

セミパラチンスク核実験場近郊住民の 被曝線量推定方法の確立と健康影響研究

(課題番号： 11694282)

平成11～12年度科学研究費補助金（基盤研究（A）（2））
研究成果報告書

平成13年3月

研究代表者： 星 正治
(広島大学原爆放射能医学研究所 教授)

セミパラチンスク核実験場近郊住民の 被曝線量推定方法の確立と健康影響研究

(課題番号： 11694282)

平成11～12年度科学研究費補助金（基盤研究（A）（2））
研究成果報告書

平成13年3月

研究代表者： 星 正 治
(広島大学原爆放射能医学研究所 教授)

セミパラチンスク核実験場近郊住民の 被曝線量推定方法の確立と健康影響研究

目次

はしがき	.....	1
研究組織	.....	2
研究経費	.....	2
研究発表	.....	3
研究成果	.....	13
発表論文, および資料	.....	19

はしがき

セミパラチンスク核実験場はカザフスタン共和国にあり、旧ソ連時代に 1949 年から 1990 年まで合計 467 回の核実験が行われた。その後この核実験による近くの人々への影響があったとの報道が数多くあり、われわれの研究グループも平成 6 年の研究所の改組以来、研究テーマとした。ここはチェルノブイリと異なり放射能汚染は少ないが、被曝線量は大きい。たとえば、よく報道で出てくるドロソ村は 1 グレイ相当の被曝があったとされる。その後文部省の科学研究費補助金を平成 6 年から現在まで継続して受領してきた。本年（平成 13 年）はまとめを出版する年となった。

研究内容としては、プルトニウム、セシウムなどの土壌汚染、人体の骨や臓器などの汚染、人の歯を使った外部被曝線量評価、煉瓦を使った外部被曝線量評価などを行ってきた。これらにより、核実験により人々が本当に被曝したことを証明した。その後、人の影響調査に入り、甲状腺の検診、血液の甲状腺ホルモンの測定、血液の染色体異常の検出、個人被曝線量の評価などの分野に関しても研究を開始した。まず甲状腺の異常は放射線に感受性のある結節が多発している。リンパ球の小核の異常は 0.4 グレイ相当であるし、染色体異常はアルファ線などに見られる高い LET 放射線の特徴を示している。個人被曝線量は現地の放射線医学環境研究所のグループとの共同研究で進めている。特に昨年は歯学部専門家とも共同研究し、口の異常、虫歯の多さなどを調べた。被曝地のサルジャル村と、被曝していないコクペクティ村との比較で明確な差が出てきた。これらはいずれも被曝量が大きいことを示していて、問題が大きいことを浮き彫りにしている。

結論として、この地域の住民は大きな線量の被曝が認められる。ここほど住民が多数な地域での被曝は広島・長崎以外では存在しない。また放射線被曝の問題では低線量・低線量率の問題が最近クローズアップされている。この地域は大線量から低線量の被曝まで含み、全てが低線量率の被曝である。人への被曝で影響が認められるほどまで人口が多く、ある程度大きい被曝があるところとしては、この地域が唯一であろう。従って、今後さらに深く継続的な研究がますます必要であることを強調しておきたい。

研究組織

- 研究代表者 : 星 正 治 (広島大学原爆放射能医学研究所 教授)
- 研究分担者 : 高 田 純 (広島大学原爆放射能医学研究所 助教授)
麻生 博也 (広島大学原爆放射能医学研究所 助手)
遠 藤 暁 (広島大学工学部 助教授)
山本 政儀 (金沢大学理学部 助教授)
吉 川 勲 (長崎大学環境科学部 教授)
高辻 俊宏 (長崎大学環境科学部 助教授)
木村 昭郎 (広島大学原爆放射能医学研究所 教授)
大 瀧 慈 (広島大学原爆放射能医学研究所 教授)
- 研究協力者 : Boris I. Gusev (カザフ放射線医学環境研究所)
Alexander Kh. Sekerbayev (カザフ放射線医学環境研究所)
Zhaxybay S. Zhumadilov (セミパラチンスク医学研究所)
Nailya J. Tchajjunusova (カザフ放射線医学環境研究所)
Maira Bugembayeva (カザフ放射線医学環境研究所)
長友 恒人 (奈良教育大学教育学部)
岩谷 和夫 (広島県立保健福祉短期大学放射線技術科学科)
山田 英雄 (医療・技術ロシア語通訳・翻訳)
武市 宣雄 (武市クリニック医師)
田中 公夫 (広島大学原爆放射能医学研究所)
早川 式彦 (広島大学原爆放射能医学研究所)
片山 博昭 (放射線影響研究所情報技術部)
大塚 良仁 (環境科学技術研究所)
岡本 哲治 (広島大学歯学部)
平 岡 敬 (ヒロシマ・セミパラチンスク・プロジェクト)
下崎 末満 (ヒロシマ・セミパラチンスク・プロジェクト)
小島知恵子 (ヒロシマ・セミパラチンスク・プロジェクト)

