

長崎市原子爆弾放射線影響研究会報告書

令和6年6月5日

長崎市原子爆弾放射線影響研究会

目 次

1	設置の経緯・目的	P 1
2	検討の進め方	P 1
3	検討結果と今後の方向性	P 1
4	本研究会のまとめ	P 5
5	おわりに	P 6
6	会長あとがき	P 6
7	資料編	P 9

1 設置の経緯・目的

- 原子爆弾の放射線による人体への影響については、長崎大学原爆後障害医療研究所、広島大学原爆放射線医科学研究所や(公財)放射線影響研究所などで様々な研究が、半世紀以上にわたって行われている。
- これらの研究をはじめとする原子爆弾の放射線による人体への影響に関するあらゆる研究事項について調査し、原爆被爆者のための援護行政の施策の推進につながることは被爆地長崎市にとって重要な課題である。
- これらの研究は、非常に専門性の高い内容であるので原爆被爆者援護行政の施策の推進につながる研究であるか否かについての判断は、行政のみでは困難である。
- そこで、医学、物理学、疫学等の専門家で構成される「長崎市原子爆弾放射線影響研究会」を設置し、原爆被爆者援護行政の参考とするために専門的見地からこれまでの文献や情報を収集し、得られた知見に関して、意見交換等を行ってきた。

2 検討の進め方

- 援護行政の課題に関係がある研究として、特に、以下に関係ある知見を基本に検討した。
 - ・ 被爆地域の拡大是正に関係がある知見
 - ・ 放射線被曝の遺伝影響に関係がある知見
- これらに関連があると考えられる研究論文等について、委員が研究会に情報提供し、それを審議事項とした。
- 各委員は自らの専門領域の知識に基づき情報の内容および科学的知見について意見を述べ、必要があると認めるときは、外部の研究者を参考人として招聘し、意見などを聴取した。

3 検討結果と今後の方向性

(1) 「被爆地域の拡大是正」に関係がある知見

ア 被爆未指定地域住民の推定被曝線量に関する知見

- 長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告（岡島報告）」の間接的セシウム線量に基づく線量推定の妥当性の検証や被爆後早期に測定された理化学研究所仁科研究グループやマンハッタン調査団及び米国海軍医学研究所による空間線量測定（実測値）のデータとも比較した。

被爆地拡大地域のこれらの推定線量データについて、DS86（※注1）により計算した値は25mSv、TECDOC1162（注2）により計算した値は23.5mSvとなり、「長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告（岡島報告）」と同程度の20mSv近傍の最大推定線量を得た。

※注1 DS86

広島と長崎に投下された原子爆弾による被曝線量に関して日米の専門家が共同で作成した評価方式。英語名称 Dosimetry System 1986 の略称としてDS86 と呼ばれる。

※注2 TECDOC1162

IAEA（国際原子力機関）の緊急事態時の被曝評価方法

- 広島大学の静岡特任教授の独自の方法による被曝推定線量も岡島報告の被曝線量の推定値とほぼ妥当であると報告された。

イ 低線量被曝の健康影響

- フランス、英国、米国の3カ国原子力施設労働者の後方視的国際研究（INWORKS）において、低線量被曝による癌と白血病のリスクがあるとする論文を検討した。

長期間にわたる低線量被曝による癌死亡のリスクの上昇が過去の論文において報告されていたが、2017年に発表された研究では、300mSv以下の低線量域の線量反応が有意とする結論は訂正された。しかしながら、低線量域のERRは、全線量域のERR（注3）と同等であることが確認されており、低線量域の線量反応が完全にないと結論づけるのも難しいと考えられる。

※注3 ERR

過剰相対リスク。相対リスク（曝露群の発生率を非曝露群の発生率で除したもの）から1を引いたもので、相対リスクのうち、調査対象となるリスク因子（この場合は被曝放射線）が占める部分。

- 米国学士院の「低線量被曝による健康リスクに関する委員会」の1997年の報告書に含まれる妊婦の骨盤X線検査による胎児被曝により癌及び白血病の

リスクが上昇するとした英国オックスフォード大学スチュアート教授グループの研究について検討した。

本研究では、10～20mSv の胎内被曝が小児癌リスクを押し上げるとの内容であったが、「小児および胎児の放射線被曝による癌リスク」の2008年報告書では、胎内被曝者で200mSv以下の低線量領域における固形癌の有意な上昇は観察されておらず、フォローアップ解析が必要である。

ウ 小児のCTスキャンによる癌及び白血病のリスク

- 小児及び青年のCTスキャンによる放射線被曝のリスクを評価する国際疫学研究（EPI-CT）における、ヨーロッパEU9カ国、95万を対象とした多国籍コホート研究の結果において、癌および白血病のリスクの上昇が報告されている。

本研究では、SMR（注4）と被曝線量との関係が不明なことや調査対象集団そのものの死亡率が高いこと、また、チェルノブイリの小児甲状腺がんでは、被曝後5年以降に発症しており、原爆被曝者の固形がんは10年以上経過してから発症しているのに対し、本対象者は、CT検査後、5年以内で発症リスクが上昇し5年以降では低下していることから、別の要因の可能性も考慮する必要がある。

併せて、最新のこれまでの最大級の国際疫学研究（EPI-CT）においても、血液悪性腫瘍のリスクの上昇が報告されている。

しかしながら、放射線被曝の特徴として、被曝時の年齢が放射線の感受性が強い低年齢層がよりリスクが高くなるのに対し、この研究では逆の結果となっていること、原爆被曝者の白血病の発症は、被曝後2～5年で上昇し、5～10年でピークとなるのに対し、逆の結果になっていること、さらにCT検査を行った理由が不明であり、因果の逆転が否定できないとの意見があった。

※注4 SMR
標準化死亡比

- 小児期に電離放射線により被曝した9つのコホート研究において、急性骨髄性白血病、骨髄異形成症候群及び急性リンパ性白血病においては、100mSv以下の低線量被曝で有意なリスクの上昇が認められたが、慢性骨髄性白血病では有意な上昇は認められなかったとする論文について検討した。

本論文では、観察開始期間が1915年から1979年と年代のばらつきがあり、平均曝露年齢が0.11歳から18.16歳までと年齢幅が広く、被曝した放射線の種類も違うことから、線量評価の正確性について慎重に判断する必要がある。また、コホートのうち3つは血管腫データ、1つはCT白血病罹患データであり、腫瘍性疾患を起こしやすい人が混ざっている可能性があり、本研究

が疫学的な研究として適切なものか、他のプール解析を十分に分析して評価する必要がある。

- 韓国の若年者の CT 被曝の 1,200 万人の大規模なコホート研究において、低線量の電離放射線被曝による癌の発生頻度が、非被曝群より被曝群の方が大きく、がん発生率の上昇が明らかとする研究が報告されている。

CT 検査後の 1 年、2 年、5 年後における癌発生の IRR (注 5) について、低下傾向にはあるものの、一定認められ、また、5 年目以降にも依然として上昇しており、2 年目を標準として比較した場合には有意差が認められるため、研究結果の信頼性が一定保たれているとされている。

一方、高線量被曝のチェルノブイリの小児甲状腺がんは、5 年目以降に上昇が認められており、これより低い線量である CT 検査による被曝としてのがんの潜伏期間として、標準の 2 年は短く、さらに CT 検査を実施した理由が不明であることから、因果の逆転も否定できないことや線量データがないことから、CT 検査による低線量被曝と癌リスクとの関連には、なお慎重な判断を要する。

※注 5 IRR
罹患率比

エ プルトニウムによる内部被曝

- 長崎原爆被爆者におけるプルトニウムによる内部被曝について、長崎大学原爆後障害医療研究所の七條和子助教を招聘し、研究結果について説明を受けた。

この研究は、原爆で死亡した解剖標本中から放出される α 線の飛跡をオートラジオグラフィーにより可視化し、その α 粒子がプルトニウムによるものかどうかを調べたところ、爆心地から 1 km 以内で被曝した 7 例にプルトニウム 239 による内部被曝が初めて確認されたとする内容である。近距離ではあるが、人体からプルトニウムが確認された大変貴重な症例である。

