

「電離放射線障害の業務上外に関する検討会」報告書

前立腺がんと放射線被ばくに関する医学的知見について

令和4年6月

「電離放射線障害の業務上外に関する検討会」 参集者名簿

○：座長

氏名	所属・役職・専門
○ あかし まこと 明石 真言	東京医療保健大学 教授 放射線被ばく医療と生化学, 血液学
あかはね けいいち 赤羽 恵一	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 人材育成センター 教務課 研究統括 放射線防護学
いくた ゆうこ 生田 優子	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力人材育成センター 技術主席 放射線防護学
いのくち こういち 猪口 孝一	日本医科大学 名誉教授 血液内科学
うちやま まゆき 内山 真幸	東京慈恵会医科大学放射線医学講座 教授 放射線科学
そぶえ ともたか 祖父江 友孝	大阪大学大学院医学系研究科 社会環境医学講座環境医学 教授 がん疫学

(五十音順)

前立腺がんと放射線被ばくに関する医学的知見について

第1 「原子放射線の影響に関する国連科学委員会報告書」における前立腺がんの記載及び最近の文献のレビュー結果

放射線被ばくによるがんについては、これまで種々の医学文献が存在し、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）」が、これらの医学文献について前立腺がんを含め部位別に広範なレビューを行い、その結果を2006年報告書に記載している。

また、2019年報告書において放射線被ばくによる固形がんの罹患率と死亡率に関する疫学文献のレビュー結果を記載している。

「電離放射線障害の業務上外に関する検討会」では、その内容を妥当と判断した。さらに、2006年以降の最近の医学文献のレビューを行った。

1 UNSCEAR2006年報告書における前立腺がんの要約

UNSCEAR 2006年報告書における、前立腺がん死亡についての最新の原爆被爆生存者の寿命調査（LSS）報告では、線量推定値が5mGy以上のコホートの男性19,992人のうち、前立腺がんによる死亡が53人含まれている。前立腺がんの単位線量当たりの過剰相対リスク（ERR）の推定値は0.21（90%信頼区間（CI）： $<-0.3, 0.96$ ） Gy^{-1} である。罹患率データと同様、放射線被ばくによる前立腺がん死亡リスクの統計学的に有意な増加を示す証拠はない。単位線量当たりのERRの点推定値は、LSSの男性におけるすべての固形がんの死亡ERRの約半分であるが、両推定値の不確実性が高いため、前立腺がんのERRが全固形がんのERRよりも有意に低いという証拠はないとしている。

要約として、放射線被ばくによる前立腺がんリスクへの影響を示すものはほとんどない。比較的長期で大規模なコホート追跡調査にもかかわらず、日本人全体における前立腺がん罹患率が低いことと、原爆被爆生存者の平均線量が比較的低いことから、原爆被爆生存者に関する研究の検出力はある程度制限されている。英国の強直性脊椎炎の研究においても、前立腺がん死亡に対する単位線量当たりのERRの推定値がLSSと同様に、統計学的に有意な結果は得られていない。放射線治療を受けた人を対象とした職業コホートの研究では、外部または内部の放射線被ばくが前立腺がんのリスクを高めることを示すものはほとんどないとしている。

