

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20406002

研究課題名（和文）

セミパラチンスク核実験場周辺住民の被ばく線量評価と低線量・低線量率被ばくのリスク

研究課題名（英文） Low and low dose-rate risk estimation for the exposed people in Semipalatinsk nuclear test site

研究代表者

星 正治 (HOSHI MASAHARU)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・教授

研究者番号：50099090

研究成果の概要（和文）：

セミパラチンスク旧ソ連核実験場周辺の村、ドロン、セミパラチンスク、ズナメンカ、サルジャル他の村等で土壌を採取し、Cs-137、I-129、Puの同位体を測定し結果をまとめた。それぞれの村の被ばく線量を推定した。測定結果は、Bq/m²の単位で放射能の降下量として求めた。セミパラチンスクでの個人線量評価方法を確立し、個人被ばく線量推定のための方法を確立したのでコンピュータ入力している。

研究成果の概要（英文）：

We measured soil samples taken from the villages of Dolon, Semipalatinsk, Zunamenka, Sarjal, etc. around the former Soviet Union Semipalatinsk nuclear test site and obtained the results of Cs-137, I-129, isotopes of Pu in the unit of Bq/m². We established dosimetry system of personal doses from these results. Estimated doses are registering in the computer.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2009年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
年度			
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：放射線生物・物理学

科研費の分科・細目：放射線・化学物質影響科学

キーワード：線量測定・評価

1. 研究開始当初の背景

放射線による人への影響研究は、広島・長崎にある放射線影響研究所(RERF)で進められてきた。この研究所では原爆被爆者約10万人を選び定期的に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求められてきた。この発がんなどに対する人への影響は放射線のリスクとして決められ、そのリスクは国際放射線防護委員会(ICRP)で議論され認定されてきた。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、放射線を職業として扱う人や一般人に対し被

ばく量の上限を定めてきた。このリスクを使えば、例えば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も見積もることができる。本研究代表者は日米の多数のグループ行った共同研究に参加し、結果として、放射線線量を見積もる「原爆線量評価体系2002(DS02)」を構築した。新しい線量評価法DS02に基づいた線量で放射線のリスクが再評価されていて今後リスクが改訂される。

しかしながら、人へのリスクを考える際、その被ばくは普通長時間の被ばく(低線量率

被ばく)であり、現在の原爆による被ばくのリスクはごく瞬時の短い時間での被ばくであることから、放射線のリスクは過大評価などの批判があった。

そのため、原爆被ばく者とは異なる大集団での低線量率の被ばくの調査が必要であった。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であり、その影響の調査が続いているが甲状腺がんが認められるのみである。

このセミパラチンスクでは、低線量率で低線量から大線量までの被ばく者が含まれている。ウラン鉱山の労働者については、同様に低線量率被ばくである。低線量率被ばくを調査する上では、セミパラチンスクやウラン鉱山地区は最も適した集団と考えられる。セミパラチンスク近郊住民については約 16 年から継続的に調査を進めてきた。平成 6 年に研究代表者の所属する研究所は改組され、そのときセミパラチンスクの研究が主たる目的と決定した。本研究代表者はその責任者となりセミパラチンスクでの放射線の測定と人体影響の研究を開始した。はじめは外国の調査は当時どこもない状態であった。その結果により、被ばく線量推定とリスク推定を行ってきた。同様にこれまでの知識を基にウラン鉱山等地域の被ばく線量推定を開始する。その被ばく線量推定法を開発し、放射線影響研究を推進する。

セミパラチンスクのカジフ放射線医学環境研究所(アプサリコフ所長)は本研究の主たるカウンターパートとして研究協定を平成 7 年に結び共同研究を進めてきた。その他ロシア連邦放射線医学研究所のステパネンコ氏やロシア生物物理学研究所のシンカレフ氏は、本研究の主たる課題である個人被ばく線量評価を進めてきた。平成 7 年度から 25 年度まで継続して基盤 B(海外)が認められ、本研究グループは現地調査を行い、すでに土壤煉瓦など計 500kg におよぶ試料を採取し日本へ持ち帰り測定している。測定は現在も継続して行っていて、これにより外部被ばく線量と内部被ばく線量を見積もり被ばく線量の大きさを証明した。

ウラン鉱山でもセミパラチンスクの成果を活用して研究を推進する。ウラン鉱山の地域ではアスタナ医科大学のポラット・カジンベツト氏をカウンターパートとし研究を進めてきた。

