

肺がんと放射線被ばくに関する医学的知見について

I. 肺がんに関する文献レビュー結果

1. 原爆被ばく者を対象とした疫学調査

文献 No.765

Preston. D. L., Ron. E, Tokuoka S., Funamoto. S, Nishi. N, Soda, M, Mabuchi. K, Kodama. K

Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors

RADIATION RESEARCH 168, 1-64 (2007 年)

広島、長崎の原爆被ばく者のうち、1958 年時点で生存しており、それ以前にがん罹患がなく、DSO2 に基づいて個人線量が推定されている中で 1958 年から 1998 年までに診断された第一原発がん 17,448 例の解析を実施したコホート研究。

男性 1,040,278 人年、女性 1,724,452 人年の計 2,764,730 人年 (105,427 人) について、1958 年から 1998 年 12 月末までを追跡期間とした。追跡率は 99%。

解析にあたっては、ERR と EAR モデルを用い、各モデルの変化、そして両モデル間の差違の変化を BEIR VII モデルで解析。

解析結果は以下のとおり。

1) 寿命調査集団では、結腸線量が 0.005 Gy 以上の調査対象者から発生したがん症例のうち、約 850 例 (約 11%) が原爆被ばくと関連していると推定された。2) 線量反応曲線 0-2Gy の範囲は線形であった。3) 肺がんで放射線関連リスクが有意に増加した。

文献 No.572

Preston, D. L., Y. Shimizu, D. A. Pierce et al.

Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997

Radiat. Res. 2003; 160 (4) : 381-407

日本の原爆被ばく者 86,572 人を対象としたコホート研究。追跡期間は 47 年で、固形がんおよび循環器疾患 (心疾患、および脳卒中) と原爆放射線との関連の統計的証拠が得られた。がんによる死亡 9,335 人のうち 19% は直近 7 年以内に死亡、うち 5% は被ばくが原因であった。0~150mSv では被ばく量と比例してリスクが高まり、30 歳以下で被ばくした者は 1Sv 上昇につき 47% リスクが高まる。非がん疾患による死亡 31,881 人のうち 15% は直近 7 年以内に死亡、うち 0.8% は被ばくが原因であった。直近 30 年で 1Sv 上昇につき 14% リスクが高まり、心疾患・脳卒中・消化器系疾患・呼吸器系疾患のリスクが有意に高かった。

2. 放射線作業者を対象とした疫学調査

文献 No.746

Wang JX, Zhang LA, Li BX, Zhao YC, Wang ZQ, Zhang JY, Aoyama T.

Cancer incidence and risk estimation among medical x-ray workers in China, 1950-1995.

Health Phys. 2002; 82:455-66

中国の主要 24 病院における X 線を用いた医療行為に従事する者 27011 名を対象とするコホート研究とヒストリカルコホート研究を組み合わせた研究。

対照は同じ病院に就労しており、X 線を用いない業務に従事していた 25,782 人の医療従事者(外科医、耳鼻咽喉科医等)。X 線を用いる医療従事者群は男性 80%、女性 20%、比較対照群は男性 69%、女性 31%の構成比であった。調査対象とされた病院で就労を開始した平均年齢は X 線を用いる医療従事者群で 26 歳、比較対照群で 25 歳であった。ばく露期間は就業年数により異なるが、平均累積ばく露量は、1970 年以前に職に就いた対象者では 551mGy、それ以降の対象者では 82mGy であった。

解析は O/E 比を求めることで行っているが、性別、就職時期などでサブグループ解析を実施した。

診断に X 線を用いる医療従事者では比較群に対してがん発症リスク比が 1.2 倍 [95%CI 1.1-1.3]であった。

肺がんで有意なリスク上昇がみられ、リスク比が 1.2 であった。

文献 No.329

McGeoghegan D, Binks K

The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Springfields uranium production facility, 1946-95

J Radiol Prot 20:111-137;2000

英国の核燃料公社 Springfield の施設においてウラン燃料製造と六フッ化ウランの生産に従事したものの 479,146 人年を対象とするコホート研究。被ばく年齢の情報はないが、女性が 12%、男性が 88%であった。

追跡期間は平均 24.6 年。生年月日、作業参加日の不詳によって、0.7%が除外された。個人平均蓄積線量は 20.5mSv。最高値は 769.3mSv、中央値 8.3mSv であった。慢性リンパ性白血病を除く白血病で、1:5 matching の nested case-control を行った場合、2 年潜伏期間の平均累積線量は、症例群 : 27.0mSv, 対照群 : 18.2mSv であった。対象のうち 95%の労働者が 79.7mSv 以下の累積線量であった。傾向分析に使用した線量については、線量 0 から 400+の間で 10 段階に区分し、潜伏期間 (0-20 年の間で 5 段階) ごとの線量範囲を使用。

SMR と RR は両側検定、傾向分析は片側検定によって解析。ERR 係数の傾向分析には線量 10 段階、潜伏 2, 10, 15, 20 年の死亡に人年の重みづけをして算出した。

1995 年末までに放射線作業員から 3,476 例、非放射線作業員から 1,356 例が死亡。

部位別の解析では、肺がんで潜伏期間を 20 年とした場合、累積外部被ばく線量と有意に関連していた。

文献 No.21

Ashmore JP, Krewski D, Zielinski JM, Jiang H, Semenciw R, Band PR

First analysis of mortality and occupational radiation exposure based on the National Dose Registry of Canada

Am J Epidemiol 148:564-574;1998

カナダにおいて、1951-1983 年に全国線量登録に登録された全放射線作業員 (2,861,093 人年) を対象とするコホート研究。全国線量登録がされた職業被ばく種は、歯科、医科、医科以外の産業 (カナダ原子力公社を含む)、原子力発電所の 4 タイプ。

1951-1987 年にモニターされた年齢層は 16 歳から 86 歳以上で 5 歳階級ごとに累計で 206,620 人、男性 105,456 人 (51%)、女性 101,164 人 (49%) であった。追跡期間は平均 14 年、追跡率は 81% (206,620/256,425 人)、脱落した 29% は情報不足、1984 年以降のモニター欠如、16 歳未満のため除外。

交絡因子として、年齢 (5 歳階級)、性別、暦年 (5 年階級)、職業別、初回被ばく露からの経時 (5 年階級)、累積全身照射量の 6 変数を設定。交絡調整方法についての記載は無いが、両側検定を実施 (ポワソン分布に従うと仮定)。

死因別の ERR は、肺がん 3.6, (90% CI: 0.4-6.9) であった。

文献 No.753

Morrison H.I., Villeneuve P.J., Lubin J.H., Schaubel D.E.

Radon-Progeny Exposure and Lung Cancer Risk in a Cohort of Newfoundland Fluorspar Miners

RADIATION RESEARCH 150:58-65:1998

カナダ Newfoundland のホテル石鉱山でホテル石採掘にあたった従事者 2,064 人 (地下作業員 1,743 人、地上作業員 321 人) についてのコホート研究。1950-1990 年 Newfoundland の男性の死亡率との比較が行われた。追跡期間は 40 年 (1950-1990) で追跡率は 100%。

肺がんの相対リスク推定値は累積被ばく露量の増加と共に増加。ERR/WLM¹ は到達年齢

¹ WLM (Working Level Month) : ラドンの被ばく露量として古くから使用されている単位で、1WL のラドン濃度で 170 時間 (1 か月の作業時間) 被ばく露を受けること。1WL は、7,400 Bq/m³ の平衡等価ラドン濃度 (出典: 日本アイソトープ協会「放射線発がんリスクの推定 (第 3 回)」より抜粋)

と共に低下するが、最初にばく露した年齢による差はない。全ばく露量が同じでも高いばく露率（かつ短期間）の方が低いばく露量（かつ長期間）より害が少ない（Inverse-exposure effect）。ERR/WLM はばく露期間が長いほど高く、ばく露が最近であるほど高い。また、喫煙者は非喫煙者（喫煙未経験者及び元喫煙者）に比べてERR/WLMが高い。

文献 No.758

Howe GR, Stager RH

Risk of lung cancer mortality after exposure to radon decay products in the Beaverlodge cohort based on revised exposure estimates

Radiat. Res. 146; 37-42: 1996

カナダのエルドラド・ビーバーロッジ ウラン鉱山（サスカチュワン州）でウラン採鉱及びその周辺作業に従事した従事者のうち、肺がん死者 65 人、及びケースコントロール 126 人の研究。追跡期間は 30 年間（1950 年から 1980 年）で追跡率は 98%。

改訂推定被ばく線量は前回の推定線量より約 60% 上方修正となった。平均値計算には算術平均が用いられ 81.3 WLM となった（前回の算出では幾何平均で 50.6 WLM）。

改訂推定被ばく線量を用いた過剰相対リスクは約 20% の上昇で、100 WLM あたり前回推定線量での 2.70 から 3.25 となった。他鉱山労働の交絡可能性は検証結果ほぼ無しと判断された。

改訂推定線量に基づく相対リスクモデルの結果は、被ばく後経過時間とリスク年齢の点で、BIER 第 4 次委員会モデル及び最近の他例の統合解析結果に一致した。当初推定線量に基づく解析で見られた逆線量率効果の証拠は、今回の改訂データに基づく解析では得られなかった。

文献 No.319

Lubin JH, Boice JD, Jr., Edling C, Hornung RW, Howe GR, Kunz E, Kusiak RA, Morrison HI, Radford EP, Samet JM, et al

Lung Cancer in Radon-Exposed Miners and Estimation of Risk From Indoor Exposure

J Natl Cancer Inst 87:817-827; 1995

中国、チェコ共和国、米国、カナダ、スウェーデン、メキシコ、オーストラリア、フランスの計 11 コホートの相対リスクのプール解析研究。対象は上述の 11 カ国の炭鉱夫。11 コホート総計でばく露群 907,459 人年、非ばく露群：242,332 人年。ばく露群は累積ラドン子孫核種への内部ばく露を指標とし、非ばく露群 242,332 人年を対照とした。

肺がんの過剰相対リスク（ERR）を Working level months (WLM) あたりで解析、肺がんの生涯リスク（LRR）、寄与リスク（AR）を推計した。

肺がんの生涯リスク (LRR)と寄与リスク (AR)は2つの解析モデル (TSE/AGE/DURモデル と BEIR IV モデル) により解析。ERR/WLM は11コホート個々のばく露量反応相関の過重平均から算出。CIはランダム効果モデル。(ただし、LRR と AR の CI はパラメータ推定にテイラー級数展開と共分散行列を使用。)

肺がんの LRR は、女性の喫煙者では 4pCi/L の場合 1.3, 1.4、(8pCi/L の場合)1.6, 1.7 ばく露期間(5年、10年、15年)による LRR は、モデルによって異なる結果となった。肺がんの AR は、男性では 9-10%、女性では 11-12%、(喫煙の有無で見ると、男性喫煙者 10%、女性喫煙者 12%、男性非喫煙者 28%、女性非喫煙者 31%) であった。

文献 No.718

Wiggs, L. D., E. R. Johnson, C. A. Cox-Devore et al.