研究経費

平成11年度	5,800千円
平成12年度	5,200千円
計	11,000千円

研究発表

(1) 学会誌等

1. Shintani, T., Hayakawa, N., Hoshi, M., Sumida, M., Kurisu, K., Oki, S., Kodama, Y., Kajikawa, H., Inai, K., Kamada, N.: High incidence of meningioma among Hiroshima atomic bomb survivors. *J. Radiat. Res.*, 40, 49-57, 1999.
2. 星 正治, 高田 純, 遠藤 暁, 静間 清: 軟X線の線量測定. *医用標準線量*, 4, 17-22, 1999.
3. 遠藤 暁, 星 正治, 菅 慎治, 高田 純, 静間 清: C-CO₂電離箱(IC17G)の中性子感度の測定. *医用標準線量*, 4, 29-33, 1999.
4. Endo, S., Iwatani, K., Oka, T., Hoshi, M., Shizuma, K., Imanaka, T., Takada, J., Fujita, S., Hasai, H.: DS86 neutron dose: Monte Carlo analysis for depth profile of ¹⁵²Eu activity in a large stone sample. *J. Radiat. Res.*, 40, 169-181, 1999.
5. 山本政儀, 星 正治, 高田 純, 塚谷恒雄, Sekerbaev, A. Kh., Gusev, B. I.: 旧ソ連セミパラチンスク核実験場及びその周辺地域におけるPu同位体と¹³⁷Csの分布. クロスオーバー研究シンポジウム「放射性物質の環境移行研究の新たな展開」報告集1998, JAERI-Conf, 99-001, 59-80, 1999.
6. Endo, S., Stevens, D. L., Bonner, P., Hill, M. A., Nikjoo, H., Vecchia, M. D., Komatsu, K., Hoshi, M., Goodhead, D. T.: Reduction of the gamma-ray component from ²⁵²Cf fission neutron source-optimization for biological irradiations and comparison with MCNP code. *Phys. Med. Biol.*, 44, 1207-1218, 1999.
7. Yoshikawa, I., Takatsuji, T., Nagano, M., Hoshi, M., Takada, J., Endo, S.: The induction of somatic mutations by high-LET radiation observed using the Drosophila assay system. *Proceedings of the International Workshop on Responses to Heavy Particle Radiation, Chiba, July 9-10, 1998, Risk Evaluation of Cosmic-Ray Exposure in Long-Term Manned Space Mission. Edited by Fujitaka, K., Majima, H., Ando, K., Yasuda, H., Suzuki, M., Kodansha Scientific LTD., 89-99, 1999.*
8. Yamamoto, M., Hoshi, M., Takada, J., Sekerbaev, A. Kh, Gusev, B. I. : Pu isotopes and ¹³⁷Cs in the surrounding areas of the former Soviet Union's Semipalatinsk nuclear test site. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 242, 63-74, 1999.

9. 山下俊一, 柴田義貞, 星 正治, 藤村欣吾, ほか: チェルノブイリ原発事故被災児の検診成績 I - “チェルノブイリ笹川医療協力プロジェクト1991-1996” より - . 放射線科学, 42, 303-309, 1999.
10. 山下俊一, 柴田義貞, 星 正治, 藤村欣吾, ほか: チェルノブイリ原発事故被災児の検診成績 II - “チェルノブイリ笹川医療協力プロジェクト1991-1996” より - . 放射線科学, 42, 338-348, 1999.
11. 山下俊一, 柴田義貞, 星 正治, 藤村欣吾, ほか: チェルノブイリ原発事故被災児の検診成績 III - “チェルノブイリ笹川医療協力プロジェクト1991-1996” より - . 放射線科学, 42, 381-386, 1999.
12. Endo, S., Hoshi, M., Takada, J., Tauchi, H., Matsuura, S., Takeoka, S., Kitagawa, K., Suga, S., Komatsu, K.: Neutron generator (HIRRAC) and dosimetry study. *J. Radiat. Res.*, 40 (Supl.), 14-20, 1999.
13. Fujikawa, K., Endo, S., Itoh, T., Yonezawa, Y., Hoshi, M.: Dose estimations of fast neutrons from a nuclear reactor by micronuclear yields in onion seedlings. *J. Radiat. Res.*, 40 (Supl.), 28-35, 1999.
14. Tanaka, K., Gajendiran, N., Endo, S., Komatsu, K., Hoshi, M., Kamada, N.: Neutron energy-dependent initial DNA damage and chromosomal exchange. *J. Radiat. Res.*, 40 (Supl.), 36-44, 1999.
15. Yoshikawa, I., Takatsuji, T., Nagano, M., Takada, J., Endo, S., Hoshi, M.: RBE-LET relationships of high-LET radiations in drosophila mutations. *J. Radiat. Res.*, 40 (Supl.), 106-116, 1999.
16. Shizuma, K., Hoshi, M., Hasai, H.: Uncertainties of DS86 and prospects for residual radioactivity measurement. *J. Radiat. Res.*, 40 (Supl.), 138-144, 1999.
17. Hoshi, M., Endo, S., Takada, J., Ishikawa, M., Nitta, Y., Iwatani, K., Oka, T., Fujita, S., Shizuma, K., Hasai, H.: A crack model of the Hiroshima atomic bomb: Explanation of the contradiction of "dosimetry system 1986." *J. Radiat. Res.*, 40(Supl.), 145-154, 1999.