被爆地拡大地域においてもこのようなプルトニウムの土壌汚染が証明されており、今後、同地域の住民において内部被曝の知見が得られるか検討を要する。

(2) 「放射線被曝の遺伝影響」に関係がある知見

- 放射線影響研究所において、被爆二世に対して行われてきた種々の検査（出生時障害、染色体異常、血液蛋白質異常、生活習慣病有病率、DNA 調査（継続中）、死亡率及びがん罹患率（継続中））においては、現在のところ被爆二世における遺伝的影響は認められていないことを確認した。

- 広島大学の鎌田七男名誉教授等の「広島原爆被爆者の子供における白血病発生について」の論文において、通常の白血病は乳幼児期にピークを示すのに対し、被爆二世は発症年齢分布が広く、両親被爆群での発症が有意に高いことから、被爆二世において白血病の発症が多いのではないかと示唆されている。

この指摘は重要であるが、被爆者集団に直接被爆群とともに高い比率で入市被爆者群が含まれており、そのためこの研究では母集団の特定がなされておらず、被爆二世における白血病の頻度を出すには至っていない。

今後、線量の分析、非被爆者における小児白血病の頻度の比較及びメカニズム研究が必要である。

- 長崎大学原爆後障害医療研究所グループにおいて実施された、近距離で被爆した父親、非被爆者の母親とその子（二世）のトリオからなる3組のDNAを抽出し、新規発生突然変異を全ゲノム解析法により調べた研究では、親子間における変異遺伝子の伝播の事実は、今回は認められなかった。

4 本研究会のまとめ

- 被爆未指定地域住民の推定被曝線量については、各種の推定線量データから、被爆拡大地域の一部の地域において、20mSv 近傍を超える低線量被曝があったことが推定される。
- 低線量被曝の健康影響については、INWORKS や米国学士院の1997年の報告書における英国オックスフォード大学のスチュアート教授グループの研究などの国際的論文に加え、小児のCT スキャンによる癌及び白血病のリスクにおける国際疫学研究（EPI-CT）等の大規模コホートの研究論文等を収集し、検討した。
- 最近になり、このような低線量の人体影響を示唆するような研究結果も複数出てきてはいるものの、国や人種の多様性、自然放射線による影響や交絡因子の影響などをすべて排除し、被曝線量による健康影響を明らかにするような研究は、未だ出てきておらず、10mSv～100mSv 未満の低線量被曝の人体影響について国際的なコンセンサスを得られるような確固たる知見は得られなかった。
- プルトニウムによる内部被曝について、今回の症例においては、人体に大きな影響を与えるとは考えにくいですが、プルトニウムの降下により遠距離でも内部被曝している可能性も考えられるため、内部被曝の実態を明らかにする研究が今後進むことを期待したい。

- 放射線被曝の遺伝影響については、放射線影響研究所における被爆二世における白血病の増加の論文を解析したが、科学的には十分な根拠を欠いており、今後さらなる分析が必要であると考える。

また、2世の研究においては、放射線影響研究所において500家族以上のトリオ（被爆者の両親と子）による全ゲノム解析を行う予定であり、将来的に遺伝子レベルでの知見が確立されることを期待したい。

5 おわりに

- 本研究会は、長崎市の附属機関として、医学、物理学、疫学の専門家で構成され、平成25年の発足から今日まで約11年にわたり、国内外の放射線による人体影響に関する最新の研究内容等をいち早く精査し、時には外部の有識者を招聘して検討を行うなど、精力的な活動を行い、議論を積み重ねてきたところである。
- これまで取り扱ってきた研究内容等においては、低線量被曝の人体影響を認めるグローバルスタンダードとなり得る確固たる知見は見出すことは困難であった。しかし近年は、EU9ヶ国の共同研究であるEPI-CTスタディのような低線量被曝の人体影響を示唆するような国際的な論文等も出てきており、その動向を継続的に国・県・市において注視していくことが肝要である。
- 将来的にも、ゲノム解析等による先進的な研究がさらに進み、原子爆弾の放射線被曝による健康影響が解明され、遺伝的影響についても結論が導かれることを期待したい。
- 国におかれても、特に「低線量被曝の健康影響」に関して、今後とも新たな論文をはじめ数多くの研究内容等が国内外に発表されるものと考えられることから、情報収集に努め、知見を深めていただくよう、お願いしたい。

【会長あしがき】

本研究会の会長としてこの10年間の各委員の専門的な知識に基づく新たな知見に対する科学的評価にあらためて感謝の意を表明したい。

原爆行政の現時点での最大の課題である、長崎市の被爆未指定地域住民における100mSv未満の健康影響の有無についての科学的知見が近年増加してきており、とくにヨーロッパ9ヶ国の共同研究であるEPI-CTスタディの造血器腫瘍（白血病およびリンパ系腫瘍）の解析結果は940000例というこれまでの韓国における1200万人の研究に次ぐ多数例の疫学分析であり、10～50mGy未満の低線量域におけるERR（過剰相対リスク）の有意な直線の上昇を確認出来たことは低

線量研究における大きな成果である。被爆地拡大の行政的判断において参考になるものと思われる。

長崎の原爆被爆者医療および未指定地域の住民の被爆認定行政における国、県、市における今後の取り組みにも、このような科学的知見が役立つことを心から願うものである。

長崎市原子爆弾放射線影響研究会委員

氏名	所属・役職名
会長 朝長 万左男	日本赤十字社長崎原爆病院 名誉院長
三根 真理子	長崎大学原爆後障害医療研究所 客員教授
高 村 昇	長崎大学原爆後障害医療研究所 教授
松田 尚樹	長崎大学 名誉教授

永山 雄二	元長崎大学原爆後障害医療研究所 教授 (在任期間：平成 25 年 12 月 16 日～令和 6 年 1 月 5 日)
神谷 研二	元広島大学 副学長 (在任期間：平成 25 年 12 月 16 日～令和 5 年 8 月 10 日)

(順不同、敬称略)

長崎市原子爆弾放射線影響研究会報告書
(資料編)

1 開催状況

	年月日	議 題
第1回研究会	平成25年12月16日	事務局から援護行政の課題説明
第2回研究会	平成26年3月13日	事務局から原爆投下直後からアメリカの調査団や日本の大学などによって行われた学術調査等について説明
第3回研究会	平成26年10月7日	①「長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告」について ②原爆放射線の人体影響に関する研究等情報について
第4回研究会	平成27年3月31日	①原爆放射線とフォールアウトについて ②原爆放射線の人体影響に関する研究等の情報について
第5回研究会	平成27年9月28日	①「被曝線量をモニターした原子力施設労働者（INWORKS）における電離放射線と白血病及び悪性リンパ腫による死亡リスクの関連性についての国際コホート（母集団）研究」 ②「日米合同調査団報告書」に見る急性症状 ③広島および長崎の原爆における残留放射能強度測定報告書 ④長崎総合科学大学大矢名誉教授の研究論文について
第6回研究会	平成28年3月30日	①低線量放射線の健康リスクについて ②第5回研究会までの被曝線量調査結果についてのまとめ ③低線量被曝に関する人体影響の研究論文の調査結果について
第7回研究会	平成28年9月29日	①「原爆被爆者追跡調査（寿命調査：LSS）における低線量被曝リスクの評価」 ②小児および胎児の放射線被曝による癌リスクの調査結果について
第8回研究会	平成29年3月31日	①2015～2016小児CTスキャン論文の紹介およびCTがんリスクの検討 ②原発労働者における pooling data の長所と短所 ③第8回長崎市放射線影響研究会までの中間報告について

	年月日	議 題
第9回研究会	平成30年3月30日	①爆心地近くで被ばくした被ばく者の子孫における新規一塩基変化（新規突然変異）の検出について ②子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題について
第10回研究会	平成31年3月29日	①原子爆弾災害調査における放射線被曝と急性症状の発現 ②国際原子力労働者研究（INWORKS）：長期低線量被曝の健康影響に関する知識を向上させるための共同疫学研究 ③小児CTスキャンによる癌のリスク：放射線防護に与える意味づけ
第11回研究会	令和2年3月23日	①小児期に低線量（<100mSv）の電離放射線に曝された人々の白血病および骨髄悪性腫瘍：9つの歴史コホート研究のプール分析 ②長崎原爆被爆者におけるプルトニウム内部被曝のオートラジオグラフ分析
第12回研究会	令和3年3月25日	①EPI-CT研究：ヨーロッパ7ヶ国による統合型疫学研究における小児CTの放射線誘発がんリスクの定量化
第13回研究会	令和4年3月30日	①EPI-CT study論文の取扱いについて ②韓国の若年集団における低線量電離放射線診断の被ばくと癌リスクの関連性 ③低線量、高エネルギー被ばく集団の疫学調査における交絡と選択バイアスの評価 ④低線量照射とがんに関する疫学研究：理論的根拠、論文の枠組、適切な研究の概要
事前協議	令和5年3月3日 令和5年10月23日 令和6年2月20日 令和6年4月15日	①報告書について ②EPI-CT研究：小児、青年および若年成人におけるCT検査の放射線被曝による悪性腫瘍リスクの上昇
第14回研究会	令和6年5月14日	① 報告書について