セミパラチンスクでは血液の染色体異常の小核検査も行いドロン村で 0.4Gy 相当の被ばくに相当する異常を発見した。また甲状腺の超音波検診装置による検査、バイオプシーホルモン検査を行い高い異常を発見した。また、人骨の中のウラン、プルトニウム、ストロンチウムを測定し、特にプルトニウム、ウランでは、高い値を持つケースが見出された。総合

的に被ばくとの関係を、測定を続けながら解析し内部被ばく線量推定を行う。

特に被ばくの大きい村はドロン村、サルジェル村、カイナル村等であり、当時被ばくは 2Gy 以上という線量の評価もあった。アメリカのチームも甲状腺の検診と放射線量との関係を調べるプロジェクトを行い非常に高い頻度の甲状腺の結節を見出している。その後、ドイツ、イギリス、フィンランド、ロシアなどのチームも汚染の調査や疫学的な調査などを行っている。

このように広島大学のわれわれが開始した研究は住民の被ばく線量が大きいため広がりを持ってきた。また広島大学では歯の異常の研究(大学院医歯薬学総合研究科、岡本教授のグループ)も継続され、有為な放射線影響が見出されている。

アスタナのウラン鉱山については、アスタナから北へ 200km にあるウラン鉱山の中心の市であるステプナゴルスクで調査を行う。ここに外国からの調査が入るのははじめてであり、世界に先駆けた研究となる。

毎年広島大学原医研では国際シンポジウムを開催してきた。本年度で 16 回目となる。平成 14 年 9 月に、セミパラチンスク医学アカデミー 50 周年記念国際シンポジウムとワークショップが保健大臣出席の上開催された。アメリカ、ドイツ、ロシア、日本などからも多数の研究者が参加し線量評価を国際的に進めることが決定され、それを受け、平成 17 年 3 月には第 2 回のワークショップを広島大学で開催した(日本学術振興会研究費国際研究集会による)。ここで本研究グループが中心となった。それまでの物理学的・生物学的線量推定が、例えばドロンでは、バラバラでバックグランドレベルの推定から 4Gy までの推定があったが、ほとんどが 0.1-0.4Gy の範囲でそれぞれの線量が矛盾無く説明できた。全ての線量がほぼ一致しコンセンサスが得られた。その結果は、平均的にドロン村で 0.1-0.2Gy であり、最大値で 0.5Gy となった。これによりドロン村を代表とした各村の平均線量推定方法が確立できた。この結果は、*Journal of Radiation Research Supplement A, 47, A1-A224, 2006* に論文集としてまとめている、これを基礎に研究を進めている。

2. 研究の目的

放射線の人体への危険度(リスク)はこれまではほとんど広島・長崎の被ばく者の疫学調査を元に決定されてきた。そして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規定され、放射線を使った作業をする人や一般人の被ばくの限度を定めてきた。広島・長崎の原爆のからの放射線は一瞬の被ばくである。通常、工場などで

の放射線を使った被ばくは長い時間をかけた被ばくであって、そのリスクはまだ分かっていない。そしてそのリスクは格段に減少するとの考え方もある。そうすれば放射線障害防止法で定められている被ばくの限度など変更する必要が出てくる。この低線量・低線量率被ばくのリスクについてセミパラチンスク核実験場周辺住民の調査およびカザフスタンのウラン鉱山の労働者や住民の調査で求めることが本研究の目的である。リスクが変われば放射線作業の被ばくの限度が変更される。

3. 研究の方法

調査研究の実施国はカザフスタン共和国あり、2カ所の放射能の被ばくの可能性のある地域について調査研究を行う。一つは16年間継続して研究を行ってきたセミパラチンスク旧ソ連核実験場近郊住民の被ばく線量評価と健康影響調査である。もう一つはアスタナ市近郊ステプナゴルスク市周辺に存在するウラン鉱山やその精錬所が原因で起こる被ばくの線量評価と健康影響調査である。両地域とも現地に行き土壌を採取したり、歯を収集したり、食品や飲料水など、外部被ばくと内部被ばくの原因となる放射能や放射線を測定し、被ばく線量評価方法を開発する。また健康影響調査やそのデータ収集を行い、被ばく線量と健康影響、最終的には放射線の発がんなどへのリスクを求める。葉については研究論文として発表した。これらを、チェルノブイリや広島・長崎の被ばく者の健康影響と比較しその違いを調べその違いの原因を究明する。研究の中心地はカザフスタン共和国セミパラチンスク市および新たに追加するウラン鉱山の町ステプナゴルスク市である。

