結節についても評価を行った。収集された医療情報は二つあり、一つは甲状腺機

能に関するもの、もう一つは細胞学的所見であった。図 1~3 は甲状腺機能低下症、甲状腺がんおよび甲状腺結節による有病率を示している。

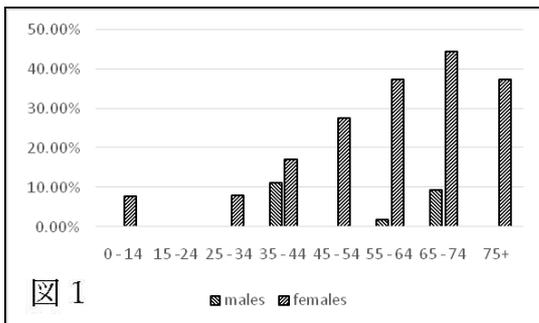


図 1

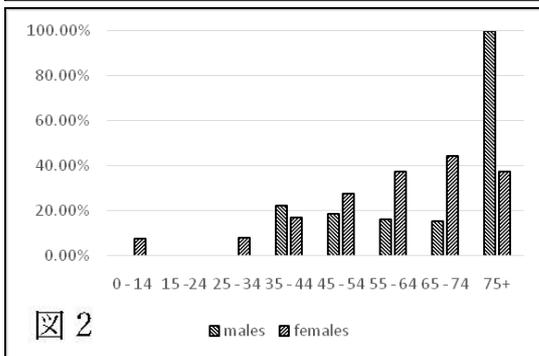


図 2

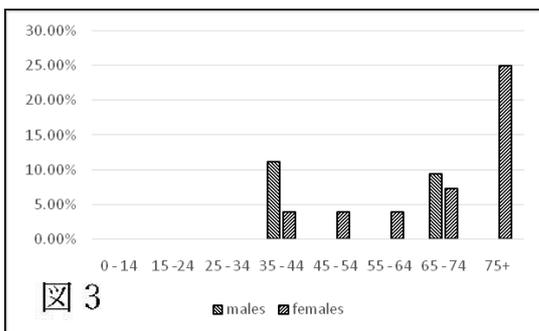


図 3

【リスク比】甲状腺機能低下症の罹患率で、放射線曝露の検診対象者と放射線曝露されていない検診対象者とが異なるかどうかを確認するために、甲状腺機能低下症とそうでない群の二つに分けた。その結果、63 例の曝露群、1004 例の非曝露群に分かれた。曝露群と非曝露群の罹患率を比較すると、年齢および性別で層別化されたリスク比は 1.22 (95%CI, 0.11-0.47)であった。甲状腺機能低下症の診断では、以前の薬物療法の影響を考慮する必要がある。甲状腺機能不全の治療に関する情報は、271 件あり、その数は男性より女性の方が統計的に有意であった。我々は、薬剤投与が以前の所見に影響を与えたかどうかを分析した。得られたリスク比は 0.25 (ポイント推定値) であり、幅広い 95%-CI (0.03-1.91) を示した。更に、セミパラチンスク核実験場周辺では、カザフスタン東部の他の地域に比べ、がんによる死亡率や心血管疾患が多いことが以前の研究からわかっている。そのため、甲状腺機能低下症の分析を放射線曝露地域のみ限定した。667 人の被験