2 中間経過報告書

第8回までの検討結果を中間経過報告書としてとりまとめ、市長並びに厚生労働省に報告した。(平成29年7月6日、7月10日)

3 検討概要

(1) 第1回研究会(平成25年12月16日 13:00~15:00)

事務局から援護行政の課題説明(被爆地域の拡大是正、原爆症の認定制度、放射線被曝の遺伝的影響)を行い、今後の運営について協議し、会議は原則公開、情報を網羅的に収集することとした。

(2) 第2回研究会(平成26年3月13日 13:00~15:00)

被爆地域拡大などの原爆被爆者援護行政の課題解決につなげる情報を収集するにあたり、原爆投下直後からアメリカの調査団や日本の大学などによって行われた学術調査について9件、長崎市や長崎県などが行った行政主体による調査について41件をリスト化し各々の調査の概要について事務局から説明があった。

また、原爆放射線の人体影響の研究として、長崎大学、広島大学の研究者が原子爆弾後障害研究会(※注1)で発表した2,281篇の研究論文の一部、放射線被曝者医療国際協力推進協議会(HICARE)(※注2)発刊の原爆放射線の人体影響 第2版、及び放射線影響研究所が所管する1950年代からの調査研究資料を示しながら、各々の研究の概要について事務局から説明があった。

そして、これら資料に基づき、各委員の専門分野別に情報収集の役割分担を決定した。

※注1 原子爆弾後障害研究会

長崎市と広島市に投下された原子爆弾による被爆者の後障害に関する調査研究及び知識の普及を行うことを目的として設立された。

※注2 放射線被曝者医療国際協力推進協議会(HICARE)

広島・長崎の被爆者における健康障害の研究などの被爆地としての知見と経験を、世界の放射線被曝者医療に役立てるために活動を行っている。

(3) 第3回研究会(平成26年10月7日 13:30~15:30)

① 「長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告」について

「長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告」(※注3)の再検証を行った。

その結果、マンハッタン調査団報告書(※注4)等による空間線量に係る結果と大差はなく、DS86(※注5)により計算した値は25mSv。またマンハッタン調査団のデータをDS86を使わずTECDOC1162(※注6)を用いて空間線量を計算した値

は 23.5mSv となり、同程度の結果であった。

したがって、「長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告」の地域の線量を導き出す方法は、巧妙かつ堅牢であるとの結論であった。

【関連する情報提供シート】 ①-1

※注3 長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告

被爆地域拡大是正の科学的根拠とすべく、平成2年度に長崎県・市が残留放射能プルトニウム調査を実施し、平成3年6月にこの報告を厚生省に提出した。この報告書は、岡島俊三 長崎大学名誉教授によってまとめられ、岡島報告書ともいう。

※注4 マンハッタン調査団報告書

原爆から出た放射能及び残留放射能を測定することと、それらの人体への影響を短期間に明らかにする事を目的とし米国から派遣された調査団。昭和20年9月20日から10月6日までに長崎に派遣され、原子爆弾の効果および影響を調査して最終報告としてまとめたもの。

※注5 DS86

広島と長崎に投下された原子爆弾による被曝線量に関して日米の専門家が共同で作成した評価方式。英語名称 Dosimetry System 1986 の略称として DS86 と呼ばれる。

※注6 TECDOC 1162

IAEA（国際原子力機関）の緊急事態時の被曝評価方法

② 原爆放射線の人体影響に関する研究等情報について

- 原子爆弾後障害研究会及び PubMed（※注7）による論文検索結果からの情報提供

「Atomic Bomb」というキーワードで2013年1月から2014年9月までの期間で情報収集し、がん及び非がんに関する論文が紹介された。

- 「広島被爆者の子供における白血病発生について」

広島大学の鎌田教授の「広島被爆者の子供における白血病発生について」によると、通常の白血病は乳児期にピークを示すのに対し、被爆二世は発症年齢分布が広く、両親被爆群での発症率が有意に高いことから、被爆二世において白血病の発症が多いのではないかと示唆されていると説明があった。この指摘は重要であるが、被爆者集団に直接被爆群とともに高い比率で入市被爆者群が含まれており、そのためこの研究では母集団の特定がなされておらず、被爆二世における白血病の頻度を出すには至っていない。

この論文について、線量の分析、非被爆者における小児白血病の頻度の比

較及びメカニズムの研究が今後必要であるとの意見があった。

● 「原爆被爆者における動脈硬化に関する検討」

放射線被曝は動脈硬化悪化の一因になると考えられており、これに関連する研究において、高線量の放射線照射が循環器疾患の発症や死亡、脳卒中のリスクが高まることが報告されているが、一定の結論は出ていない。

被爆者の被爆状況が動脈硬化に関連している可能性を、頸動脈内膜中膜複合体厚（CIMT）（※注8）という動脈硬化の評価方法で検討した結果、関連は認められなかったとの説明がされた。

● 「長崎原爆被爆者に発生した骨髓異形成症候群の予後：予備的調査結果」

骨髓異形成症候群（※注9）の後に白血病に移行するか、または死亡に至るかということが放射線被曝に関連しているかということを検討している。

被爆距離を3つに分けて、1.5km未満、1.5～3km、3km以上に分けて白血病に移行した発症率と総死亡率を評価している。

近距離の方が生存率が高いという結果が出ているが、統計的には有意でなかったと報告されている。

また、骨髓異形成症候群を評価するための指標である IPSS スコア（※注10）というものをを用いて評価した結果、近距離ほど予後不良が多い傾向であったが、統計学的に有意とは言えなかった。ただし、染色体異常を有する割合は近距離ほど高かった。

結論として、原爆放射線は骨髓異形成症候群の予後不良に関与している可能性が考えられるため、今後さらに症例を増やし詳細な分析を行うということが書かれていると紹介があった。

なお、紹介した委員から、今回の調査は予備的調査であるが、今後の研究結果が期待されるとの意見があった。

【関連する情報提供シート】 ②-2、3、4

※注7 PubMed

アメリカ国立医学図書館の国立生物工学情報センター（NCBI）が運営する医学・生物学分野の学術文献検索サービス。

※注8 頸動脈内膜中膜複合体厚（CIMT）

頸動脈の内膜、中膜、外膜のうち、内膜中膜の厚さを合計したもの。動脈硬化の指標となる。

※注9 骨髓異形成症候群

骨髓機能の異常によって、造血障害を起こす症候群。

※注10 IPSS スコア

・ 骨髓の未熟な血液細胞（芽球：blast）の割合

- ・末梢血での血液細胞数の減少が3種類のうち何種類あるか
- ・染色体異常の種類（程度）

という3項目が予後に深く関連すると考えて、これらを点数化して予後を予測する方法。

(4) 第4回研究会（平成27年3月31日 13:30～15:30）

① 「原爆放射線とフォールアウトについて」

放射線物理学者である広島大学特任教授 静間清氏を招聘し、「原爆残留放射線の測定とフォールアウト（※注11）」について、DS02のファイナルレポート、理化学研究所仁科研グループ（※注12）の線量測定やマンハッタン調査団の線量測定などの調査結果に基づいた研究発表があった。

そのまとめとしては、被曝線量を推計するには、初期調査のデータが最適であること。プルトニウムはあまり動かないので原爆の後の状況をかかり留めていると思われ、プルトニウムのデータをもとにセシウムから被曝線量を出している「岡島報告書」は、多少過大評価であるがほぼ妥当であると言える。

また、被曝指定地域とされている爆心地から6.7km付近の推定被曝線量は6.7kmの内と外で変わらないこと、被曝地域の拡大は正要望地域である爆心地から12kmとなっているが、12kmの内と外で推定被曝線量は変わらない等の見解であった。

