

広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に 関する研究の現状

2010年5月

広島“黒い雨”放射能研究会

はじめに

1945年8月6日広島に原爆が投下された。多くの人々が犠牲となった。原爆の被害が通常の爆弾と異なるのは、その威力がすさまじく一つの市を破壊することが出来るほどであることである。しかし、それだけでなく放射線による被害があった。これが多数の犠牲者を出しただけでなく、生き残った人々にも長らく放射線の影響により苦しみを与えた。

私たちを中心とした研究グループは、放射線による影響解明のため、その基礎となる被ばく線量の推定の作業を30年以上にわたって行ってきた。その中で、直接被ばくによる放射線の影響は致死量にも達するほど大きいとその線量は解明された。それは原爆被ばく線量評価体系2002(DS02)という計算方式で、かなり正確な被ばく線量に分かるようになった。しかしながら、爆心から2km以遠や更に遠方の黒い雨の降雨地域の内外、爆発の後に入市した早期入市者、被ばく者の介護に当たった医療関係者などの被ばくについては、これまで継続して研究を続けてきたがその正確な被ばく線量についてはよく分からなかった。たとえば早期入市者については入市の時間とルートが分かれば物理的線量はある程度まで計算できるが、被ばく者の訴える体調の不調など説明できていない。

その間、チェルノブイリや、セミパラチンスクでの放射線の被ばくが世界的に問題になり、放射線の線量推定や人々への影響についての調査研究が格段に進んだ。この手法がそのまま広島・長崎の黒い雨の被ばく研究に応用できることが分かってきた。

広島・長崎の放射線の被ばくについて、未解明のまま残されている問題は多い。ここでは最近関心の高いことでもある広島黒い雨について、その当時その地域に住んでいた人々が受けた放射線による被ばくがどの程度であったか、すなわちその被ばく線量をこれまでに解明されてきた各分野の知識や方法を駆使して推定した。

この報告はこれまで広島市役所での2年間の研究の結果をまとめたものである。どの程度の被ばくがあったか、更に降雨がどの範囲に広がっていたかを報告する。これは途中経過であり、今後約1年間で更に測定結果や線量推定の精度を上げそのとき最終的な報告を提出する。

2010年5月

星 正治

広島“黒い雨”放射能研究会 世話人

広島“黒い雨”放射能研究会メンバー

青山 道夫	気象研究所地球化学研究部
◎ 今中 哲二	京都大学原子炉実験所
遠藤 暁	広島大学大学院工学研究科
大瀧 慈	広島大学原爆放射線医科学研究所
岡田 高旺	広島市健康福祉局
川野 徳幸	広島大学平和科学研究センター
坂口 綾	広島大学理学研究科
静間 清	広島大学大学院工学研究科
高辻 俊宏	長崎大学環境科学部
栗佐井 博巳	広島大学名誉教授
馬場 雅志	広島市立大学大学院情報科学研究科
◎ 星 正治	広島大学原爆放射線医科学研究所
山本 政儀	金沢大学環日本海域環境研究センター
米原 英典	放射線医学総合研究所
Evgeniya Granovskaya	Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow
Harry Cullings	放射線影響研究所
Kassym Zhumadilov	広島大学原爆放射線医科学研究所
Neil Whitehead	元広島原爆放射線医科学研究所
Sarat Kumar Sahoo	放射線医学総合研究所
Sergey Shinkarev	Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow

(◎ 世話人)

世話人連絡先：
734-8553 広島市南区霞 1-2-3
広島大学原爆放射線医科学研究所
星正治

Tel: 082-257-5872
Fax: 082-257-5873
mhoshi@hiroshima-u.ac.jp

590-0494 大阪府泉南郡熊取町
京都大学原子炉実験所
今中哲二

Tel: 072-451-2443
Fax: 072-452-8193
Imanaka@rr.kyoto-u.ac.jp

広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究の現状

目次

1. 黒い雨の被ばく線量に関する研究の歴史と経緯および目標と意義... 星正治 (広島大学)	1
2. 広島原爆直後に実施された放射能調査活動..... 今中哲二 (京都大学)	11
3. これまでの黒い雨放射能研究..... 静間清 (広島大学)	25
4. 長崎の黒い雨..... 高辻俊宏 (長崎大学)	36
5. 1976年および1978年の厚生省委託の「広島・長崎の残留放射能調査」と 1991年の広島市による「黒い雨に関する専門家会議報告書」の概要 星正治 (広島大学)	42
6. 従来の黒い雨気象シミュレーションの問題点と今後の展望 青山道夫 (気象研究所)	46
7. 広島原爆さのこ雲写真からの高さ推定 馬場雅志、浅田尚紀 (広島市立大学)	49
8. アンケート調査に基づく黒い雨の時空間分布の推定 大瀧慈 (広島大学)	55
9. Thermal ionization mass spectrometry measurement for uranium isotopes in Hiroshima soil samples S.K. Sahoo, H. Yonehara (NIRS), T. Imanaka (Kyoto Univ), S. Endo, M. Hoshi (Hiroshima Univ)	68
10. 広島原爆由来フォールアウトの降下量・分布評価の試み：土壌中の ²³⁸ Uを利用して 坂口綾 (広島大学)、川合健太 (金沢大学)、P. Steier (ウィーン大学)、今中哲二 (京 都大学)、星 正治、遠藤 暁、K. Zhumadilov (広島大学)、山本政儀 (金沢大学)	72
11. 広島原爆投下1-3年後に建築された家屋の床下土壌中の ¹³⁷ Cs測定：広島原爆由来フォ ールアウトの降下量と分布を評価するための試み 山本政儀、川合健太 (金沢大学)、K. Zhumadilov、遠藤暁、坂口綾、 星正治 (広島大学)、今中哲二 (京都大学)、青山道夫 (気象研)	79
12. 広島原爆の黒い雨にともなう沈着放射能からの空間放射線量の見積り 今中哲二 (京都大学)	89
13. Theoretical consideration of fallout particles formation in case of atmospheric nuclear explosion and assessment of deposition density due to Hiroshima "black rain" E.O. Granovskaya (BFMBC), G.A. Krasilov (IGCE), S.M. Shinkarev, V.N. Yatsenko (BFMBC), M. Hoshi (Hiroshima Univ)	102
14. Methodology on estimation of internal dose due to Hiroshima "black rain" E.O. Granovskaya (BFMBC), G.A. Krasilov (IGCE), S.M. Shinkarev, V.N. Yatsenko (BFMBC), M. Hoshi (Hiroshima Univ)	108
15. On the unusual distribution of Pu/Cs activity ratios in Hiroshima soils. Can they be used to locate Black Rain sites? N.E. Whitehead (Hiroshima Univ), M. Yamamoto (Kanazawa Univ), A. Sakaguchi, M. Hoshi (Hiroshima Univ)	112
16. A preliminary geospatial analysis of ¹³⁷ Cs measured in soil cores collected from Hiroshima H. Cullings (RERF)	121

Current status of studies on radioactive fallout with "black rain" due to the Hiroshima atomic bomb

Contents

1. Historical background and the meaning of studies on radiation exposure by "black rain"	M. Hoshi (Hiroshima Univ)	1
2. Records of radiation survey just after the Hiroshima bombing	T. Imanaka (Kyoto Univ)	11
3. Previous studies on black rain by the Hiroshima atomic bomb	K. Shizuma (Hiroshima Univ)	25
4. Black rain in Nagasaki	T. Takatsuji (Nagasaki Univ)	36
5. Outlines of "Reports of special research on residual radiation of Hiroshima-Nagasaki in 1976/1978" and "Experts' report on black rain in 1991"	M. Hoshi (Hiroshima Univ)	42
6. Meteorological simulation of black rain: the previous study and perspective of new study	M. Aoyama (MRI)	46
7. Estimation of the mushroom cloud height based a photo of the Hiroshima a-bomb cloud	M. Baba, N. Asada (Hiroshima City Univ)	49
8. Spatial-time distribution of black rain based on questionnaire study	M. Ohtaki (Hiroshima Univ)	55
9. Thermal ionization mass spectrometry measurement for uranium isotopes in Hiroshima soil samples	S.K. Sahoo, H. Yonehara (NIRS), T. Imanaka (Kyoto Univ) S. Endo, M. Hoshi (Hiroshima Univ)	68
10. Trial to evaluate the spatial distribution of close-in fallout due to the Hiroshima atomic bomb using ^{236}U data in soil samples	A. Sakaguchi (Hiroshima Univ), K. Kawai (Kanazawa Univ), P. Steier (Vienna Univ), T. Imanaka (Kyoto Univ), M. Hoshi, S. Endo, K. Zhumadilov (Hiroshima Univ), M. Yamamoto (Kanazawa Univ)	72
11. Trial to evaluate the spatial distribution of close-in fallout using ^{137}Cs data in soil samples taken under houses built 1-3 years after the Hiroshima atomic bombing	M. Yamamoto, K. Kawai (Kanazawa Univ), K. Zhumadilov, S. Endo, A. Sakaguchi, M. Hoshi (Hiroshima Univ), M. Aoyama (MRI)	79
12. External radiation exposure from deposited radionuclides with black rain by the Hiroshima atomic bomb	T. Imanaka (Kyoto Univ)	89
13. Theoretical consideration of fallout particles formation in case of atmospheric nuclear explosion and assessment of deposition density due to Hiroshima "black rain"	E.O. Granovskaya (BFMBC), G.A. Krasilov (IGCE), S.M. Shinkarev, V.N. Yatsenko (BFMBC), M. Hoshi (Hiroshima Univ)	102
14. Methodology on estimation of internal dose due to Hiroshima "black rain"	E.O. Granovskaya (BFMBC), G.A. Krasilov (IGCE), S.M. Shinkarev, V.N. Yatsenko (BFMBC), M. Hoshi (Hiroshima Univ)	108
15. On the unusual distribution of Pu/Cs activity ratios in Hiroshima soils. Can they be used to locate Black Rain sites?	N.E. Whitehead (Hiroshima Univ), M. Yamamoto (Kanazawa Univ), A. Sakaguchi, M. Hoshi (Hiroshima Univ)	112
16. A preliminary geospatial analysis of ^{137}Cs measured in soil cores collected from Hiroshima	H. Cullings (RERF)	121

黒い雨の被ばく線量に関する研究の歴史と経緯および目標と意義

星正治

広島大学原爆放射線医学研究所

広島・長崎の原爆の黒い雨にともなう人々の被ばくに関する研究は、被爆直後から現在に至るまで本研究グループを含む多くの研究者により継続的に進められてきた。しかしながらこれまでの研究では30kmまでのいわゆる「宇田雨域」などでは原爆にともなう放射能も発見できず、ましてやそれにとともなう被ばく線量の見積もりもほとんど行われてこなかった。また健康影響についてもほとんど調査はなされていなかった。本研究は30km圏内での被ばく線量評価を目指す。ここでは、はじめに放射線の発生原因による分類、またその放射線による被ばくを生じた地域の種類について述べる。本研究グループは最終的には被ばく線量の見積もりを目指す、これら研究がなぜ難しかったのか、過去の歴史を概観し、今回の研究の目標と意義までを述べる。