Mortality through 1990 among white male workers at the Los Alamos National Laboratory: considering exposures to plutonium and external ionizing radiation
Health Phys. 67 (6) : 577-588 (1994)

米国ロスアラモス国立研究所において核兵器の研究・開発に従事した男性 15,727 人を対象としたコホート研究。追跡期間は平均 29 年、追跡率は 99%。対照は米国における一般集団とした。ばく露期間は 1943 年～1977 年、線種・核種は X 線、 γ 線、ニュートロン、トリチウム、プルトニウム同位体であった。

米国白人男性の死亡率を SMR、年齢と暦年で層別した RR、放射線量と死亡率の量反応関係を調べる傾向検定によって解析した。また、年齢、暦年、人種による層化を実施した。

解析の結果、ほとんどのがんで有意な死亡率増加は見られなかったが、肺がんでは RR が 1.78 となった。

文献 No.755

Jonathan M. Samet, Dorothy R. Pathak, Marion V. Morgan, Charles R. Key, Arnolfo A. Valdivia, Jay H. Lubin

Lung cancer mortality and exposure to radon progeny in a cohort of New Mexico underground uranium miners

Health Physics Vol. 61, No.6 (December), pp. 745-752, 1991

米国、New Mexico 州の地下ウラン採鉱場でウラン採鉱にあたった従事者 3,469 人 (同採鉱場で1年以上採鉱に従事し、低線量被ばくした男性) のコホート研究。追跡率は 100%である。

コホートの死亡率は著しく増加、特に、肺がん (SMR=4.0) で顕著に増加した。肺がんに対する相対リスク (RR) (喫煙歴の調整無、有それぞれについて) : 0.35Jhm^{-3} (100 WLM) 未満に比べると他のばく露カテゴリーは 1 を超える。喫煙を重要なリス

ク因子としている。

超過相対リスク：1Jhm-3 当たり 0.5%増加、95%CI=0.2-1.6（1 WLM 当たり 1.8%増加、95%CI=0.7-5.4）。

文献 No.759

Woodward, A., D. Roder, A. J. McMichael et al.

Radon daughter exposures at the Radium Hill uranium mine and lung cancer rates among former workers, 1952-87

Cancer Causes Control 2 (4) : 213-220 (1991)

オーストラリア（南部）の Radium Hill ウラン鉱山炭鉱夫 2,574 人を対象としたヒストリカルコホート研究。1952～1961 年のばく露による、1987 年までの健康影響の評価が実施された（追跡率 64%）。比較対照群は、1987 年時点のオーストラリアの（一般）国民となる。ウラン鉱山での作業を通じて、炭鉱夫はラドン娘核種にばく露があった。ばく露期間は 1952-1961 年の 9 年間で、炭鉱夫の月刊平均作業強度は 7.0WLM であった。

なお、喫煙や、アスベスト鉱山や、ウランなどの放射性物質へのばく露可能性がある他の労働の有無について交絡因子として検討がなされている。

一般国民と比較すると、ラドン鉱山労働者の肺がんによる死亡は SMR=194（95%CI[142-245]）と増加した。坑外労働者と比較すると、ラドン娘核種ばく露 40WLM 以上の地下労働者では肺がんによる死亡がリスク比 5.2（95%CI[1.8-15.1]）と大きく増加した。これは喫煙や他の交絡因子によるものではなさそうな差であると著者らは結論付けている。

文献 No.751

Hornug RW, Meinhardt TJ

Quantitative risk assessment of lung cancer in U.S. uranium miners

Health Physics 52: 417-430;1987

コロラド高原ウラン鉱山、ウラン採鉱及びその周辺作業にあたった 3346 人（ウラン地下鉱山で 1 ヶ月以上作業に従事した白人で、1950 年から 1960 年の間に 1 回以上健康調査を受診したもの）についてのコホート研究。追跡率は、99.4%（1977 年前回調査以降は 100%）・ウラン採鉱及びその周辺作業の従事者が対象で、呼吸による内部被ばくの影響が検討されている。

ラドン娘核種被ばくと喫煙のリスク要素を掛けあわせた係数は-0.088、これは影響が相乗よりも小さく相加よりも大きいことを意味する。線量率効果係数は-0.043 で、これは同等の累積線量に被ばくした場合、低線量で長期間に渡る累積被ばくの方で肺がんリスクがより大きく出ることの意味しておりサブコホートを用いた観察でも確認された。

生年については、後になるほど被ばく線量あたりの肺がん罹患リスクが大きくなることが示された。最初の被ばく年齢が高いほど肺がん罹患率は高く、最後の被ばくより時間が経てば経つほど罹患率は低くなるという結果が示された。

リスクモデルは被ばくとその肺がんへの影響を低累積被ばく範囲で 100 WLM につき 0.9 から 1.4 の過剰相対リスク (ERR) を予想。

文献 No.757

Howe GR, Nair RC, Newcombe HB, Miller AB, Burch JD, Abbatt JD

Lung cancer mortality (1950-80) in relation to radon daughter exposure in a cohort of workers at the Eldorado Port Radium uranium mine: possible modification of risk by exposure rate

J Natl Cancer Inst 79; 1255-1260: 1987

カナダのエルドラド ポート・ラジウム ウラン鉱山 (ノースウェスト準州) でウラン採鉱及びその周辺作業に従事した 2,103 人のコホート研究。追跡率は 78%。

被ばく線量 5 WLM 以上の集団で肺がん死に非常に有意な相関あり (相対リスクは 3.37)。その他全てのがんによる死には有意な過剰は見られず。がん以外の死因では、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意な上昇が見られた (相対リスク 1.25)。

初回被ばく後経過年と肺がん死の相関については、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意で、初回被ばく後 5 年目以降に肺がん死多い。

相対及び寄与リスク係数は、それぞれ WLM 当たり 0.27%、100 万人年・WLM 当たり 3.10%と算出された。

リスク係数はビーバーロッジ鉱山で報告されたものよりかなり低い数値となったが、本研究推定値にバイアスが存在するとすれば上方と考えられる。従って数値差を説明するものとしては、線量率の違い (平均線量率はビーバーロッジで 5 WLMs/年、ポート・ラジウムで 109 WLMs/年) が考えられる。

文献 No.756

Howe GR, Nair RC, Newcombe HB, Miller AB, Abbatt JD

Lung cancer mortality (1950-80) in relation to radon daughter exposure in a cohort of workers at the Eldorado Beaverlodge Uranium Mine

J Natl Cancer Inst 77; 357-362: 1986

カナダ、エルドラド ビーバーロッジ ウラン鉱山 (サスカチュワン州) でウラン採鉱及びその周辺作業に従事した 8,487 人の男性のコホート研究。追跡期間は 30 年間 (1950 年から 1980 年) で追跡率は 77.5%。

被ばく線量 5 WLM 以上の集団で肺がん死に非常に有意な相関あり (相対リスクは 2.90)。その他全てのがんによる死には有意な過剰は見られず。

初回被ばく後経過年と肺がん死の相関については、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意で、初回被ばく後 5 年目以降に肺がん死多い。

相対及び寄与リスク係数は、それぞれ WLM 当たり 3.28%、100 万人年・WLM 当たり 20.8%と算出された。

初回被ばく時年齢については 30 歳以前でそれ以後の年齢よりもリスク低下が観察された。30-39 歳の集団と 40 歳以上の集団では相対リスク係数はほぼ似たものであったが、寄与リスク係数では年長集団に相当の上昇が観察された。観察時年齢については、40 歳から 69 歳の間では相対リスク係数はほぼ一定であったが、70 歳以上の集団で下落。寄与リスク係数は 70 歳以上集団を除き、年齢とともに上昇した。

文献 No.754

Edward P R, Renard C

Lung cancer in Swedish iron miners exposed to low doses of radon daughters

The New England journal of medicine 310:1485-1494(1984)

スウェーデンの LKAB 鉱山で鉄鉱石採掘に従事した従事者についての疫学研究。1897-1976 年に 1 年以上地下での作業に従事した 1,415 人の作業員が対象となった (1880-1919 年生まれの男性)。追跡率は 91%であった。

肺がんリスクと放射線量には、強いばく露量-反応関係あった。職業ばく露限度に近いラドン娘核種ばく露率では、肺がんリスクが増加。リスクは、地下作業を開始した暦年や年齢とは関係なかった。喫煙者に対するラドン娘核種が誘発する肺がんの絶対リスクは、非喫煙者よりわずかに高いだけであった。

文献 No.752

Kusiak, R. A., J. Springer, A. C. Ritchie et al.

Carcinoma of the lung in Ontario gold miners: possible aetiological factors

Br. J. Ind. Med. 48 (12) : 808-817 (1991)

カナダのオンタリオの鉱山男性炭鉱夫 54,128 人を対象とした、ヒストリカルコホート研究と先行研究の組み合わせによる解析。比較対照は、オンタリオの一般住民を標準集団。対象となる鉱山によって異なるが、本研究においては 1928 年から 1986 年までのデータを使用している。炭鉱夫は、シリカ、ヒ素、ラドン崩壊生成物へのばく露があり、その条件は作業状況、鉱山によって異なる。本研究では炭鉱夫の作業強度と、死亡、がんの罹患の関係について分析がなされた。

ウラン鉱山で働き始めた後に起こった死亡を除外した場合、1946 年以前に金鉱山で働き始めた労働者 (解析対象 13,603 人) において、肺がんの SMR が 129 (95% CI[115-145])、また 1936 年以前にニッケル鉱山で働き始めた対象者では肺がんの SMR が 141 (95% CI[105-184]) であった。しかし、①1946 年以降に金鉱山で働き始めた労

働者、②1936年以降にニッケル鉱山で働き始めた労働者、③金、ニッケル、ウラン以外の鉱山での労働者については、肺がんによる死亡の有意な上昇は見られなかった。

1946年以前に金鉱山（この時期の金鉱山は微量のヒ素を含んでいた）で働き始めた労働者では、20年、あるいはそれ以降の肺がんによる死亡について、6.5%（95%CI[1.6-11.4]）増加がみられた。

オンタリオの金鉱山労働者における肺がん発生と、鉱物繊維へのばく露の関連は、検出できなかった。肺がん発生の増加は、ヒ素とラドンの崩壊生成物へのばく露による。

文献 No.775

Gilbert ES, Koshurnikova NA, Sokolnikov ME, Shilnikova NS, Preston DL, Ron E, Okatenko PV, Khokhryakov VF, Vasilenko EK, Miller S, Eckerman K, Romanov SA. Lung cancer in Mayak workers
Radiat Res. 2004; 162:505-16

ロシアの Mayak Production Association で核作業従事者に対するプルトニウムの肺への内部被ばくを想定したヒストリカルコホート研究。1948年以降に働き始めた21,790人（男性16,548人、女性5,332人）を2000年末まで追跡した。追跡率は90%であった。

肺がん罹患リスクは、被ばく量と線形の関連にあった。プルトニウム内部被ばくに関して、1GyあたりのERRは女性で19（95%CI: 9.5-39）であり、男性の4.7（95%CI: 3.3-6.7）よりも、約4倍高い一方で、EARは女性で49（95%CI: 29-78）では男性の115（95%CI: 81-156）の半分であった。また、年齢が増加するとERRは減少する一方、EARは65歳までは年齢とともに増加し、以降減少した。

文献 No.760

Laurier, D., M. Tirmarche, N. Mitton et al.
An update of cancer mortality among the French cohort of uranium miners: extended follow-up and new source of data for causes of death
Eur. J. Epidemiol. 19 (2) : 139-146 (2004)

フランス原子力庁が管理してきたウラン鉱山の工夫について、1946-1972年に作業を開始して、2年以上の作業経験がある1,785人の作業者のコホート研究。

肺がんについては異なる死因同定のデータを用いた場合においても、観察期間全てにおいて、SMRの有意な増加が確認された（P=0.001）。肺がんについてはWLMあたりのERRは以下と推定され累積線量に伴う死亡率の増加を示唆するものとなった。

- ・内部比較で 0.0047（95%CI: -0.0005～0.0098, P<0.04）
- ・外部比較で 0.0059（95%CI: -0.0001～0.0118, P<0.03）

肺がんのリスクと就労期間の間には関連性は認められなかった。

<有意でないと報告があった研究>

文献 No.664

Rogel A, Carré N, Amoros E, Bonnet-Belfais M, Goldberg M, Imbernon E, Calvez T, Hill C.

