

「電離放射線障害の業務上外に関する検討会」報告書

精巣腫瘍（精巣がん）と放射線被ばくに関する
医学的知見について

令和5年5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 副センター長 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)

精巣腫瘍（精巣がん）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」における精巣腫瘍（精巣がん）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年報告書における精巣腫瘍（精巣がん）の要約

UNSCEARは、医学的文献を部位別に広範なレビューを行っているが、精巣腫瘍（精巣がん）については部位別のレビューは行われていない。

2 精巣腫瘍（精巣がん）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、

ヒト（"humans"[MeSH Terms]）、精巣腫瘍（"testicular neoplasms"[MeSH Terms]）、放射線（"radiation"[MeSH Terms]）、疫学（"epidemiologies"[All Fields]、"epidemiology"[MeSH Subheading]、"epidemiology"[All Fields]、"epidemiology"[MeSH Terms]、"epidemiology s"[All Fields]）、非電離放射線（"radiation, nonionizing"[MeSH Terms]）、放射線誘発腫瘍/疫学（"neoplasms, radiation induced/epidemiology"[MeSH Terms]）、放射線誘発腫瘍/二次的（"neoplasms, radiation induced/secondary"[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 "Testicular Neoplasms"[MeSH Terms])

及び

"humans"[MeSH Terms] AND "Testicular Neoplasms"[MeSH Terms] AND "radiation"[MeSH Terms] AND ("epidemiologies"[All Fields] OR "epidemiology"[MeSH Subheading] OR "epidemiology"[All Fields] OR "epidemiology"[MeSH Terms] OR "epidemiology s"[All Fields])) NOT "radiatio

n, nonionizing”[MeSH Terms]

により、2006年(平成18年)以降の文献を令和4年11月に検索した。

上記検索によって抽出された文献のうち、電離放射線のリスクを評価していない文献、小児期の被ばく影響を評価した文献、ラドン等による内部被ばくを対象とした文献、エコロジカル研究を実施した文献、査読のある独自の研究を実施した学術論文以外のレビュー文献を除外した結果、1編の文献(文献No1)が得られた。

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は得られなかった。

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 Lancet	英国の医学論文雑誌
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 Protection and Research	韓国放射線防護協会、日本保健物理学会、及びオーストラリア放射線防護協会の公式共同出版学術誌
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

合計1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。)

放射線被ばくと精巣腫瘍(精巣がん)に関する疫学調査は、

- ① 放射線作業者を対象とした疫学調査

② その他

に大別される。

上記文献の概要を以下に示す。

なお、今回レビューした精巣腫瘍（精巣がん）に関する文献一覧を別添 1 に、文献の概要を別添 2 に示す。

(1) 放射線作業者を対象とした疫学調査

文献 No. 1 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、ポアソン回帰に基づく最尤法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。精巣がんと胃がんは、潜伏期間は 10 年より 5 年の方が適合した。

分析対象は固形がん起因する死亡 17,957 件で、精巣がんは 48 例みられた。精巣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。

最尤法で得られた精巣がんの ERR/Gy は 32.55 (90%信頼区間 (CI) : 4.48, 105.70) と統計学的に有意であったが、階層ベイズモデルで得られた ERR/Gy では 0.85 (90%信用区間 (CrI) ; -0.33, 2.14) と統計学的に有意なリスクは示されなかった。

推定値の安定化を目的とした階層ベイズモデルを用いた場合、頻度の高い部位のがんでは影響は少なかったが、頻度の低い部位のがんでは極端な推定値とはならない傾向がみられた。

第 2 精巣腫瘍（精巣がん）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 年報告書には精巣腫瘍（精巣がん）を対象とした部位別レビューがないため、精巣腫瘍（精巣がん）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関する知見は得られなかった。

個別文献においても、放射線被ばくと精巣腫瘍（精巣がん）に関して最小被ばく線量を示す知見は得られなかった。

2 潜伏期間に関するまとめ

UNSCEAR2006年報告書には、精巣腫瘍（精巣がん）の潜伏期間について特段の記載は見られない。

個別文献においても、精巣腫瘍（精巣がん）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

精巣腫瘍（精巣がん）に限定した文献レビュー結果では、精巣腫瘍（精巣がん）の罹患・死亡が統計的に有意に増加する最小被ばく線量及び精巣腫瘍（精巣がん）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をまとめているが、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、乳がんと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 精巣腫瘍 (精巣がん) 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^(注1~2)が精巣腫瘍 (精巣がん) のリスク要因として、精巣腫瘍の家族歴、停留精巣、反対側の精巣腫瘍の既往があり、不妊症・精液検査異常もリスクになると示されている。また、早産・低体重児・未熟児、牛乳・チーズの摂取、高身長なども危険因子の可能性があると示されている。^(注3)

(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.
3. 日本癌治療学会がん診療ガイドライン (<http://www.jsco-cpg.jp/>) より、精巣腫瘍の「危険因子」について記載されている個所を参照した（参照時期：令和5年5月）。

第5 結論

今回検討した文献によれば、精巣腫瘍（精巣がん）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、精巣腫瘍（精巣がん）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、最小被ばく線量を示す知見は得られなかった。

精巣腫瘍（精巣がん）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。

精巣腫瘍（精巣がん）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

精巣腫瘍（精巣がん）のリスク要因として、精巣腫瘍の家族歴、停留精巣、反対側の精巣腫瘍の既往があり、不妊症・精液検査異常もリスクになると示されている。また、早産・低体重児・未熟児、牛乳・チーズの摂取、高身長なども危険因子の可能性があると示されている。

精巣腫瘍（精巣がん）に関する文献一覧

1. 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.

精巣腫瘍（精巣がん）に関する疫学調査の概要

1 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
1	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)= 32.55 (90%CI: 4.48, 105.70), ERR/Gy(階層ベイズモデル)= 0.85 (90 % CrI ; -0.33, 2.14) (死亡リスク)	平均累積線量 (膀胱) :23.4 mGy(男性)	10 年仮定 (精巣がんの潜伏期間は 10 年より 5 年の方が適 合)	国、暦年、年齢、性別で 調整。