(1) 黒い雨の降雨地帯の研究の目標と意義

広島・長崎の黒い雨地帯の研究は被爆直後から進められてきた。今回、本研究グループを立ち上げるにあたってその目標を定めた。

人の被ばくを考える上で、正しい被ばく線量を推定する意義は2通りあると考える。

- ① 被爆者個人々々の被ばく線量を推定し、被爆者自身の健康維持のための指標とすること。これは緊急被ばくの際に被ばく線量を推定することはその被ばく者の今後の健康管理に役に立てられる。
- ② もう一つは、放射線影響研究所のように、被ばく者のコホートを設定し、継続的に疫学的調査を進め発がん線量の比からリスクを求めることである。原爆被ばく者のリスクは放射線の防護に採用され、放射線を扱う労働者や私たちの被ばくの限度を定める。このように放射線による健康影響が分かることである。

今回の、30km圏での黒い雨の問題を検討するとき、黒い雨の地帯では健康影響の疫学的調査はなされていない。従って①の個人個人の物理学的被ばく線量推定までを目標とする。これによりこの地帯での健康影響が被ばく線量を通して推定できると考える。

30km圏では広島原爆から降下したセシウム137などの確かな証拠は見つかっておらず、それにはまず、広島原爆からの放射能の検出が必要である。

従って、

- 1 広島原爆からの放射能(セシウム137等)の検出
- 2 それによる被ばく線量の推定

以上が今回の研究の目標である。

(2) 広島・長崎の原子爆弾から発生する放射線の種類の分類

原爆放射線の分類は、本研究グループとしてこれから何を目標として研究を進めるのか明確にする上での基本である。広島・長崎の原子爆弾からの放射線には下記のようにそれぞれの発生原因から分けて考えることが出来る。

- ① 原子爆弾が炸裂した際数分程度で発生したガンマ線や中性子線。1.ウランやプルトニウムが核分裂を起こして分裂する際に発生したガンマ線や中性子、2.その際、短時間の内に核分裂を起こした破片(核分裂生成物)から発生したガンマ線、3.中性子が空気などと反応して発生した二次ガンマ線などである。”直爆”の放射線と表記することにする。
- ② 地表の残留放射線。中性子は爆心から2km くらいの範囲で土壌を放射化する。誘導放射能という。その土壌から発生する放射線を、誘導放射能からの”残留放射線”と表記することにする。
- ③ 核分裂の際にウランは2つに分裂する。それを核分裂生成物といい、強い放射能を含んでいた。よく知られている核種はストロンチウム90、セシウム137、ヨード131などである。また、核分裂を引き起こさず残った、ウラン235(広島原爆)やプルトニウム(長崎原爆)も、核分裂生成物とともに挙動した。これらは、広島や長崎の原爆では爆発高度が高いので火球は地表に接することなく上昇気流によって上昇した。その後、埃や雨(黒い雨)となって降下した。この放射能は核爆発で生じたキノコ雲の傘の部分に主に入っていたと考えられる。これらは上昇気流に乗って高々度(16km)まで達し、風に乗って北北西方向に流れ雨を降らせた。(高度については従来8kmとされたが、今回馬場らの写真解析から16kmと推定される。)核分裂放射能を含む”放射性降下物”と表記する。最も多くの放射能を含みほとんどの被ばくを生じたと考えられる。
- ④ ②で述べたように、中性子は地表の土壌を放射化した。原爆で生じた衝撃波が地表に当たると塵となって巻き上げる。キノコ雲の中では、キノコの柄の部分である。ここには放射化された成分(マンガン56やナトリウム24など)が含まれていた。この部分も上昇気流に乗って、埃や雨となって降下した。衝撃塵を含む”放射性降下物”と表記する。
- ⑤ その後、火災が発生しその炎が上昇気流となって流れ雨となり降下した。火災の中にも誘導放射能が含まれていたと考えられる。これを火災からの”放射性降下物”と表記する。

(3) 降雨地域の分類。

降雨地域については、しばしば混乱がある。それで大きく3地域に分類する。図1を参照。これまで被ばく線量については測定や推定はほとんど3km までの近距離で進められてきた。この範囲では直後の測定も存在している。問題なのはそれより以遠の30km 圏でありそこで黒い雨の影響が問題となっているが、肝心のこの地域での直後の測定はなく推定もほとんど無い。更にそれ以遠も考えられ、例えば島根でも雨が降ったとの証言もあり、更に地球を周回してグローバルフォールアウトとなった部分もあると考えられる。本報告書では30km までの黒い雨地帯を検討する。以下はその地域の分類である。

- ① 3km くらいまでの近距離。3km 圏と表記することにする。この範囲は2km までの直ばくの放射線

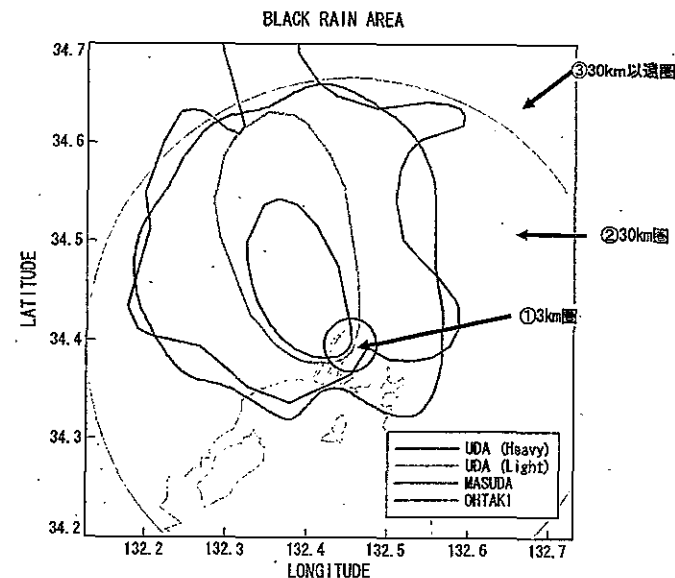


図1. 黒い雨の雨域(宇田雨域、増田雨域、大瀧雨域)と研究対象地域(30km圏)。
①3km は広島旧市街で被爆直後の測定など線量の計測結果のある地域、②30km 圏。この地域が今回の対象地域。これまでに直後の測定はなく線量評価の確かな試みもない。③30km 以遠圏。大部分のフォールアウトは30km 圏を超えて流れていったと考えられているがこの地域の研究は将来の課題である。(横軸と縦軸は経度と緯度)(大瀧氏より提供)

が注いだ地域と2km 以遠の放射性降下物が主であった地域に分けられる。2km 以内の一部の地域では放射性降下物もあったと考えられる。己斐、高須地区では黒い雨の雨だれの壁があるが、ここは約3km で直ばくからの放射線は低く放射性降下物からの被ばくが主と考えられる。直後の測定があるのはこの地域だけである。

- ② それ以遠で30km くらいまでの宇田雨域や増田雨域と言われている降雨地域。30km 圏と表記する。ここに放射能が降っていると考えられるがここでは初期の測定がない。また放射能の証拠も見つかっていない。この地域は被ばく者などの関心の高い地域であり、以前から問題となっている黒い雨地域である。この地域はほとんど被ばく線量の研究が無いところであり、この30km 圏を今回研究の対象とする。本報告書の Evgeniya Granovskaya の報告によると、広島原爆の核分裂で生じた放射能の0.5-0.6%が30km 圏内に降下し、残りはそれより遠距離に到達しその一部は地球全体のグローバルフォールアウトとなったと考えられる。このように広島原爆の放射能による被ばくはより遠距離にも及んだとも考えられる。しかしながら、この地域が過去の報告書にもありお関心の高い地域となっていることもあり、今回はこの地域(30km 圏)を研究対象とする。
- ③ 更にそれ以遠。30km 以遠圏と表記する。一部は国内に降下し、その先は大気中を浮遊し世界中に拡散、世界的なグローバルフォールアウトとなった。

(4) 関連するこれまでの黒い雨研究の経緯

- ① 放射性降下物による被ばく者の被ばく線量の評価に関する研究で 1986 年までの報告は文献 1 に詳しく述べられている。広島・長崎における黒い雨の降雨地帯の直後の直接測定。その後の土壌やホールボディカウンターによる測定と被ばく線量推定、更に中性子による誘導放射能からの被ばくの計算と推定などである。しかしながら注意しておくことは、ここでは 3km 圏までしか取り扱っていないことである。またそれまでの線量評価もほとんどこの 3km 圏内であったことも事実である。ここでは初期の己斐、高須地区での直接測定のいくつかの結果が表に示されているが、それ以遠の 30km 圏での初期の測定が無いことが以降の研究を困難にして来たことを指摘しておく。初期の測定については今中が本報告書にまとめる。
- ② 直後から残されている被ばく資料としては、被爆数日後に爆心付近で収集した砂の試料、いわゆる仁科試料がある。また広島大学理学部地学教室で石の表面の熱線による変化を調べる目的で収集された石の試料がある。これらは、静岡らが測定して本報告に詳細が述べられている。これらの試料は重要である。すなわち、その後の研究が困難になった大きな原因の一つとして、広島・長崎の原爆投下後の旧ソ連、アメリカ、中国などが大気中核実験を行ったことで、セシウムなど世界中に放射能をまき散らした。セシウムで言うと、広島では広島原爆の 10 倍以上が降下しておりその後の表層土壌の測定ではこのグローバルフォールアウトに隠されて広島原爆由来のセシウムが見つけれなかったことである。従ってこの 2 つの試料は広島原爆の放射性降下物を調べる上では貴重な資料である。しかしながらこれらも 3km 圏までの試料であり、それ以遠のことは分からない。
- ③ 雨域については、宇田雨域(文献 2)、増田雨域(文献 3)に黒い雨の範囲に関する調査がある。これらの調査は 3km 圏以内を詳しく調査し、さらに 30km 圏までの範囲でも調査を行っている。これらの調査結果は、放射性降下物やそれに伴う被ばく線量調査を行う上で出発点となる地図であり重要である。しかしながら、これらは降雨についての聞き取り調査から雨域を推定したもので放射能や被ばくの調査は含んでいない。なお雨域としては、最近広島市役所を中心に被爆者及び黒い雨体験者等を対象とした「原爆体験者等健康意識調査」が行われ、この結果から得られた黒い雨体験状況について大瀧らによる解析結果が本報告書に詳述されている。これは、黒い雨降雨状況にかかる広島市域と周辺町を対象とした初めての公式な大規模調査であることが特筆される。この調査で行った基本調査(郵送による自記式質問紙調査)の中に、黒い雨の体験曝露、降雨の時間帯、強さや色等についての設問を加え、その結果をもとに統計解析を行って降雨地域等の推定がなされた。この結果、黒い雨は従来の宇田雨域よりも広範囲に降り、現在の広島市域の東側、北東側を除くほぼ全域と周辺部で降った可能性が示唆された。その明確な境界部分の設定は容易ではないかもしれないが、それを追求し、今後この結果が標準となるべきと考える。
- ④ そのほかの研究として、特筆すべき研究が岡島ら(文献 4)によって行われた。ヒューマンカウンターによる人の体内のセシウム 137 の測定、土壌中のセシウム 137 の測定を行った。長崎西山地区などを重点として研究した。結果として問題となるような被ばく線量は見いだせなかった。ただ、広島についてはこのような研究はない。
- ⑤ 広島黒い雨地域の被ばく線量評価として唯一竹下による考察(文献 5)がある。この検討では 3km