Mortality of workers exposed to ionizing radiation at the French National Electricity Company.

Am J Ind Med.;47(1):72-82;2005

フランスの 19 の原子力発電所を運営するフランス国営電力会社において電離放射線を扱う原子力部門の従業者 22,395 人のコホート研究。平均追跡期間が 11.7 年 (1-33.5 年)、追跡率は 100%。

電力会社の非ばく露者を対照群としたがん死亡について、喫煙関連がん死亡は SMR が 0.50 (90%CI:0.39-0.63) であった。呼吸器関連のがんは観察されず、口、咽頭、食道、肺関連のがんは明らかに少なかった。

文献 No.737

Howe, G. R., L. B. Zablotska, J. J. Fix et al.

Analysis of the mortality experience amongst U.S. nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation

Radiat. Res. 162 (5) : 517-526 (2004)

米国の原子力発電所 15 施設において、1979~1997 年の期間のいずれかで作業した労働者 53,698 人 (平均 30.5 歳、男性 88.1%) を対象としたコホート研究。米国一般集団を基準とした SMR、被ばく量を 4 カテゴリーに分けた傾向検定、被ばく量を 12 カテゴリー (擬似連続量) とした線形 ERR モデルによる ERR の推定。

SMR では健康職業効果が強く見られたが、被ばく量とイベント発生との量反応関係は、白血病、肺がんを含む固形がん、その他の疾患のいずれにおいても有意にならなかった。

文献 No.769

T.Aoyama, S.Yoshinaga, Y.Yamamoto, H.Kato, Y.Shimizu, et al.

Mortality Survey of Japanese radiological technologists during the period 1969-1993Br. Radiat Prot Dosim. 1998; 77:123-128

厚生労働省に登録済みの放射線作業員 12,133 人 (270,585 人年) を対象としたコホート研究。追跡期間は 1969~1993 年で追跡率は 97.9% であった。推定総ばく露量と、肺がんによる死亡には有意な関連がみられなかった。

3. 放射線診療を受けた患者を対象とした疫学調査

文献 No.589

Travis, L. B., M. Gospodarowicz, R. E. Curtis et al.

Lung cancer following chemotherapy and radiotherapy for Hodgkin's disease

J. Natl. Cancer Inst. 2002; 94 (3) : 182-92

アメリカ (コネチカット、アイオワ)、デンマーク、フィンランド、オランダ、スイス、カナダ (オンタリオ) のがん登録システムに登録されており、1965~1994年にホジキン病の診断で化学療法、放射線療法を受けた患者 666 人のコホート研究。

肺がん発生の有無について、放射線治療なしのアルキレート物質治療の場合、RR は 4.2 (95%CI : 2.1 - 8.8)、アルキレート物質治療なしの 5Gy 以上での放射線治療の場合、RR は 5.9 (95%CI : 2.7 - 13.5)、肺がん診断 5 年前の喫煙ありの場合、RR は 22.6 (95%CI : 9.5 - 65) であった。メクロレタミン・プロカルバジンの累積投与量に比例してリスクが高まる、アルキレート物質治療では治療後 4 年以内にリスクが高まるのに対し、放射線治療では 5 年以降にリスクが高まり 20 年持続する。

文献 No.591

van Leeuwen, F. E., W. J. Klokman, M. Stovall et al.

Roles of radiotherapy and smoking in lung cancer following Hodgkin's disease

J. Natl. Cancer Inst. 1995; 87 (20) : 1530-7

オランダがんセンターと Dr. Daniel den Hoed がんセンターにおいて、1966~1986年にホジキン病で登録されていた患者で、ホジキン病診断後 1 年以降に肺がんと診断された者 112 名を対象としたコホート研究。

肺がん発症の有無について、放射線治療の場合、RR は 4.1 (95%CI:0.48 - 36、p=0.19)、放射線量に応じたリスクについて 9Gy 以上の照射は 1Gy 以下の照射と比較して RR は 9.6 (95%CI : 0.93 - 98、p=0.01)、喫煙量に応じたリスクは年間 10 箱以上の喫煙は年間 1 箱以下と比較して RR は 6.2(95%CI : 1.2-3.1、p=0.03)であった。

文献 No.749

Xuan XZ, Lubin JH, Li JY, Yang LF, Luo AS, Lan Y, Wang JZ, Blot WJ.

A cohort study in southern China of tin miners exposed to radon and radon decay products.

Health Phys. 1993; 64:120-31

中国の Yunnan Tin Corporation において炭鉱作業に従事する 17,143 人のコホート研究。

肺がん発症の ERR が、1 作業レベル上昇ごとに 0.6%増加 (95%信頼区間は 0.4-0.8) していた。ヒ素を含む粉塵へのばく露により調整すると、1 作業レベル上昇ごとの ERR

は 0.2% (95%信頼区間 0.1-0.2) であった。ラドンの影響は、ばく露からの時間がたつにつれて有意に減少することから、低いラドン濃度への長期間のばく露の方が高いラドン濃度への短時間のばく露より有害であることが示唆された。

文献 No.761

Tirmarche, M., A. Raphalen, F. Allin et al.

Mortality of a cohort of French uranium miners exposed to relatively low radon concentrations

Br. J. Cancer 67 (5) : 1090-1097 (1993)

フランス原子力庁が管理してきたウラン鉱山の工夫について、1946-1972年に作業を開始して、2年以上の作業経験がある1,785人の作業者のコホート研究。

肺がん和喉頭がんの SMR で統計的に有意な増加が認められた (肺がん (P<0.001)、喉頭がん (P=0.001)。) 傾向性検定の結果、肺がんについては、5年の潜伏期を想定した場合、被ばく線量と SMR の増加に有意な関係が認められた (P=0.03)。喉頭がんについては有意な関係は認められなかった。ポアソン回帰による分析では、肺がんについて、SMR の WLM に対する増加が 0.6% (標準誤差 : 0.4%) となった。

文献 No.636

Davis FG, Boice JD Jr, Hrubec Z, Monson RR.

Cancer mortality in a radiation-exposed cohort of Massachusetts tuberculosis patients

Cancer Res. 1989;49:6130-6

アメリカ、マサチューセッツ州の12病院で1925-54年の間に結核で入院し、退院した患者で、肺虚脱療法中に蛍光板透視法による胸部検査を受けたもの6,285名の男女を対象とした疫学調査である。平均追跡年数は25年で、追跡率は92%であった。

ばく露後経過時間別にみると、肺がん死の SMR は10年未満の層で1.7、10年以上の層では0.7 (95%CI 0.6-0.9) であった。

文献 No.197

Gilbert ES, Stovall M, Gospodarowicz M, Van Leeuwen FE, Andersson M, Glimelius B, Joensuu T, Lynch CF, Curtis RE, Holowaty E, Storm H, Pukkala

Lung cancer after treatment for Hodgkin's disease: focus on radiation effects

Radiat Res 159:161-173; 2003

277人の肺がん患者と、条件をマッチさせた455人のコントロール群による症例対照研究。ホジキン腫治療後の肺がんについて、1Gyあたりの過剰相対リスクは0.15(95%CI=0.06-0.39)となった。放射線と煙草の相関は相加的ではなく相乗的だった

($p < 0.001$)。ERR/Gy にはばく露を受けてからの期間やばく露を受けた年齢、到達年齢が関係していた。

<有意でないと報告があった研究>

文献 No.642

Doody, M. M., J. E. Lonstein, M. Stovall et al.

Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study

Spine 25 (16) : 2052-2063, 2000

アメリカの大規模整形医療機関 14 施設で、1912-1965 年の間、小児期もしくは青年期に脊柱側弯症（脊柱側弯症、脊柱後弯症、脊柱前弯症、脊椎後側弯症を含む）で X 線診断を受けた女性 5,573 名（受診年齢 0~19 歳、平均 10.1 歳）を対象としたコホート研究。平均追跡期間は 40.5 年、追跡率は 89%。

肺がん死亡の SMR=0.73 (95%CI:0.5-1.1) であり、比較群と比べて有意ではなかった。

文献 No.679

Ron, E., M. M. Doody, D. V. Becker et al.

Cancer mortality following treatment for adult hyperthyroidism

J. Am. Med. Assoc. 280 (4) : 347-355 (1998)

米国の 25 の診療所及び英国の 1 診療所において甲状腺機能亢進症に対する治療としてヨウ素 131 による治療を受けた患者 35,593 人 (738,831 人年) を対象とした後ろ向きコホート研究。エンドポイントはがん死亡で、ばく露評価については、ヨウ素 131 の投与量の測定のみで、被ばく量については測定していない。

放射性ヨウ素と肺がん死亡との関連は見られなかった (SMR1.06)。

文献 No.637

Howe, G. R.

Lung cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with lung cancer mortality in the atomic bomb survivors study

Radiat. Res. 142 (3) : 295-304:1995

カナダで、1930-1952 年に結核治療を受け、胸部への蛍光透視検査を受診した患者のうち、1950 年以降のデータベースに死亡記録があった者をばく露群（被ばく時平均年齢 26 歳）とし、1950 年に生存していた者を比較群とした計者を対照群とし、計 64,172 人（男性 32,255 人、女性 31,917 人）を対象としたコホート研究。平均追跡期間は 30

年であった。

ばく露群の標準化死亡比 (SMR) は、男性 0.95、女性 1.00 であった。累積肺線量の層別では、1Sv 以上の肺線量を受けた者を含め、実質的にリスク増加は見られなかった。また線量増加に伴うリスク増加の分布も見られなかった。

4. 高自然放射線地域や核実験場周辺の住民等を対象とした疫学調査

文献 No.767

Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN, Grosche B

Radiation Exposure due to Local Fallout from Soviet Atmospheric Nuclear Weapons Testing in Kazakhstan: Solid Cancer Mortality in the Semipalatinsk Historical Cohort. 1960-1999

Radiation Research 2005,164, 409-419

カザフスタン、セミパラチンスク核実験場近辺の核実験 (セミパラチンスク核実験場) で被ばくした、19,545 人 (582,750 人・年) の男女を対象としたコホート研究である。追跡期間は、1960 年から 1999 年まで。

対照群と比べて、肺がん死亡率に大きな差があった。線量-がん発生のレスポンスは非常に低い線量範囲では非線形でやや急な曲線で、これは選択効果に一部関係しているかも知れない。

文献 No.707

Mori, T., C. Kido, K. Fukutomi et al.