2 前立腺がんに関する最近の文献のレビュー

米国国立医学図書館 (National Library of Medicine) が運営する文献検索システム PubMed を用い、放射線誘発腫瘍/疫学 (neoplasms, radiation induced/epidemiology”[MeSH Terms]) , 放射線誘発腫瘍/二次性・続発性 (neoplasms, radiation induced/secondary”[MeSH Terms]) , 前立腺 (prostat[All Fields], prostate[MeSH Terms] , prostate[All Fields] , prostates[All Fields] , prostatic[All Fields] , prostatism[MeSH Terms] , prostatism[All Fields]) , 前立腺炎 (prostatitis”[MeSH Terms] , prostatitis”[All Fields]), 癌腫 (carcinoma[MeSH Terms] , carcinoma[All Fields] , carcinomas[All Fields] , carcinoma s[All Fields]), 前立腺腫瘍 (prostatic neoplasms[MeSH Terms], prostatic[All Fields], neoplasms[All Fields], prostatic neoplasms[All Fields]), 前立腺がん (“prostatic”[All Fields] , cancer”[All Fields]) , (prostatic cancer[All Fields]), 大人 (adult[MeSH Terms]) の用語を使用し、以下の条件 (“neoplasms, radiation induced/epidemiology”[MeSH Terms] OR “neoplasms, radiation induced/secondary”[MeSH Terms]) AND (((“prostat”[All Fields] OR “prostate”[MeSH Terms] OR “prostate”[All Fields] OR “prostates”[All Fields] OR “prostatic”[All Fields] OR “prostatism”[MeSH Terms] OR “prostatism”[All Fields] OR “prostatitis”[MeSH Terms] OR “prostatitis”[All Fields]) AND (“carcinoma”[MeSH Terms] OR “carcinoma”[All Fields] OR “carcinomas”[All Fields] OR “carcinoma s”[All Fields])) OR (“prostatic neoplasms”[MeSH Terms] OR (“prostatic”[All Fields] AND “neoplasms”[All Fields]) OR “prostatic neoplasms”[All Fields] OR (“prostatic”[All Fields] AND “cancer”[All Fields]) OR “prostatic cancer”[All Fields])) AND “adult”[MeSH Terms])により、2006年(平成18年)以降の文献を令和3年5月に検索した。

上記検索によって抽出された文献のうち、以下の条件のいずれかに該当する文献を除外した結果、2編の文献(文献No2, 3)が得られた。

- A) 電離放射線のリスクを評価していない文献
- B) 小児期の被ばく影響を評価した文献
- C) 内部被ばくを対象とした文献
- D) エコロジカル研究を実施した文献

さらに、以下に示す資料及び INWORKS (the International Nuclear Workers Study) コホート研究に関する報告を確認し、原爆被爆者や放射線

作業者のコホート研究などの文献3編（文献No1, 4, 5）を得た。

資料名	備考
Health Physics	米国保健物理学会誌
Radiation Research	米国放射線影響学会誌
Journal of Radiological Protection	英国放射線防護学会誌
Radiation Protection Dosimetry	英国の線量評価と放射線防護に関する専門誌
British Medical Journal	英国の医学論文雑誌
Lancet	
Radiation and Environmental Biophysics	生物物理学に関する学術雑誌
寿命調査報告書シリーズ及び放影研報告書シリーズ	放射線影響研究所の発行する報告書
放射線疫学調査報告書	放射線影響協会による疫学調査報告書
保健物理	日本保健物理学会誌
Journal of Radiation Research	日本放射線影響学会誌
Isotope News	日本アイソトープ協会刊行物

その他、本検討会として重要と考える文献1編（文献No6）を追加し、合計6編の文献を対象としてレビューした（以下、対象とした文献を「個別文献」という）。

放射線被ばくと前立腺がんに関する疫学調査は、

- ① 原爆被爆者を対象とした疫学調査
- ② 放射線作業者を対象とした疫学調査
- ③ その他

に大別される。

上記文献の概要を以下に示す。

なお、今回レビューした前立腺がんに関する文献一覧を別添1に、各文献の概要を別添2に示す。

(1) 原爆被爆者を対象とした疫学調査

文献No.1 原爆被爆者の死亡率の研究, 第14報, 1950-2003: がんおよび非がん性疾患の概要 (Ozasa ら, 2012年)

LSS コホート第14報では、追跡期間を1950～2003年として、DS02に基づく線量評価を行った LSS コホート構成員 86,611人を対象としている。コホートの58%が1950～2003年の期間に死亡し、前回の第13報から追跡調査期間を6年間延長したことによって、がんによる死亡は17%増加した。特に、被ばく時年齢が10歳未満の場合に多く

