

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

ビキニ水爆関係資料の線量評価に関する研究

研究代表者 明石 真言（放射線医学総合研究所 理事）

研究要旨

昭和29年3月1日から5月14日までの間、マーシャル諸島のビキニ環礁で計6回の水爆実験が行われた。当該水爆実験に関して、平成26年9月及び10月に厚生労働省が関係資料の開示を行った。また、当該水爆実験に関しては、これらの他、日米政府の公文書、文献、記録等が存在すると思われるが、ビキニ水爆実験は、約60年前に行われたものであることから、当時の記録・資料、文献などは限定されている上に、散逸している。このため、班会議では、厚生労働省が開示した資料の整理及び約60年前の散逸した資料の収集を行い、線量評価の可能性について検討を行うことを目的とした。

厚生労働省が開示した資料を中心に整理を行い血液検査データ等を分析した結果、白血球数及び赤血球数の値や臨床症状からは明らかな放射線による影響を認める所見は確認することはできなかった。

また、米軍及びその関係機関によって行われた放射線モニタリング結果と厚生労働省が開示した資料にあった船舶毎の航路を基に推計した外部被ばくによる線量は、放射性降下物の降下時間等に一定の条件を設けて分析した結果、最大でも156 mR（概ね1.12 mSvに相当）と見積もられた。

第五福竜丸以外の船員の内部被ばく線量については、内部被ばく線量の推計に参考となる当時の検査データが存在していないため、既に論文で公開されている第五福竜丸の船員のデータから分析した結果やマーシャル諸島の島民の内部被ばく線量に関する文献のデータによれば、内部被ばくの線量は外部被ばくに比べて極めて小さい値となるものと考えられる。

これらの分析結果から、放射線による健康影響が現れる程度の被ばくがあったことを示す結果は確認できなかった。ただし、今回の分析は、船舶毎に一定の条件の下に推計を行ったものであり、個々人の被ばく線量の評価については、それぞれの船舶内での行動様式を考慮する必要がある。

研究分担者

辻村 憲雄：日本原子力研究開発機構

主任研究員

児玉 喜明：放射線影響研究所

生物試料センター長

A. 研究目的

昭和 29 年 3 月 1 日から 5 月 14 日までの間、マーシャル諸島のビキニ環礁で計 6 回の水爆実験が行われた。当該水爆実験に関して、平成 26 年 9 月及び 10 月に厚生労働省が関係資料の開示を行った。

平成 26 年度厚生労働科学特別研究事業「ビキニ水爆関係資料の整理に関する研究」においては、限られた研究期間であったため、可能な範囲で、厚生労働省が開示した資料の検討及び水爆実験当時の資料収集・整理を行った。

平成 27 年度は、平成 26 年度の研究成果を踏まえて、引き続き、厚生労働省が開示した資料の整理及び約 60 年前の散逸した資料の収集を行い、線量評価の可能性について検討することを目的とした。

B. 研究方法

平成 26 年度においては、約 60 年前の被ばく線量を評価するため、当時の記録、論文等の収集・整理を行った。

平成 27 年度においては、引き続き論文等の収集を行うとともに、平成 26 年度研究成果を踏まえて専門家による分析等を行い、班会議において線量評価の可能性について検討した。

なお、資料の活用に当たっては、放射線医学総合研究所 平成 26 年度第 67 回研究倫理審査会の審査の承認を得ている（研究

計画書番号 14-025）。

C. 研究結果

(1) 公開資料による血液検査データ等の分析

平成 27 年度においては、平成 26 年度に引き続き公開資料にある検査記録の整理を行った結果、検査の対象として記載のあった実人員は 159 名であった。そのうち検査結果の記載されていた白血球数 232 回、赤血球数 164 回分の血液検査記録等の分析を行った。（参考資料 1）

白血球数を分析したところ、最も低い値でも $3,300 / \text{mm}^3$ （1 名）であり、他には $4,000 / \text{mm}^3$ を下回るものは認められていない。また、複数回の検査結果のある者のデータを確認したところ、急激な白血球数の変化も認められなかった。なお、平木らの論文には、白血球数が $3,750 / \text{mm}^3$ の方の記載があるが、数日後には回復し、その後安定している。

また、白血球に比べて放射線の影響が遅く現れる赤血球数を分析したところ、最低値は 1 名の $262 \text{ 万} / \text{mm}^3$ であった。この方の白血球数は $6,000 / \text{mm}^3$ 、また 8 日後の検査では赤血球数は $312 \text{ 万} / \text{mm}^3$ 、白血球数は $9,200 / \text{mm}^3$ であり、消化管や皮膚症状も観察されていない。また、複数回の検査結果のある者のデータを確認したところ、急激な赤血球数の変化も認められなかった。（参考資料 2）

臨床症状では、数名について悪心、嘔吐、下痢などの症状が認められているものの、白血球と赤血球数の減少は認められず、被ばくからの時間、程度、頻度に関する記載がなく、皮膚症状に関する記載はなかった。