者からの情報に基づいて解析を行った結果、リスク比は 0.15 (95%CI, 0.06-0.35) であった。変数として薬剤を考慮しても、被験者の数が 168 人に減少したため意味のある解析は不能と判断した。甲状腺がんの罹患率が放射線非曝露群と異なるかどうかを解析するために、対象者を甲状腺がんと非甲状腺がんの二群に分類した。年齢および性別による層別化されたリスク比は 0.75 (95%CI, 0.37-1.54) であった。甲状腺機能低下症と同様に、放射線曝露地域の検診者の甲状腺がんについて解析したところ、対象者は 691 人で、リスク比は 0.84 (95%CI, 0.32-2.20) で、放射線非曝露群と比較して甲状腺がんのリスク上昇は見られなかった。甲状腺結節の罹患率では、診断を結節 (結節のみ、および甲状腺炎および結節) と結節なしに分類した。その結果、297 人のうち 293 人が解析対象となった。年齢、性別で層別化されたリスク比は 0.99 (95%CI, 0.73-1.35) であった。他の解析と同様に放射線曝露地域の被験者に限定した場合には、解析対象者は 685 人でリスク比は 1.26 (95%CI, 0.81-1.95) で統計的に有意な上昇は見られなかった。甲状腺結節とそれに伴う甲状腺がんとは疫学的に強い関係が示されているので、甲状腺がんを有する全ての被験者を除外すると、979 人の被験者が解析対象となった。年齢および性別での層別化におけるリスク比は 0.95 (95%CI, 0.69-1.30) となり、放射線曝露群と非曝露群とのリスク比は変わらないことが示された。放射線曝露地域のみ 661 人の被験者を対象とした場合には、リスク比は 1.17 (95%CI, 0.75-1.83) であった。

【結論】セミパラチンスク核実験場周辺周辺の幾つかの地域で、1999 年~2009 年にかけて実施した甲状腺検査の調査結果について報告した。この調査の目的は、検査により甲状腺の状態を詳しく調査するというものであった。甲状腺に影響を与える要因として放射線被曝を考慮し、解析を行ったが、放射線被曝集団における甲状腺機能低下症の罹患率が放射線非曝露群に比べて低く、甲状腺がんおよび甲状腺結節の有病率に差は見られなかった。放射線被曝の影響を受けた集落、すなわち核実験場により近い被験者に解析を限った場合、放射線曝露群の甲状腺結節の罹患率が非曝露群よりもやや高い可能性があること示唆された。1999 年から 2002 年にかけて核実験場周辺の放射線被曝をした 4 つの村と 1 つのコントロールとなる村の 571 人が検査を受けた。全ての被験者は核実験による放射性物質の降下時には 20 歳未満であった。そのため、放射線曝露による甲状腺結節への特異的な形態学的な特徴が表れるのではないかと考えたが、本研究における結節の数は少なすぎ、解析に至らなかった。

1966年から1996年の間に甲状腺疾患の手術を受けた15歳から90歳の7271人について症例レビューを行い、経時的な診断の変化を調べた。1966年～1971年(1.3%)から増加し1987年～1991年(16.3%)にピークを迎え、その後減少(1992年～1996年11.2%)している傾向が示された。甲状腺がんの割合は40例(10.2%)で、事例数が少なすぎるので症例数の経時的な変化を見ることは出来なかった。本研究での大きな成果と考えられることは、調査集団全体の65%が25歳から64歳までの女性であることで中高年の女性人口に当てはまること。また、TSH、T3およびT4の検査値は他の集団と比較することが可能である。また、甲状腺専門医による臨床診断も極めて精度の高いものであり、今後も行われる放射線由来の甲状腺疾患調査においても十分参照可能である。核実験場からの放射性降下物による放射線曝露の影響の解析に困難をもたらしているのは個々の線量に関する情報が不足していること、線量の範囲が広いということである。Landらの研究では、外部被曝として0～0.65Gy(平均0.042Gy)、内部被曝として0～9.6Gy(平均0.31Gy)の内部被曝線量を推定している。本研究では、個々の被曝線量を推定することが出来なかったため、放射線曝露があった、或いはなかったという定義でおこなった。また、調査集団が集団の代表ではなく、検診を希望した住民の集団であり、そのため、性別の不均衡(女性が87%)が顕著であるが、これはまた一方で、女性が男性よりも健康を重視する傾向を反映しているとも言える。しかし、性別分布の不均衡は、調査集団における甲状腺結節のリスク増加について納得させられるだけの指標が見つからなかったということも言える。Land等の報告では、単位線量辺りの甲状腺結節の過剰相対リスクは、女性の場合より男性の場合の方が30倍高い。本研究において男性のみに限定した場合、233人の被験者のうち曝露群(年齢別リスク比=0.72; 95%CI, 0.33-1.56)で甲状腺結節のリスク増加は見られなかった。Land等の研究との大きな違いは、Land等の調査は1年以内に行われたこと、本研究で使用したデータは11年間に渡る甲状腺検査を通じて集められたことである。マーシャル諸島での研究では、同一人物であっても異なる時期に検査された場合、診断において個人差が生じ、結果が異なる可能性があることが知られている。解析において、複数回の検査を受けた被験者については、最新の検査情報を使用した方が、以前の検査結果は、検査に参加する意志に影響を与える可能性が高い。従って、複数回の検査を受ける人は、1回だけの検査を受けた人とは異なる特徴を持っている可能性が考えられる。実際に、複数回の検査を受診した結果を精