【関連する情報提供シート】 ①-2

※注11 フォールアウト

放射性降下物のことである。大気圏における核爆発や、原子炉の事故による放射性物質の大気中への放出などが原因になり、核分裂生成物を含む放射性の粒子状物質が大気中（または成層圏中）に飛散し、これが生活環境に降下したものである

※注12 理化学研究所仁科研グループ

物理学、化学、工学、生物学、医科学など基礎研究から応用研究まで行う国内唯一の自然科学系総合研究所の中で当時国内では例のなかった量子論、原子核、X線などの研究を行なうために仁科芳雄氏が立ち上げた。このグループの増田、坂田、中根の3氏が昭和20年12月から1ヵ月間、長崎原爆の残留放射線を測定した。

② 原爆放射線の人体影響に関する研究等の情報について

● 「被爆二世における遺伝的影響研究のまとめと考察」

「被爆二世における遺伝的影響」について、放射線影響研究所にて、被爆二世に対し、出生時障害（※注13）、染色体異常（※注14）、血液蛋白質異常（※注15）、生活習慣病有病率（※注16）、DNA調査（継続中）（※注17）、死亡率及びがん罹患率（継続中）（※注18）と、種々行われてきた検査では、

現在のところ被爆二世における遺伝的影響は認められていないとの報告があった。

今後も更なる解析が必要であるとの意見が出された。

- 「放射線の低線量被曝による人体影響に関する学術報告の調査と解析」
「放射線の低線量被曝による人体影響に関する研究」については、小児のCT スキャンによる低線量被曝の健康影響に係る論文を検証するも、有意性はなく、結論は出ておらず、ヨーロッパ 11 カ国で行われている 100 万人規模の研究 Epi-Study (※注 19) の結果を待つとの意見が出された。

【関連する情報提供シート】 ②-5、6

※注 13 出生時障害

出生後 2 週間以内の新生児の奇形、死産等に関する調査

ただし、生後 8～10 か月後に再検査を行っている。

長崎、広島市に不在、低・中線量被曝及び高線量被曝に分類し（低線量：50mSv 以下、中線量被曝：500mSv まで、高線量被曝：500mSv 以上）父親と母親とそれぞれで分けて調査されている。

※注 14 染色体異常

ギムザ染色法或いはバンド法による染色体の構造異常の調査。

被曝群（両親の少なくとも一方が被曝線量 > 10mSv）と対照群（両親とも被曝線量が 10mSv 以下）で比較されている。

※注 15 血液蛋白質異常

血液の中の蛋白質を電気泳動で調べて、遺伝子の異常があればアミノ酸が変わって電気泳動のパターンも変わり、更にはアミノ酸が変わったことによって酵素の活性がなくなるのではないかという考えで検査がされている。

電気泳動に関しては血漿蛋白 4 種類、赤血球蛋白が 26 種類。酵素活性には赤血球酵素 9 種類の活性が調べられている。

※注 16 生活習慣病有病率

調査当時平均年齢が 48.6 歳で、高血圧、糖尿病、高コレステロール血症、心筋梗塞、狭心症、脳卒中の疾患の有病率が調べられており、父親被曝と母親被曝で区別している。

※注 17 DNA 調査

親子の DNA を調査して、被曝者の子供に新しい突然変異が増えていないかどうかの調査。マウスを用いて放射線による突然変異頻度を正確に調べることも行っている。

※注 18 死亡率及びがん罹患率

20 歳未満と、20 歳以降の死亡率が報告されており、2007 年の時点で平均年齢 47 歳。がんの死亡とがん以外の死亡を 20 歳未満と 20 歳以上で出して、ハザード

比を計算している。

※注 19 Epi-study

小児及び青年における CT スキャンの放射線被曝による癌リスクがあるとする論文が相次いでいることに鑑みて、EU 内のベルギー、ノルウェー、スペイン、スウェーデン、デンマーク、ドイツ、フィンランド、フランス、ルクセンブルグ、オランダ、英国の 11 ヶ国がおおよそ 120 万人を対象として実施している共同研究のこと。

(5) 第 5 回研究会（平成 27 年 9 月 28 日 14:00～15:30）

- ① 「被曝線量をモニターした原子力施設労働者（INWORKS）における電離放射線と白血病及び悪性リンパ腫による死亡リスクの関連性についての国際コホート（母集団）研究」（以下、「INWORKS」という。）

100mSv 以下の低線量被曝による白血病による死亡リスクが成人で観察されたことは重要であり、100mSv 以下の被曝線量でも影響が出る可能性が示唆されているのではとの意見があった。一方で、200mSv 以上の線量では明らかにリスクが生じるとあるが、それ以下の被曝線量では明らかにリスクはないということではないかとの意見もあり、委員間で意見が分かれた。

【関連する情報提供シート】 ②-7

- ② 「日米合同調査団報告書」に見る急性症状

日米合同調査団（※注 20）の報告書における脱毛、出血斑、白血球数に関する集計表から距離別、被爆後経過週別にグラフを作成し分析している。

脱毛及び出血斑は近距離において高く、遠距離になると減少するパターン。白血球数は近距離被爆において被爆後 4 週間後が最も低値となっていた。

しかし、距離における頻度が有意かどうかというのは分からず、これらを全て放射線の影響と判断するのは困難ではないかとの見解であった。

【関連する情報提供シート】 ②-8

※注 20 日米合同調査団

原子爆弾の人体への影響を調査する目的で、1945 年 9 月に組織された合同調査団。連合国軍最高司令官総司令部軍医団・マンハッタン調査団・日本側研究班の 3 者で構成され、日本側は九州帝国大学・長崎医科大学・大村海軍病院が協力した。

- ③ 広島および長崎の原爆における残留放射能強度測定報告書（米海軍報告書）

米国の国立健康医学博物館の原爆関係資料の調査でこの報告書を入手。

長崎県と熊本県を含む地図上で主要な地点の測定値と、原爆投下当日の 11 時

から 16 時の風の方向が矢印で示してある。また、長崎市内と西山以東の地域を含む地区の被曝線量と、浦上地区の被曝線量が等高線で示されている。

これらは昭和 20 年 10 月 15 日から 27 日の間に測定されており、爆心から東側に風が向かって吹いており 10 月 15 日以降の実測値でも東側に放射能汚染があったという事実が分かるとの説明があった。

【関連する情報提供シート】 ①-3

④ 長崎総合科学大学 大矢名誉教授の研究論文について

● 「米国戦略爆撃調査団と日本映画社の長崎原爆記録映画」(2011 年 9 月)

原爆記録映画の一端である、日本及び米軍それぞれの長崎原爆記録映画や米国戦略爆撃調査団(※注 21)が撮影した映画などの概要を示し、結びにはこの研究に関しての今後の取り組むべき課題について述べられたものと事務局より紹介された。

● 「相原秀二資料に見る長崎原爆の残留放射線」(2012 年 11 月)

日本映画社の記録映画『広島・長崎における原子爆弾の影響』の制作に参加した相原秀二氏の資料の調査を大矢名誉教授が調査研究をしたものであり、長崎原爆による残留放射線量の測定に関する資料を取り上げ、長崎原爆の残留放射線の研究を示し、また今後の課題を述べたものになっていると事務局より紹介された。

● 「坂田民雄資料に見る長崎原爆の残留放射線」(2015 年 3 月)

理化学研究所仁科研グループの坂田民雄氏の資料によるものが中心で、内容は、同氏らが 1945 年 12 月末から翌年 1 月中旬まで測定した長崎原爆の残留放射線の測定経過について述べ、この測定結果と、九州帝国大学の篠原健一氏らのグループによる調査と、マンハッタン調査団等の測定結果を比較したものになっている。また、2002 年から 2008 年までの長崎原爆の放射性降下物についての論文を紹介した内容であると事務局より紹介された。

※注 21 米国戦略爆撃調査団

米軍による戦略爆撃(空爆、艦砲射撃)の効果を検証するための陸海軍合同機関。

(6) 第 6 回研究会(平成 28 年 3 月 30 日 14:00~15:30)

① 低線量放射線の健康リスクについて(高自然放射線地域の調査結果など)

放射線疫学者である鹿児島大学大学院医歯学総合研究科教授 秋葉澄伯氏を招聘し、同氏から「低線量放射線の健康リスクについて(高自然放射線地域の調査結果など)」の説明があった。