の情報が得られた（死亡が 58%増加）。本調査では、ポアソン回帰法を用いて、放射線関連リスクの大きさ、線量反応の形状、性別、被ばく時年齢、到達年齢による影響修飾（effect modification）について考察している。

全死亡のリスクについて、放射線量との正の関連性が示された。重要な点として、固形がんについては付加的な放射線リスク（すなわち 1 万人年 Gy 当たりの過剰がん件数）が、生涯にわたり線形線量反応関係に従って増加を続けているということがあげられる。

全固形がんについて、被ばく時年齢 30 歳で 到達年齢 70 歳での男女平均の過剰相対リスク（ERR）は、直線モデルに基づいて 0.42/Gy（95% 信頼区間（CI）：0.32, 0.53）と評価された。また、被ばく時年齢が 10 歳若くなるにつれてリスクは約 29%増加した（95% CI: 17%, 41%）。全固形がんについて、ERR が有意となる最低線量域は 0～0.20Gy と評価され、通常の線量しきい値解析ではしきい値は認められなかった。すなわち、しきい値の最良の推定値はゼロ線量であった。

前立腺がん死亡は 130 例観察されたが、前立腺がん死亡と放射線被ばくとの関連について、有意な増加は示さなかった。前立腺がんは、膀胱および子宮頸部のがんと同様に、放射線の統計学的に有意なリスクは確認されなかった。

前立腺がんは男性 130 例が報告され、ERR/Gy は 0.33（95%CI: NA¹, 1.2）であった。

文献 No. 2 原爆被爆生存者における前立腺がんの罹患リスク（1958-2009） （Mabuchi ら, 2021）

原爆生存者の寿命調査（LSS）固形がん罹患率研究の一環として、45 歳以上でかつ被ばく線量が判明している LSS 男性対象者 41,554 人（成人健康調査（AHS）対象者 8,140 人を含む）の部分集団を対象に、前立腺がん罹患率に関する 1958～2009 年までの追跡調査が実施された。

ポアソン回帰モデルを用いて、膀胱の吸収線量から過剰相対リスク（ERR）が推定された。このモデルでは、放射線量、都市、到達年齢、被ばく時年齢、出生年、およびその他の因子の関数としている。人年は、AHS コホートから得た都市、性別、年齢、期間毎の転出入率の推定値から算出した、管轄区域内からの移住割合で調整した。

日本では近年、前立腺がんの検査がより広範に行われていることに

¹ NA: not available（該当なし）

より、2007年の前回の報告（Preston ら. Rad Res）から11年の追跡延長したことで、本研究の前立腺がん発症数は倍増している。前立腺がん罹患数 851 例から、有意な線形の線量反応が認められ、推定された ERR/Gy は 0.57（95%信頼区間(CI)：0.21, 1.00）であった。

観察症例の約5%に当たる40例が、原爆による放射線被ばくに起因すると推定された。被ばく時年齢の増加に従った ERR の低下が示唆された（ $p=0.09$ ）一方で、ベースラインの前立腺がんリスクに対する喫煙、飲酒、肥満度指数の影響は示唆されなかった。本研究で観察された線量反応は、原爆生存者の前立腺がん罹患リスクに対する放射線影響についての関連を確認したものと結論している。

文献 No. 3 長崎原爆被爆者における前立腺がん罹患の放射線影響 (Kondo ら, 2013)

長崎の原爆被爆者の男性における原爆放射線と前立腺がんの罹患率が評価された。1996年時点で生存していた約18,400人において、1996年から2009年の間に631例の前立腺がんが確認された。対象者は、爆心地からの距離で、近位グループ (<2 km)、遠位グループ (≥ 2 km)、初期入市グループ（爆発後2週間以内に爆心地から2km圏内に立ち入った人）に分類された。コックス比例ハザードモデルを用いて前立腺がんの罹患リスクを推定した。原爆投下時の年齢、到達年齢、喫煙状況、飲酒量で調整している。なお、本研究では線量反応関係について評価していない。