(1) セミパラチンスク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、この地域で最大の市で人口は約35万人である。核実験場は日本の四国くらいの広大な面積の場所であり、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水平に数百キロに渡って核の雲が村々を通過した。その村の一つがドロ村でセミパラチンスク旧ソ連核実験場では、最大の被ばくを引き起こした。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認められた。これらの村を調査対象とする。セミパラチンスク市には、主たるカウンターパートのカザフ放射線医学環境研究所（アプサリコフ所長、チャイジュヌソバ副所長）がある。その他この研究所の傘下にある、病理学研究所、がんセンター、救急病院、同様にカザフ医科大学もセミパラチンス

ク市にある。セミパラチンスクの研究所を基点に地方へ出かける。移動方法は車でサルジャル、カラウル、カイナル、ドロ、マカンチ、ズナメンカ、パプロダール等へ出向く。原則日帰りであるが、遠方の場合は現地にて宿泊する。ウラン鉱山ではアスタナ市を拠点として車により現地に出向く。

- (2) 同様にアスタナ市ではカウンターパートとしてアスタナ医科大学（ズマジーロフ学長、カジンベツト元学長）がある。調査対象のウラン鉱山の中心地はステプナゴルスク市でアスタナ市から約200km北にあり車で現地へ赴く。
- (3) 現地までの経路は、空路では日本の空港（関空、広島、福岡等）からヨーロッパまたはソウル経由にてカザフスタンのアルマトイに入り、そこからさらに空路にてセミパラチンスク市やアスタナ市に入る。調査研究は通常セミパラチンスク市で開始しアスタナ市まで移動する。その移動は車か航空機とする。
- (4) 現地にそれぞれの分野の専門家を派遣する。外部被ばくや内部被ばくの研究を行う。
- (5) セミパラチンスクでのこれまでのデータを提供し正確な被ばく線量推定のための基礎資料とする。シンカレフ氏は、セミパラチンスクの線量評価方式に準じてセミパラチンスクやウラン鉱山での個人線量評価方法を確立する。既に準備しているアンケート調査を実施する。また、個人被ばく線量推定のための方式を確立する。平成17年3月に広島で開催されたドロンの線量を中心とした国際ワークショップで得られた結論に基づき計画で必要な事項を考察し必要に応じて追加する。
- (6) 現地で採取できた試料については、日本に持ち帰り測定する。土壌、歯、レンガなどである。
- (7) 被ばく者の心的影響、証言等を集め被ばくの影響を検討する。
- (8) 国際共同研究の一環として上記のデータのコンピュータ入力について、方法の計画、検討を行う。個人被ばく線量の推定法の結果を入力し、リスクの計算を行う。問題点があれば検討し修正する。
- (9) 派遣については、10名程度とする。

4. 研究成果

- (1) セミパラチンスク旧ソ連核実験場周辺の村、ドロ、セミパラチンスク、ズナメンカ、サルジャル、カイナル、カラウル、他の村等で土壌を採取し、Cs-137、I-129、Puの同位体を測定し結果をまとめた。試料採取は雲の通った跡を調査し、それに垂直に0.5kmから数kmの間隔で行った。

これにより雲の通った跡を中心にきれいなピークが観測された。さらに、それぞれの村の被ばく線量を推定した。

- (2) 測定結果は、 Bq/m^2 の単位で放射能の降下量として求めた。そして正確な村平均の被ばく線量推定のための資料とした。シンカレフ氏とグラフノフスカヤ氏は、チェルノブイリでの線量評価方式に準じてセミパラチンスクでの個人線量評価方法を確立した。今後個人被ばく線量推定のための方式を確立した。コンピュータ入力を進めている。毎年セミパラチンスクの放射線被ばくに関する研究を中心として、“広島国際シンポジウム”を開催している。本年は平成23年1月12日に第16回目のシンポジウムを開催し、これらの結果を発表した。線量評価や影響の研究発表を行い討論し、シンポジウムで得られた結論に基づき研究を進展させる。今後は広島の黒い雨の線量とも比較する。黒い雨の線量のワークショップは、本年度1月11日および13日に開催した。
- (3) 被ばく者の心的影響、証言等を集めた。被ばくの影響を検討しまとめている。
- (4) 現地にすでに存在している検診データのコンピュータ入力を引き続き進めている。今後、個人被ばく線量の推定の結果を入力し、低線量率被ばくのリスクの計算を行う。この結果は放射線の被ばくの限度を定め、放射線障害防止法の改正を必要とする可能性がある。
- (5) セミパラチンスクでもまたウラン鉱山地区でも歯をESR法の測定結果より外部被ばく線量を見積もり、個人の全身の被ばく線量を評価した。
- (6) ウラン鉱山では、ウランの土壌汚染のデータまたは空気中のラドンの量から個人の被ばく線量を見積もるがそのための土壌や水を採取した。測定中である。これにより全ての村の個人被ばく線量推定法を確立し、アンケート調査結果などを入力し個人被ばく線量推定を行う。データベースを作成する。それに基づき研究所にある疫学データを使用し、放射線のリスクを求める。