Summary of entire Japanese Thorotrast follow-up study: updated 1998

Radiat. Res. 152 (6): S84-S87 (1999)

トロトラスト投与を伴う診断を受けた、戦争で負傷した日本人を対象としたコホート研究。トロトラスト投与日から追跡しているコホートと、1979 年から追跡しているコホートの 2 つのコホートのデータを統合して分析が行われた。比較対照群は負傷日から 1998 年まで追跡されている。

両コホートで疾病を発症する率比に差はない。両コホートを統合し、対照群と比較した率比は全肺がんで 2.0 となっていた。トロトラスト投与からの年数で層別すると、投与後 20 年を超えてからリスク増加が見られる。

5. その他 (その他の作業従事者)

文献 No.762

Hodgson, J. T., R. D. Jones

Mortality of a cohort of tin miners 1941-86

Br. J. Ind. Med. 47 (10) : 665-676, 1990

英国の 2 カ所のスズ鉱山での採鉱作業におけるラドン被ばくを想定した、採鉱作業従事者（男性）を対象にしたコホート研究。1941 年 1 月 1 日～1984 年 5 月 1 日の就労期間において、就労時の年齢が 60 歳以下の男性 3,082 人が対象。追跡率は 97.6%であった。

肺がん死亡について、地上作業者は $SMR=0.83$ に対して、地下作業に 30 年以上従事した作業者は $SMR=4.47$ であった。 SMR と地下作業の従事期間は有意な線形性が認められた。さらに、 SMR について、累積ばく露量とばく露後経過期間の二変数からなるモデルを構築した。そのモデルでは、ばく露後経過 10 年は SMR の上昇は見られず、その後急上昇し、4.3 年ごとに半減した。

II. 文献レビュー結果のまとめ

1. 被ばく線量（ばく露評価）に関するまとめ

被ばく線量と死亡率の増加について言及があると報告された文献は、文献番号 329,21,758,718,755,759,757,756,754,752,664,737,769,760,761,636,642,679,637,767,707,762,753,319,572 であった。このうち有意な増加があったと報告されている文献は、文献番号 329,21,758,718,755,759,757,756,754,752,760,761,636,767,707,762,753,319,572 であった。

被ばく線量と罹患率の増加について言及があると報告された文献は、文献番号 765,746,329,751,775,589,591,749,197 であった。これらは有意な増加があったと報告されていた。

2. 最小被ばく線量に関するまとめ

統計的に有意な増加を報告している文献において、最小被ばく線量に関して報告している文献は無かった。

3. 潜伏期間に関するまとめ

潜伏期間に関して検討している文献は、文献番号 329 であった。

書誌情報	作業 No.	765	著者	Preston, D. L., Ron, E., Tokuoka S., Funamoto, S., Nishi, N., Soda, M., Mabuchi, K., Kodama, K
	PMID(PubMedID)		タイトル	Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors
	研究方法	コホート研究(*1958年時点で生存しており、それ以前にがん罹患がなく、DSO2に基づいて個人線量が推定されている人数。その中で1958年から1998年までに診断された第一原発がん17,448例の解析)	雑誌名・年・巻・頁	RADIATION RESEARCH 168, 1-64 (2007年)
対象	国	日本(広島、長崎)	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	情報なし		
	従事作業	原爆(広島、長崎)		
	人数 (被ばく)年齢	2,764,730人年(105,427人) 情報なし		
	性別	男性 1,040,278人年、女性 1,724,452人年		
	比較群	原爆被ばく者のうち、1958年から1998年の間に第一がん(悪性黒色腫以外の皮膚がんを含む)が観察されていない者		
追跡	追跡期間	1958年から1998年12月末まで	追跡対象となる人年は、登録対象地区からの転出・転入があるために調節した。DSO2による臓器個人線量推定値はγ線量と中性子線量の10倍の和として計算した。	
	追跡率	99%		
ばく露指標	作業名	原爆(広島、長崎)による固形がんの罹患率(生存者)	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	外部ばく露	情報なし		
	内部ばく露	情報なし		
ばく露レベル	ばく露期間	情報なし		
	ばく露年数	情報なし		
	平均濃度	情報なし		
	濃度範囲	解析では、器官線量(Gy)として<0.005から≥4を4段階に分類(表2)、結腸線量(Gy)として<0.005から≥4を7段階に分類(表4)		
	線種・核種	情報なし		
健康影響	影響の種類	固形がん(口腔がん、食道がん、胃がん、肝臓がん、肺がん、黒色腫以外の皮膚がん、結腸がん、直腸がん、乳がん、卵巣がん、膀胱がん、神経系がん、甲状腺がん)の発症	影響評価の精度	記載なし
	情報源	広島・長崎がん登録、放射線影響研究所(広島・長崎、寿命調査)、米国立癌研究所	観察バイアス	記載なし
	収集の方法	上記研究所及びHirosoft Internationalによる報告書	(問題点を記載)	
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	被ばく年齢、被ばくからの期間、性差、		
解析	使用モデル	ERRとEARモデル。各モデルの変化、そして両モデル間の差の変化。BEIR VIIモデル。		
	交絡調整方法			

アウトカム指標 および アウトカム	1)寿命調査集団では、結腸線量が0.005 Gy以上の調査対象者から発生したがん症例のうち、約850例(約11%)が原爆被ばくと関連していると推定される。2)線量反応曲線0-2Gyの範囲は線形である。3)被ばく時年齢が30歳の場合、70歳になった時点で1 Gy被ばく当たり男性で約35%、女性で約58%固形がん罹患率が増加すると推定された。4)固形がんの過剰相対リスク(ERR)は被ばく時年齢が10歳増加する毎に約17%減少。このリスクは調査期間全体で増加する傾向。5)口腔がん、胃がん、結腸がん、肝臓がん、肺がん、皮膚がん、乳がん、卵巣がん、膀胱がん、神経がん、甲状腺がん、放射線関連リスクが有意に増加した。直腸がん、胆のうがん、膵臓がん、前立腺がん、腎臓がんには有意なリスクは示唆されなかった。(新たに判明したこと)1)低線量では、被ばく線量区分を0から0.15 Gyまで上げたところから統計的に有意な線量反応が認められた。2)食道がんのリスクが有意となった。3)20歳未満の被ばくが子宮がんのリスクを増加する可能性がある。4)肉腫を含め、検討したすべての組織型群について発がんリスクの増加が示唆された。
-------------------------	--

書誌情報	作業 No.	572	著者	Preston, D. L., Y. Shimizu, D. A. Pierce et al.
	PMID(PubMedID)	12968934	タイトル	Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997
	研究方法	コホート	雑誌名. 年; 巻: 頁	Radiat. Res. 2003; 160 (4) : 381-407
対象	国	日本	選択バイアス (問題点を記載)	生き残りバイアス。
	施設名	放射線影響研究所		
	従事作業	爆心地から 10 km 圏内での広島・長崎原爆の被ばく		
	人数	86,572 人 (うち爆心地にいなかった者 26,580 人と被ばく量が算出できない者 7,169 人は死亡率解析から除外)		
	年齢	被爆時年齢 0~50 歳以上		
	性別	記載なし		
	比較群	なし		
追跡	追跡期間	47 年	追跡率	99.8%以上
	追跡率	99.8%以上		
ばく露指標	作業名	被爆地から 10 km 圏内での広島・長崎原爆の被ばく	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	記載なし
	外部ばく露	γ線		
	内部ばく露	記載なし		
ばく露レベル	ばく露期間	記載なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	記載なし
	ばく露年数	記載なし		
	平均濃度	60% の人が少なくとも 5mSv 被ばく		
	濃度範囲	0~3.0 Sv の範囲で 23 群に分類		
	線種・核種	γ線		
健康影響	影響の種類	がん・非がん疾患による死亡	影響評価の精度	ICD9 による診断、戸籍システムによる追跡
	情報源	放射線影響研究所の寿命調査	観察バイアス	記載なし
	収集の方法	定期的な医学診断調査、ICD9 診断	(問題点を記載)	
交絡因子の収集	喫煙	記載なし	交絡バイアス (問題点を記載)	パースコホートによる影響を完全には排除できない。
	その他	記載なし		
解析	使用モデル	ポワソン回帰、比例ハザードモデルを用いて相対リスク比と絶対リスク (年平均過剰死亡率) を算出	交絡バイアス (問題点を記載)	パースコホートによる影響を完全には排除できない。
	交絡調整方法	年齢・被爆時年齢・性別・被ばく量・パースコホート・都市の影響を調整		
アウトカム指標およびアウトカム	がん・非がん疾患による死亡 【がんによる死亡】9,335 人、うち 19%は直近 7 年以内に死亡、うち 5%が被ばくが原因、0~150mSv では被ばく量と比例してリスクが高まる、30 歳以下で被ばくした者は 1Sv 上昇につき 47%リスクが高まる 【非がん疾患による死亡】31,881 人、うち 15%は直近 7 年以内に死亡、うち 0.8%が被ばくが原因、直近 30 年で 1Sv 上昇につき 14%リスクが高まる、心疾患・脳卒中・消化器系疾患・呼吸器系疾患のリスクが有意に高まる、被ばく量とリスクとの関係は非直線的			

書誌情報	作業 No.	746	著者	Wang JX, Zhang LA, Li BX, Zhao YC, Wang ZQ, Zhang JY, Aoyama T.
	PMID(PubMedID)	11906134	タイトル	Cancer incidence and risk estimation among medical x-ray workers in China, 1950-1995.
	研究方法	コホート研究とヒストリカルコホート研究の組み合わせ	雑誌名・年・巻・頁	Health Phys. 2002; 82:455-66
対象	国	中国	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	24 の主要病院		
	従事作業	X 線を用いる医療行為(診断)		
	人数	27,011 人		
	年齢	職に就いた平均年齢は X 線を用いる医療従事者群で 26 歳、比較群で 25 歳		
	性別	X 線を用いる医療従事者群: 男性 80%、女性 20% 比較群: 男性 69% 女性 31%		
比較群	同じ病院に働いていた、仕事に X 線を用いない 25,782 人の医療従事者(外科医、耳鼻咽喉科医)			
追跡	追跡期間	過去の研究も合わせて 1950-1995 年の 45 年間	追跡率	記載なし
	追跡率	記載なし		
ばく露指標	作業名	X 線を用いる医療診断	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1985 年以前の中国 X 線医療従事者 (CMXW) の線量測定データがなかった(それ以前には存在しなかった)ため、現在同じ施設で働いている X 線を用いる医療従事者の被ばく量などから線量の推定を行った。
	外部ばく露	X 線		
	内部ばく露	記載なし		
ばく露レベル	ばく露期間	多くの医者は、職に就いてから退職までの期間、ばく露を受けていた	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露年数	記載なし		
	平均濃度	平均累積ばく露量の記載 (1970 年以前に職に就いた対象者では 551mGy、それ以降の対象者では 82mGy)があり、就職時期ごとの詳細は表 2		
	濃度範囲	年間の累積ばく露量の範囲はおおよそ 2.9-36.9mGy/y(表 3)		
	線種・核種	X 線		
健康影響	影響の種類	がん発生	影響評価の精度	1 点目は、CMXW の集団については、線量の推定値に基づいてリスク比推定を行った点で、2 点目は、ばく露の評価を十分にできるほどの追跡を行えていない場合がある点。
	情報源	記載なし		
	収集の方法	カルテからがん発生診断の日付と診断の詳細を転記	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
交絡因子の収集	喫煙	なし	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	性別、就職時期		
解析	使用モデル	O/E 比	交絡調整方法	サブグループ解析
	交絡調整方法	サブグループ解析		