近位グループは遠位グループに比べ、全ての前立腺がんおよび限局性前立腺がんのリスクが有意に高く、近距離生存者の調整後相対リスク (RR) は、全前立腺がんで 1.51 (95%信頼区間(CI)：1.21, 1.89)、限局性前立腺がんで 1.80 (95%CI：1.26, 2.57)、高悪性度前立腺がんで 1.88 (95%CI：1.20, 2.94) であった。進行性前立腺がんのリスクは統計学的に有意ではなく、調整後 RR は 1.05 (95%CI; 0.65, 1.69) であった。前立腺がんの罹患率は、被爆時の年齢が高くなるにつれて有意に減少した。

結論として長崎の原爆を近距離で被爆した生存者は、遠距離で被爆した生存者や早期に長崎市に入った被爆者と比較して、前立腺がん、特に限局性および高悪性度の前立腺がんのリスクが高いと示唆された。

(2)放射線作業者を対象とした疫学調査

文献 No. 4 電離放射線被ばく後の固形がん死亡率：労働者のコホート研究

(INWORKS) (Richardson ら, 2018)

仏英米 3 カ国の原子力産業従事者のプール解析で、フランス AREVA NC 社、フランス電力公社、英国国家放射線従事者登録、米国原子力委員会、米国エネルギー省、米国国防総省に含まれる原子力従事者の 308,297 人がコホートとなり、総観察人年は 820 万人年であった。潜伏期間を 10 年と仮定し、最尤ポアソン回帰モデルと階層ベイズモデルを用いて、放射線と死亡率との関連が評価された。内部被ばく線量は被ばく線量に加算せず、層別化因子として扱っている。

固形がんによる死亡 17,957 件で、前立腺がんは 1,685 例みられた。前立腺がんのリスク評価に用いた男性の膀胱の推定累積線量の平均値は、23.4 mGy であった。国、暦年、年齢、性別によって調整されており、社会経済的状態（職位に基づく管理者、技術者、事務職員、熟練労働者、未熟練労働者、不詳）を加えた調整についても補足的な解析が行われた。喫煙による調整は実施されていない。

最尤法で得られた前立腺がんの単位線量当たりの過剰相対リスク (ERR/Gy) は -0.11 (90%信頼区間(CI) : -0.71, 0.67) と負の点推定値となった。一方で、階層ベイズモデルで得られた ERR/Gy は 0.25 (90% CI; -0.38, 0.87) と正の点推定値を示したが、いずれも統計学的に有意なリスクは示されなかった。

文献 No. 5 低線量放射線による人体への影響に関する疫学的死亡リスク調査：原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書（平成 27 年 3 月）
（放射線影響協会，平成 27 年 3 月）

日本の原子力関連作業従事者のコホート 20 万人を対象として、1990 年から 2014 年 3 月末までの生死調査に基づき、ポアソン回帰分析を適用して固形がん死亡率が調査された。対象集団の平均年齢は 55.6 歳、平均累積被ばく線量は 13.8mSv、平均観察期間は 14.2 年であった。

前立腺がんは 192 例が報告され、標準化死亡比 (SMR) は 0.88 (95% CI: 0.76, 1.01) であった。累積被ばく線量群ごとの O/E 比が算出され、5mSv 未満で 128 例、O/E 比=0.97 (95%CI: 0.81, 1.16) , 5mSv-10mSv 未満で 17 例、O/E 比 1.07 (95%CI: 0.62, 1.71) , 10mSv-20mSv 未満で 16 例、O/E 比=1.02 (95%CI: 0.58, 1.65) , 20mSv-50mSv 未満で 16 例、O/E 比=0.98 (95%CI: 0.56, 1.58) , 50mSv-100mSv 未満で 9 例、O/E 比 =1.13 (95%CI: 0.52, 2.14) , 100mSv 以上で 6 例、O/E 比=1.42 (95%CI: 0.52, 3.1) , ERR%/10mSv=2.62 (90%CI: -2.81, 8.04) と、いずれも統計学的に有意なリスクは見られなかった。潜伏期間は 10 年が仮定された。