18. Endo, S., Shizuma, K., Fujita, S., Umehara, N., Harima, T., Takada, J., Hoshi, M.: Study of burst height and neutron emission height of the Hiroshima atomic bomb. 広大原医研年報, 40, 183-194, 1999.
19. Takada, J., Stepanov, V. E., Yefremov, D. P., Shintani, T., Akiyama, A., Fukuda, M., Hoshi, M.: Radiological states around the Kraton-4 underground nuclear explosion site in Sakha. J. Radiat. Res., 40, 223-228, 1999.
20. Takada, J., Hoshi, M., Nagatomo, T., Yamamoto, M., Endo, S., Takatsuji, T., Yoshikawa, I., Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K., Tchajjunusova, N. J.: External doses of residents near Semipalatinsk nuclear test site. J. Radiat. Res., 40, 337-344, 1999.
21. 新田由美子, 遠藤 暁, 藤本成明, 神谷研二, 伊藤明弘, 高田 純, 星 正治: [内部被ばく発がんとその修飾] ^{131}I 内部被ばくによる甲状腺発がんモデルの開発. 放射線科学, 42 (Supl.), 140-144, 1999.
22. Tanaka, K., Tchajjunusova, N. J., Takatsuji, T., Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K., Hoshi, M., Kamada, N.: High incidence of micronuclei in lymphocytes form residents of the area near the Semipalatinsk nuclear explosion test site. J. Radiat. Res., 41, 45-54, 2000.
23. 星 正治: 広島原爆の被曝線量評価の問題点. 放射線化学, 69, 2-9, 2000.
24. Takatsuji, T., Sato, H., Takada, J., Endo, S., Hoshi, M., Sharifov, V. F., Veselkina, I. I., Pilenko, I. V., Kalimullin, W. A. F., Masyakin, V. B., Kovalev, A. I., Yoshikawa, I., Okajima, S.: Relationship between the ^{137}Cs whole-body counting results and soil and food contamination in farms near Chernobyl. Health Phys., 78, 86-89, 2000.
25. Endo, S., Hoshi, M., Shizuma, K., Takada, J., Goodhead, D. T.: Calculation of the neutron W value for neutron dosimetry below the MeV energy region. Phys. Med. Biol., 45, 947-953, 2000.
26. Zhumadilov, Zh., Kimura, A., Hoshi, M., Zhumadilova, A., Asahara, T.: Clinical value of erythrocyte pharmacocytes in hepato-biliary surgery. HPB, 2, 272, 2000.
27. Endo, S., Tosaki, N., Hoshi, M., Shizuma, K.: Neutron dose equivalent estimation from the specific activity of ^{51}Cr . Journal of Environmental Radioactivity, 50, 89-96, 2000.

28. Komura, K., Yamamoto, M., Muroyama, T., Murata, Y., Nakanishi, T., Hoshi, M., Takada, J., Ishikawa, M., Takeoka, S., Kitagawa, K., Suga, S., Endo, S., Tosaki, N., Mitsugashira, T., Hara, M., Hashimoto, T., Takano, M., Yanagawa, Y., Tsuboi, T., Ichimasa, M., Ichimasa, Y., Imura, H., Sasajima, E., Seki, R., Saito, Y., Kondo, M., Kojima, S., Muramatsu, Y., Yoshida, S., Shibata, S., Yonehara, H., Watanabe, Y., Kimura, S., Shiraishi, K., Ban-nai, T., Sahoo, S. K., Igarashi, Y., Aoyama, M., Hirose, K., Uehiro, T., Doi, T., Tanaka, A., Matsuzawa, T.: The JCO criticality accident at Tokai-mura, Japan : an overview of the sampling campaign and preliminary results. *Journal of Environmental Radioactivity*, 50, 3-14, 2000.
29. Endo, S., Tosaki, N., Shizuma, K., Ishikawa, M., Takada, J., Suga, S., Kitagawa, K., Hoshi, M.: Radioactivity of ^{51}Cr in stainless steel collected from residences in the JCO neighborhood. *Journal of Environmental Radioactivity*, 50, 83-88, 2000.
30. 前田直子, 小味昌憲, 村尾信夫, 遠藤 暁, 星 正治: 定位放射線照射における頭部 (RSVP) ファントムを用いた線量評価. *医学物理*, 20, 38-45, 2000.
31. Hoshi, M., Konstantinov, Y. O., Evdeeva, T. Y., Kovalev, A. I., Aksenov, A. S., Koulikova, N. V., Sato, H., Takatsuji, T., Takada, J., Endo, S., Shibata, Y., Yamashita, S.: Radiocesium in children residing in the western districts of the Bryansk Oblast from 1991-1996. *Health Phys.*, 79, 182-186, 2000.
32. 松浦正明, 大瀧 慈, 星 正治, 早川式彦: 原爆被爆者乳ガン死亡の相対リスクの最近の増加に関して. *長崎医誌*, 75, 163-167, 2000.
33. Takada, J., Hoshi, M., Endo, S., Stepanenko, V. F., Kondrashov, A. E., Petin, D., Skvortsov, V., Ivannikov, A., Tikounov, D., Gavrilin, Y., Snykov, V. P.: Dosimetry studies in Zaborie village. *Applied Radiation and Isotopes*, 52, 1165-1169, 2000.
34. Takada, J., Hoshi, M. : External doses to 350m zone residents around the Tokai-mura criticality accident site. *Journal of Environmental Radioactivity*, 50, 43-48, 2000.
35. 高田 純, 星 正治, 山本政儀, 長友恒人, 高辻俊宏, 吉川 勲, Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K.: セミパラチンスク核実験場周辺住民の外部被曝線量. *長崎医誌*, 75, 190-194, 2000.

36. Takada, J., Sharov, V., Konstantinov, Yu. O. , Ramzaev, P. V., Moroz, G., Kovtun, A., Hoshi, M., Bougrov, N. G., Shishkina, H. A., Premyslova, L., Shagina, N., Degteva, M. O.: Mission for the study of radiation protection and hygiene for residents around Mayak plutonium production facilities in Russia 2000. Distribution and Speciation of Radionuclides in the Environment, Proceedings The International Workshop on Distribution and Speciation of Radionuclides in the Environment, Edt.by J. Inaba, S. Hisamatsu & Y. Ohtsuka, Institute for Environmental Sciences, 233-238, 2000.