アウトカム指標およびアウトカム	<p>診断に X 線を用いる医療従事者では比較群に対してがん発症リスク比が 1.2 倍[95%CI 1.1-1.3]であった(有意)。有意なリスク上昇がみられたがん種は、白血病、皮膚がん、乳がん、肺がん、肝臓がん、膀胱がん、食道がんで、それぞれリスク比が 2.2、4.1、1.3、1.2、1.2、1.8、2.7 であった。</p> <p>X 線を用いる医療従事者のうち、女性より男性で高いがん発症リスクを示した。</p> <p>また、1970 年以前に職に就いた対象者とそれ以降とで比較すると、前者の方が白血病、固形がんの発症リスク比が有意に高かった(白血病発症リスク比 2.4、固形がんリスク比 1.2)</p>
-----------------	---

書誌情報	作業 No.	329	著者	McGeoghegan D,Binks K
	PMID(PubMedID)	10877261	タイトル	The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Springfields uranium production facility, 1946-95
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	J Radiol Prot20:111-137;2000
対象	国	英国	選択バイアス (問題点を記載)	一般国民に比較した Springfields の死亡率は有意に低い。”健康な労働者”効果による。 Springfields 内でも放射線作業者は非放射線作業者に比べて死亡率が低い。
	施設名	核燃料公社 (BNFL; British Nuclear Fuels plc) の Springfield 施設		
	従事作業	ウラン燃料製造と六フッ化ウランの生産		
	人数	479,146 人年		
	年齢	被ばく年齢の情報なし。		
	性別	女性が 12%、男性が 88% 【表 1】		
追跡	比較群	非放射線作業員	追跡期間	平均追跡期間として 24.6 年
	追跡率	0.7%(135/19,589 人)が除外。理由は、生年月日や参加日の不明による		
ばく露指標	作業名	ウラン燃料製造と六フッ化ウランの生産	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	フィルムバッジの線量は、作業員への発行時期、使用時の技術、当時の作業ガイドライン、およびフィルムバッジからのデータの取り扱いに関する社内基準によって決定するため、年度によって測定が違うおそれあり。 体内蓄積の放射核種は除外されるため、134 名のデータでは外部線量は、0 記録になっている。 1953 年以前の記録単位が不明確。レントゲン単位で前後記録を 10%減少で補正。
	外部ばく露	作業員のフィルムバッジによる全身線量を使用。		
ばく露レベル	内部ばく露	286.559 person-sieverts	ばく露レベル	ばく露年数
	ばく露期間	-		
	平均濃度	個人平均蓄積線量 20.5mSv 最高値は 769.3mSv、中央値 8.3mSv。慢性リンパ性白血病を除く白血病で、1:5matching の nested case-control を行った場合、2 年ラグの平均累積線量は、症例群: 27.0mSv、対照群: 18.2mSv		
	濃度範囲	95%の労働者が、79.7mSv 以下。 傾向分析に使用した線量については、線量 0 から 400+の間で 10 段階に区分し、ラグタイム(0-20 年の間で 5 段階)ごとの線量範囲【表 5 a】を使用。		
線種・核種	ウランなどの核燃料物質			
健康影響	影響の種類	がん罹患、死亡	影響評価の精度	SMR の母集団は、England Wales および 1979-92 は Lancashire の人口。SRR の母集団は、1971-91 の England Wales および 1979-95 は Lancashire の人口。 死亡率、罹患率の母集団は、非放射線作業員。(地理的および社会経済的な交絡を排除する目的)
	情報源	国家統計局 (OSN)の所有するサウスポートの NHS 中央登録 (一部 1979-1995 年のマンチェスターがん疫学研究センターより入手)	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	交絡の可能性として作業期間、追跡期間、ばく露の長さもしくは初回雇用年の影響を見たが、一貫した差は見られず。(年齢のみで層化) 傾向分析は、年齢、労働期間、性別、雇用状況を調整。
	その他	年齢、地域、社会経済状況		
解析	使用モデル	SMR と RR は両側検定、傾向分析は片側検定。 ERR 係数の傾向分析には線量 10 段階、潜伏 2, 10, 15, 20 年の死亡に人年の重みづけをして算出。		

	交絡調整方法	地理的および社会経済的な交絡を排除する目的で、死亡率と罹患率の母集団は非放射線作業員。 ← 影響評価の精度より再掲		
アウトカム指標およびアウトカム	<p>1995 年未までに放射線作業員から 3,476 例、非放射線作業員から 1,356 例、死亡。【表 1】 がん死亡と累積外部被ばく線量に関連を認めなかった。 死亡率、罹患率と有意に関連していたのはホジキン病と累積外部線量である。 全がんの SMR は、放射線労働者 86、非放射線労働者 96、【表 2,3】 がん罹患の SRR は、放射線労働者、非放射線労働者ともに 81【表 4】 部位別の解析では、ホジキンリンパ腫死亡がラグタイム 10 年、15 年で累積線量と相関、膀胱がん死亡がラグタイムを 10 年とした場合、累積線量と有意に関連していた。【表 5】 がん罹患では、ラグタイムを 10 年とした場合、白血病を除くがん、胸膜のがん、ホジキンリンパ腫、非ホジキンリンパ腫が累積被ばく線量と有意に関連していた。肺がんもラグタイムを 20 年とした場合累積外部被ばく線量と有意に関連していた。ラグタイムを 20 年とした場合、口腔・咽頭がん、喉頭がん、黒色腫、食道がん、胃がん、乳がん、胆のうがん、肝臓がん、結腸がん、直腸がんについては累積被ばく線量との有意な関連性は認められなかった【表 7】</p>			

書誌情報	作業 No.	21	著者	Ashmore JP, Krewski D, Zielinski JM, Jiang H, Semenciw R, Band PR
	PMID(PubMedID)	9753011	タイトル	First analysis of mortality and occupational radiation exposure based on the National Dose Registry of Canada
	研究方法	コホート研究	雑誌名, 年, 巻, 頁	Am J Epidemiol 148:564-574;1998
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	—		
	従事作業	1951-1983年に全国線量登録に登録された全放射線作業員		
	人数	2,861,093人年【表4】		
	年齢	1951-1987年にモニターされた年齢層は16歳から86歳以上で5歳階級ごとに累計【表3】		
	性別	男性105,456人(51%)、女性101,164人(49%)		
	比較群	全国線量登録がされた全放射線作業員のうち、死亡記録がない者		
追跡	追跡期間	平均して14年	追跡率 解析対象割合	81%(206,620/256,425人) 29%は情報不足、1984年以降のモニター欠如、16歳未満のため除外
	追跡率			
ばく露指標	作業名	全国線量登録がされた職業被ばく種は、歯科、医科、医科以外の産業(カナダ原子力公社を含む)、原子力発電所の4タイプ【表4】	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	線量測定値は、5団体から提供されており、年代によって測定タイプ(フィルム、TLD、レムカウンター等)や報告限界値(0.01-0.40の範囲)が違ふ。頻度は、週、隔週、月1回もしくは必要に応じてモニターされる。【表1】
	外部ばく露	保健省の放射線防護局が管理する		
	内部ばく露	全国線量登録の記録		
ばく露レベル	ばく露期間	情報なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露年数	情報なし		
	平均濃度	累積全身照射量の平均は、6.3mSv。職業別の累積全身照射量および平均線量は、【表4】。累積全身照射量5mSvごとの人数は【表2】。(177,703人は、5mSv以下、うち93,260人は、報告限界値以下。1.4%は、10mSvを超える。)		
	濃度範囲	上項参考		
健康影響	線種・核種	情報なし	影響評価の精度	記載なし
	影響の種類	死亡		
	情報源	カナダ統計局が管理するカナダ死亡データベース		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	観察バイアス (問題点を記載)	線量登録と死亡データベースの照合に際して、検出漏れや誤検出によるリンクエラーが潜在的なバイアスとなる。バイアスを最小化させるためにエラーのしきい値を設定。なお、1960年中盤以降は社会保障番号制によりリンクエラーは低い。
	その他	変数として、年齢(5歳階級)、性別、暦年(5年階級)、職業別、初回ばく露からの経時(5年階級)、累積全身照射量の6項目を設定。		
解析	使用モデル	ポワソン分布に従うと仮定して、両側検定	交絡バイアス (問題点を記載)	社会経済状況によるアウトカムへのインパクトはない。
	交絡調整方法	情報なし		
アウトカム指標およびアウトカム	SMRは、男性0.59(90%CI: 0.57-0.60)、女性0.62(90%CI: 0.59-0.65)。【表5,6】 男性、全死亡のERR = 2.5(90%CI: 1.5-3.5)、死因別のERRは、全がん3.0(90%CI: 1.1-4.9)、肺がん3.6(90%CI: 0.4-6.9)、循環器系疾患2.3(90%CI: 0.9-3.7)、事故8.8(90%CI: 2.7-15.0)。 女性、全死亡のERR = 5.5(90%CI: 0.6-10.3)。【表7,8】			