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21件)

1. Zhumadilov, K., Ivannikov, A., Zharlyganova, D., Stepanenko, V., Zhumadilov, Z., Apsalikov, K., Toyoda, S., Endo, S., Tanaka, K., Miyazawa, C., Okamoto, T. and Hoshi, M.: The Influence of the Lop Nor Nuclear Weapons Test Base to the population of the Republic of

Kazakhstan. Radiation Measurements, 査読有, 46, 2011, 425-429.

2. Drozdovitch, V., Khrouch, V., Maceika, E., Zvonova, I., Vlasov, O., Bratilova, A., Gavrilin, Y., Goulko, G., Hoshi, M., Kesminiene, A., Shinkarev, S., Tenet, V., Cardis, E., Bouville, A.: Reconstruction of Radiation Doses in A Case-Control Study of Thyroid Cancer Following the Chernobyl Accident. Health Physics, 査読有, 99(1), 2010, 1-16.

3. 佐藤裕哉, 星 正治, 大瀧 慈, 丸山博文, Cullings, H., 川上秀史: 地理情報システムを用いた被爆者位置情報の高精度化の試み. 広島医学, 査読有, 63(4), 2010, 261-264.

4. Imanaka, T., Yamamoto, M., Kawai, K., Sakaguchi, A., Hoshi, M., Chaizhunusova, N. and Apsalikov, K.: Reconstruction of local fallout composition and gamma-ray exposure in a village contaminated by the first USSR nuclear test in the Semipalatinsk nuclear test site in Kazakhstan. Radiation Environmental Biophysics, 査読有, 49, 2010, 673-684.

5. 鎌田七男, 田代 聡, 木村昭郎, 三原圭一朗, 大瀧 慈, 星 正治, 川上秀史, 神谷研二: 広島県内原爆被爆者の子供数. 長崎医学会雑誌, 査読有, 85, 2010, 300-303.

6. Ivannikov, A. I., Sanin, D., Nalapko, M., Skvortsov, V. F., Stepanenko, V. F., Tsyb, A. F., Trompier, F., Zhumadilov, K. and Hoshi, M.: Dental Enamel EPR Dosimetry: Comparative Testing of the Spectra Processing Methods for Determination of Radiation-Induced Signal Amplitude. Health Physics, 査読有, 98(2), 2010, 345-351.

7. Sakaguchi, A., Kawai, K., Steier, P., Imanaka, T., Hoshi, M., Endo, S., Zhumadilov, K., Yamamoto, M.: Feasibility of using ^{236}U to reconstruct close-in fallout deposition from the Hiroshima Atomic Bomb. STOTEN (Science of the Total Environment), 査読有, 408, 2010, 5392-5398.

8. Zhumadilov, K., Ivannikov, A., Zharlyganova, D., Zhumadilov, Z., Stepanenko, V., Apsalikov, K., Rodzi, M., Zhumadilova, A., Toyoda, S., Endo, S., Tanaka, K., Okamoto, T., Hoshi, M.: ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan. Radiation Environmental Biophysics, 査読有, 48, 2009, 419-425.

9. Hoshi, M., Endo, S., Tanaka, K., Ishikawa, M., Straume, T., Komura, K., Rühm, W., Nolte, E., Huber, T., Nagashima, Y., Seki, R., Sasa, K., Sueki, K., Fukushima, H., Egbert, S. D., Imanaka, T.: Intercomparison study on ^{152}Eu gamma ray and ^{36}Cl AMS measurements for development of the new Hiroshima-Nagasaki Atomic Bomb Dosimetry System 2002 (DS02). Radiation

Environmental Biophysics, 査読有, 47 (3), 2008, 313-322.

10. Endo, S., Tomita, J., Tanaka, K., Yamamoto, M., Fukutani, S., Imanaka, T., Sakaguchi, A., Amano, H., Kawamura, H., Kawamura, H., Apsalikov, K. N., Gusev, B. I., Whitehead, N. E., Shinkarev, S., Hoshi, M.: Iodine-129 measurements in soil samples from Dolon village near the Semipalatinsk nuclear test site. Radiation Environmental Biophysics, 査読有, 47(3), 2008, 359-365.

11. Yamamoto, M., Oikawa, S., Sakaguchi, A., Tomita, J., Hoshi, M. and Apsalikov, K. N.: Determination of $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotopic ratios in human tissues collected from areas around the Semipalatinsk nuclear test site by sector-field high resolution ICP-MS. Health Physics, 査読有, 95 (3), 2008, 291-299.