37. Nugent, R. W., Zhumadilov, Z. S., Gusev, B. I., Hoshi, M.: Health Effects of Radiation Associated with Nuclear Weapons Testing at the Semipalatinsk Test Site. Editors Nugent, R. W., Zhumadilov, Z. S., Gusev, B. I. and Hoshi, M., 2000.

(2) 口頭発表

1. 田中憲一, 櫻井良憲, 古林 徹, 中川義信, 遠藤 暁, 星 正治: ${}^7\text{Ti}(n,p){}^7\text{Be}$ 加速器中性子源によるファントム内中性子束分布の測定. 第77回日本医学放射線物理学会, 東京, 1999.
2. Kobayashi, H., Sakaguchi, H., Yasubuchi, S., Ogura, K., Yasuda, N., Yanagie, H., Hoshi, M., Miyata, K.: Fast neutron radiography using track detector. The Sixth World Conference on Neutron Radiography. Osaka, 1999.
3. Tanaka, K., Sakurai, Y., Kobayashi, T., Nakagawa, Y., Endo, S., Hoshi, M.: The comparison of dose distributions in a water phantom for accelerator-based and reactor-based neutron irradiation fields for NCT. Second Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics (JKMP99), Chiba, 1999.
4. 星 正治: セミパラチンスク核実験場近郊住民の放射線影響調査研究の動向. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.
5. Zhumadilov, Z., Hoshi, M., Kimura, A., Kim, R., Takeichi, N., Bobokhidze, D., Vasjkovsky, G., Zhigitaev, T., Hayakawa, N.: Changes in the trend and behavior over time for breast cancer and thyroid cancer in the Semipalatinsk region of Kazakhstan. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.
6. 星 正治: モデル計算と今後の展望. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.
7. 伊藤 寛, 今村峯雄, 上養義朋, 柴田誠一, 柴田徳思, 静間 清, 野川憲夫, 藤田正一郎, 星 正治: Ni-63測定による速中性子束の評価の現状. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.
8. 星 正治: 広島・長崎の被曝線量再評価の現状. 第24回日本医学放射線学会医療標準線量研究会, 広島, 1999.
9. Ivannikov, A. I., Gusev, B. I., Hoshi, M.: Results of the individual dose reconstruction for the residents of the Semipalatinsk region using ESR spectroscopy of tooth enamel. Fifth Hiroshima International Symposium—Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites—, Hiroshima, 1999.

10. Zhumadilov, Z., Land, C., Hartshorne, M., Crooks, L., Hoshi, M., Kimura, A., Gusev, B. I., Abisheva, G., Lukyanov, N., Musinov, D., Takeichi, N., Asahara, T.: Radiation-associated thyroid abnormalities in the Semipalatinsk Region of Kazakhstan. Fifth Hiroshima International Symposium – Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites – , Hiroshima, 1999.
11. Yamamoto, M., Hoshi, M., Takada, J., Oikawa, S., Yoshikawa, I., Takatsuji, T., Sekerbaev, A. K., Gusev, B. I.: Some aspects of local fallout plutonium at the former Semipalatinsk nuclear test site and its surrounding areas. Fifth Hiroshima International Symposium – Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites – , Hiroshima, 1999.
12. Tanaka, K., Tchajjunusova, N. J., Takatsuji, T., Gusev, B. I., Sekerbaev, A. K., Hoshi, M., Kamada, N.: High incidence of micronucleus and chromosome aberrations in lymphocytes from the residents living near Semipalatinsk nuclear explosion test sites. Fifth Hiroshima International Symposium – Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites – , Hiroshima, 1999.
13. Takada, J., Hoshi, M., Nagatomo, T., Yamamoto, M., Endo, S., Takatsuji, T., Yoshikawa, I., Ishikawa, M., Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K., Tchajjunusova, N. J.: External exposure on residents due to Semipalatinsk nuclear tests. Fifth Hiroshima International Symposium – Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites – , Hiroshima, 1999.
14. Takeichi, N., Hoshi, M., Hayakawa, N., Zhumadilov, Z.: Medical examination for thyroid among the residents in Semipalatinsk : Comparison with Hiroshima and Chernobyl. Fifth Hiroshima International Symposium – Radiation Effects on the Residents near Semipalatinsk Nuclear Test Sites – , Hiroshima, 1999.
15. 高田 純, 星 正治, 遠藤 暁, Stepanenko, V. F., Kondrashov, A. E., Snykov, V. P.: ロシアザボリエ村における被曝線量調査. 第34回日本保健物理学会, 大分, 1999.
16. 高田 純, 星 正治, 山本政儀, 高辻俊宏, 吉川 勲, グジェフ, B. I., サケルバエフ, A. K., チャイジュンヌソバ, N. J.: セミパラチンスク核実験場近郊住民の被曝線量. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.