文献 No. 6 米国の 8 回の大気圏核兵器実験シリーズ関連退役軍人の死亡率研究 (Boice ら, 2020)

1945～1962 年に米国が実施した 8 件の大気圏内核実験シリーズへの参加者 114,270 人を対象に、1945 年から 2010 年までの最大 65 年間、生存状況を追跡調査し、各要因の死亡率を解析した。総観察人年は 5,371,110 人年、平均追跡調査期間は 47.0 年であった。

ポアソン回帰分析を用いて標準化死亡比 (SMR) を評価した。また、コックス比例ハザードモデルを用いて、特定のがんおよび非がん死亡の各線量カテゴリのハザード比 (HR) を評価し、コホート内比較によって 100mGy 当たりの過剰相対リスク (ERR) を推定した。出生年、核実験場、軍の給与等級 (下士官兵/士官) で調整し、固形がんの潜伏期間として 10 年を仮定している。給与等級は、社会経済的状況 (SES) の代替尺度としている。

前立腺がんの SMR は、死亡数 1977 例から 1.13 (95%信頼区間(CI) : 1.08, 1.18) と、統計学的に有意に高かった。しかし、コホート内での線量反応分析の結果は、統計学的に有意な線量反応関係は認められなかった。

前立腺がんは高齢男性に多い疾患であり、特にスクリーニングの影響を受けやすいとされている。本研究では、退役軍人は一般集団と比較して医療やスクリーニングを受ける機会が多く、そのことがこれらの退役軍人が追跡されている暦年の間の前立腺がんの適切な診断につながったと推測している。

第 2 前立腺がんに関する文献レビュー結果のまとめ

1 被ばく線量に関するまとめ

UNSCEAR2006 年報告書では、放射線被ばくと前立腺がんについて直線の線量反応関係が指摘されており、前立腺がんの罹患・死亡が統計学的に有意に増加する最小被ばく線量についての知見は得られなかった。

個別文献においても、放射線被ばくと前立腺がんに関する線量反応関係について直線関係以外の記載はなく、最小被ばく線量を示す知見は得られなかった。

なお、個別文献において、死亡率を評価する研究では統計学的に有意に高いリスクは確認されていないが、前立腺がんの罹患率を評価した文献 No. 2 (Mabuchi ら, 2021) では、統計学的に有意に高いリスクが評価されている。

2 潜伏期間に関するまとめ

UNSCEAR2006年報告書には、前立腺がんの潜伏期間について特段の記載は見られない。

今回検討の対象とした6編の個別文献においても、前立腺がんの最小潜伏期間について記載されたものはない。

第3 全固形がんに関する UNSCEAR 等の知見

前立腺がんに限定した文献レビュー結果では、前立腺がんの罹患・死亡が統計学的に有意に増加する最小被ばく線量及び前立腺がんの最小潜伏期間に関する報告は得られなかったことから、統計的検出力の高い全固形がんに関する解析に着目してリスクが有意に増加する被ばく線量及び潜伏期間を確認する必要がある。

放射線被ばくと全固形がんの関連については、UNSCEAR や、UNSCEAR 等の種々の知見に基づいて放射線防護に関する勧告を行っている国際放射線防護委員会 (ICRP) が系統的なレビューを行っている。UNSCEAR 及び ICRP は、これらのレビューを踏まえ、数年ごとに報告書を取りまとめており、その報告内容が全固形がんの情報として最も重要である。

一方、国内では、日本の食品安全委員会が行った食品中に含まれる放射性物質に係る食品健康影響評価 (2011年10月。以下「食品安全委員会の評価結果」という。)において、疫学調査の系統的なレビューが行われていることから、その結果も参考となると考えられる。

これらを整理すると以下のとおりとなる。

1 全固形がんの最小被ばく線量

UNSCEAR は、2006年に放射線発がんの疫学に関する報告書をまとめるとともに、2010年には低線量放射線の健康影響に関して、それまでの報告書の内容を要約したものを発表している。これによれば、固形がんについて「100 から 200mGy 以上において、統計的に有意なリスクの上昇が観察される。」と述べている。