圏の己斐高須だけでなく、30km 圏の伴村の前原地区(北北西 9km)の推定があり 440mGy の値を得ている。この見積もりにはグローバルフォールアウトの混入について注意深い検討が必要である。

- ⑥ 広島県と広島市は 1973 年に宇田雨域(大雨、小雨)地域に該当する地域の全家庭を対象にした初めてのアンケート調査を行い、黒い雨の降雨の状況や調査時の健康状況などを取りまとめた。その結果を踏まえて、国に黒い雨地域を被爆地域と指定するよう要望した。その結果 1976 年に宇田雨域の大雨地域が被爆地域(健康診断特例区域)に指定された。この結果で、地域内に黒い雨の降雨があったことを証明したが、宇田雨域の地域外については調査がなされていない。また残念ながら、当時の回答用紙はすでに廃棄されており、一部調査報告がメモとして残されているだけである。
- ⑦ その他の調査報告として取り上げるべきは、厚生省の委託研究による広島・長崎の残留放射能調査(文献 6)がある。これは、1976 年と 1978 年に厚生省の委託で、広島と長崎で爆心から 2km 間隔の同心円を書き黒い雨の方向の何本かの交点で土壌資料を採取しセシウム 137 やストロンチウム 90 を測定した。1976 年度報告ではその差は明確でなかったが、それらのデータの中で特にセシウムで大きな値が出たところを再度調査した。その結果が 1978 年の報告書に述べられている。結論はその後の原水爆実験で全世界に降下した放射性降下物が広島原爆と比べて多く、広島・長崎原爆の寄与が判別できないことであった。この土壌試料には、その後のグローバルフォールアウトを含むが、広島・長崎で系統的に 30km 圏の土壌を収集していて、これからのウランの同位体の測定など新しい測定法による新しい核種の測定が可能となっていることもあり、また将来の新しい方法の出現の可能性を考えると、後述するが貴重な資料といえる。
- ⑧ 更に、1991 年の黒い雨に関する専門家会議報告書(文献 7)がある。ここでは上記厚生省の委託研究で得られた結果の再検討や、土壌中のウラン 235 の測定、屋根瓦のセシウム 137 の測定、木の年輪の測定、気象シミュレーションによる線量評価、黒い雨の地域の体細胞の突然変異(血液型 MN 型の変異)、染色体異常を調査している。この中で注目しておくべき調査は、突然変異(MO 型)は黒い雨地域内と外と比較して有為であったことである。ただこの報告では、他の変異では有意でない場合もあり、全体として有意差はないと結論している。この MN 型の突然変異は、原爆の直爆者では放射線の影響が見られているので注意しておくべき調査である。さらに、ここで特筆されることは、気象のシミュレーションがはじめて試みられたことである。当時は技術的な限界などがあり、現在の知識から見ると問題は多いとしても、試みにより、降雨には 3 つの要素がある事が計算で示されたことである。それらは、①原爆雲(核分裂生成物を含む)、②衝撃雲(衝撃塵を含む)で誘導放射能からの残留放射能を含む、③火災雲(火災煙を含む)、それぞれに分けて計算したことで、そのメカニズムの理解を深めることが出来たことである。その線量の最大値としては、被ばく後 12 時間、場所は爆心からだいたい北北西 14km の付近で 106mSv/h の値を出している。本節と上記(6)は、後で節を立てて解説する。
- ⑨ 次に厚生省委託研究試料(6)の 1976 年採取の土壌を用いて U-234 からの α 線を測定した高田ら(文献 8)の結果がある。U-238 の α 線も同時に計測し U-234/U-238 の比を求めている。広島原爆は U-235 の濃縮ウランを利用しているが、ウランを濃縮する過程では U-235 と U-238 との重量の

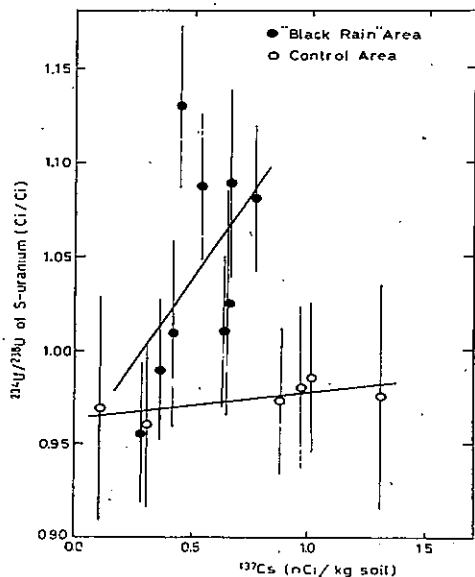


図2. U-234/U-238比とCs-137の結果の相関関係(文献8より転写)

違いを利用している。従って U-234 は U-235 より軽いので広島原爆には自然界より多い濃縮された U-234 が含まれていたと考えられる。また自然界の U-234 は U-238 から崩壊し生じるので、永続平衡の状態になっていれば放射能の比は 1 である。高田らはそれからのずれを議論している。図 2 は U-234/U-238 の比とセシウム 137 との相関を見た図で、セシウム 137 は小さい値から大きい値へ変動が大きいにもかかわらず、U-234/U-238 の比は黒い雨地帯でコントロールと比べて大きい。これははじめて黒い雨地帯での広島原爆由来の成分の可能性を指摘した結果である。

- ⑩ 山本らは、同様に厚生省委託研究試料(6)の試料からプルトニウムの同位体とアメリカシウム 241、セシウム 137 の測定を行っている(文献 9)。ここでは長崎の土壌からプルトニウムを見いだしている。広島原爆はウラン爆弾であることもあり、広島土壌からはプルトニウムは見いだせなかった。
- ⑪ また静岡らは、(2)で述べたグローバルフォールアウトの影響のない原爆直後の 2 種の試料を測定し、一部の試料から微量ながらセシウム 137 を見いだしている。この試料は爆心近くの試料である。このことは、セシウム 137 の本体は遠くへ流されていき本体は爆心近くには落ちていない、と考えられるがそれと矛盾しない。これは本報告に詳細が記述される。
- ⑫ 広島市の南に位置する似島に埋葬されていた遺骨が発見された。これらの遺骨は被爆直後広島市の南部から逃げてきた人々のものと考えられ、宇品港から船に乗ってたどり着いた人々で、そこでなくなった方を埋葬したものである。埋葬された地名は千人塚と呼ばれている。川村ら(文献 10)はその骨の中のストロンチウム 90 を分析した。ストロンチウム 90 は体内に取り込まれると骨に沈着することが分かっている。大腿骨や頸骨などの骨の骨端部と骨幹部のストロンチウム 90

を測定したが、その結果骨端部に 15-28mBq/(gCa)、骨幹部に 2.3-14 mBq/(gCa)の測定結果を報告している。このように骨端部により多くのストロンチウム 90 の集積があることを発見した。骨端部は成長が早いので急性に摂取された場合により多く沈着し、慢性的な摂取があった場合は骨幹も含め一様となる。従ってストロンチウム 90 が人体に摂取されそれが体内を循環し骨に沈着したと考えられる。またこれらの骨の周囲からセシウム 137 もゲルマニウムカウンターで測定されている。埋葬されていた深さは 1m 以上でありこれらから広島市の南部で被ばくし似島に逃げて来た人々から微量ではあるが放射能が発見されたことは、広島市内南部と思われる地域でも放射性降下物があったこと、および体内に取り込まれたことをはじめて証明した。1990 年にこの付近の再調査が行われ、火葬された炉跡を発見した。その中の骨灰に含まれるセシウム 137 は 7.6 ± 3.6 mBq/g あり、グローバルフォールアウトのある近くの表層土は 5.4 ± 4.6 mBq/g であった。微量であり骨灰の中のセシウム 137 はより高い値を示しているがこれが広島原爆由来のセシウム 137 かどうか断言できない。

- ⑬ ほかに内部被ばく研究例として長崎大学の七条らは、内部被曝の検出法を検討している(文献 11)。1945 年に亡くなられた原爆急性被曝症例および非被曝者症例について組織切片を作成した。症例は、1) 長崎原爆被曝者として急性被曝 7 症例、2) 非被曝者として、国立長崎医療センターより 4 症例、3) 内部被曝例としてトトロラスト症 1 症例を用いた。肺、肝臓、腎臓、骨、骨髄等についてオートラジオグラフィ法を行った。アルファ粒子飛跡の長さを顕微鏡下で計測し、乳剤内におけるエネルギーと飛程の関係を検討した。原子核乾板法を用いた測定も行った。その結果、長崎原爆急性被曝症例では、肺、腎、骨等の組織標本について非被曝者に比べて多くの数のアルファ粒子の飛跡が認められた。アルファ粒子飛跡の長さの測定から、 ^{239}Pu 特有のエネルギーを含む飛跡パターンが確認された。これは肺などに放射能が取り込まれた可能性を示した例である。今後確認されれば臓器に取り込まれる過程が分かる貴重な研究となる。
- ⑭ 最近になって、山本らのグループは、広島原爆の爆発の際、U-235 が中性子を 1 つ吸収して U-236 が生成されることから、その測定を提唱した。サフーらや坂口らが厚生省委託研究試料(6)の土壌試料を使って U-236 を測定した。しかしながら坂口らは、コントロールの試料と考えられる金沢で採取した土壌試料からも U-236 を検出した。その後の山本らは、セミパラチンスク核実験場で水爆実験が行われたときの風下の村である、サルジャル村やカラウル村で多量の U-236 を検出した。これは、水爆で中性子の反射体(タンパー)に使われた U-238 に高速の中性子が入射し 3 個の中性子が飛び出す反応(n,3n)反応で生成した、U-238 から中性子が 2 個減った U-236 であることが分かった。過去の水爆実験で U-236 はグローバルフォールアウトとなって全世界に降下した。これにより、厚生省委託研究試料(6)をつかって U-236 を測定しても、グローバルフォールアウトと広島原爆由来との判別が難しいことが分かった。サフーらは U-235 も計測している。これらの測定の詳細は、本報告書に坂口ら、サフーらが報告している。
- ⑮ その後、厚生省委託研究試料(6)の広島土壌の測定データを使って再検討をした。これは土壌中セシウムの値が北西の降雨地域のうち 15km くらいから 30km までの絶対値が他の地域の値と比べて大きい傾向が認められるからである。まず、星ら(文献 12)の検討がある。その他、大瀧、Neil Whitehead、Harry Cullings の検討がある。後者の 2 者は本報告にもあるが、統計的有意差は宇田雨域の小雨、大雨雨域、同様な増田雨域の内外でも明確な結論は出なかった。本報告書に