17. 高田 純, 遠藤 暁, 竹岡清二, 北川和英, 菅 慎治, 星 正治: 原医研におけるWBCの現状及び比較校正結果. 日本放射線影響学会第42回大会, 広島, 1999.
18. Nitta, Y., Endo, S., Fujimoto, N., Kamiya, K., Ito, A., Takada, J., Hoshi, M.: Internal exposure to ^{131}I and thyroid carcinogenesis. Eleventh International Congress of Radiation Research, Dublin, Ireland, 1999.
19. 遠藤 暁, 石川正純, 星 正治, 静岡 清: 中性子低エネルギー領域におけるTE-TE電離箱の中性子感度の計算. 第79回日本医学物理学会, 横浜, 2000.
20. 鬼塚昌彦, 遠藤 暁, 古林 徹, 櫻井良憲, 星 正治, 高田 純, 上原周三, 高辻俊宏, 内海博司, 山口 寛, 高田真志, 藤川和男, 前田直子, 早淵尚文: 頭部ファントム (A150) 内における熱外中性子線の線質・線量の変化. 第79回日本医学物理学会, 横浜, 2000.
21. 田中憲一, 櫻井良憲, 古林 徹, 中川義信, 遠藤 暁, 星 正治: しきい値近傍の $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ 直接中性子によるファントム内線量分布の測定. 第79回日本医学物理学会, 横浜, 2000.
22. Zhumadilov, Zh., Land, C., Hartshorne, M., Crooks, L., Gusev, B. I., Hoshi, M., Kimura, A., Takeichi, N., Zhumadiova, A., Asahara, T.: Thyroid gland status among population living around the Semipalatinsk nuclear test site. The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-2a-s3)
23. Shizuma, K., Endo, S., Hoshi, M., Takada, J., Ishikawa, M., Hasai, H., Iwatani, K., Oka, T., Fujita, S., Imanaka, T.: Residual radioactivity measurement in Hiroshima and Nagasaki for the evaluation of DS86 neutron fluence. The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-3b-153)
24. Hoshi, M., Endo, S., Takada, J., Nitta, Y., Ishikawa, M., Iwatani, K., Oka, T., Fujita, S., Shizuma, K., Hasasai, H.: A crack model of the Hiroshima atomic bomb: Explanation of the contradiction of "Dosimetry system 1986". The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-3b-151)

25. Konstantinov, Y. O., Bruk, G. Y., Ershov, E. B., Evdeeva, T. Y., Kovalenko, V. I., Lebedev, O. V., Ramzaev, P. V., Hoshi, M., Shibata, Y., Yamamoto, S.: Establishment of a cohort for the long-term clinical follow-up with dose reconstruction under the joint medical research project conducted by Sasakawa Memorial Health Foundation (Japan) and the Research Institute of Radiation Hygiene (Russia). The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-2a-81)
26. Endo, H., Nikjoo, H., Uehara, S., Hoshi, M., Shizuma, K.: A Monte Carlo track structure code for low energy protons. The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-2b-208)
27. Yamamoto, M., Hoshi, M., Takada, J., Oikawa, S., Yoshikawa, T., Takatsuji, T., Sekerbaev, A. K., Gusev, B. I.: Some aspects of environmental radioactivity at the former Soviet Union's Semipalatinsk nuclear test site. Low-level Measurements of Actinides and Long-lived Radionuclides in Biological and Environmental Samples, Oarai, 2000.
28. Takada, J., Hoshi, M., Nagatomo, T., Yamamoto, M., Endo, S., Takatsuji, T., Ishikawa, M., Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K., Tchajjunusova, N. J.: Radiation exposure on residents due to Semipalatinsk nuclear tests. The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem", Hiroshima, 2000. (Proc., IRPA-10, P-3b-210)
29. 小村和久, Ahmed, M. Y., 村田祥全, 三頭聰明, 関 李紀, 今中哲二, 星 正治 : JCO臨界事故による金の放射化. 第43回日本放射線影響学会, 東京, 2000. (J. Radiat. Res., 41, 223, 2000.)
30. 高辻俊宏, 吉川 勲, 星 正治, 高田 純, 遠藤 暁 : 過重力の突然変異に対する乗数効果. 第43回日本放射線影響学会, 東京, 2000. (J. Radiat. Res., 41, 452, 2000.)
31. 松浦正明, 大瀧 慈, 星 正治, 早川式彦 : 広島県在住原爆被爆者における各種の悪性新生物死亡のリスク評価. 第43回日本放射線影響学会, 東京, 2000. (J. Radiat. Res., 41, 478, 2000.)

32. 鬼塚昌彦, 石川正純, 高田真志, 遠藤 暁, 星 正治, 上原周三, 松藤成弘, 金井達明, 山口 寛, 早瀬尚文: 放医研カーボンビームのマイクロドジメトリー. 第80回日本医学物理学会, 東京, 2000.
33. 松浦正明, 大瀧 慈, 星 正治, 早川式彦: 原爆被爆者乳ガン死亡の相対リスクの最近の増加に関して. 第41回原子爆弾後障害研究会, 長崎, 2000.
34. 高田 純, 星 正治, 長友恒人, 山本政儀, 高辻俊宏, 吉川 勲, Gusev, B. I., Sakerbaev, A. K.: セミパラチンスク核実験場周辺住民の外部被曝線量. 第41回原子爆弾後障害研究会, 長崎, 2000.
35. 高田 純, 菅 慎治, 北川和英, 石川正純, 星 正治: 東海村JCO臨界事故350m避難区域住民の被曝線量. 第43回日本放射線影響学会, 東京, 2000. (J. Radiat. Res., 41, 378, 2000)
36. Takada, J., Yamamoto, M., Hoshi, M.: Radiological states in Rongelap Island 1999. Low-level Measurements of Actinides and Long-lived Radionuclides in Biological and Environmental Samples, Oarai, 2000.
37. 高田 純, 菅 慎治, 北川和英, 石川正純, 星 正治: JCO臨界事故における漏えい中性子の方向分布. 第37回理工学における同位元素研究発表会, 東京, 2000.
38. Takada, J., Sharov, V., Konstantinov, Yu. O., Ramzaev, P. V., Moroz, G., Kovtun, A., Hoshi, M., Bougrov, N. G., Shishkina, H. A., Premyslova, L., Shagina, N., Degteva, M. O.: Mission for the study of radiation protection and hygiene for residents around Mayak plutonium production facilities in Russia 2000. The International Workshop on Distribution and Speciation of Radionuclides in the Environment, Rokkasho, Aomori, 2000.
39. 新田由美子, 吉田和子, 神谷研二, 星 正治: 染色体2番中間部を欠失するミュートマウスの急性骨髄性白血病モデルとしての有用性. 第43回日本放射線影響学会, 東京, 2000. (J. Radiat. Res., 41, 443, 2000.)
40. Takada, J., Suga, S., Kitagawa, K., Ishikawa, M., Takeoka, S., Hoshi, M., Watanabe, H., Ito, A., Hayakawa, N.: Directional distribution of radiation around an accident at a uranium fuel factory in Tokai-mura, 1999. J. Radiat. Res., 42, 47-50, 2001.