なお、2019年報告書において、放射線被ばくによる固形がんの罹患率又は死亡率についての疫学文献のレビュー結果がまとめられているが、最小被ばく線量に係る記載はなかった。

ICRP は、2007年勧告で「がんリスクの推定に用いる疫学的研究方法は、およそ100mSvまでの線量範囲でのがんのリスクを直接明らかにする力を持たないという一般的な合意がある。」としている。

一方、2011年の日本の食品安全委員会の評価結果では、多数の疫学調査を検討した上で、「食品安全委員会が検討した範囲においては、放射線による影響が見いだされているのは、通常の一般生活において受ける放射線量を除いた生涯における累積の実効線量として、おおよそ100mSv以上と判断した。」「100mSv未満の線量における放射線の健康影響については、疫学研究で健康影響がみられたとの報告はあるが、信頼のおけるデータと判断することは困難であった。種々の要因により、低線量の放射線による健康影響を疫学調査で検証し得ていない可能性を否定することもできず、追加の累積線量として100mSv未満の健康影響について言及することは現在得られている知見からは困難であった。」とされている。

2 全固形がんの最小潜伏期間

UNSCEAR2006年報告書では、「固形がんについては、治療で照射された多くの集団において被ばく後5年から10年の間に過剰リスクがはっきり現れる。」とされている。

なお、UNSCEAR2019年報告書において、放射線被ばくによる固形がんの罹患率又は死亡率についての疫学文献のレビュー結果がまとめられているが、最小潜伏期間に係る記載はなかった。

また、ICRPの1990年勧告(Publication 60)では、「ヒトでは放射線被ばくとがんの認知とのあいだの期間は多くの年月にわたって続く。この期間は潜伏期と呼ばれる。潜伏期の中央値は誘発白血病の場合約8年、乳がんや肺がんのような多くの誘発固形がんの場合はその2倍から3倍のようである。最小潜伏期は、被ばく後に特定の放射線誘発がんの発生がわかっているかまたは起こったと信じられる最短の期間である。この最小潜伏期は、急性骨髄性白血病については約2年であり、他のがんについては5から10年のオーダーである。」とされている。

第4 前立腺がんのリスク要因

がんは年齢とともにリスクが高まり、主な原因として生活習慣や慢性感染があるが、前立腺がんのリスク要因についてはほとんど知られていない。^(注1~2) 前立腺がんのリスクに大きな地域差があることを説明するには、遺伝的素因が何らかの役割を果たしている一方、他の要因も重要であることが移住や家族の研究(migration and family studies)で示唆されている。食事の要因、特に体脂肪のレベルと性ホルモンのレベルがリスク要因として疑われている。

(注) 参考文献

1. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol.1-121, 1987-2019. Lyon, France.
2. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Pancreatic Cancer: Pancreatic Cancer 2012 Report. Washington, DC: AICR 2012.

第5 結論

今回検討した文献によれば、前立腺がんと放射線被ばくに関する現時点の医学的知見について、以下のとおり取りまとめることができる。

1 被ばく線量について

UNSCEAR2006 年報告書では、放射線被ばくと前立腺がんについて直線の線量反応関係が指摘されており、前立腺がんの罹患・死亡が統計学的に有意に増加する最小被ばく線量についての知見は得られなかった。

個別文献においても、放射線被ばくと前立腺がんに関する線量反応関係について直線関係以外の記載はなく、最小被ばく線量を示す知見は得られなかった。

前立腺がんを含む全固形がんを対象とした UNSCEAR 等の知見では、被ばく線量が 100 から 200mSv 以上において統計的に有意なリスクの上昇は認められるものの、がんリスクの推定に用いる疫学的研究方法はおよそ、100mSv までの線量範囲でのがんのリスクを直接明らかにする力を持たないとされている。