書誌情報	作業 No.	753	著者	Morrison H.I., Villeneuve P.J., Lubin J.H., Schaubel D.E.
	PMID(PubMedID)	9650653	タイトル	Radon-Progeny Exposure and Lung Cancer Risk in a Cohort of Newfoundland Fluorspar Miners
	研究方法	コホート研究	雑誌名, 年, 巻, 頁	RADIATION RESEARCH 150:58-65:1998
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	1960年以降に最初にばく露した作業員の中で肺がんで死亡した人数が少なく、Inverse-exposure effectが減衰したかどうか不明。本件の分析は喫煙とラドンばく露との間には強い相乗効果があることを裏付けているが、喫煙未経験者の肺がん死者数が少ないことが問題。
	施設名	Newfoundland のホテル石鉱山		
	従事作業	ホテル石採掘		
	人数	2,064人(地下作業員 1,743人、地上作業員 321人)		
	年齢	情報なし		
	性別	情報なし		
追跡	比較群	1950-1990年 Newfoundland の男性の死亡率		
	追跡期間	40年(1950-1990)		
追跡率	追跡率	100%		
	作業名	ホテル石採掘	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	一時的な影響を組み込みやすいこと、他の研究との比較がしやすいことにより、絶対リスクモデルより相対リスクモデルに頼っている。
外部ばく露	情報なし			
ばく露指標	内部ばく露			
	ばく露期間	1936-1978年		
	ばく露年数	平均 5.7 年ばく露		
	平均濃度	平均累積ばく露 382.8 WLM		
	濃度範囲	解析では累積ばく露量を 0~3,500+ まで 10 段階に分類【表 2】		
線種・核種	ラドン娘核種			
健康影響	影響の種類	感染症及び寄生虫性疾患; 新生物(口腔及び咽頭; 唾液腺; 消化管; 気管、気管支及び肺; 前立腺; 尿路; 脳、神経系; リンパ節、造血系); 内分泌系、栄養系、代謝系; 精神障害; 神経系疾患; 循環器系疾患(虚血性心疾患; 脳血管疾患); 非悪性呼吸器系疾患(慢性気管支炎、肺気腫及び喘息; 珪肺及び炭珪肺); 消化器系疾患; 泌尿生殖器疾患; 不明確症状の発症【表 1】	影響評価の精度	Inverse-exposure effect は誤分類によるものであり、低ばく露率に比べて高ばく露率に対するリスク推定値を低くしている可能性あり。
	情報源	Canadian Mortality Database	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	1993、1978、1970、1966 に実施された調査のデータを元に時間依存変数として扱う	交絡バイアス (問題点を記載)	シリカばく露量で調整すればラドン娘核種の影響の評価が低下する可能性あり。
	その他	到達年齢、最初にラドンにばく露した年齢、最後にばく露してからの期間、ばく露期間		
解析	使用モデル	ポワソン回帰法を用いて相対リスク(RR)モデル及び絶対(過剰)リスク(ER)モデルを適用		
	交絡調整方法	線形過剰相対リスクモデルを適用		
アウトカム指標およびアウトカム	肺がんの相対リスク推定値は累積ばく露量の増加と共に増加【表 2】。ERR/WLM は到達年齢と共に低下する【表 3】が、最初にばく露した年齢による差はない【表 4】。全ばく露量が同じでも高いばく露率(かつ短期間)の方が低いばく露量(かつ長期間)より害が少ない(Inverse-exposure effect)。ERR/WLM はばく露期間が長いほど高く【表 6】、ばく露が最近であるほど高い【表 7】。また、喫煙者は非喫煙者(喫煙未経験者及び元喫煙者)に比べて ERR/WLM が高い【表 8】。ばく露率、ばく露後の期間、喫煙状態及び到達年齢の影響をラドンばく露と肺がんリスクの評価に組み込むべき。			

書誌情報	作業 No.	758	著者	Howe GR, Stager RH
	PMID(PubMedID)		タイトル	Risk of lung cancer mortality after exposure to radon decay products in the Beaverlodge cohort based on revised exposure estimates
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	Radiat. Res. 146; 37-42: 1996
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	施設名	エルドラド・ビーバーロッジ ウラン鉱山 (サスカチュワン州)		
	従事作業	ウラン採鉱及びその周辺作業		
	人数	肺がん死者 65 人、及びケースコントロール 126 人		
	年齢	被ばく年齢記載なし		
	性別	男性		
	比較群	ビーバーロッジ・コホート		
追跡	追跡期間	30 年間(1950 年から 1980 年)		
	追跡率	98%		
ばく露指標	作業名	ウラン採鉱及びその周辺作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	推定被ばく線量の計算には、前回の同鉱山分析では幾何平均が用いられたが、今回は算術平均を使用。推定値もより場所を細分化し、実際は作業がされなかった期間の測定値(換気研究用測定値等)は会社記録と照合の上除外された。
	外部ばく露	呼気による内部被ばく		
ばく露レベル	ばく露期間	1948 年から 1980 年の間で各個人により異なる		
	ばく露年数	各個人により異なる		
	平均濃度	各個人の就業場所及び期間により異なる【表 I】		
	濃度範囲	0 WLM~200+ WLM で 6 段階に層化。【表 I】		
	線種・核種	ラドン娘核種		
健康影響	影響の種類	固形がん(肺がん)による死亡	影響評価の精度	記載なし。
	情報源	従業員名簿、カナダ統計局死者数データベース	観察バイアス (問題点を記載)	ビーバーロッジ鉱山以外の鉱山での就業によるばく露評価を試みたが記録不十分のため実現できず。但し、記録のある他鉱山就業期間はモデル計算では考慮。→ 他鉱山労働の交絡可能性は検証結果ほぼ無しと判断された。
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。係数としてモデルに組み込み。
	その他	被ばく後経過時間、リスク年齢、線量率		
解析	使用モデル	リスクは BEIR 第 4 次委員会及び最近の研究で使用された線形過剰相対リスクモデルに基づき推定。累積線量、リスク年齢・線量率等の変動要素、等は係数としてモデルに組み込み。コホート、ケースコントロールのデータ解析にはそれぞれはポワソン回帰、条件付きロジスティック回帰モデルを使用。係数、信頼区間、p 値は、標準的最尤法に基づき推定。解析ソフトウェアとして EPICURE を使用。		
	交絡調整方法	係数としてモデルに組み込み。		
アウトカム指標 および アウトカム	改訂推定被ばく線量は前回の推定線量より約 60% 上方修正となった。平均値計算には算術平均が用いられ 81.3 WLM となった(前回の算出では幾何平均で 50.6 WLM)。【表 I】 改訂推定被ばく線量を用いた過剰相対リスクは約 20% の上昇で、100 WLM あたり前回推定線量での 2.70 から 3.25 となった。他鉱山労働の交絡可能性は検証結果ほぼ無しと判断された。【表 II】 改訂推定線量に基づく相対リスクモデルの結果は、被ばく後経過時間とリスク年齢の点で、BIER 第 4 次委員会モデル及び最近の他例の統合解析結果に一致した。当初推定線量に基づく解析で見られた逆線量率効果の証拠は、今回の改訂データに基づく解析では得られなかった。【表 III】			

書誌情報	作業 No.	319	著者	Lubin JH,Boice JD, Jr.,Edling C,Hornung RW,Howe GR,Kunz E,Kusiak RA,Morrison HI, Radford EP,Samet JM,et al
	PMID(PubMedID)	7791231	タイトル	Lung Cancer in Radon-Exposed Miners and Estimation of Risk From IndoorExposure
	研究方法	11 コホートの相対危険度(RR)のプール解析	雑誌名・年・巻・頁	J Natl Cancer Inst87:817-827;1995
対象	国	中国(1報)、チェコ共和国(1報)、米国(1報)、カナダ(4報)、スウェーデン(1報)、メキシコ(1報)、オーストラリア(1報)、フランス(1報) 計 11 報	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	—		
	従事作業	炭鉱夫		
	人数	ばく露群: 907,459 人年 非ばく露群: 242,332 人年 (11 コホート個別内訳は下表 1 参照)		
	年齢	情報なし		
	性別	情報なし		
	比較群	非ばく露群: 242,332 人年		
追跡	追跡期間	記載なし		
	追跡率	記載なし		
ばく露指標	作業名	炭鉱夫のばく露範囲における累積ラドン子孫核種ばく露	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	炭鉱夫のばく露範囲では、累積 WLM と RR は線形性を示す。【図 1 参照】ことから解析モデルを検討。(屋内のような低いレベルのばく露でも危険をもたらすことを示唆している。)
	外部ばく露	—		
	内部ばく露	ラドン子孫核種濃度を作業レベル(WL)で換算。累積ラドン子孫核種のばく露量は、WLM で換算。 *1WL は、1L の空気中に存在するほどのラドン子孫核種の組み合わせであれ、それらが 130,000MeV のアルファ・エネルギーを最終的に放出する。		
ばく露レベル	ばく露期間	WLM に換算してコホートのバラつきは 7.6-595.7 (11 コホート個別内訳は下表 1 参照)	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	炭鉱夫のばく露範囲では、累積 WLM と RR は線形性を示す。【図 1 参照】ことから解析モデルを検討。(屋内のような低いレベルのばく露でも危険をもたらすことを示唆している。)
	ばく露年数	コホートのバラつきは 1.1-17.8 年 (11 コホート個別内訳は下表 1 参照)		
	平均濃度	一般的な家の Rn 濃度は 1pCi/L (or 37 Bq/m3) これは、0.005 WL レベルの Rn 子孫核種による崩壊生成物の 50%等価に値する。年間ばく露は、0.2 WLM 一生の累積ばく露は、10-20 WLM。ただし、Rn 濃度はかなりばらつきがある。(WLM/year で手計算すると、WL に換算してコホートのバラつきは、0.4-14.9)		
	濃度範囲 線種・核種	記載なし ラドン子孫核種		
健康影響	影響の種類	肺がんの発症	影響評価の精度	記載なし (各コホート論文の肺がん死亡人数に基づいていると思われる。11 コホート個別内訳は下表 1 参照)
	情報源	各コホート結果	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
交絡因子の収集	喫煙	非喫煙者のばく露反応傾向は喫煙者の 3 倍であり、非喫煙者の RR は高くなることを示す。	交絡バイアス、 異質性評価 (問題点を記載)	・喫煙との相関については、6 コホートは直接データあり。残り 5 コホートは関連症例対照研究を使用。各コホートで喫煙測定の違いがありコホート間の比較可能性は低い。ラドンばく露と喫煙の交互作用は、各コホートにより相乗モデルと相加モデルの当て
	その他	潜在修飾因子として以下。【表 2 より】 到達年齢(40 歳以降 80 歳まで ERR/WLM は減少)、ばく露期間(35-40 年でばく露期間の増加に伴い ERR/WLM は増加)、ばく露率(ばく露期		

		間に相対しばく露率の増加に伴い ERR/WLM は減少)、初回ばく露年齢 (各コホートによりバラつき)、最終ばく露からの期間 (最終ばく露からの期間に伴い ERR/WLM は減少、下降は 30-35 年にわたる)、ばく露からの期間 (ばく露から 35 年以上の経過で時間に伴い ERR/WLM は減少)、ヒ素ばく露 (ヒ素調整により 2 コホートで ERR/WLM は減少)		はまりの良さが一致しない。なお、症例数により検出力不足。 ・潜在修飾因子を調整しても ERR/WLM の異質性は存在する。 この異質性は、ばく露評価での系統的な誤差、研究対象集団の不明な異質性 (遺伝的、ライフスタイル、その他)、あるいは、交絡する他の鉱山でのばく露因子など説明不能な異質性の残余によると思われる。
解析	使用モデル	肺がんの生涯リスク (LRR) と寄与リスク (AR) は 2 つの解析モデル (TSE/AGE/DUR モデル と BEIR IV モデル) により解析。 ERR/WLM は 11 コホート個々のばく露量反応相関の過重平均から算出。CI はランダム効果モデル。(ただし、LRR と AR の CI はパラメータ推定にテイラー級数展開と共分散行列を使用。)		
	交絡調整方法	潜在修飾因子 (上述) ごとでモデルをあてはめた。		
アウトカム指標およびアウトカム	肺がんの LRR、AR は 2 つの解析モデルによるデータ値を同時記載 肺がんの LRR は、女性の喫煙者では 4pCi/L の場合 1.3、1.4、(8pCi/L の場合) 1.6、1.7【グラフ 3】 ばく露期間 (5 年、10 年、15 年) による LRR は、モデルによって異なる【グラフ 4】 肺がんの AR は、男性では 9-10%、女性では 11-12%、(喫煙の有無で見ると、男性喫煙者 10%、女性喫煙者 12%、男性非喫煙者 28%、女性非喫煙者 31%)			
その他補足事項	平成 22 年度放射線影響情報文献レビューによれば、ラドン被ばくによる肺がんリスクを 19%/Bq/m ³ と推定したとの記載があるが、文献中からは数値自体は見つけることは出来なかった。 関連資料として、「環境保護庁 住居内ラドンによるリスクの評価」がある。 http://www.niph.go.jp/soshiki/seikatsu/radon/model1.pdf			