査により診断の変化が確認できた。要約すると、11年に渡る甲状腺検査の結果解析において、核実験による放射性降下物による放射線曝露した人々と非曝露の人々との間で、甲状腺機能低下症、甲状腺がん、そして甲状腺結節の明らかなリスクの差は認められなかった。甲状腺結節のリスク上昇は見られたが、統計的に有意ではなかった。その理由として、個人別被曝線量の推定が極めて難しく限定的であることによる。

#### <引用文献>

1. Grosche B. Risk to Populations Exposed from Atmospheric Testing and Those Residing Near Nuclear Facilities. In: Nriagu JO, editor. Encyclopedia of Environmental Health. Burlington: Elsevier; 2011. p. 887-91.
2. Grosche B, Simon SL, Apsalikov KN, Kesminiene A. Radiation health risk studies associated with nuclear testing in Kazakhstan. In: Freedman E, Neuzil M, editors. Environmental Crisis in Central Asia. London New York: Routledge; 2016. p. 117-26.
3. Grosche B, Zhunussova T, Apsalikov K, Kesminiene A. Studies of Health Effects from Nuclear Testing near the Semipalatinsk Nuclear Test Site, Kazakhstan. CAJGH2015. p. 1-7.
4. Ostroumova E, Brenner A, Oliynyk V, McConnell R, Robbins J, Terekhova G, et al. Subclinical hypothyroidism after radioiodine exposure: Ukrainian-American cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the Chernobyl accident (1998-2000). Environ Health Perspect. 2009;117(5):745-50.
5. Land CE, Zhumadilov Z, Gusev BI, Hartshorne MH, Wiest PW, Woodward PW, et al. Ultrasound-detected thyroid nodule prevalence and radiation dose from fallout. Radiat Res. 2008;169(4):373-83.
6. Katayama H, Apsalikov KN, Gusev BI, Galich B, Madiyeva M, Koshpessova G, et al. An attempt to develop a database for epidemiological research in Semipalatinsk. J Radiat Res. 2006;47 Suppl A:A189-97.
7. Simon SL, Beck HL, Gordeev K, Bouville A, Anspaugh LR, Land CE, et al. External dose estimates for Dolon village: application of the U.S./Russian joint methodology. J Radiat Res (Tokyo). 2006;47 Suppl A:A143-7.
8. Imaizumi M, Usa T, Tominaga T, et al. Radiation dose-response relationships

for thyroid nodules and autoimmune thyroid diseases in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors 55-58 years after radiation exposure. JAMA. 2006;295(9):1011-22.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