2 潜伏期間について

UNSCEAR 等の知見では、全固形がんの最小潜伏期間について、5年から10年としている。

前立腺がんに関する個別文献では、最小潜伏期間について記載されたものはない。

3 放射線被ばく以外のリスク要因

前立腺がんのリスク要因についてはほとんど知られていないが、大きな地域差があることから、遺伝的素因、食事の要因（特に体脂肪のレベル、性ホルモンのレベル）がリスク要因として疑われている。

前立腺がんに関する文献一覧

1. Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A., Kasagi, F., Soda, M., Grant, E. J., Sakata, R., Sugiyama, H. and Kodama, K. (2012). "Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases." *Radiation research* 177(3): 229-243.
2. Mabuchi, K., Preston, D. L., Brenner, A. V., Sugiyama, H., Utada, M., Sakata, R., Sadakane, A., Grant, E. J., French, B., Cahoon, E. K. and Ozasa, K. (2021). "Risk of Prostate Cancer Incidence among Atomic Bomb Survivors: 1958-2009." *Radiation research* 195(1): 66-76.
3. Kondo, H., Soda, M., Mine, M. and Yokota, K. (2013). "Effects of radiation on the incidence of prostate cancer among Nagasaki atomic bomb survivors." *Cancer science* 104(10): 1368-1371.
4. Richardson, D. B., Cardis, E., Daniels, R. D., Gillies, M., Haylock, R., Leuraud, K., Laurier, D., Moissonnier, M., Schubauer-Berigan, M. K., Thierry-Chef, I. and Kesminiene, A. (2018). "Site-specific Solid Cancer Mortality After Exposure to Ionizing Radiation: A Cohort Study of Workers (INWORKS)." *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 29(1): 31-40.
5. 公益財団法人 放射線影響協会（平成 27 年 3 月）.低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査:原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書.
6. Boice, J. D., Cohen, S. S., Mumma, M. T., Chen, H., Golden, A. P., Beck, H. L. and Till, J. E. (2020). "Mortality among U.S. military participants at eight aboveground nuclear weapons test series." *International journal of radiation biology*: 1-22.

前立腺がんに関する疫学調査の概要

原爆被爆者を対象とした疫学調査

番号	報告者	報告年	対象	調査方法	対象者等	結果の概要	線量に関する情報	潜伏期間に関する情報	備考
1	Ozasa ら	2012	原爆被爆者	コホート	LSS 構成員 86,611 人	ERR/Gy=0.33(95%CI: NA, 1.29)	なし	なし	死亡率の解析
2	Mabuchi ら	2021	原爆被爆者	コホート	LSS 男性対象者 41,554 人	ERR/Gy=0.57(95%CI: 0.21, 1.00)	なし	なし	罹患率の解析 都市, 性別, 年齢, 移住割合 で調整
3	Kondo ら	2013	原爆被爆者(長崎)	コホート	長崎の原爆被爆 男性 約 18,400 人	全前立腺がん で RR=1.51 (95%CI: 1.21, 1.89)	なし	なし	罹患率の解析

放射線作業者を対象とした疫学調査

番号	報告者	報告年	対象	調査方法	対象者等	結果の概要	線量に関する情報	潜伏期間に関する情報	備考
4	Richardson ら	2018	仏英米原子力従事者	コホート (プール)	INWORKS コホート 308,297 人	ERR/Gy(最尤法)= -0.11(90%CI: -0.71, 0.67), ERR/Gy(ベイズ推定)= 0.25(90%CI ; -0.38, 0.87)	なし	10 年仮定	国, 暦年, 年齢, 性別で調整
5	放射線影響協会	2015	日本の原子力作業従事者	コホート	放射線従事者中央登録センター の 204,103 人	SMR=0.88(95%CI: 0.76, 1.01)	なし	10 年仮定	
6	Boice ら	2020	米国退役軍人	コホート	大気圏内核実験参加者 114,270 人	SMR=1.13(95%CI:1.08,1.18)	なし	10 年仮定	出生年, 核実験場, 軍の給与 等級で調整