別添 表 1

Table 1. Summary of study populations in pooled analysis and estimates of ERR/WLM

Study site (reference No.)	Type of mine	Person-years		Lung cancer deaths		WLM*	No. of years exposed*	ERR/WLM	95% CI
		Exposed	Non-exposed	Exposed	Non-exposed				
Yunnan Province, People's Republic of China (4)	Tin	135 357	39 985	936	44	277.4	12.9	0.0016	0.001-0.002
W. Bohemia, Czech Republic (5)	Uranium	103 652	4216	656	5	198.7	7.3	0.0034	0.002-0.006
Colorado Plateau † (6)	Uranium	73 509	7403	292	2	595.7	4.0	0.0042	0.003-0.007
Ontario, Canada ‡ (7)	Uranium	319 701	61 017	282	2	30.8	3.0	0.0089	0.005-0.015
Newfoundland, Canada (8)	Fluorspar	35 029	13 713	112	6	367.3	4.8	0.0076	0.004-0.013
Malmberget, Sweden (9)	Iron	32 452	841	79	0	80.6	17.8	0.0095	0.001-0.041
Granis, New Mexico (10)	Uranium	46 797	12 152	68	1	110.3	7.4	0.0172	0.006-0.067
Beaverlodge, Canada (11)	Uranium	68 040	50 345	56	9	17.2	1.9	0.0221	0.009-0.056
Port Radium, Canada (12)	Uranium	30 454	22 222	39	18	242.8	3.2	0.0019	0.001-0.006
Radium Hill, Australia (13)	Uranium	25 549	26 301	32	22	7.6	1.1	0.0506	0.010-0.122
France (14)	Uranium	39 487	4556	45	0	68.7	13.2	0.0036	0.001-0.013
Combined †		907 459	242 332	2597	109	158.0	5.7	0.0049	0.002-0.010 ‡

書誌情報	作業 No.	718	著者	Wiggs, L. D., E. R. Johnson, C. A. Cox-Devore et al.
	PMID(PubMedID)	7960779	タイトル	Mortality through 1990 among white male workers at the Los Alamos National Laboratory: considering exposures to plutonium and external ionizing radiation
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	Health Phys. 67(6): 577-588 (1994)
対象	国	アメリカ	選択バイアス (問題点を記載)	当該研究所のみの比較なので、外部妥当性がない。
	施設名	ロスアラモス国立研究所		
	従事作業	核兵器の研究や開発		
	人数	15,727 人		
	年齢	情報なし		
	性別	全員男性		
追跡	比較群	米国一般集団		
	追跡期間	平均 29 年		
追跡	追跡率	98%		
	作業名	核兵器の研究や開発	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	情報なし
ばく露指標	外部ばく露	情報なし		
	内部ばく露	情報なし		
ばく露レベル	ばく露期間	1943~1977 年		
	ばく露年数	情報なし		
	平均濃度	情報なし		
	濃度範囲	情報なし		
	線種・核種	X 線、γ 線、ニュートロン、トリテウム、プルトニウム同位体		
健康影響	影響の種類	部位別がん死亡	影響評価の精度	情報なし
	情報源	NDI	観察バイアス (問題点を記載)	イベント数が少ないため、量反応関係の傾向検定が有意にならなかった可能性
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	他の研究施設内の有害な化学物質による影響を考慮していない。
	その他	年齢、暦年、人種		
解析	使用モデル	米国白人男性の死亡率を SMR、年齢と暦年で層別した RR、放射線量と死亡率の量反応関係を調べる傾向検定。		
	交絡調整方法	層化		
アウトカム指標およびアウトカム	ほとんどのがんで有意な死亡率増加は見られなかったが、肺がんでは RR が 1.78 となった【表 2】。量反応関係は脳・中枢神経系がん、食道がん、ホジキン病による死亡で有意となった【表 3~6】。			

書誌情報	作業 No.	755	著者	Jonathan M. Samet, Dorothy R. Pathak, Marion V. Morgan, Charles R. Key, Arnolfo A. Valdivia, Jay H. Lubin
	PMID(PubMedID)	1659563	タイトル	Lung cancer mortality and exposure to radon progeny in a cohort of New Mexico underground uranium miners
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	Health Physics Vol. 61, No.6 (December), pp. 745-752, 1991
対象	国	米国	選択バイアス (問題点を記載)	コホートは会社の個人記録と、NMの Glants Clinic での採鉱関係者用の健康診断を受けた男性のリストとの照合を行い、1976年12月31日までに最低でも1年はNew Mexicoの地下ウラン鉱床で働いていた対象を4,044人抽出。そのうち398人はNew Mexicoの地下ウラン鉱床で働いた実績が1年未満、172人は誕生日不明・被ばく経歴不明・追跡情報不明、5人は人種が白人及びネイティブ・アメリカンでないため除外
	施設名	New Mexico 州の地下ウラン採鉱場		
	従事作業	ウラン採鉱		
	人数	3,469人(同採鉱場で1年以上採鉱に従事し、低線量被ばくした人)		
	年齢	【表2】(採鉱開始年齢の分布)		
	性別	男性		
追跡	比較群	New Mexico 州の一般集団	追跡期間	1985年12月31日まで
	追跡率	100%(対象の3,469人について)		
ばく露指標	作業名	ウラン採鉱	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	各作業員の作業記録によるばく露時間(記録値又は推定値)と個々の鉱床でのラドン子孫の濃度データ(米国労働安全衛生研究所他のデータ)で推定【表1】、【図1】(計算方法の詳細は著者の前出論文(Samet 他, 1989)で記載)【図2】累積ばく露の度数分布 *さまざまな線源によるばく露から推定するため系統的バイアスがある。
	外部ばく露	鉱内濃度と作業時間から算出		
ばく露レベル	内部ばく露		観察バイアス (問題点を記載)	喫煙歴の追跡なし
	ばく露期間	1950年~1985年		
	ばく露年数	採鉱経験1年~		
	平均濃度	平均累積ばく露:0.39 Jhm ⁻³ (111.4 WLM)		
	濃度範囲	0 Jhm ⁻³ から>3.50 Jhm ⁻³ (0WLM から>1,000 WLM) (8つのカテゴリーに分類)【表4】		
線種・核種	ラドン子孫	健康影響	影響の種類	<がん関連> 肺がん、その他のがんによる死亡 <その他の死因> アルコール、全循環器疾患、全呼吸器疾患、外因による死亡
交絡因子の収集	情報源	地域、州、国のデータベース、ニューメキシコ腫瘍登録書、全米死亡記録他	収集の方法	定期的な名簿を照合
	喫煙	喫煙歴の有無調査	その他	人種(ヒスパニック、非ヒスパニック白人、ネイティブ・アメリカン)
解析	使用モデル	指数型相対リスク、超過相対リスク、寄与リスクの各モデル、最大尤度パラメータ推定値の計算には AMFIT 回帰プログラムを使用	交絡調整方法	交差分類
	交絡調整方法	交差分類		

アウトカム指標およびアウトカム	<p>コホートの死亡率は著しく増加: SMR=1.1、死因では全ガン SMR=1.9、特に、肺がん(SMR=4.0)で顕著に増加、全呼吸器疾患: SMR=1.2、外因: SMR=1.5 についても有意差あり。</p> <p>アルコール: SMR=0.6、全循環器疾患: SMR=0.6 については有意差なし。【表3】</p> <p>肺がんに対する相対リスク(RR) (喫煙歴の調整無、有それぞれについて): 0.35Jhm⁻³(100 WLM) 未満に比べると他のばく露カテゴリーは1を超える【表4】</p> <p>喫煙を含むモデルの逸脱は喫煙なしのモデルに比べてかなり小さい($X^2=9.0, p<0.01$)</p> <p>喫煙者の相対リスク: 非喫煙者と比べると3.6であることから、喫煙は重要なリスク因子である。</p> <p>超過相対リスク: 1Jhm⁻³ 当たり0.5%増加、95%CI=0.2-1.6 (1 WLM 当たり1.8%増加、95%CI=0.7-5.4)</p> <p>最後のウラン採鉱後5年以上についてリスクが減少【表5】</p> <p>データの傾向は指数型相対リスクモデルでの喫煙とラドン子孫によるばく露の相乗相互作用と一致</p> <p>肺がんリスクのオッズ比は観測時55歳以下の人についてはラドン子孫のばく露量の増加と共に急峻に上昇する。【表6】</p>
-----------------	--

書誌情報	作業 No.	759	著者	Woodward A, Roder D, McMichael AJ, Crouch P, Mylvaganam A.	
	PMID(PubMedID)	1873450	タイトル	Radon daughter exposures at the Radium Hill uranium mine and lung cancer rates among former workers, 1952-87	
	研究方法	ヒストリカルコホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Cancer Causes Control. 1991; 2:213-20	
対象	国	オーストラリア(南部)	選択バイアス (問題点を記載)	不完全な追跡により死亡率にバイアスが入っている可能性がある。(しかしばく露量により追跡率に差はないであろうことから、ばく露量と死亡との関連への影響はないと考えられると著者はディフェンスしている)	
	施設名	Radium Hill ウラン鉱山			
	従事作業	ウラン鉱山での作業			
	人数	2,574 人			
	年齢	1990年時点での年齢が65歳以上かどうかのみの記載がある(解析は年齢を調整して行っているとの記載あり) 追跡が正しく行われている人 1990年時点での年齢が65歳以上の割合は43.9%(表3)			
	性別	男性			
追跡	比較群	1987年時点のオーストラリアの(一般)国民	追跡期間	1952~1961年のばく露による、1987年までの健康影響の評価	
	追跡率	64%			
ばく露指標	作業名	ウラン鉱山での作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	ラドン娘核種へのばく露は過去の記録(鉱山大気中のラドン濃度と、各個人の仕事歴)から推定(しかし、実際のばく露量よりも大きくあるいは小さく推定しているとは考えられないと著者らはディフェンスしている)	
	外部ばく露	記載なし			
ばく露レベル	内部ばく露	ラドン娘核種			
	ばく露期間	1952-1961年			
	ばく露年数	9年間			
	平均濃度	7.0WLM			
	濃度範囲	分布を図1に記載(中央値3.0WLM・75パーセンタイル点7.4WLMとの記載あり、目測では0-80WLM)			
線種・核種	ラドン娘核種	影響の種類	肺癌による死亡	影響評価の精度	記載なし
健康影響	情報源				
交絡因子の収集	収集の方法	上記の国、州のデータを利用	喫煙	あり	記載なし
	その他	アスベスト鉱山や、ウランなどの放射性物質へのばく露可能性がある他の労働の有無			
解析	使用モデル	死亡率などを年齢・ばく露量によりサブグループ解析、死亡数がポアソン分布に従うと仮定してSMRのCIを計算、死亡率比をポアソン回帰モデルにより推定	交絡バイアス (問題点を記載)	サブグループ解析、ばく露量カテゴリーを説明変数としてポアソン回帰モデルに導入	
	交絡調整方法				