(2) 物理学的線量評価について

ビキニ水爆実験当時に、米軍及びその関係機関によって行われた放射線モニタリングの結果（線量率及び放射性降下物沈着密度）に関する報告書が公開されている。これらの観測データは、核種組成情報等と組み合わせることで、マーシャル諸島住民の線量評価に活用されている。この方法論は、水爆実験当時に近海を航行していた船舶等の船員の外部被ばくによる線量の推計に利用できると思われる。

平成 26 年度においては、米国エネルギー省科学技術局（OSTI）及び国防総省国防技術情報センター（DTIC）等の文献を中心に調査を行い、ビキニ水爆実験後に実施された現地のモニタリングのデータを収集した。

平成 27 年度においては、平成 26 年度に収集したモニタリングのデータを活用し、最も影響が大きいと考えられる 1 回目の水爆実験（ブラボー実験）における放射性降下物の分布図を作成し、近隣の 10 船舶の航路の重ね合わせから外部被ばくによる線量を推計した（推計方法の詳細は、辻村憲雄研究分担者報告を参照）。なお、推計にあたっては、船室等による遮蔽の影響は考慮していない。

第五福竜丸以外の船舶では、放射性降下物が到来した時刻に、その分布の南端付近で操業していた第十二高知丸及び第五明神丸で 156 mR と見積もられた。この値は、放射性降下物からの線の平均エネルギー 0.7 MeV に対する ROT ジオメトリにおける空気カーマ - 実効線量換算係数 0.817(Sv/Gy) を用いると、 $0.156 \text{ (R)} \times 8.76 \text{ (mGy/R)} \times 0.817 \text{ (Sv/Gy)} = 1.12$

mSv に相当する（詳細は辻村憲雄分担研究者報告を参照）。

第五福竜丸以外の船員の内部被ばく線量については、内部被ばく線量の推計に参考となる当時の検査データが存在していない。第五福竜丸に関しては、外部被ばく線量が詳細に測定されていることから、第五福竜丸の船員の内部被ばく量が推計できれば、第五福竜丸以外の船員について、外部被ばく線量に応じた内部被ばく線量の推計の参考になると考えられる。

三好、熊取の論文には、第五福竜丸に関する外部被ばく線量データ及び内部被ばく線量の分析に必要な甲状腺体外測定と尿中放射能分析結果等のデータが示されている。それらを基に分析した結果、第五福竜丸船員の外部被ばく線量は、1,900 ~ 6,900 mGy であるが、内部被ばくの線量は、60~330 mSv 程度と推計された。（推計方法の詳細は、参考資料 3 を参照）また、マーシャル諸島の全ての環礁の住民に対する内部被ばくによる線量（甲状腺、赤色骨髄、胃壁及び結腸）が Simon らによって推計されている。マーシャル諸島の北部でビキニ環礁近くのロンゲラップ環礁(Rongelap)、ウチリック環礁(Utrik)、中部のクエゼリン環礁(Kwajalein)、また南部の代表的な島、マジュロ環礁(Majuro) の被ばく線量を外部と内部被ばくに分けて推定している。ここでは、外部被ばくによる線量が、船舶に対する今回の線量推計値と近いマジュロ環礁に着目する。Bouville らによれば、ブラボー実験によるマジュロ環礁住民の外部被ばく線量は 2.2 mGy、これに対して Simon らによれば甲状腺線量は 5.4 mGy と推定することができる。

(3) 生物学的線量評価について

ビキニ水爆実験に関する生物学的線量評価に関して、平成 26 年度においては、文献調査を行い、マーシャル諸島ビキニ環礁での水爆実験に関連した論文 3 編、同年代にクリスマス島で行われた核実験に関連した論文 1 編、計 4 編の論文を収集した。なお、ビキニ水爆実験に係る染色体検査等に関する文献は極めて限定的であり、更なる文献・資料の収集は困難であった。

平成 27 年度においては、生物学的試料から被ばく線量を評価する方法として代表的な歯エナメル質検査及び染色体検査に関して、これまでの知見の収集及び整理を行い、被ばく線量を評価する際の留意点について取りまとめた（児玉喜明研究分担者の報告を参照）。

D. 考察

本研究の目的は、厚生労働省が開示した資料の整理及び約 60 年前の散逸した資料の収集を行い、線量評価の可能性を検討することである。

公開資料による血液検査データの分析結果からは、明らかな放射線による影響を認める所見は確認できなかった。また、悪心、嘔吐、下痢、頭痛などの臨床症状が認められたとの記録があったものの、放射線に特異的な症状ではないことから慎重に評価する必要がある。これらの臨床症状が放射線によるものであれば、皮膚症状が認められる場合も考えられたが、皮膚症状に関する記録は確認できなかったこと、及び血液検査記録の結果でも放射線による影響であることが認められる所見を確認することはで