もある最近の坂口らの結果をみると Cs-137/Pu 同位体の比が黒い雨の雨域の内外でその差は見られない。プルトニウムの同位体は広島原爆由来でなくグローバルフォールアウト由来である。すなわちこれらの量的違いは降雨量の違いなどに原因があると考えられる。

- ⑥ 今回の黒い雨研究は 2008 年はじめより広島市役所と進めてきた。これまでも研究が進められて来たが、広島市と共同で進める可能性を高めたのはセミパラチンスクでの 15 年にわたる研究である。セミパラチンスク核実験場周辺の村や町での被ばくは、核実験場内で空气中爆発しそれが雲となって移動し、村や町での被爆を引き起こした。このケースがここでの黒い雨地域に相当する。セミパラチンスクでは核実験場内で爆発させた。近距離の範囲では黒い雨の地域の 3km 圏に相当するが、核実験場内には人はいなかった。そこから生じたキノコ雲が 100km からさらに 300km の遠距離に渡り風と共に流され被ばくをもたらした。これが広島での 30km 圏に相当する。風速がセミパラチンスクでは強いので雲は幅が 10km くらいと狭く長い距離を通過していった。しかしながら、以前のセミパラチンスクでの被ばく線量評価では各種の方法の間で大きな違いがあり、線量評価が可能なのかよくわからなかった。これが 2005 年に広島で開催された "3rd Dosimetry Workshop in Hiroshima (9-11 March 2005) (文献 13)" で解決したことが大きな契機となった。この会議では、100km 位の最も被ばく線量の高かったドロン村での外部被ばく線量を、各種の異なった方法と比較した。これらは、①煉瓦の熱蛍光法による測定、②爆発から放射能の雲が拡散して通過することを計算する方法、③地表のセシウム 137 の沈着量から逆算する方法、④歯のエナメル質を使った ESR 方、⑤染色体異常を解析した方法の 5 つの方法である。これらが、屋外の外部被ばく線量として 500mGy 位で一致した。これにより、地表のセシウム 137 の降下量がわかれば線量計算が可能ながかり、広島原爆でもセシウム 137 の降下量を知ることが出来れば、外部被ばく線量の見積もりが可能となった。被爆直後に建てられた民家の床下の土壌にはグローバルフォールアウトの影響がないので、そのセシウム 137 は広島原爆に由来する。従って、その土壌を採取して、セシウム 137 の沈着量測定(本研究報告 山本ら)や、被ばく線量評価(本研究報告 今中ら)が可能となった。これらの研究結果は、3月3-4日のワークショップ、2月1日の市役所報告会で報告された。本報告書ではこれまでの経過を報告し、今後1年間くらいで研究を完成させたい。

(5) 今回の経緯と結果

- ① 2008年2月5日、広島市役所で黒い雨放射能研究会としての最初の検討会を行った。以後を含め参加したグループは、
1. セミパラチンスクで土壌中のセシウム 137 等各種放射能を測定した山本グループ、
 2. 同様にセミパラチンスクでセシウム 137 から被ばく線量推定を行っている今中グループ、
 3. 今まで広島での黒い雨に関する放射能を測定してきた静岡グループ、
 4. ウラン 236 の測定を行ってきた、米原、サファグループ、
 5. 気象の専門家の青山グループ、
 6. 黒い雨の降雨地域アンケートの解析を行った大瀧グループ、
 7. その後写真解析から雲の高度を計算した馬場グループ、
 8. セミパラチンスクで計算による個人被ばく線量を計算する手法を開発し広島の黒い雨地域での線量計算に応用しているロシアの Shinkarev グループ、

9. 過去のセシウム 137 などの測定データの統計解析を行っている、Neil Whitehead, Harry Cullings ら、

10. 黒い雨地域の古民家の床下の土壌を採取した、星、NHK グループである。

これらの研究報告はそれぞれ関連があり、今回の研究を進める上で有効であった。

その後、2008年7月29日、2009年1月20日、同年7月29日と合計4回の検討会を開催した。その間、30km 圏の広島の古民家の床下の土壌採取に成功し、以下に述べるが、これにより線量評価が可能ながかり、それまでの成果を 2010年2月1日に広島市役所にて発表した。

- ② はじめは U-236 の測定がサファらと坂口らとで可能となり広島原爆のフォールアウトが、(6)で述べた厚生省委託研究試料の測定から広島原爆からの放射能の降下量が特定可能と考えられた。しかしながら、広島原爆の影響のほとんど無い金沢で新たに採取した試料からも広島と同様な量が測定されたことでこれは水爆から生じた U-236 であるながかり、従って U-236 にも多くのグローバルフォールアウトが含まれるので広島原爆の特定は困難な情勢となった。サファらは U-235 も測定して、U-235/U-238 の比が天然のより大きい結果も出ているのでこれらの結果から議論が出来る可能性が残されている。
- ③ 議論を進める内、最後の手段のようなアイデアが 青山から出た。それは、黒い雨が降った後で 3 年後くらいまでの間に立てられた古民家の床下の土壌採取である。まだグローバルフォールアウトがはじまる前に立てられた床の土壌を採取しセシウム 137 などを測定すれば広島原爆のセシウム 137 の降下量が分かると考えるものである。この提案を受け、広島市や NHK 等の協力を得て調査候補地を探した結果、宇田雨域大雨地域の旧伴村と小雨地域の旧安村と、湯来地区等の合計 15 か所で採取できた。
- ④ この、土壌試料は、金沢大学のゲルマニウムカウンターでセシウム 137 から放出される 662keV のガンマ線を測定した。検出が難しかったサンプルについては、日本分析センターと九州環境管理協会とで土壌からセシウム 137 を抽出し再測定した。これらの結果はまだ全て出ていないが、安東方面の土壌に関しては測定を進めている。その結果は本報告書に山本らが報告する。
- ⑤ その結果に基づいて、今中らが外部被ばく線量を計算した。最大で 60mSv であった。同様に本報告書に報告する。
- ⑥ その他、Shinkarev グループの Granovskaya らがセミパラチンスクでの方法を使って被ばく線量を最大で 46mGy と推定した。今中らとよく一致している。
- ⑦ 大瀧らは、広島市と県が行った、「原爆体験者等健康意識調査」をもとに統計解析した。この結果も本報告書に大瀧らが報告する。これは調査計画策定中であった広島市から本グループへ調査項目の追加が可能であるながかり、追加するかどうか、またその内容に付いて相談があった。それに対し、調査項目に黒い雨の降雨時間帯(降り始め、降り止んだ時間)、雨の色、強さ、紙などの降下物の目撃の有無等の項目を追加するよう依頼し調査が行われた。その結果の報告である。この調査は広島市と県が行った広範囲を対象とした初めての本格的な調査であり、詳細な解析結果が得られた事に意義がある。アンケートを統計解析した結果、黒い雨は従来考えられていたよりも広範囲に降ったながかり示されている。

広島原爆直後に行われた放射能調査活動

今中哲二

京都大学原子炉実験所

- ⑧ さらに、サフーらや、坂口らのウラン 236 はグローバルフォールアウトの影響があることが分かったが、ウラン 235 の測定を含め今後も継続されるべきである。
- ⑨ 今後、青山グループによる気象データを使った線量計算の世界的な計算を募集する計画があるがこの成果を期待する。馬場らの雲の高さの推定が今までの倍の 16km であることは今後の計算に役立つと考える。

(6) おわりに

この研究グループは黒い雨にともなう物理学的な被ばく線量の評価を目標としている。これまでの歴史や研究の意義をまとめた。これにより放射線の被曝線量がわかれば人への影響のおおまかな予測が可能となる。被ばく者の健康管理などに役立つこともできれば幸いである。しかしながら、放射線の被曝の人体影響調査には放射線影響研究所で行っているような疫学的調査が必要となる。今となっては本格的な疫学調査は困難であるかもしれない。今回の被ばく線量推定が黒い雨地帯で起こった被ばくの実態解明に役立てられることが出来れば、そこに本研究の意義があると考えられる。

文献

1. 岡島俊三、藤田庄一郎、John H. Harley、原爆線量再評価「広島長崎における原子爆弾放射線の日米共同再評価 第6章「残留放射線の放射線量」」、第1巻 田島英三、重松逸造監修、DS86 翻訳事業会訳。
2. 宇田道隆、菅原芳生、気象関係の広島原子爆弾被害調査報告。日本学術振興協会編、原子爆弾調査報告集、第一分冊。Pp.98-135 1953。
3. 増田善信、「広島原爆の「黒い雨」はどこまで降ったか」 天気 36:69-79 1989。
4. 岡島俊三、竹下健児、安徳重敏、藤田庄一郎他、「Effects of the radioactive fallout of the Nagasaki atomic bomb 長崎における放射性降下物」、Atomic Bomb Casualty Commission, technical report (ABCC-TR) 12-75. Okajima et. al. "Radioactive fallout effects of the Nagasaki atomic bomb". Health Phys. 34 621-633 1978。
5. 竹下健児、「被ばく線量の推定に関して 降雨地区、早期入市者における線量推定」 広島医学 29 298-306 1976。
6. (財)日本公衆衛生協会編、広島、長崎の残留放射能調査報告書 昭和 51 年度、昭和 53 年度。
7. 黒い雨に関する専門家会議、黒い雨に関する専門家会議報告書および同資料編 平成 3 年 5 月。
8. Jun Takada, Masaharu Hoshi, Shozo Sawada and Masanobu Sakanoue, "Uranium isotopes in Hiroshima "Black rain" soil". J. Radiat. Res. 24, 229-236 1983。
9. Masayoshi Yamamoto, Kazuhisa Komura, Masanobu Sakanoue, Masaharu Hoshi, Shozo Sawada and Shunzo Okajima, "Pu isotopes, ²⁴¹Am and ¹³⁷Cs in soils from the atomic bomb areas in Nagasaki and Hiroshima". J. Radiat. Res. 26, 211-223 1985。
10. Hisao Kawamura, Masaharu Hoshi, Gi-Ichiro Tanaka, Takeshi Ohkita, Kenji Takeshita, Shozo Sawada, Etsko Nomura, Seiji Takeoka and Toshiyuki Kumatori, "Strontium-90 activity in bones of the A-bomb exposed in Hiroshima and exhumed on Nihonshima island". J. Radiat. Res. 28 109-116 1987。
11. 七條和子、高辻俊宏、福本学、松山陸美、中島正洋、関根一郎、「長崎原爆被爆者の剖検・パラフィン標本を用いた残留放射能の検出法」第 51 回原子爆弾後障害研究会抄録、2010 年。
12. 星正治、澤田昭三、藤田庄一郎、長友恒人、市川米太、「広島原爆の残留放射能の検討」 広島医学 43 388-390 1990。
13. Journal of Radiation Research, Supplement A: Semipalatinsk research A1-A224 2006。