研究成果

セミパラチンスク核実験場近郊住民の放射線による被曝調査とその意義

星 正 治

広島大学原爆放射能医学研究所

はじめに

人工的な放射線による人への被曝はX線の発見以来100年の歴史があり、広島長崎の原爆投下により多くの人々が被曝した。放射線の被曝による影響は原爆被曝者の調査などから分かってきている。その後米国やソ連、さらには中国により核実験が多数行われた。またチェルノブイリでは原子力発電所の事故により多数の被曝者を生んできた。また放射線の事故による被曝は現在も起こっており、最近では東海村の臨界事故による被曝も記憶に新しい。

放射線は以上のような核開発や事故によるマイナスの面も大きいですが、人類にとってなくてはならない面も持っている。たとえば大学などの研究の分野でもDNAの読みとりなど多方面に使われている。また原子力発電により電力を生み出しているし、工業の面でも検査や製品の加工など多くの方面で使われている。医療の現場で使われているレントゲンなどの診断、検査、治療もある。これらは避けて通れない放射線を有効利用する側面である。

著者の所属する広島大学原爆放射能医学研究所（原医研）は開設以来、広島や長崎の被曝者の放射線被曝とそれによる健康影響調査を行ってきた。最近では世界中の被曝者の被曝やそれに関わる健康影響調査を行ってきた。この目的は、第一に検診などの調査を行い被曝による疾病発生のメカニズムを調べることであり、被曝者自身の健康を守るためである。第二はこの調査により放射線の被曝量と疾病の発症の関係を明らかにし、上記のような放射線を使った業務に従事している人々や医療放射線による一般人の被曝による病気発症の危険性（リスク）を見積もるためである。

放射線を有効利用する分野が避けて通れないとすると、それを職業的として使う人や一般人への放射線の被曝を必要最小限にする必要がある。そのための基準が必要となる。放射線の危険度（リスク）はほとんど広島長崎の被曝者の疫学調査から導きだされている。そのリスクは国際的な機関である国際放射線防護委員会（ICRP）で決定されている。その結果は日本では放射線障害防止法を中心とした各種の法令（医療法など）にも取り入れられており、人々の被曝の限度を定めている。

現在原医研ではセミパラチンスクの核実験による放射線の被曝と健康影響調査を進めている。上記の第二は放射線のリスクを求めることであった。しかし世界中で使われているリスクの基準はほとんど広島長崎の被曝者の調査に基づいて決められて

いるが、原爆による被曝は被曝の時間が一瞬であった。しかしセミパラチンスクなど数時間から数ヶ月にわたって被曝した場合はそのリスクが異なっているとする意見もある。放射線に少しずつ被曝するとすると、被曝している間でも細胞内でDNAの修復が可能であるので、違う可能性はもっともかもしれない。このことを明らかにすることがこの調査のもう一つの意味である。

人工的な放射線による被曝について論じているが、地球上には自然界の放射線があり、土壌中の放射能からの放射線と、宇宙からの放射線が降り注いでいる。土壌の放射線は強度の強いところでは日本の10倍近いところもあり、高度の高い地域では宇宙線由来の放射線が増大する。自然界の放射線による影響は問題ないと考えられているが、生物が人工の放射線により被曝する場合自然放射線の100倍くらいまでその影響が見られないとする考え方もある。これらはまだ明らかにされていない部分であり、最近の低線量・低線量率被曝の話題である。アメリカではこのテーマでの大きな研究プロジェクトが立ち上がっていることもあり、放射線科学の分野では世界的に重要課題となっている。このような世界的にも生物学的な実験は開始されているが、セミパラチンスクでの調査によりその人への影響を解明することこれが調査の大きな目的である。

セミパラチンスクでの被曝

セミパラチンスクには旧ソ連時代に使われていた四国ぐらゐの広さの広大な核実験場がある。1949年から1989年にかけて旧ソ連により延べ459回の核兵器の爆発試験がセミパラチンスク核兵器試験場で実施された。その内訳は地表26回、空中87回、地下346回であった。ロシアの報告によれば、TNT換算総出力は地表0.6Mt、空中6Mt、地下11Mtからなる18Mtであった。これは広島原爆の出力15ktの1100倍である。この出力はソ連の全核爆発の6%であるが、実験場周辺に村や都市が接近しているので、周辺住民の放射線被曝としては深刻である。

大気中の核実験の直後は核分裂後の放射能を含んだ雲が実験場の外の地域を通過して被曝や汚染を引き起こした。ただ核爆発地点から離れた住民への放射性フォールアウトによる放射線被曝が及ぼす人体影響は、爆央からの直接放射線影響に比べると不明な部分が多い。