その内容は、高自然放射線地域であるインドのカルナガパリ地域(年間被曝線

量：5mSv～10mSv) 住民の個人の累積被曝線量と白血病を除くがん罹患リスクについてであった。

この調査においては、喫煙習慣の情報を対象者から得る等の健康影響に係る可能性がある要因を逐次調査しており、それをこの調査分析に反映しているの、統計学的にかなり有意なものとなっているとのことであった。

この調査によると、低線量被曝により、少なくともがん罹患のリスクは増えておらず、ほとんどゼロに近いとの結果であった。

また、原爆のような1回きりの被曝と、自然放射線のような継続した被曝を簡単に比較はできないことや、「INWORKS」は喫煙などの重要ながんのリスク因子の影響を取り除いて解析していないこと、内部被曝については食品中の放射性物質の濃度は高くなく、食べることによる内部被曝は無視してよい、事など説明があった。

これらによると、現在のところ 100mSv 以下の低線量被曝による健康リスクは、はっきりとしたことはいえない上に、喫煙、食習慣、生活習慣等のコントロールすべき要素が多い中での比較は困難ではないかとの同氏の見解であった。

【関連する情報提供シート】 ②-14

② 第5回研究会までの被曝線量調査結果についてのまとめ

マンハッタン調査団報告書、九州帝国大学の篠原健一氏らのグループ(※注22)による調査報告、米国海軍医学研究所(※注23)、理化学研究所仁科研グループの西山地区の空間線量率から爆発1時間後の空間線量率を推計し比較している。

また、矢上地区において、マンハッタン調査団報告書、米国海軍医学研究所、理化学研究所仁科研グループのデータによる静間先生レビュー、理化学研究所仁科研グループのデータによる大矢先生の報告書と、岡島報告書の土壌中のプルトニウム濃度から推計した被曝線量及び松田委員の土壌中セシウムと空間線量率から推計した被曝線量と比較している。

結果、高いところでおおよそ20mSvを超える線量があったことが確認された。また、100mSvを超えるところはないとの結論に至った。

【関連する情報提供シート】 ①-4

※注22 九州帝国大学の篠原健一氏らのグループ

1945年8月13日から15日、爆心地で採取した土砂から放射線を検出。その後爆心地付近と西山地区の放射線測定を行った。

※注23 米国海軍医学研究所

1945年10月15日から長崎で900ヶ所、その後、広島で100ヶ所、残留放射能の測定をした。

N. Pace と R. E. Smith がその測定結果を論文「広島および長崎の原子爆弾被曝

地域における残留放射能の強さの測定」にまとめた。

③ 低線量被曝に関する人体影響の研究論文の調査結果について

- 「職業放射線被曝の癌リスク：フランス、英国、米国の3カ国原子力施設労働者の後方視的（過去にさかのぼる）国際研究（INWORKS）」

長期間にわたる低線量被曝がもたらす固形がんの発症リスクが研究目的であり、1943年以來のマンハッタン計画に従事した者も含んだ原子力産業に従事する308,297名の労働者の被曝線量モニタリングデータと癌による死亡情報の関連付け等をした調査である。

これで得られた知見として、長時間にわたる低線量率被曝の癌死亡のリスク上昇が確認されたこと、低線量率被曝でも、高線量率かつ短時間被曝の長崎広島原爆の被爆者で観察されたリスクと同等のERR（※注24）が認められた等が示された。その結果、0～100mSvの範囲でもわずかながらリスクが生じることを否定できず、被爆地拡大地域住民への健康影響があるといった一つの根拠になるのではないかとの意見があった。

一方、0～200mSvの区間については線量の直線性はあるが統計的に有意ではないとの反する意見もあった。

【関連する情報提供シート】 ②-9

※注24 ERR

過剰相対リスク。相対リスク（曝露群の発生率を非曝露群の発生率で除したも）から1を引いたもので、相対リスクのうち、調査対象となるリスク因子（この場合は被曝放射線）が占める部分。

(7) 第7回研究会（平成28年9月29日 14:30～16:00）

- ① 「原爆被爆者追跡調査（寿命調査：LSS）における低線量被曝リスクの評価」

放射線影響研究所の疫学部長である小笹晃太郎氏を招聘し、「原爆被爆者追跡調査（寿命調査：LSS（※注25））における低線量被曝リスクの評価」の発表があった。

説明によると、1950年の国勢調査・附帯調査で、当該調査時に広島市または長崎市に居住していた方についてABCC（※注26）職員が面接し、近距離被爆者（爆心地から2.0km以内、爆心地から2.0km～2.5kmまで）、遠距離被爆者（爆心地から2.5km～10km）、及び原爆投下時市内不在者に分類し、それらの計約120,000人について死因やがん発生等の追跡調査している。

また、面談調査の中で、所在地や家屋の状況、遮蔽状況等を聞き取り、個人毎の被曝線量を推定している。

それらにより低線量被曝のリスクの評価をしているが、200mSv以下の低線量域のリスクについては不確実であり、現在持っている情報から推定するのは困

難であるとのことであった。

【関連する情報提供シート】 ②-15

※注 25 寿命調査：LSS

生涯にわたる原爆放射線の健康影響を調査するための疫学プログラムであり、死因やがん発生に与える長期的影響の調査を主な目的としている。

※注 26 ABCC

原爆傷害調査委員会 (Atomic Bomb Casualty Commission、ABCC)。

原子爆弾による傷害の実態を詳細に調査記録するために米国が設置した民間機関。放射線影響研究所の前身。

② 小児および胎児の放射線被曝による癌リスクの調査結果について

● 小児および胎児の放射線被曝による癌リスク

米国学士院の「低線量被曝による健康リスクに関する委員会」の 1997 年の報告書について、放影研の 1,300 人の胎児被曝例の集団における死亡とその原因疾患を 24 年間フォローアップした調査（第 1 報及び第 2 報）、被爆者群と生後被曝した小児を対照群とした調査（第 3 報）により、更なる継続した観察が必要であると説明があった。

また小児における医学低放射線による被曝のリスクについては、オックスフォード大学の研究等から 10~20mSv の胎内被曝が小児癌リスクを押し上げるとの報告書の内容であったことから、研究会ではこれを課題とし検討する必要があるとの意見が出された。

【関連する情報提供シート】 ②-10

● 胎児及び若年被爆者における固形がん

小児および胎児の放射線被曝による癌リスクの 2008 年の報告書によると、胎内被爆者については、200mSv 以下の低線量領域における固形がんの有意な上昇は観察されておらず、胎内被爆者らは現在がんの好発年齢であるのでフォローアップ解析が必要であるとの意見が出された。

【関連する情報提供シート】 ②-11

(8) 第 8 回研究会 (平成 29 年 3 月 31 日 11:00~12:30)

① 2015~2016 小児 CT スキャン論文の紹介および CT がんリスクの検討

- Journy 論文 (2015) 及び関連論文等について

小児における CT スキャンのがん及び白血病リスク上昇について、PF（※注 27）を有している対象を除いて解析すると、CT 被曝による過剰相対リスクは低下し、有意の上昇ではなくなったとする Journey 論文（2015）を紹介した。

しかし、Journey 論文のデータを他の研究者が独自に解析したところ、PF は交絡因子（※注 28）ではなく修飾因子（※注 29）ではないかとの指摘がなされている。その後の Journey 論文 2（2016）により、PF は交絡因子ではなく、修飾因子と考えられ、Pearce や Mathew らの論文のように PF 情報を欠いた解析であっても、PF を除いた場合のリスク推定に近似すると判断している。ただし、観察期間が短い研究であるため、今後の長期間の前向き研究や他のコホートのデータも併せて、PF の影響について解析する必要があると言及している。

上記を踏まえて、今後の EPI-CT（※注 30）等の論文により、小児における低線量被曝によるがんリスクの有無を判断することができるのではないかとの提案がなされた。

【関連する情報提供シート】 ②-12

※注 27 PF

先天性異常

※注 28 交絡因子

疫学調査において、調査しようとする因子以外で、結果に影響を与える因子のこと。

※注 29 修飾因子

疫学調査において、調査しようとする因子以外で、その存在関与を前提としおり結果に影響を与える因子のこと。

※注 30 EPI-CT

小児及び青年の CT スキャンによる放射線被曝のリスクを評価する国際疫学研究

② 原発労働者における pooling data の長所と短所

● Maria Blettner による「INWORKS」研究に関するコメント

「INWORKS」のように、大規模コホートによる解析は症例数が多くなるという長所がある反面、国や人種の多様性、自然放射線による影響や交絡因子の影響など、正確に把握して分析することが困難であるとの短所もある。被曝線量による健康を明らかにするためには、それらを正確に把握した新しい集団において、長期間の前向きな研究にデータを収集して解析することが必要であるとのコメントが紹介された。これに対して、低線量被曝のリスクを疫学調査だけで検出することは限界があるのではないかという意見や、将来的にはゲノム解析により影響の有無を判断できるのではないかという意見があった。