1. はじめに

黒い雨放射能の再検討に取り組むに至った動機のひとつは、原爆直後に実施された放射能調査の範囲が限定的であったため、山間部の広範な地域での黒い雨にともなうフォールアウト放射能が見逃されてきたではなかったのか、という疑問である。問題に取り組むにあたって、まず原爆直後にどのような放射能調査が実施されたのか、手持ちの資料の限りをまとめておく。

「広島に新型爆弾が投下され壊滅した」との知らせを受け、政府・大本営は、原子爆弾であるかどうかを確認するため、急遽、理研の仁科芳雄らの調査団を広島に派遣した[1]。調査団は空路 8 月 8 日夕刻に広島に到着している。この調査団とは別に、京都帝国大学理学部の荒勝文策らのグループは 8 日の夜行で京都を出発して 10 日の朝に広島入りした[1,2]。また、大阪帝国大学理学部・浅田常三郎も 10 日に呉の海軍病院に到着している[1,3]。仁科らは、9 日に広島市内から金属や土壌を収集して理研の研究室に空輸し、10 日の夕方に木村一治が Lauritzen 検電器を用いて銅線から放射能を検出した。京大の荒勝らは、土壌などの試料を採取し 11 日に大学へ戻り、ガイガー計数器を用いて西練兵場の土壌から放射能を検出した。阪大の浅田らは、10 日午後西練兵場で土を採取、その日の夜、呉の病院に設置したガイガー計数器でその放射能を確認している。このように、原爆投下後の放射能調査は、まだ戦争中であつたにも拘わらず速やかにはじめられた。広島文理大学物理教室の藤原武夫らも、理研の協力を得て 9 月に残留放射能の測定を実施している[4]。

一方、原爆を落とした米国側にとっても、原爆の威力を調査することは最優先の課題であつた。9 月 2 日に降伏文書が調印され連合軍占領統治がはじまったが、英国記者 Burchett は米軍を差し置いて 9 月 3 日に広島入りし、『初原爆がその街を破壊し世界に衝撃を与えた 30 日後、人々は次々に奇怪な死に方をして亡くなってゆく。あの大変異で負傷しなかった人々が、原爆症としか表現し得ない何ものかのために死んで行くのである』という記事を 9 月 5 日の英国紙に発表した[5]。これに対しマンハッタン計画調査団の Farrell 准将は、9 月 6 日に東京で『広島・長崎では死ぬべきものは死んでしまい、9 月上旬において、原爆放射能のために苦しんでいるものは皆無だ』という記者会見[6]を行っているが、米軍最初の調査チームが広島入りしたのは 9 月 8 日で、長崎に入ったのは 13 日だった[7]。その後、マンハッタン計画からは Tybout らの調査団[8]が 9 月～10 月にかけて長崎と広島を調査し、米国海軍医学研究所の Pace ら[9]も 10 月～11 月に長崎と広島の残留放射能を測定している。

文部省・日本学術研究会議は 1945 年 9 月 14 日、「原子爆弾災害調査研究特別委員会」を設置し、医学、理工学、生物など 9 つの分科会に分かれて当時の学会の総力をあげて原爆による被災状況の解明に取り組むこととなった。一方で連合軍総司令部は、9 月 19 日にプレスコードは設け、原爆災害の報道や発表を禁止した[6]。特別委員会に参加した研究者らは、敗戦後の困難な状況下で活発な調査を行い、1946 年春にはほぼ調査を終了しているが、その報告書の総括編[10]が出版されたのは 1951 年で、本編 2 分冊[11]が出版されたのは、サンフランシスコ講和条約 (1952 年 4 月) 後の 1953 年であった。

2. 日本側研究者の活動

上記のように、広島原爆直後に放射能調査を行ったのは、理研グループ、京大グループ、阪大グループ、広島文理大グループであった。本稿では、彼らの報告から、空間放射線量と土壌中放射能に関するデータを抜粋しておく。

2-1. 阪大グループ

大阪帝国大学理学部の浅田常三郎らは海軍の要請を受けて、箔検電器、ガイガー計数器を携帯し8月10日朝に呉の海軍病院に到着した。10日の午後、箔検電器を携えて広島市内に入りし、西練兵場の砂に若干の放射能が認められたので、砂を呉に持ち帰ってガイガー計数器により測定し強い放射能を確認している[3]。翌11日に広島市内各所で砂を採取し呉に戻って測定している(表1)。

表1. 阪大グループによる広島市周辺地区放射能測定
(採取日、測定日ともに8月11日、自然計数は毎分27)

番号	位置	毎分計数
1	護国神社	120
2	中国軍管区司令部	40
3	西練兵場入口	90
4	八丁堀	37
5	己斐駅付近	90
6	宇品	37
7	向洋駅	自然計数より稍少
8	東練兵場	同上
9	横川橋	同上
10	己斐駅付近	同上

表1のうち、護国神社、西練兵場は爆心のすぐ北側で距離は数100m程度。己斐駅は爆心から西へ2.5kmで黒い雨が降った地域。宇品は南へ4~5kmで被害は少なかった。

2-2. 京大グループ

> 第1次調査団

京都帝国大学では戦争中に海軍の要請を受けて、理学部の荒勝文策教授を中心に原爆研究を実施していた。広島の新爆弾が原爆かどうかを調査するため、理学部の荒勝教授、木村毅一助教授、清水栄講師ら第1次調査団が広島に着いたのは10日の正午頃だった。調査団は市内10数カ所から土壌を採取してその日の夜行で京都の研究室へ戻り、翌日GM計数管で放射能の測定を開始した。西練兵場の土からβ線が検出され、そのエネルギーは約0.9MeVで半減期は約20時間であったと報告されている[2]。

> 第2次調査団

第1次調査団の試料から放射能が検出されたことを受けて、広島の残留放射能をより詳細に調査するため、12日の夜行で荒勝研究室から清水栄、石割隆太郎、近藤宗平ら第2次調査団が出発した。一行は13日と14日に市内約100カ所から、土、金属、磚子、骨などの試料を採取し15日に京都に戻った。図1に試料の採取場所、表2に土試料の測定結果を示す[2]。

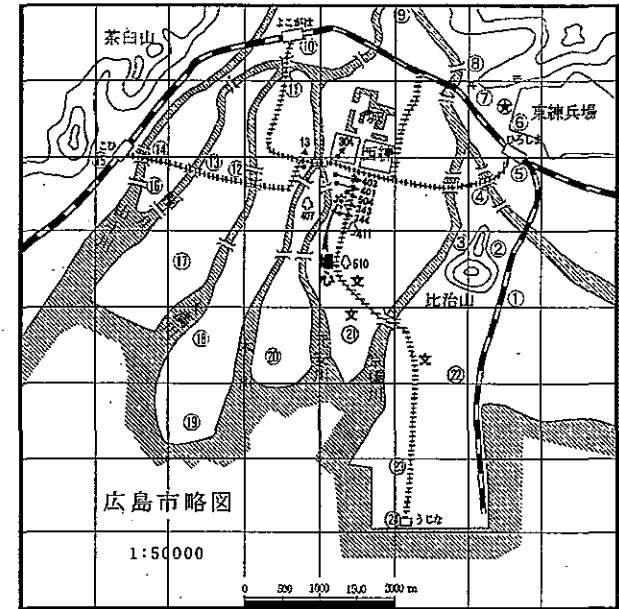


図1. 京大第2次調査団のサンプル位置。○内数字は表2の土壌試料位置。

表2. 市周辺地区放射能測定(測定日8月15日及び16日)

(注: “なし”とは自然計数毎分18程度を意味する。)

番号	試料採取場所	爆心からの方向 及び距離	β線放射能強弱
1	補給廠内	東南 約2.5 km	なし
2	比治山東麓	東南 2.5 km	なし
3	同西麓神社境内	東 2.0 km	なし
4	荒神橋西詰	東東北 2.5 km	弱 11~13
5	広島駅東側	東北 2.5 km	なし
6	東練兵場	東北 2.5 km	なし
7	鏡津(にきつ)神社境内	東東北 2.0 km	なし
8	白鳥東中町	北北東 2.0 km	なし
9	工兵第5大隊裏門付近	北 2.5 km	弱 8~10
10	横川駅東側	北北西 2.5 km	弱 8~10
11	横川駅南側	北北西 2.5 km	なし
12	天満橋西詰	西 1.5 km	なし
13	福島橋東詰	西 2.5 km	弱 12~14
14	己斐橋東詰	西 3.0 km	なし
15	己斐駅西南方約300m	西 3.5 km	なし
16	旭橋東詰	西 3.5 km	強 106
17	南観音町郵便局付近	西南 2.5 km	なし
18	舟入川口町	南南西 2.2 km	なし
19	射撃場	南南西 3.0 km	なし
20	吉島飛行場	南南西 2.5 km	なし
21	工専校舎内のヨウ化水銀及び硫黄	南 2.0 km	なし
22	高校校舎内の硝酸銀	南南東 2.0 km	なし
23	宇品9丁目	南南東 4.0 km	なし
24	宇品4丁目	南南東 4.5 km	なし

表2のデータでは、『旭橋東詰』で強い放射能が認められている。このポイントは、静岡らによる仁科土壤試料の再測定で¹³⁷Csがもっとも大きかった『西大橋』から数100m西北西である。阪大調査(表1)で値の大きい己斐駅近辺(④、⑤)は『放射能なし』となっており、黒い雨にともなう放射能降下はかなりの不均一性があったことを窺わせる。また、他の放射能検出地点である荒神橋、工兵大隊裏門、横川駅、福島橋が、どちらかと言えば爆心から北側にあることにも留意しておきたい。

▶ 第3次調査隊

9月16日、木村助教ら京大物理学教室の第3次調査隊6名は、広島市西方、宮島対岸の大野陸軍病院に到着し、すでに逗留していた10数名の医学部調査隊に合流した。翌9月17日、枕崎台風が中四国地方を襲った。午後10時半頃に大野浦の裏山で山津波が発生し、陸軍病院の建物は丸ごと瀬戸内海まで押し流された。京大調査隊では、真下俊一医学部教授ら11人が殉職し、調査活動は中止となった[12]。なお陸軍病院では入院中の被爆者、職員ら156人が死亡、広島県下では死亡者1119名、行方不明897名という被害が記録されている。