1. B. Grosche, H. Katayama, M. Hoshi, K. Apsalikov, T. Belkhina, Y. Noso and N. Takeichi, "Thyroid Diseases in Populations Residing Near the Semipalatinsk Nuclear Test Site, Kazakhstan: Results from an 11 Years Series of Medical Examinations", SM Journal of Public Health and Epidemiology, 査読有, 3(1), 2017, 1038-1044 (URL: <http://smjournals.com/public-health-epidemiology/in-press.php>)
  2. V. Stepanenko, T. Rakhybekov, K. Otani, S. Endo, K. Satoh, N. Kawano, K. Shichijo, M. Nakashima, T. Takatsuji, A. Sakaguchi, H. Kato, Y. Onda, N. Fujimoto, S. Toyoda, H. Sato, M. Hoshi, et al., "Internal exposure to neutron-activated <sup>56</sup>Mn dioxide powder in Wistar rats - Part 1: Dosimetry, Radiation Environmental Biophysics, 査読有, 56, 2017, 47-54 (DOI: 10.1007/s00411-016-0678-x)
  3. V.F. Stepanenko, T.K. Rakhybekov, A.D. Kaprin, S.A. Ivanov, K. Otani, S. Endo, K. Satoh, N. Kawano, T. Takatsuji, M. Hoshi, et al., "Irradiation of laboratory animals by neutron activated dust: development and application of the method - first results of international multicenter study", Radiation and Risk, 査読有, 25, 2016, 111-125
- [学会発表](計 5 件)
1. M. Hoshi and on behalf of the Joint Project for Research Group, "Mn-56 internal exposure experiments using rats in Kazakhstan", The 3<sup>rd</sup> Shimane-Semey International Symposium, 2016/12/08-08, 島根大学医学部みらい棟4階ギャラクシー、島根県
  2. N. Takeichi, Y. Noso, K. Inoue, M. Hoshi, "From the diagnosis to the appropriate surgery of thyroid cancer", The 3<sup>rd</sup> Shimane-Semey International Symposium, 2016/12/08-08, 島根大学医学部みらい棟4階ギャラクシー、島根県
  3. Y. Noso, S. Sakano, N. Takeichi, K. Inoue, M. Hoshi, B. Apsalikov, A. Raimkhanov, N. Chayzhunsova, T.J. Rakhybekov, "Subtotal Thyroidectomy in Basedow Disease Treatment: Out experience", International scientific-practical conference, 2016/08/29-29, Semey, Kazakhstan
4. H. Katayama, "Epidemiological Study of Health Effects on Fukushima Nuclear Emergency Workers", The Scientific Symposium Chernobyl: 30 years after, 2016/06/11-11, IARC, Lyon, France
  5. M. Hoshi, M. Ohtaki, K. Ohtani, S. Toyoda, K. Tanaka, H. Takahashi, M. Yamashita, K. Satoh, N. Kawano, S. Endo, K. Shichijo, M. Nakashima, T. Takatsuji, N. Fujimoto, T. Hanai, R. Ishihama, N. Takeichi, Y. Noso, K. Inoue, et al., "The experience of out retrospective dosimetry studies: Semipalatinsk, Chernobyl, Fukushima, Marshall Islands, Hiroshima and Naasaki", Health Effects of Chernobyl: Prediction and Actual Data 30 years after the Accident, 2015/05/17-19, Obninsk, Russia
- #### 6. 研究組織
- (1)研究代表者  
片山 博昭 (KATAYAMA, Hiroaki)  
放射線影響研究所・情報技術部・部長  
研究者番号: 20360852
- (2)研究分担者  
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  
山本 政儀 (YAMAMOTO, Masayoshi)  
金沢大学・環日本海域環境研究センター・名誉教授  
研究者番号: 10121295  
坂口 綾 (SAKAGUCHI, Aya)  
筑波大学・数理物質系・准教授  
研究者番号: 00526254  
野宗 義博 (NOSO, Yoshihiro)  
島根大学・医学部・教授  
研究者番号: 50164695
- (3)研究協力者  
武市 宣雄 (TAKEICHI, Nobuo)  
武市クリニック・院長  
グロツェ ベルン (GROSCHKE, Bernd)  
疫学解析コンサルタント  
アプサリコフ カズベック (APSALIKOV, B. Kazbek)  
カザフ放射線医学環境研究所・所長  
ベリキーナ タチアナ (BELIKINA, Tatyana)  
カザフ放射線医学環境研究所・疫学