旧ソ連から独立したカザフスタン共和国は実験場周辺地域の被曝データを公開した。しかしこれらは当時の軍の管理下で実施されたもので、疑問も少なくない。

健康影響調査に関しては旧ソ連およびその後のカザフスタン共和国による調査がある。主にセミパラチンスク市にある放射線医学環境研究所によって調査研究されてきている。それによるとこの地域の悪性腫瘍の発生は核実験の後に増加し、全体として被曝していない地域より多いとされている。被曝線量との関係も議論されており、放射線による悪性腫瘍の発生は白血病、甲状腺、食道、胃、肝臓、腸、肺、乳房に観

察されている。その他染色体異常や奇形など放射線によるとされる異常が観察されている。放射線によるリスクも計算され広島長崎の原爆被爆者との違いも示されている。ただこれらは診断や調査の基準が異なっていることも考えられるため、今後第三者による確認などの作業が必要と考えられる。

旧ソ連による核実験

旧ソ連による核実験はその後のマスコミなどを見ると、住民の近くで核実験を行ったりしているためその安全性にはかなり疑問がある。たとえば当時人々への放射線の影響を調査してきた放射線医学環境研究所のグシェフ所長（当時）が語った話を紹介する。

(1) 1953年8月12日にソ連最初の水素爆弾がこの試験場の1000mの上空で爆発した。そのTNT換算出力は470ktで広島原爆の31倍だった。政府はフォールアウトの予想される村の住民を安全地帯へ3日間避難させた。しかし風速は予想の二倍速く、二時間後にはカラウル村を通過した。これにより、避難が間に合わない村人191人が放射性雲から被曝したと言われている。

(2) 核実験場の協会にある原子の湖（アトミックレイク）について。1963年には大気圏などでの核爆発実験の禁止を基調とした条約をソ連と米国などが締結したにもかかわらず、核の平和利用と称して、1965年1月15日240kt出力の水爆が試験場の東側境界近くの地表で爆発させた。爆発後、多くの労働者がそこに貯水池を作る工事に従事させられ被曝し、そのため多数の死傷者を出したといわれている。そのクレーターには近くの川からの水が満たされ、原子の湖と呼ばれている。30年後、1995年の我々の調査時点でも、その付近の環境放射線レベルは通常値の100倍以上であった。平和目的の核爆発と主張しているが、如何に危険であったかは容易に想像できる。

(3) セミパラチンスク核実験場での核爆発の最中、各種の測定が軍部によりなされた。それは立ち入り禁止区域とされた実験場のみでなく、その外の居住区でも実施された。核爆発後に放射性雲が通過した方面の空間線量率の経時変化や土壤汚染が測定され、住民の外部および内部被曝が秘密裏に評価されていた。カザフスタン独立後に公開されたこの被曝データのなかには、その線量値が数シーベルトにおよんでいる居住区が幾つかある。この公開された値は総爆発回数が459回にもかかわらず、線量の報告された爆発は極めて限られている。例えば発表された線量等高線地図においては、1949、1951、1953、1956年の計4件の核爆発についての線量が記載されているにすぎない。

現在の周辺環境の現状

まず調査のはじめに現状はどうなっているかについて調査を行った。現在の居住区の環境調査は、我々の被曝の問題もあるし、今後の周辺住民の放射線被曝を調べる上

で重要である。そのため、最初の 1995 年の現地調査では環境放射線測定を、ドロン、ズナメンカ、セミパラチンスク市そして原子の湖で行った。

原子の湖での線量率はおよそ $10\mu\text{Sv/h}$ (単位は一時間当たり百万分の一シーベルト) であった。幾つかの村とセミパラチンスク市の環境放射線線量率は、 $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以下であった。原子の湖の爆発地点から 50km 離れた被曝した村といわれているズナメンカにおいても、線量率は自然レベルの $0.07\mu\text{Sv/h}$ であった。広島での現在の自然放射線は $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以下ぐらいであるので核実験場以外で現在居住することには何ら問題はない。

広島大学原医研を中心とした文部省（現文部科学省）科学研究費補助金による調査

旧ソ連によるセミパラチンスクでの核実験による被曝線量と健康影響調査について広島大学原医研では平成 6 年度から調査を開始している。この時点では旧ソ連での調査をのぞいて外国からののはじめての本格的調査であった。調査内容は土壤の放射能汚染に始まり、煉瓦を使った物理的な外部被曝線量測定を行ってきた。その後被曝者の血液の染色体異常、甲状腺の超音波検診装置による検査を進めている。

調査の方針は、すでに旧ソ連やカザフスタンの国が調査を行っていて、本や論文で発表しているが、これらの検証である。すなわちこれらのデータは膨大であり、全てはチェックできない。そのためいくつかを抜き出し調べそれが妥当なら、全体として信頼できると考えられるからである。しかしながら、彼らの調査によると被曝した村の被曝はとても大きく、たとえばドロン村では体外からの被曝（外部被曝）が 2.2 グレイ、体内に放射能を取り込んだ場合の被曝（内部被曝）が 2.3 グレイ、合計で 4.5 グレイとなっている（グシェフ所長による報告）。もし被曝が瞬時ならおよそ半数の人が死亡するといわれている線量である。チェルノブイリの 30km 圏外の住民ではこんなことはあり得ず、被曝の大きさに驚き、“本当にそうなのかと思った”ことが当時の正直な気持ちである。

はじめに取り組んだことは、外部被曝被曝線量の推定と、これまでのデータとの比較である。現地で煉瓦を採取し、熱蛍光法により外部被曝線量を推定した。対象地域は核実験場周辺のドロン、ズナメンカなどの比較的高レベルのフォールアウトがあったとされる村を選んだ。