2-3. 理研グループ

理研の仁科芳雄は、大本営調査団の一員として8月8日の夕刻に広島に到着したが、放射線測定器は持参していなかった。9日に広島市内で金属や土壌などのサンプルを採取し、10日に東京へ空輸された。10日の夕方、理研研究員の木村一治らがLauritzen検電器を用いて銅線に放射能を認めた[13]。翌朝その放射能強度は4割に減少しており、原爆中性子と銅の(n,γ)反応で生成した⁶⁴Cu(半減期12.7h)であったと思われる。

8月12日、理研の玉木英彦、木村一治、村地孝一はLauritzen検電器(2台)を携えて、陸軍軍医の御園生圭輔らと夜行で出発し、14日の朝に広島へ到着している。このグループは8月17日まで滞在し、市内各所の放射線量を測定し、サンプルを採取している[13]。Lauritzen検電器による放射線測定は、帯電させて開いた状態の電離箱が空気セル(?)内での電離イオン生成にともなう閉じてゆく速度を読み取ることによって行う。検電器のNo.1とNo.2の似島でのBG値(ともに細菌検査室)を比べると、No.1のBGはNo.2の約2倍になっている。爆心地近辺の空間線量値は、No.1(西練兵場入口)で似島の約5倍、No.2(護国神社)で5~6倍である。表3は、文献13(仁科財団本)に報

表3. 理研グループの広島市内現場測定(1945年8月15~17日)

Lauritzen 検電器 No.1			Lauritzen 検電器 No.2		
測定場所	測定日時	[目盛の動き] [分]	測定場所	測定日時	[目盛の動き] [分]
東京理研 37 号館 1 階	8.10	0.15	①似島 細菌検査室 2 階	8.14、8.16	0.10~0.12
①似島 細菌検査室 2 階	8.14	0.20~0.23	②同上(地上 67cm)	8.17 6h	0.17
②東練兵場 テント中 (地上 64cm)	8.15 12h	0.28	③三篠橋東際 自動車上 (地上 150cm)	8.17 12h	0.08
④西練兵場 紙屋町側入 口(地上 50cm)	8.15 16h	1.06	⑤護国神社鳥居南方 40m (車上)	8.17 11h	0.60
①再び似島	8.16	0.21	⑥同上(地上 40cm)		0.74
再び理研	8.31	0.161	⑦同上南方 100m 車上	8.17 12h	0.50
			⑧紙屋町交叉点車上	8.17 13h	0.10
			⑨安田生命前横町西 30m	8.17 14h	0.46
			⑩櫛大木前	8.17 15h	0.18
			⑪日赤病院 門前	8.17 15h	0.08

表4. 理研の木村らによる広島市内測定(1945年8月~10月、同一Lauritzenによる測定)

測定日	場所	放射能強度 (自然調差差引)	条件	測定日	場所	放射能強度 (自然調差差引)	条件
8/17	三篠橋	~0	トラック上	10/2	郵便局跡	0.35	地上
"	護国神社 鳥居南 40m	0.5 (div/min)	"	9/4	柳橋	~0	車上
"	鳥居南 125m (島病院前)	0.4	"	"	中国新聞	0.06	"
"	紙屋町交叉点	0.26	"	"	福屋デパート	0.04	"
"	安田生命西方	0.33	"	"	紙屋町	0.12	"
"	国泰寺楠木	0.08	"	"	鳥居(東北方)	0.22	"
"	日赤前	~0	"	"	電話局西分寺	0.03	"
"	鳥居南 40m	0.64	地上 40cm	"	天満町	~0	"
10/2	鳥居南 40m	0.36	地上	10/20	島病院西方	0.35	地上
"	鳥居南 125m (島病院)	0.32	"	"	数地点	0.34 0.38	"

告されている空間放射線量で、表4は文献14(原災報第I分冊)に報告されている値である。表3と表4で、8月17日の紙屋町や安田生命は同じ測定であろうが、値が若干違っていることを留意しておきたい。

理研からはさらに、8月30日に山崎文男らのグループが広島入りし、9月はじめにかけて広島市内の放射能調査を行った。図2は、9月3日~4日に山崎らが、Lauritzen検電器を車に積んで広島市西部の国道2号線沿いに空間放射線量の分布を測定したデータである[15]。己斐駅西側から強度が増加し高須・古江を越えると減少する分布が認められる。図3は、9月初旬の山崎らの測定データを図2のデータを含めて静岡ら[16]が図示したもので、値はBG値に対する比である。

図2や図3、さらには宮崎らの図5を見ると、黒い雨フォールアウトの分布は、己斐、高須、古江の全域で一様であったというより、スポット的であったことを窺わせる。己斐駅近辺で強い放射能が認められていないことが、もっと山間部へと調査を広げなかったことに関連しているかも知れない。

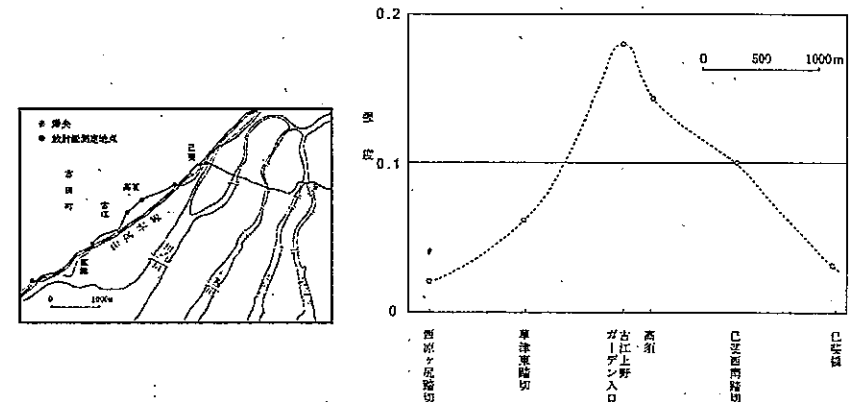


図2. 山崎らによる9月3-4日の国道沿い測定: 縦軸はBG(0.073)を差し引いた相対強度

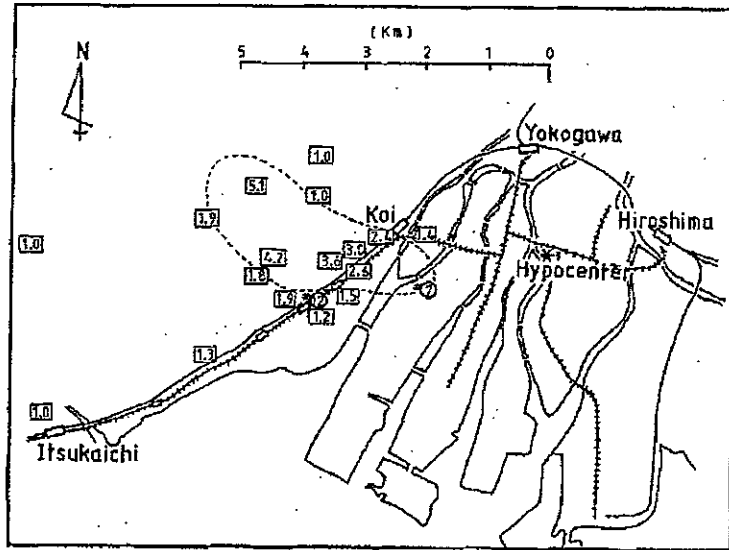


図3 Fig. 6. The dashed line area indicates the distinct fallout area of Hiroshima atomic bomb over about 0.25 mC kg^{-1} (1 R) of the cumulative exposure. The values in the square are the early survey data measured by Yamasaki (1953) representing the ratio of external radiation to natural background.

9月14日の学術研究会議特別調査委員会の発足後、理研の宮崎友喜雄らはNeher型宇宙線計を用いて、1945年10月1日～22日に広島市の爆心地周辺約70カ所で放射線量を測定し、図4のような線量率の分布を報告している[17]。Neher型宇宙線計は、アルゴンガスを詰めた金属球に電圧をかけ、球内での放電割合を「目盛/分」で読み取る。宮崎らの報告ではその読み取りをJouleに換算している(今中としては、放射線量率がJoule単位になっていることが理解できていないが)。最大値は、爆心での74.4 Joule。BG値は8～10 Jouleと思われるので、その8～10倍である。図4をおおざっぱに眺めて、爆心から500mで15～20 Joule (BGの約2倍)、1kmでは8～10 JouleでほぼBGとみてよいであろう。

宮崎らは、1946年1月27日～2月7日には、同じくNeher型宇宙線計を用いて己斐・高須地区の放射線調査を実施している(図5)[18]。最大値は22.3 Jouleとなっている。1946年2月頃の己斐・高須地区の最大値はBGの2～3倍であったとあってよいであろう。

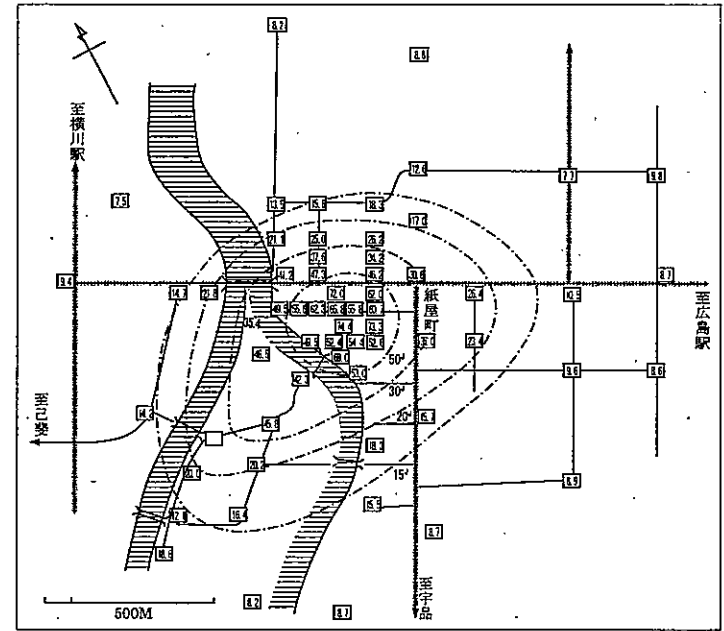


図4. 宮崎らのNeher型宇宙線計による爆心地近辺の放射線量分布 1945.10.1～10.22.