③ 第8回長崎市放射線影響研究会までの中間報告について

● 低線量被曝によるがん等のリスク

「INWORKS」やオックスフォードの調査等により、低線量被曝によるがん等のリスクがあると解釈することができないかとの意見があった。一方で、それぞれの調査は被曝の状況や線質も異なるため、低線量被曝による影響としてひとまとめにして論じることは無理があるとの意見もあった。また、これまでの論文では、200mSv以下の被曝でがん等の発症リスクに有意な差があるとの結論には至っていないとの意見もあった。

現段階では、低線量被曝による健康影響を完全に否定するものではなく、健康影響がある可能性を示唆するデータとなっており、今後の論文により、議論を深めていくこととなった。

(9) 第9回研究会（平成30年3月30日 14:00~16:00）

① 爆心地近くで被ばくした被ばく者の子孫における新規一塩基変化（新規突然変異）の検出について

長崎大学 原爆後障害医療研究所の人類遺伝学教授である吉浦 孝一郎氏を招聘し、発表があった。

原爆による電離放射線は、白血病や固形腫瘍の増加を含め多くの疾患の原因となっており、その原因として遺伝的影響が想定されているが、DNA解析による研究結果はこれまで報告されていなかった。

本研究は、近距離で被爆した父親、非被爆者の母親とその子（二世）からなるトリオ3組のDNAを抽出し、新規発生突然変異を調べている。

解析の結果、DNAの一塩基の変化は捉えられたものの、放射線による変化として多い塩基の失欠等の大規模な構造異常は認められず、被爆二世には原爆放射線による遺伝的影響は認められないとするこれまでの結果に沿うものであったとする内容であった。

② 子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題について

日本学術会議の臨床医学委員会放射線防護・リスクマネジメント分科会がまとめた報告書について、神谷委員より放射線の健康への影響とリスク評価を中心に説明があった。

原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）は、福島原発事故を受けて、子どもの放射線被ばくによる健康影響について、放射線の人体影響の科学的知見や事故後の被ばく線量の推定値から、「将来のがん統計において事故による放射線被ばくに起因し得る有意な変化がみられるとは予測されない、また、先天性

異常や遺伝的影響はみられない。」という見解を示した。一方、甲状腺がんについては、最も高い被ばくを受けた子どもの集団について、理論上そのリスクが増加する可能性があるとしていることが紹介された。

放射線の甲状腺への影響については様々な議論があり、今後、被ばく線量と健康影響に関して検討が進められる予定のため、科学的なエビデンスを積み上げて評価する必要があるとの内容であった。

また、オックスフォードの小児がん研究において、妊娠中にX線診断を受けた母親から生まれた子どもの小児がんリスクが、被ばく線量 10mSv の低線量で 1.4 倍程度になることが報告されたが、システマティックレビュー（※注 31）では統計的な有意性が確認されていないなど、現時点では、低線量被曝による健康影響を結論付けるようなデータが得られていないため、今後も研究の経過を引き続き注視していくこととした。

【関連する情報提供シート】 ②-17

※注 31 システマティックレビュー

研究を網羅的に調査し、同質の研究をまとめ、バイアスを評価しながら分析・統合を行うこと。

(10) 第 10 回研究会（平成 31 年 3 月 29 日 14:00~16:00）

① 原子爆弾災害調査における放射線被曝と急性症状の発現

長崎大学 原爆後障害医療研究の資料収集保存・解析部 助教の横田 賢一氏を招聘し、発表があった。

旧長崎医科大学の調 来助教授が 1945 年に実施した原子爆弾災害調査の調査票が放射線影響研究所から移管されたため、調査票の記載内容を電子化し、原爆症と認識されている嘔吐、発熱、脱毛などの急性期症状をロジスティック回帰モデル（※注 32）により被曝線量との関連について再解析した。

その結果、ほとんどの症状が被曝線量との関連が認められ、特に脱毛と嘔吐は放射線被曝との関連が強いことが示唆されるとの内容であった。

委員からは、非常に低い線量でも脱毛の症状が出ており、放射線以外の影響も考えられるといった意見が出された。

また、本研究会での日米合同調査団報告書の分析においても、脱毛は近距離で高く、遠距離になると減少し、5 km までは少しではあるが見られた。しかしながら、全てが放射能との影響と判断するのは困難であるとの見解が紹介され、今回の解析においても、同じことが言えるのではないかとの意見であった。

【関連する情報提供シート】 ②-18

※注 32 ロジスティック回帰モデル

複数の変数間の関連を分析する多変量解析の一種であり、質的確率を予測する。

② 国際原子力労働者研究 (INWORKS)：長期低線量被曝の健康影響に関する知識を向上させるための共同疫学研究

本研究会で審議したフランス、英国及び米国3カ国の原子力産業労働者を対象とした長期間にわたる低線量被曝がもたらす固形癌の発症リスクを目的とした研究の第2編についての報告があった。

前回の研究で得られた知見として、長時間にわたる低線量率被曝の癌死亡のリスク上昇を報告していたが、今回の研究では、その知見が撤回されていることが報告された。

本研究会においても、0~200mSv以下の区間においては線量の直線性はあるが、コンフィデンスインターバル（信頼区間 ※注33）が大きすぎることから、統計的に有意ではないとの意見が出ていた。

今回の研究では、300mSv以下の低線量率被曝の癌死亡のリスク上昇について、データの不確定要素が大きいため有意とすることは訂正されたが、低線量域のERRは、全線量域のERRと同等であることが報告されており、低線量域の線量反応が完全にないと結論づけることも難しいとしている。

委員からは、被爆地拡大地域住民への健康影響を根拠づけるものとして、健康影響があるとは言えないが、非常に低いと否定はできないと考えることができなしかといった意見が出され、今後の論文により議論を深めることとなった。

【関連する情報提供シート】 ②-19

※注33 コンフィデンスインターバル（信頼区間）

区間推定において、ある確率（信頼係数）のもとで母数がある区間に含まれると推定された区間

（例：95%信頼区間 無作為抽出を100回繰り返し、その都度信頼区間を計算した場合、95回は信頼区間の中に母数が含まれること示す）

③ 小児CTスキャンによる癌のリスク：放射線防護についての意味づけ

EPI-C Tの最新の研究概要として、小児及び若年者の総患者数1,170,186人を対象とした小児CTスキャンによる癌リスクについて、ヨーロッパ9ヶ国の多国間コホート研究が紹介された。

被曝線量の再構築方法を統一し、個々の臓器線量の推定にはモンテ・カルロ方式（注34）によるファントム（注35）を用いて計算しており、基礎疾患の状態、子どもが属する社会経済的背景などの交絡因子についても種々のシミュレーションを行い、妥当な方法を検討していることが紹介され、今後の研究結果を待つこととなった。

【関連する情報提供シート】 ②-20

※注 34 モンテ・カルロ方式

シミュレーションや数値計算を、乱数を用いて行う手法の総称

※注 35 ファントム

人体模型

(11) 第11回研究会(令和2年3月23日 14:00~15:30)

① 小児期に低線量(<100mSv)の電離放射線に曝された人々の白血病および骨髄悪性腫瘍:9つの歴史コホート研究のプール分析

小児期に電離放射線により被曝した9つの異なるコホートをプール分析した論文が紹介された。その結果、急性骨髄性白血病と骨髄異形成症候群及び急性リンパ性白血病について、100mSv以下の低線量被曝で有意なリスクの上昇が認められ、慢性骨髄性白血病では、有意な上昇は認められなかったとの報告があった。

委員からは、観察開始期間が1915年から1979年と年代のばらつきがあり、平均曝露年齢が0.11歳から18.16歳までと年齢幅が広く、被曝した放射線の種類も違うことから、線量評価の正確性について慎重に判断する必要があるといった意見があった。また、コホートのうち3つは血管腫データ、1つはCT白血病罹患データであり、腫瘍性疾患を起こしやすい人が混ざっているのではとの意見があり、本研究が疫学的な研究として適切なものか、他のプール解析を十分に分析して評価する必要がある。