結果の一つを示すと、ドロンの旧教会から採取した煉瓦が約 0.9 グレイを示した。これは上に示した値 2.2 グレイの半分くらいである。放射線の被曝は同じ村の中でも大きいところや小さいところが風の方向などいろいろな原因で生じると考えられる。従ってこのくらいの違いはあり得る。いずれにしても過去の報告の通り大きな被曝があったことが証明された。さらに、意外であったがセミパラチンスク市（現在人口 35 万人）のひとつの建物から採取した煉瓦が既報告値の 100 倍もの高い値 0.5-0.7 グレイであった。フォールアウトによる内部被曝を考慮すれば、放射線被曝はそれ以上で

ある。今回の調査結果は、セミパラチンスク市を除き、旧ソ連やカザフスタンの調査結果と比べてもその測定の見積り誤差の範囲で一致している。結論として、彼らの調査結果の中で外部被曝線量の見積りもは測定の範囲で信頼できると考えられる。

土壌の放射能測定はセシウム 137 とプルトニウムの同位体について行った。全体として、核実験場内及びその周辺の土壌試料のセシウム 137 レベルは日本国内と同等かやや低いレベルであった。一方プルトニウムの同位体は国内レベル (40 - 120Bq/m²) の数倍から数 100 倍の高いレベルで検出された。これらの結果から人の身体に取り込まれただけ被曝したか、内部被曝線量を調査する必要がある。亡くなった人の骨中のプルトニウム測定を一部始めているが、同様な結果である。しかしながらこれらの放射能の取り込みに関して、現在までの結論では内部被曝による放射線の影響がどの程度の線量は認められていない。

最近では人の健康影響については、血液のリンパ球の染色体異常を調べている。そのうち小核を調べた結果では現在のところ最大で 0.4 グレイに相当する異常が認められている。ただこれらの結果はまだウイルスによる影響など他の要因も検討する必要がある、直ちに放射線の被曝と断定できる段階ではない。甲状腺の検診も 1999 年より開始した。超音波検診装置を使って検診し、血液のホルモンの検査も行っている。被曝地に異常は多いことが分かってきている。結果については本年 (2001 年) 発表の予定である。

その後始まった援助や調査について

日本からの調査は、外務相傘下の JICA による人道援助が始まっている。これはセミパラチンスクの医療機関への医療器具の導入とその指導、疫学調査が中心である。この活動は日本全体の協力の下に行われており、大学としては長崎大学、広島大学から人材が派遣される。疫学調査として科学技術庁 (現文部科学省) も計画し開始されることが決まっている。その他各大学からの調査研究はそれぞれ進められている。セミパラチンスク市にある放射線医学環境研究所には長年の調査、検診データの蓄積があるが、今後とも重要となってくる。

世界的には、国連が全体をまとめる形で調査研究の必要性を発表し研究会も行っている。国別にはアメリカが 3 年前から甲状腺の検診を行い被曝地と非被曝地を比べていて、甲状腺の異常の多さに驚いている。またドイツやベルギーといったヨーロッパの各国も参加している。このようにセミパラチンスクの住民の被曝はチェルノブイリなどと比べても格段に大きく、健康影響の問題を世界が気づき調査を開始したことを意味している。

NGO による援助も始まっていて、特筆されるのは被曝地広島から始まったヒロシマ・セミパラチンスク・プロジェクトである。1994 年にアジア大会でカザフスタンを応援したことを契機に結成され、超音波検診装置、医薬品の提供を行っている。また

人の交流も進めていてセミパラチンスク市からの高校生の留学も進めている。その他広島市や井原市など各地の青年会議所のメンバーも参加している。カタログハウス（株）もチェルノブイリの援助に加えセミパラチンスクの援助を進めている。同じ被曝地広島に住む者として、われわれの調査研究だけでなく人々の交流もますます活発に進められることを願っている。

おわりに

セミパラチンスクにおける広島大学原医研の調査を中心に述べてきた。はじめに述べたことであるが、この調査の目的は、第一に被曝者の健康維持のための基礎資料を得ることであり、第二に放射線のリスクを求め放射線の被曝の限度に関する情報を手に入れることである。

調査の内容は、（１）被曝線量を明らかにし、健康影響を調査する。（２）その後疫学的な調査を行い、原爆被曝者と違った長期低線量被曝の危険度を調べることである。まだ調査としては（１）について結果が出されてきた段階である。（２）については大規模な調査が必要であり、国レベルの調査に協力する形で進められることを希望している。

以上セミパラチンスクなどにおける被曝の問題やその意義、さらに医療援助について述べてきた。今後とも、被曝者の医療援助、放射線被曝の解明など継続的に進めていく必要性を強く感じている。私どもは広島長崎の経験のもとに世界中の科学者やNGOのグループと協力する形で調査を進めてゆきたいと考えている。

謝辞

広島大学原医研における調査は、国内外の共同研究者との共同研究で進められている。それらの方々には武市宣雄、山本政儀、田中公夫、高田純、B. I. Gusev、A. K. Sekerbayev、Z. S. Zhumadilov、高辻俊宏、吉川勲の各先生方である。その他、関係された数多くの研究者とともに実施された。またNGOであるヒロセミプロジェクトの平岡敬名誉会長をはじめ下崎末満氏、小畠知恵子氏また医療通訳の山田英雄氏他関係の方々には多くの協力をいただいている。ここにあげていない関係者も多いが、これらすべての関係者に心から感謝する。