きなかったことから、これらの臨床症状については、放射線が原因であると考えerことは困難である。

また、ブラボー実験における外部被ばくに関する線量分析については、第五福竜丸を除けば、ビキニ環礁の東側海域に広がる高レベルの放射性降下物の分布域に、特に爆発後 24 時間以内に滞在していた船舶はない。放射性降下物分布の端で漁労活動していたものと、放射性降下物の降下後にその海域を通過した船舶の 2 パターンのみで、これらの船舶の外部被ばくによる線量は最大でも 156 mR (1.12 mSv に相当) と見積もられた。これは、マーシャル諸島の南側の環礁（例えばマジュロ環礁）と同等もしくはそれ以下の被ばく線量である。

また、今回推計した線量の増減要因として、降雨等による影響、船舶表面（甲板等）の有限面積、放射性降下物の継続時間等が考えられる。

については、放射性降下物が通過する経路上で、どのタイミングで降雨が生じるかによって、増減どちらも起こりうる。すなわち、降雨が、放射性降下物が船舶のちょうど真上に達したときであれば増え、それ以前であれば減る。

については、船舶表面（甲板等）の面積補正により、放射性降下物が沈着する面積が小さくなれば、線源となる放射性降下物の総量が減り、必然的に線量（率）は下がることとなる。

については、今回の推計では、放射性降下物が放射性降下物の到着時間（TOA: Time of Arrival）の時刻にその全量が沈着すると仮定した。移動中の船舶が降下中（継続した降下時間による）の放射性降下物に

遭遇する場合、今回の推計よりも小さい線量評価となる。

また、内部被ばくについては、第五福竜丸に関しては、外部被ばく線量が詳細に測定されていることから、第五福竜丸の船員の内部被ばく量が推計できれば、ビキニ環礁領域での外部被ばく線量に応じた内部被ばく線量の推計の参考となるものと考えられる。

第五福竜丸船員の外部被ばく線量は、1,700~6,900 mGy (被ばく源となる放射線の殆どはβ線あるいはγ線であり、放射線加重係数が1であることから、ここでは近似的にmSvに読み替えることができる)であるが、船員の内部被ばくの実効線量は、60~330 mSv程度と推計されたこと、及びSimonらの論文では、マーシャル諸島で、緯度上、中から南部の環礁における主要な被ばくは、甲状腺を除いて外部被ばくより起きていることから、第五福竜丸以外の船員の内部被ばく線量については、外部被ばく線量に比べて小さい値となるものと考えられる。

E. 結論

厚生労働省が開示した資料の整理及び約60年前の散逸した資料の収集を行い、線量評価の可能性を検討した。

血液検査記録等の分析からは、明らかに放射線による影響を認める所見を確認することはできなかった。

また、米軍等の放射線モニタリング結果と船舶毎の航路から推計した被外部被ばくによる線量は、一定の仮定に基づく条件の下に分析した結果、最大でも156 mR (概ね1.12 mSvに相当)と見積もられた。

なお、内部被ばく線量の推計に関しては、外部被ばく線量に比べて極めて小さい値となるものと考えられる。

これらの分析結果から、放射線による健康影響が現れる程度の被ばくがあったことを示す結果は確認できなかった。

ただし、今回の分析は、船舶毎に一定の条件の下に推計を行ったものであり、個々の被ばく線量の評価については、それぞれの船舶内での行動様式を考慮する必要がある。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

なし

I. 参考文献

- (1) マーシャル諸島のビキニ環礁における水爆実験に関する厚生労働省の公開資料(平成26年9月・10月)

その他、研究班での検討において参考とした資料

1. ビキニ海域における放射能影響調査報告(第一輯)(昭和30年3月水産庁調査研究部)
2. 昭和29年におけるビキニ海域の放射能影響調査報告(第2集)(昭和30年11月水産庁調査研究部)
3. 平木潔 他. 我々の取り扱ったビキニ

- 水爆症の血液竝に骨髓所見について.
総合臨床 4(11) 別冊. 1857-1867 (1955)
4. 三好和夫、熊取敏之. ビギニ放射線症の臨床並びに血液学的特徴(被ばく後 9 年間の経過を含めて). 日本血液学全書 抜刷第 3 巻. 660-703 (1964).
 5. A. Bouville, H. L. Beck, S. L. Simon. Doses from external irradiation to Marshall islanders from Bikini and Enewetak nuclear weapon tests. *Health Phys.* 99, 143-156 (2010).
 6. S. L. Simon, A. Bouville, C. E. Land, H. L. Beck. Radiation doses and cancer risks in the Marshall islands associated with exposure to radioactive fallout from Bikini and Enewetak nuclear weapon tests: summary. *Health Phys.* 99, 105-123 (2010).
 7. S. L. Simon, A. Bouville, D. Melo, H. L. Beck, R. M. Weinstock. Acute and chronic intakes of fallout radionuclides by Marshallese from nuclear weapon testing at Bikini and Enewetak and related internal radiation doses. *Health Phys.* 99, 157-2010 (2010).