【関連する情報提供シート】 ②-21

② 長崎原爆被爆者におけるプルトニウム内部被曝のオートラジオグラフ分析

長崎大学 原爆後障害医療研究所 腫瘍・診断病理学研究分野の助教である七條和子氏を招聘し、発表があった。

この研究は、原爆で死亡した解剖標本中から放出される α 線の飛跡をオートラジオグラフィ(※注36)により可視化し、その α 粒子がプルトニウムによるものかどうかを調べたところ、爆心地から1km以内で被曝した7例にプルトニウム239による内部被曝が初めて確認されたとする内容であった。

委員からは、近距離での被曝で高い外部被曝線量に比べると吸収線量がかなり低いため、人体に大きな影響を与えるとは考えにくいですが、これまで爆心地付近では存在しないといわれていたプルトニウムが人体から確認されており、大変貴重な症例であるとの意見があった。

【関連する情報提供シート】 ②-22

※注 36 オートラジオグラフィ

放射線写真法やオートラジオグラムとも呼ばれ、分布している放射性物質から放出されるベータ線粒子やガンマ線から画像（オートラジオグラフ）を作成する手法

(12) 第12回研究会（令和3年3月25日 14:00～15:30）

① EPI-CT 研究：ヨーロッパ7ヶ国による統合型疫学研究における小児CTの放射線誘発がんリスクの定量化

95万人を対象としたヨーロッパにおける統合型疫学研究において、低線量のCT検査後の脳腫瘍と白血病によるSMR（※注37）が検査後の5年間で上昇し、5年後の期間においてやや低くなるものの、ベルギーとスウェーデン以外の全ての国で有意に上昇しているとの報告があった。

委員からは、SMRと被曝線量の詳細な関係が不明なことや調査対象集団そのものの死亡率が高いこと、また、高線量の内部被曝をしたチェルノブイリの小児甲状腺がんは5年以降で増加することや、原爆被爆者の固形がんは10年以上経過してから発症していることを考慮すると、5年以内で上昇しながらも5年以上で低下していることは、別の要因の可能性も考慮する必要があるといった意見が出された。

また、がん以外の疾患の増加も同じような傾向があり、調査対象集団とCT検査の関連性については慎重に判断すべきとの意見もあり、この論文の詳細な解析を注視することとした。

【関連する情報提供シート】 ②-23

※注37 SMR
標準化死亡比

(13) 第13回研究会（令和4年3月30日 14時～15時40分）

① EPI-CT study 論文の取扱いについて

EPI-CT studyの最終段階の論文が近々に出される予定のため、これをもって、本研究会の最終結論をまとめることを確認した。

② 韓国の若年集団における低線量電離放射線診断の被ばくと癌リスクの関連性

低線量の電離放射線診断の被ばくの有無による癌の発症頻度の比について、韓国のKNHIS(Korean National Health Insurance)を活用した1,200万人の大規模なコホート研究が紹介された。

被ばく群の癌発生の全体頻度（IRR）が非被ばく群より大きく、低線量放射線診断被ばくによる癌発生率の上昇を明らかにし、医療での放射線検査は慎重に判断すべきと提言していることが報告された。

また、CT検査後の1年、2年、5年後の観察期間において、2年目のIRRを

標準とした場合、1年と5年後のIRRの有意差が統計学的になく、5年後以降でIRRが有意に上昇しており、研究結果の信頼性が保たれていると説明があった。

一方、この研究の弱点として、CT検査をした理由が不明であり、逆因果関係の可能性を否定できないことが挙げられた。

委員からは、大人でも非常に長い潜伏期間をもって発症する骨髄異形成症候群が子どもにみつかっていることや、チェルノブイリの小児甲状腺癌は、事故後5年後位から上昇が認められること、また原爆被爆者の固形がんも10年から数十年の潜伏期があることを考慮すると、癌の潜伏期間として短いため、逆因果関係の排除が十分にできていないといった意見や、線量データがなく線量効果関係が得られていないため、明確にすべきとの意見があった。

【関連する情報提供シート】 ②-24

③ 低線量、高エネルギー被ばく集団の疫学調査における交絡と選択バイアスの評価

2006年のBEIRVII以降に報告された低線量被ばくによるがんリスクの研究について、リスクの大きさやバイアスによる結果の変化を評価した論文が紹介された。

各論文のバイアスの存在の可能性について評価し、潜在的なバイアスを伴うと判断された研究を取り除いたうえでメタ解析(Meta-analysis ※注38)を行い、ERRがどのようになるかを検討している。

固形がん、白血病のERRについて、多くの論文でポジティブであり、メタ解析では、100mGyでのERRは、成人被ばくの場合、固形がんが0.029、白血病が0.16、小児被ばくの場合、白血病が2.84で統計的に有意とする結果で、低線量被ばくによるがんリスクを示しており、原爆被爆者のがんリスクと整合性があると結論づけていることが報告された。

委員からは、原爆被爆者の0-125mSvの線量域におけるERRが0.74であり、大きく外れた値ではないとする一方、医療被ばくのような急性被ばくと原発等の労働者の職業被ばく、自然放射線が高い地域の住民の慢性被ばくのデータの線量率を勘案することなくプール解析しており、また論文の対象となった国や地域のがんの診断能力、発生頻度等のバイアスが考慮されていないため、慎重に評価する必要があるとの意見が出された。

【関連する情報提供シート】 ②-25

※注38 Meta-analysis

複数の研究結果を統合し、より信頼性の高い結果を求める統計解析手法

④ 低線量照射とがんに関する疫学研究：理論的根拠、論文の枠組、適切な研究の概要

上記③で紹介した研究と同じグループによる研究で、100mGy より小さい平均線量である疫学研究を選択し、個人線量と信頼区間を伴う線量反応推定を条件として 26 の研究を特定し、潜在バイアス（線量の不確定さ、交絡要因、結果の誤分類）を系統的にレビューした研究が紹介された。

環境放射線被曝、医療被曝、職業被曝の 3 つの分野に分け、大人と小児期曝露、固形がんと白血病に分類して評価し、正の ERR が多いことが報告された。

委員からは、小児期曝露の白血病で ERR が特異的に有意となっているのがイギリスの自然放射線グループとなっていることが挙げられ、チェルノブイリ居住者やスイスよりも高い原因として、土壌中のラドンによるものとの意見があったが、イギリスだけ特異的に高い理由については、詳細な論文の分析が必要との意見が出された。

【関連する情報提供シート】 ②-26

(14) 第 14 回研究会（令和 6 年 5 月 14 日 予定）

① 報告書について

これまで取り扱ってきた研究内容等の検討状況について、令和 5 年 3 月から事前協議を行い、報告書として取りまとめた。

※事前協議において、最新の EPI-CT 研究「小児、思春期、若年成人における CT 検査の放射線被曝による悪性腫瘍リスク」の論文が紹介され、血液悪性腫瘍のリスク上昇が報告された。

委員からは、被曝時の年齢について、放射線の感受性が強い低年齢層がよりリスクが高くなるのに対し、この研究では逆の結果となっていることや、原爆被爆者の白血病の発症が被爆後 2～5 年で上昇し、5～10 年でピークとなるのに対し、逆の結果になっていること、さらに CT 検査を行った理由が不明であり、因果の逆転が否定できないとの意見があった。【関連する情報提供シート】 ②-27

4 情報提供シート一覧

① 被曝線量に関するもの

番号	研究名称等	開催日	提出委員
1	長崎原爆残留放射能プルトニウム調査報告について (研究者) 松田尚樹	H26.10.7 (第3回)	松田
2	広島・長崎の原爆残留放射能の測定とフォールアウト (研究者) 静間清	H27.3.31 (第4回)	
3	広島および長崎の原爆における残留放射能強度測定報告書 Measurement of the residual radiation intensity at the Hiroshima and Nagasaki Atomic Bomb Sites NMR-160A, 16 April 1946 (研究者) Nello Pace Robert E. Smith	H27.9.28 (第5回)	朝長
4	被曝線量調査結果についてのまとめ (研究者) 松田尚樹	H28.3.30 (第6回)	松田