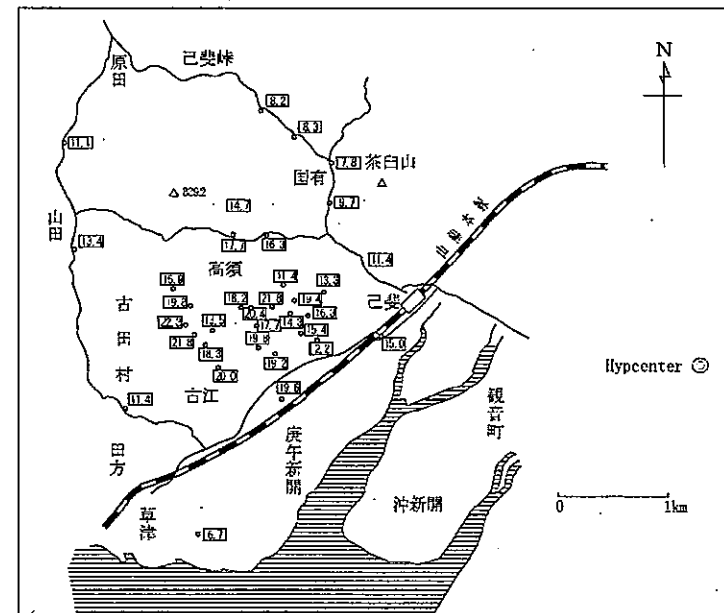


図5. 宮崎らのNeher型宇宙線計による己斐・高須地区測定 1946.1.27～2.7.

2-4. 広島文理大グループ

広島文理大・物理学教室の藤原武夫らは、理研グループの Lauritzen 検電器を借り受けて、1945年9月、1946年8月、1948年1月及び6月の3回にわたって、広島市内各所と己斐高須地区の放射線サーベイを実施している[4]。ここでは、己斐高須地区のデータを引用しておく(表5、図6)。

表5. 藤原らによる己斐・高須地区の放射線サーベイ測定：Lauritzen 検電器

番号	測定場所	爆心からの方向 及び距離	放射能強度 (BG 値に対する比)			
			第I回 (1945) 調査		第III回 (1948) 調査	
			強度	日付	強度	日付
35	市内庚午新開	西南西 4 km	1.0	1.5	1月7日	
36	市内高須	西南西 3.5 km	1.8	1.0	1月7日	
37	市内古田町上野ガーデン	西南西 4 km	1.0	1.0	1月7日	
38	市内古田町福蔵寺	西 4 km	4	1.4	1月7日	
39	福蔵寺裏山	西 4.3 km	6	1.5	1月7日	
40	市内古田町古江	西南 4 km		1.0	1月7日	
41	市内草津町荒手	西南 5.5 km		1.0	1月27日	
42	安佐郡安村大須	北 7.5 km		1.0	1月27日	
43	市内己斐町上町区	北西 3.5 km		1.1	1月29日	
44	市内己斐上町	西北西 3 km		1.3	1月29日	
45	市内己斐西本町	西 2.5 km		1.5	1月29日	
46	市内己斐町報徳社	西北西 2.5 km		2.4	2月12日	
47	市内打越町	北西 2.5 km		1.4	2月12日	
48	市内打越町下山手	同上		1.2	2月12日	
49	市内打越町山麓	同上		1.4	2月12日	
50	市内三篠町三滝橋	北北西 2.5 km		0.8	4月29日	
51	市内三篠町三滝神社	北西 3.5 km		0.8	4月29日	
52	市内三篠町三滝山頂	北西 4 km		0.7	4月29日	
53	安佐郡安村下大町	北 6.5 km		1.7	6月8日	
54	同上山腹	北 6.5 km		0.9	6月8日	
55	安佐郡安村武田山中腹	北 5.5 km		1.0	6月8日	
56	同上山頂付近	北 6.8 km		0.6	6月8日	
57	安佐郡祇園町青原	北 5.5 km		1.3	6月8日	
58	安佐郡祇園町東山本	北 5 km		0.9	6月8日	
59	安佐郡祇園町西山本	北北西 5.5 km		1.2	6月8日	
60	安佐郡祇園町安養長東駅	北 4 km		1.5	6月9日	
61	安佐郡祇園町長東山麓	北 4 km		1.1	6月9日	
62	安佐郡祇園町長東山腹	北北西 4 km		1.0	6月9日	
63	安佐郡伴村前原	北西 8.5 km		2.5	6月10日	
64	同上山麓	北西 7.5 km		1.5	6月10日	
65	同上山腹	北西 7 km		1.3	6月10日	
66	同上権現峠	北西 6.5 km		1.3	6月10日	
67	安佐郡祇園町山本山腹	北北西 6 km		1.6	6月10日	
68	同上山麓	北北西 5.5 km		1.0	6月10日	
69	同上専念寺境内	北北西 5 km		1.2	6月10日	
70	安佐郡伴村大塚	北西 7 km		1.6	1月27日	
71	同上山麓	北西 6.5 km		1.6	6月11日	
72	安佐郡伴村畑峠	北西 5 km		0.9	6月11日	
73	広島市畑山腹	北西 4.5 km		1.2	6月11日	
74	広島市畑	北西 4 km		1.6	6月11日	
75	佐伯郡石内村原田	西北西 6 km		1.1	6月12日	
76	佐伯郡石内村己斐峠中腹	西北西 5.2 km		1.0	6月12日	
77	佐伯郡石内村己斐峠	西北西 4.2 km		1.2	6月12日	
78	広島市己斐町己斐山腹	西北西 4.3 km		0.9	6月12日	

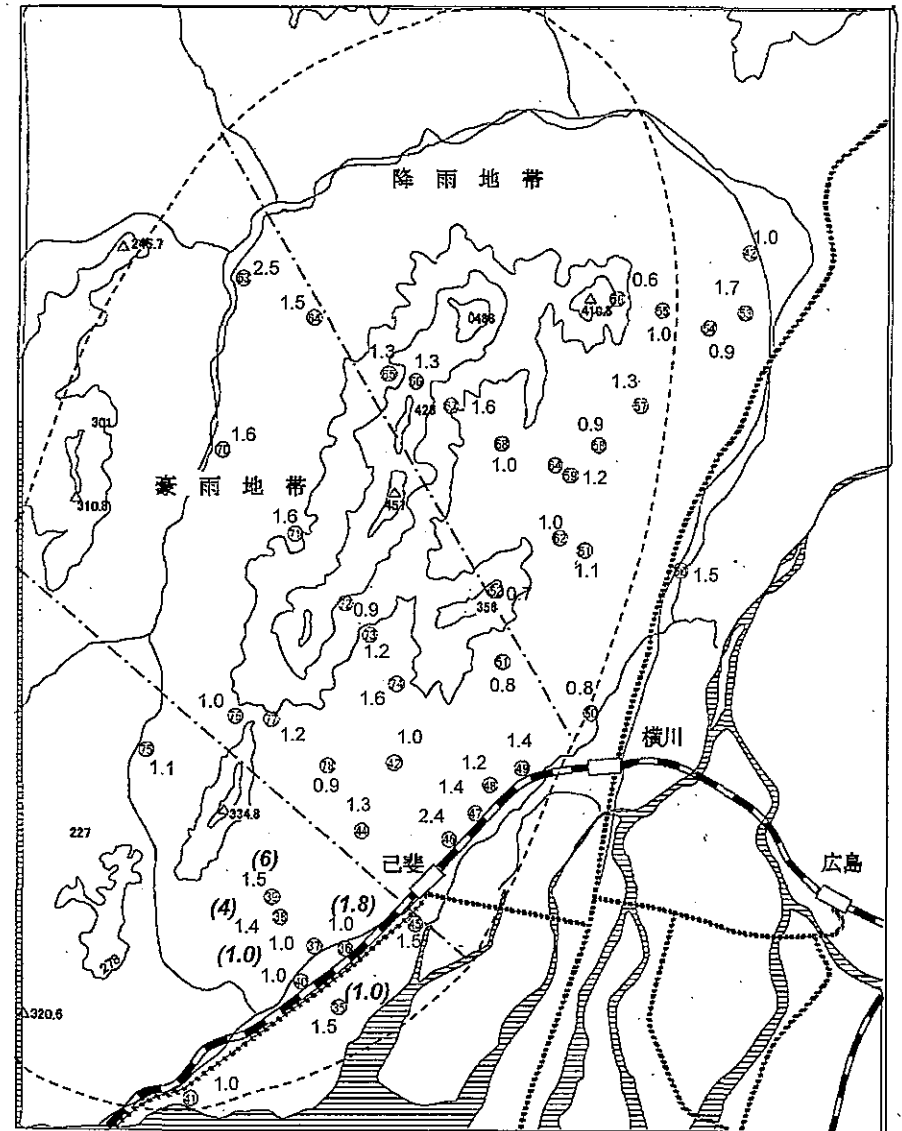


図6. 藤原らによる放射線調査点：1948年データ。○数字は表4の番号で、値はBG値に対する比。()内は、1945年9月のデータ。

1945年9月データでは、No.38(福蔵寺)とNo.39(福蔵寺裏山)で大きな値が認められる。1948年データの最大値は、No.63(安佐郡伴村前原)の2.5であるが、後に図11に示すように、原爆由来のフォールアウトとは考えがたく、自然BGと測定のパラツキ変動と考えた方が無難であろう。

2. 米国側の放射能調査活動

2-1. 1945年9月の調査

米軍で最初に放射線サーベイを行ったのは、マンハッタン計画の調査チームで、9月8-9日に広島、13-14日に長崎の調査を実施している[7]。しかし、どのような測定器でどこを測定したかなど、調査の細かいことは明らかでない。このとき広島の調査に同行した Farrell 准将は、9月12日の記者会見で『廃墟となった街に放射能の危険はない』と強調している[19]。

2-2. 1945年10-11月の詳細調査

マンハッタン計画 (MED : Manhattan Engineering District) 調査団は2手に分かれ、9月20日～10月6日に長崎、10月3日～7日に広島の詳細調査を行っている[8]。広島の調査には2つのLauritzen検電器と2つのガイガー計数管を用いている。また、米軍海軍医学研究所 (NMRI : Navy Medical Research Institute) の Pace と Smith は、ガイガー計数管で、10月15日～27日に長崎 (約900カ所)、11月1日～2日に広島 (約100カ所) の測定を実施している[9]。MED 調査団と Smith & Pace が報告している広島放射線量の等高線図[20]を図7に示す。

図7の左 (MED 調査団) と右 (Pace&Smith) では中心部の線量分布が明らかに異なっている。Pace&Smith では爆心を中心にほぼ円形の分布を示しているが、MED では北へ延びている。線量値も MED 調査団の方が大きい。

今年 (2010年) 3月3-4日に広島大原医研で行った“Black rain workshop”において、鎌田七男先生から (Wilson 論文[21]を引用して) 『MED 調査団の線量分布が北へ延びているのは、fallout 放射能のせいではないか』とのコメントがあったので、MED 調査団で放射線測定を担当していた Tybout 報告に示されている個別の測定データを検討してみた (図8)。