12. Zharlyganova, D., Harada, H., Harada, Y., Shinkarev, S., Zhumadilov, Zh., Zhunusova, A., Tchaizhunusova, N., Apsalikov, K. N., Kemaikin, V., Zhumadilov, K., Kawano, N., Kimura, A. and Hoshi, M.: High frequency of *AML1/RUNX1* point mutations in radiation-associated myelodysplastic syndrome around Semipalatinsk nuclear test site. Journal of Radiation Research, 査読有, 49 (5), 2008, 549-555.

13. Tanaka, K., Endo, S., Imanaka, T., Shizuma, K., Hasai, H., Hoshi, M.: Skin dose from neutron-activated soil for early entrants following the A-bomb detonation in Hiroshima: contribution from b and c rays. Radiation Environmental Biophysics, 査読有, 47, 2008, 323-330.

14. Sasaki, M. S., Nomura, T., Ejima, Y., Utsumi, H., Endo, S., Itoh, T. and Hoshi, M.: Experimental Derivation of Relative Biological Effectiveness of A-Bomb Neutrons in Hiroshima and Nagasaki and Implications for Risk Assessment. Radiation Research, 査読有, 170, 2008, 101-117.

〔学会発表〕(計90件)

1. 星 正治: 広島 の “黒い雨” 地域のフォーールアウト研究の歴史と目的. シンポジウム. S6. 広島 “黒い雨” 地域におけるローカル・フォーールアウトの実態解明 (座長: 星 正治, 今中哲二), 日本放射線影響学会第53回大会, 平成22年10月20日-22日, 京都.

2. Yamamoto, M., Kawai, K., Zhumadilov, K., Endo, S., Sakaguchi, A., Imanaka, T., Hoshi, M.: Measurement of ^{137}Cs in soil under houses built after 1945: Evaluation level and spatial distribution of fallout by Hiroshima A-bomb. Workshop on black rain of the Hiroshima atomic bomb and related studies. The 53rd Annual Meeting of The Japan Radiation Research Society, October 20-22, 2010, Kyoto.

3. Zhumadilov, K., Ivannikov, A., Zharlyganova, D., Zhumadilov, Zh., Stepanenko, V., Abralina, Sh., Zhumadilova A., Toyoda, S., Endo, S., Okamoto, T. and Hoshi, M.: ESR dosimetry study for residents of settlements in the vicinity of fallout trace of nuclear test in 24, August 1956. The 4th International Conference of Biodosimetry and 9th International Symposium on EPR Dosimetry and Applications (BiodosEPR-2010), October 10-14, 2010, Mandelieu-La-Napoule, France.

4. Toyoda, S., Kondo, A., Zhumadilov, K., Hoshi, M. and Miyazawa, C.: Background ESR doses of Japanese residents to be subtracted from retrospective accidental doses. The 4th International Conference of Biodosimetry and 9th International Symposium on EPR Dosimetry and Applications (BiodosEPR-2010), October 10-14, 2010, Mandelieu-La-Napoule, France.

5. Hoshi, M., Zhumadilov, K., Kazymbet, P., Ivannikov, A., Bakhtin, M., Zharlyganova, D., Toyoda, S., Zhumadilov, Zh.: Electron spin resonance dosimetry study of Stepnogorsk population. The 4th International theoretical and practical conference: “Medical-biological and radio-ecological problems on uranium- and oil-producing regions”, September 27-28, 2010, Astana, Kazakhstan.

〔図書〕(計2件)

1. 広島 “黒い雨” 放射能研究会 (今中哲二, 星 正治 (編)): 広島原爆 “黒い雨” にもなう放射性降下物に関する研究の現状. 2010年5月, 137ページ.

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

星 正治 (HOSHI MASAHARU)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・教授
研究者番号: 50099090

(2) 研究分担者

遠藤 暁 (ENDO SATORU)

広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 90243609

大瀧 慈 (OHTAKI MEGU)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・教授
研究者番号: 20110463

木村 昭郎 (KIMURA AKIRO)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・教授
研究者番号: 70127645

岡本 哲治 (OKAMOTO TETSUJI)
広島大学・大学院医歯薬学研究科・教授
研究者番号：00169153

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

山本 政儀 (YAMAMOTO MASAYOSHI)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・
教授
研究者番号：10121295

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

(3)連携研究者

今中 哲二 (IMANAKA TETSUJI)
京都大学・原子炉実験所・助教
研究者番号：90109083

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