② 放射線の人体影響に関するもの

番号	研究名称等	開催日	提出委員
1	(1) 第 53&54 回原爆後障害研究会内容 (2) PubMed による 2013-2014 の「Atomic Bomb」に関する論文検索結果	H26.10.7 (第 3 回)	永山
2	広島被爆者の子供における白血病発生について (研究者) 鎌田 七男、他。 (ジャーナル名) 長崎医学会雑誌 87-247-250, 2012	H26.10.7 (第 3 回)	永山
3	原爆被爆者における動脈硬化に関する検討 (研究者) 三玉 康幸、井上 典子、吉良 さくらこ、藤原 佐枝子、他	H26.10.7 (第 3 回)	高村
4	長崎原爆被爆者に発生した骨髄異形成症候群の予後：予備的調査結果 (研究者) 松尾 真稔、岩永 正子、対馬 秀樹、波多 智子、近藤 久義、 宮崎 泰司	H26.10.7 (第 3 回)	三根
5	被爆二世における遺伝的影響研究のまとめと考察	H27.3.31 (第 4 回)	永山
6	放射線の低線量被曝による人体影響に関する学術報告の調査と解析 (研究者) 朝長 万左男	H27.3.31 (第 4 回)	朝長
7	被曝線量をモニターした原子力施設労働者 (INWORKS) における電離放射線と 白血病および悪性リンパ腫による死亡リスクの関連性についての国際コホート (母集団) 研究 Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS) : an international cohort study (研究者) K. Leuraud, D.B. Richardson, E. Cardis 他 (ジャーナル名) Lancet/Haematology 2: e276, 2015	H27.9.28 (第 5 回)	朝長
8	日米合同調査団報告書に見る急性症状 (研究者) 三根 真理子	H27.9.28 (第 5 回)	三根
9	職業放射線被曝の癌リスク：フランス、英国、米国の 3 カ国原子力施設労働者 の後方視的 (過去にさかのぼる) 国際研究 (INWORKS) (研究者) David B. Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D. Daniels 他 全 14 名 (研究費補助国) 米国疾病コントロール・予防センター、日本厚生労働、 AREVA (仏企業)、米国立労働安全・健康研究所、 英国エネルギー省および健康省 (データ管理) 国際癌研究機構 (IARC)	H28.3.30 (第 6 回)	朝長

番号	研究名称等	開催日	提出委員
10	<p>米国学士院 「低線量被曝による健康リスクに関する委員会」第7(2期)</p> <p>報告書 BEIR VII (Phase 2): Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation</p> <p>テーマ : 小児および胎児の放射線被曝による癌リスク</p> <p>1. 原爆放射線による胎内被曝</p> <p>2. 医学的放射線使用による胎内被曝</p> <p>(研究者) 朝長 万左男</p>	H28.9.29 (第7回)	朝長
11	<p>胎児及び若年被曝者における固形がん</p> <p>(研究者) 高村 昇</p>	H28.9.29 (第7回)	高村
12	<p>2015~2016 小児 CT スキャン論文の紹介および CT 癌リスクの検討</p> <p>(研究者)</p> <p>【論文1】フランス小児 CT 論文(1) (Journy ほか 2015)</p> <p>【論文2】フランス(1)に対するコメント (Muirhead ほか 2015)</p> <p>【論文3】同上 (Cardis, de Basea 2015)</p> <p>【論文4】ドイツ小児 CT 論文 (Krille ほか 2015)</p> <p>【論文5】EPI-CT 論文 (de Basea ほか 2015)</p> <p>【論文6】フランス小児 CT 論文(2) (Journy ほか 2016)</p>	H29.3.31 (第8回)	朝長
13	<p>原発労働者研究における pooling data の長所と短所</p> <p>(研究者) Maria Blettner</p>	H29.3.31 (第8回)	高村
14	<p>低線量放射線の健康リスクについて (高自然放射線地域の調査結果など)</p> <p>(研究者) 秋葉 澄伯</p>	H28.3.30 (第6回)	
15	<p>原爆被曝者追跡調査 (寿命調査:LSS) における低線量被曝リスクの評価</p> <p>(研究者) 小笹 晃太郎</p>	H28.9.29 (第7回)	
16	<p>爆心地近くで被ばくした被ばく者の子孫における新規一塩基変化 (新規突然変異) の検出</p> <p>(研究者) 吉浦 孝一郎</p>	H30.3.30 (第9回)	
17	<p>子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題</p> <p>(研究者) 神谷 研二</p>	H30.3.30 (第9回)	神谷
18	<p>原子爆弾災害調査における放射線被曝と急性症状の発現</p> <p>(研究者) 横田 賢一</p>	H31.3.29 (第10回)	
19	<p>国際原子力労働者研究 (INWORKS): 長期低線量被曝の健康影響に関する知識を向上させるための共同疫学研究</p> <p>The International Nuclear Workers Study (INWORKS): A Collaborative Epidemiological Study To Improve Knowledge About Health Effects Of Protracted Low-Dose Exposure</p> <p>(研究者) Dominique, Laurier, David B. Richardson, Elisabeth</p>	H31.3.29 (第10回)	朝長

	Cardis 他 (ジャーナル名) Radiation Protection Dosimetry (2017), Vol. 173, No. 1-3, pp. 21.25		
20	小児 CT スキャンによる癌のリスク：放射線防護にとっての意味づけ (研究者) Kesminiene A, Cardis E (ジャーナル名) Ann. ICRP 47: 113-114, 2018	H31.3.29 (第10回)	朝長
21	小児期に低線量 (<100mSv) の電離放射線に曝された人々の白血病および 骨髄悪性腫瘍：9つの歴史コホート研究のプール分析 Leukaemia and myeloid malignancy among people exposed to low doses (<100 mSv) of ionising radiation during childhood: a pooled analysis of nine historical cohort studies. (研究者) Little MP, Wakeford R, Borrego D 他 (ジャーナル名) The Lancet Hematology, 2018 Aug; 5(8)	R2.3.23 (第11回)	朝長 三根
22	長崎原爆被爆者におけるプルトニウム内部被曝のオートラジオグラフ分析 Autoradiographic analysis of internal plutonium radiation exposure in Nagasaki atomic bomb victims (研究者) 七條 和子、高辻 俊宏 他 (ジャーナル名) Heliyon 4 (2018) e00666.	R2.3.23 (第11回)	松田
23	コホート概要：EPI-CT研究：ヨーロッパ7ヶ国による統合型疫学研究に おける小児CTの放射線誘発がんリスクの定量化 Cohort Profile: the EPI-CT study: a European pooled epidemiological study to quantify the risk of radiation-induced cancer from paediatric CT (研究者) Marie-Odile Bernier, He´le`ne Baysson, 他 (ジャーナル名) International Journal of Epidemiology, 2019, 379- 381g	R3.3.25 (第12回)	朝長
24	韓国の若年集団における低線量電離放射線診断の被ばくと癌リスクの 関連性 Association of Exposure to Diagnostic Low-dose Ionizing Radiation with Risk of Cancer among Youth in South Korea (研究者) Jae-Young Hong 他 (ジャーナル名) JAMA Network Open, 2019 Sep. 2(9): e1910584	R4.3.30 (第13回)	朝長
25	低線量、高エネルギー被ばく集団の疫学調査における交絡と選択バイ アスの評価 Evaluation of Confounding and Selection Bias in Epidemiological Studies of Populations Exposed to Low-Dose, High-Energy Photon Radiation	R4.3.30 (第13回)	高村

	(研究者) Mary K. Schubauer-Berigan 他 (ジャーナル名) J Natl Cancer Inst Monogr (2020) 2020 (56): lgaa008		
26	低線量照射とがんに関する疫学研究：理論的根拠、論文の枠組、適切な研究の概要 Epidemiological Studies of Low-Dose Ionizing Radiation and Cancer: Rationale and Framework for the Monograph and Overview of Eligible Studies (研究者) Amy Berrington de Gonzalez, DPhil 他 (ジャーナル名) J Natl Cancer Inst Monogr (2020) 2020 (56): lgaa009	R4.3.30 (第13回)	三根
27	小児、青年および若年成人におけるCT放射線被曝による血液悪性腫瘍のリスク Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults (研究者) Magda Bosch de Basea Gomez 他 (ジャーナル名) Nature Medicine Volume29 December2023 3111-3119	R6.2.20 R6.4.15 (事前協議)	朝長