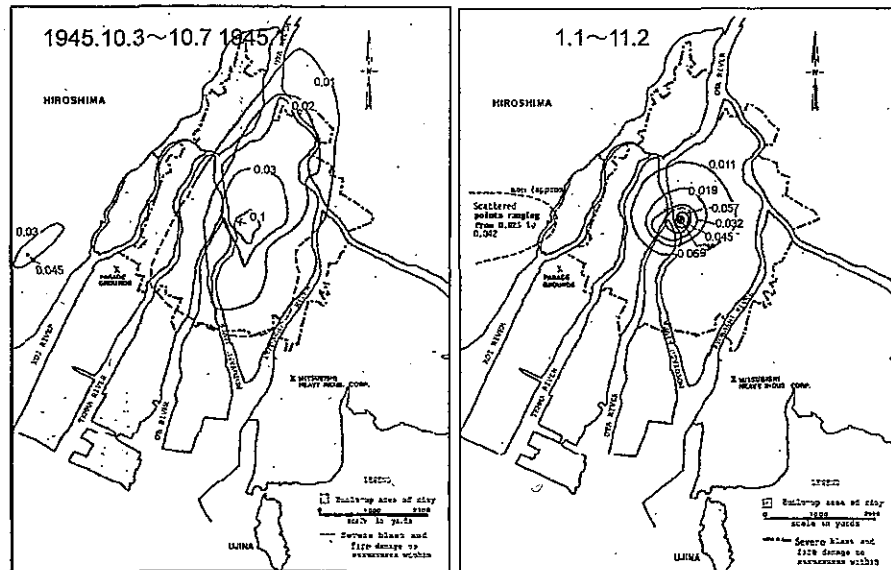


図7. マンハッタン計画調査団: MED (左) と米軍海軍医学研究所: NMRI (右) による残留放射線の等線量図。単位は mR/h。

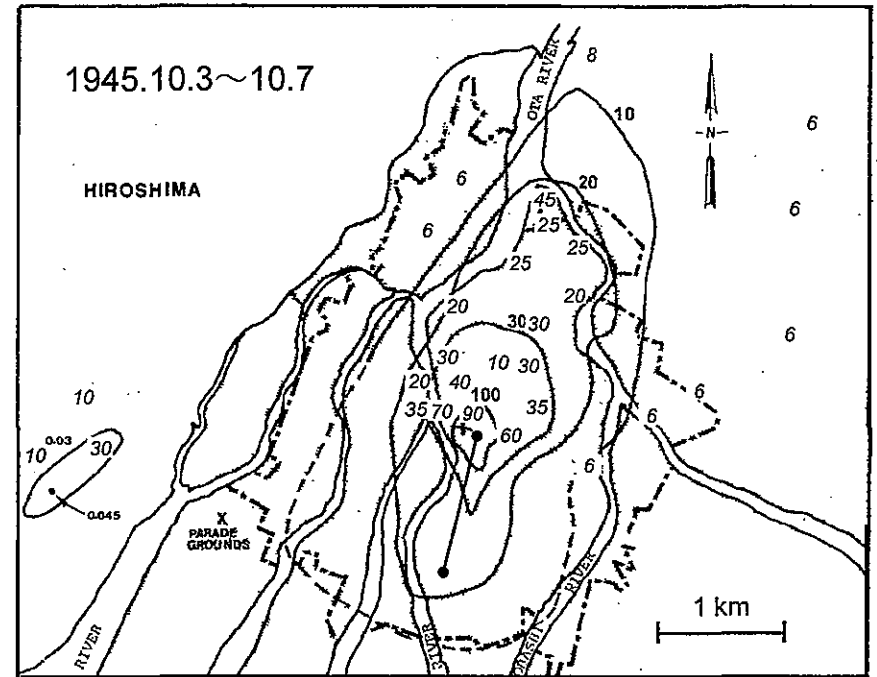


図8. MED 調査団の等線量線に Tybout 報告の測定データを書き入れたもの。単位は $\mu\text{R}/\text{h}$ 。中心から南南西への線は、3つの通り (電車通りと裏通り?) に沿った、150 ヤード毎のデータがある (100 から約 20 に減少) が省略。測定器は Victreen 社製の GM 管と思われる。

図8は、己斐・高須地区以外に、爆心から北北東 2km の白島町あたりにもフォールアウトスポットのあった可能性を示唆している。表2の京大データで工兵橋と横川駅付近で若干の放射能が報告されていることも、その可能性を支持する方向であるが、図4の宮崎らや図7の Pace&Smith データでは、北方向でのスポットは示されていない。参考に、広島島の誘導放射線量に関する今中の計算[22]を図9に示す。爆心から 1km 離れると、線量率は2桁以上下がるはずで、図8のような分布は誘導放射能では説明できない。

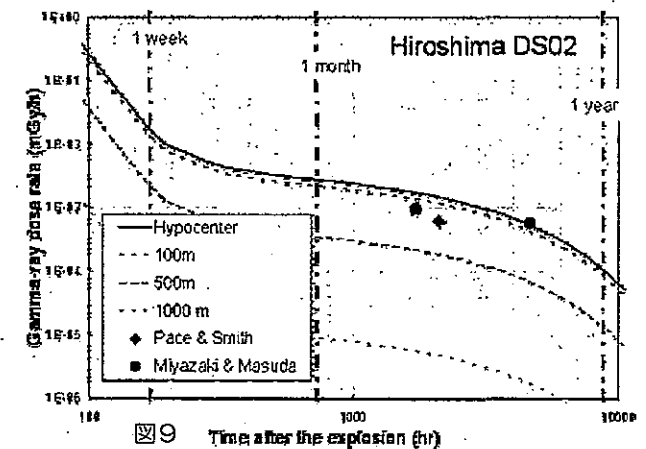


図9 Time after the explosion (hr)

2-3. Tybout 報告 Appendix

(昨年オーストラリアの国会図書館から入手した) Tybout 報告をめぐって奇妙なデータがあったので紹介しておく。図 10 の A~D は、爆心を通る線上での放射線量測定値のプロットである。A は、西から東への 9 月 3 日の測定値で、木村による表 4 の 9 月 4 日測定データに対応している(表では東から西の順)。注目されるのは、C の [北西-南東(?)方向] データで、爆心より北西 1000m がピークになっている。Tybout 報告書には「御園生少佐によって行われたガンマ線の相対強度測定値を、日本側の図から再プロットした」とだけ書いてある。

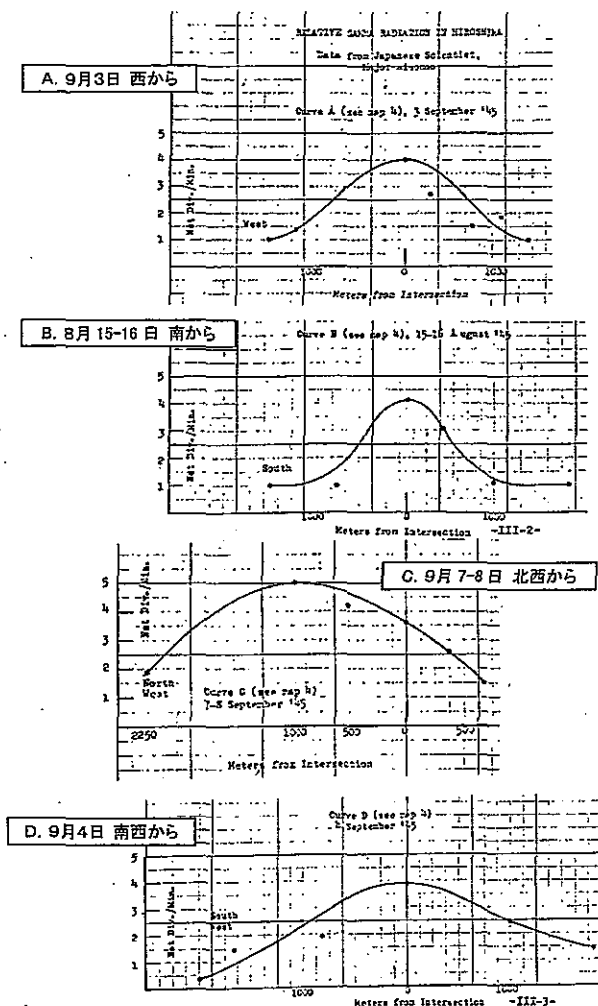


図 10. 爆心を通る線上での放射線量分布。Tybout 報告 Appendix.

3. まとめ

◇ 原爆直後に山を越えた大雨地域の放射能調査は行われていない

己斐・高須地区のフォールアウトについては、日米ともに、原爆直後に活発な放射能調査が行われた。しかし、己斐峠を越えたいわゆる『豪雨地帯』での放射能調査は実施されなかった。1948 年になって広島文理大・藤原らが Lauritzen 検電器を用いた調査を実施しているが、図 10 に示したように、その段階では、黒い雨とともに原爆由来フォールアウトの沈着があったとしても、その放射線の検出は不可能であったと考えてよいであろう。

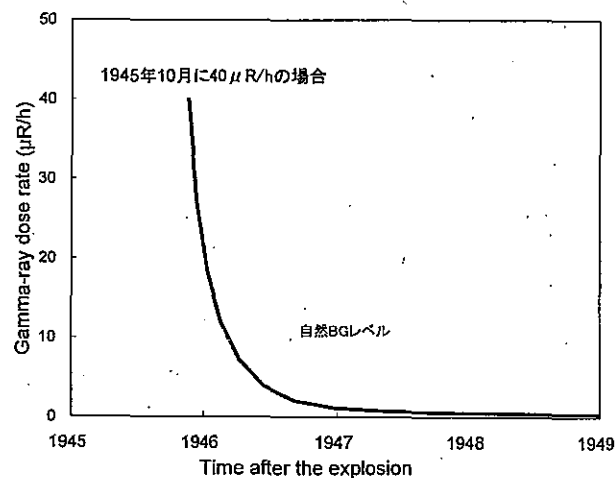


図 11. 地表に沈着した FP 放射能からの空間線量率の減衰。

◇ 爆心から 1~2km 北側にも黒い雨フォールアウトスポットのあった可能性がある

図 7、8 に示されているように、マンハッタン計画調査団データからは、白島町北部一帯にも己斐・高須地区程度のフォールアウト放射能の沈着があった可能性が示唆される。また、データの素性ははっきりしていないものの、図 10-C もその可能性を示している。

これまで、仁科土壌試料や広大理学部に保存されていた被爆岩石試料に関する静電測定[16,23]、刀鏝など爆心地近辺サンプルの小村測定[24]などで、市内中心部においても ^{137}Cs が検出されていたが、そのレベルは己斐・高須地区の数 10 分の 1 以下と思われ、(今中の判断としては) 被曝源としては無視できるものとしてきた。白島町北部に己斐・高須地区と同等またはそれ以上の FP 放射能スポットがあったとしたら、『DS02 では考慮されていない黒い雨放射能が LSS 調査集団の被曝に寄与している可能性』について、もっとキチンと検討する必要がある。

といっても、結論を急ぐ前にまずは、日本側調査担当者の手記や、Pace & Smith のよりオリジナルなデータなどを含めて再検討しておきたい。