書誌情報	作業 No.	751	著者	Hornug RW, Meinhardt TJ
	PMID(PubMedID)		タイトル	Quantitative risk assessment of lung cancer in U.S. uranium miners
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Health Physics52: 417-430;1987
対象	国	米国	選択バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	施設名	コロラド高原ウラン鉱山		
	従事作業	ウラン採鉱及びその周辺作業		
	人数	3,346人(ウラン地下鉱山で1ヶ月以上作業に従事した白人で、1950年から1960年の間に1回以上健康調査を受診したもの)【表1】		
	年齢	101ヶ月(8.4歳)~877ヶ月(73.1歳)【表2】		
	性別	明確な記載無したが、男性のみと解釈可能(Discussion section 最終パラグラフ参照)		
追跡	比較群	コロラド高原一般住民	追跡期間	22年(1960年から1982年まで)
	追跡率	99.4%(1977年前回調査以降は100%)【表1】		
ばく露指標	作業名	ウラン採鉱及びその周辺作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	ラドン娘核種の線量測定は、呼吸率、粒子サイズ分布、肺への沈着、ラドン/ラドン娘核種の平衡、等の要素が関わるため複雑。鉱山及び年毎の線量は、実測、内挿・外挿法、地理的範囲、1950年以前の推定値、等により各要素の変動係数を算出。【表6】それら変動係数と個人のばく露期間を用いて各人の累積被ばく線量を計算。各人の平均変動係数は0.97(相対標準偏差は97%)。
	外部ばく露	呼気による内部被ばく		
ばく露レベル	内部ばく露		ばく露評価の精度 (問題点を記載)	ラドン娘核種の線量測定は、呼吸率、粒子サイズ分布、肺への沈着、ラドン/ラドン娘核種の平衡、等の要素が関わるため複雑。鉱山及び年毎の線量は、実測、内挿・外挿法、地理的範囲、1950年以前の推定値、等により各要素の変動係数を算出。【表6】それら変動係数と個人のばく露期間を用いて各人の累積被ばく線量を計算。各人の平均変動係数は0.97(相対標準偏差は97%)。
	ばく露期間	1908年~で各個人により異なる【表2】		
	ばく露年数	各個人により異なる		
	平均濃度	各個人の就業場所及び期間により異なる		
健康影響	濃度範囲	0.3 WLM~10,000+ WLM	影響評価の精度	記載なし。
	線種・核種	ラドン娘核種		
	影響の種類	固形がん(肺がん)、他死因による死亡		
交絡因子の収集	情報源	国立労働安全衛生研究所(NIOSH)	観察バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	収集の方法	記載なし		
	喫煙	情報あり		
解析	その他	初回被ばく年齢、初回被ばく年、生年、他【表2】	交絡バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	使用モデル	コックス比例ハザードモデルで、ばく露後4年+部分的な線形加重の遅延時間を考慮。【図1,2,3】		
	交絡調整方法	内部比較集団の利用。共変量としてモデルに組み込み。		

アウトカム指標およびアウトカム	<p>ラドン娘核種被ばくと喫煙のリスク要素を掛けあわせた係数は-0.088、これは影響が相乗よりも小さく相加よりも大きいことを意味する。【表3】</p> <p>線量率効果係数は-0.043で、これは同等の累積線量に被ばくした場合、低線量で長期間に渡る累積被ばくの方で肺がんリスクがより大きく出ることの意味しておりサブコホートをを用いた観察でも確認された。【表4】生年については、後になるほど被ばく線量あたりの肺がん罹患リスクが大きくなることが示された。最初の被ばく年齢が高いほど肺がん罹患率は高く、最後の被ばくより時間が経てば経つほど罹患率は低くなるという結果が示された。</p> <p>リスクモデルは被ばくとその肺がんへの影響を低累積被ばく範囲で100 WLMにつき0.9から1.4の過剰相対リスク(ERR)を予想。【図5】</p>
-----------------	---

書誌情報	作業 No.	757	著者	Howe GR, Nair RC, Newcombe HB, Miller AB, Burch JD, Abbatt JD
	PMID(PubMedID)		タイトル	Lung cancer mortality (1950-80) in relation to radon daughter exposure in a cohort of workers at the Eldorado Port Radium uranium mine: possible modification of risk by exposure rate
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	J Natl Cancer Inst79; 1255-1260: 1987
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	施設名	エルドラド ポート・ラジウム ウラン鉱山 (ノースウェスト準州)		
	従事作業 人数	ウラン採鉱及びその周辺作業 2,103 人		
	年齢	被ばく年齢は<30 から ≥40 まで、3 段階に分類。【表 6】		
	性別	男性		
	比較群	ビーバーロッジ・コホート		
追跡	追跡期間	30 年間(1950 年から 1980 年)		
	追跡率	78%		
ばく露指標	作業名	ウラン採鉱及びその周辺作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1940 年までは雇用データが無いため不正確。1940 年から 1958 年まではラドンガスサンプルに基づく推定であるが数不十分。ラドン娘核種濃度の推定にはビーバーロッジ測定データに基づく平衡定数を使用。平衡定数算出基準となったビーバーロッジではずっと高い数値が発生していたことが明らかとなったため 10-80%の過小評価となっている可能性あり。実際の作業場所によっては、使用された WL 値よりも 2-3 倍の数値の環境であった可能性もあることが指摘されている。
	外部ばく露 内部ばく露	呼吸による内部被ばく		
ばく露レベル	ばく露期間	1948 年から 1980 年の間で各個人により異なる	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露年数	各個人により異なる		
	平均濃度	各個人の就業場所及び期間により異なる【表 3】		
	濃度範囲	0 WLM ~ ≥1,600 WLM まで、7 段階に分類。【表 4】		
線種・核種	ラドン娘核種			
健康影響	影響の種類	固形がん(肺がん)、その他全てのがん(具体的内容記載なし)、がん以外(虚血性心疾患、インフルエンザ、アルコール依存症、交通事故、他事故、他)による死亡	影響評価の精度	記載なし。
	情報源	従業員名簿、カナダ統計局死亡者数データベース	観察バイアス (問題点を記載)	他鉱山での就業者除外は自己申告によるものであるため信頼性に乏しい。バイアスがあるとすれば上方バイアスと考えられる。前職については、他鉱山での就業者をコホートから除外。
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	問題点は記載なし。
	その他	初回被ばく時年齢、観察時年齢		
解析	使用モデル	間接標準化法で予測死亡数を計算し、観察された死亡数をポワソン変数として区間推定と有意性を検定。肺がん死には片側 p 値を使用。被ばく線量-反応関係には繰返し加重最小二乗法を使用。相対及び寄与リスク係数は加重線形回帰にて推定。	交絡バイアス (問題点を記載)	
	交絡調整方法	モデルに組み込み。		
アウトカム指標 および アウトカム	被ばく線量 5 WLM 以上の集団で肺がん死に非常に有意な相関あり(相対リスクは 3.37)。その他全てのがんによる死には有意な過剰は見られず。がん以外の死因では、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意な上昇が見られた(相対リスク 1.25)。【表 1】 初回被ばく後経過年と肺がん死の相関については、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意で、初回被ばく後 5 年目以降に肺がん死多い。【表 2】 相対及び寄与リスク係数は、それぞれ WLM 当たり 0.27%、100 万人年・WLM 当たり 3.10%と算出された。【表 3、4】 初回被ばく時年齢については 30 歳以前で寄与リスク係数が最小となった。【表 6】 リスク係数はビーバーロッジ鉱山で報告されたものよりかなり低い数値となったが、本研究推定値にバイアスが存在するとすれば上方と考えられる。従って数値差を説明するものとしては、線量率の違い(平均線量率はビーバーロッジで 5 WLMs/年、ポート・ラジウムで 109 WLMs/年)が考えられる。			

書誌情報	作業 No.	756	著者	Howe GR, Nair RC, Newcombe HB, Miller AB, Abbatt JD
	PMID(PubMedID)		タイトル	Lung cancer mortality (1950-80) in relation to radon daughter exposure in a cohort of workers at the eldorado Beaverlodge Uranium Mine
	研究方法	コホート研究	雑誌名, 年, 巻, 頁	J Natl Cancer Inst 77; 357-362: 1986
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	問題点は記載無し。
	施設名	エルドラド ビーバーロッジ ウラン鉱山 (サスカチュワン州)		
	従事作業	ウラン採鉱及びその周辺作業		
	人数	8,487 人		
	年齢	被ばく年齢は<30 から ≥40 まで、3 段階に分類。【表 5】		
	性別	男性		
追跡	比較群	カナダ一般国民(カナダ統計局データ)		
	追跡期間	30 年間(1950 年から 1980 年)		
ばく露指標	追跡率	77.5%		
	作業名	ウラン採鉱及びその周辺作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	初期空気サンプルはラドン娘核種ではなくラドンガス測定であり、測定頻度も少なかったため、1970 年代に 1966 年 11 月以前の線量について遡及推定された。線量算出には、算術平均ではなく年間中央値が用いられた。ラドン娘核種濃度は、各年の平衡係数を用いラドン濃度から算出された。
	外部ばく露	呼吸による内部被ばく		
内部ばく露				
ばく露レベル	ばく露期間	1948 年から 1980 年の間で各個人により異なる		
	ばく露年数	各個人により異なる		
	平均濃度	各個人の就業場所及び期間により異なる【表 3】		
	濃度範囲	0 WLM ~ ≥250 WLM まで、7 段階に分類。【表 3】		
	線種・核種	ラドン娘核種		
健康影響	影響の種類	固形がん(肺がん)、その他全てのがん(具体的内容記載なし)、がん以外(心臓病、自殺、事故、他)による死亡	影響評価の精度	記載なし。
	情報源	従業員名簿、カナダ統計局死亡者数データベース	観察バイアス (問題点を記載)	前職については、オンタリオ鉱山の従業員名簿にあるものをコホートから除外。また会社所有の記録の精査で前職での被ばく経験のあるものを除外したが、未報告の被ばく経験がある可能性も否定できない。
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし		問題点は記載なし。
	その他	初回被ばく時年齢、観察時年齢		
解析	使用モデル	間接標準化法で予測死亡数を計算し、観察された死亡数をポワソン変数として区間推定と有意性を検定。肺がん死には片側 p 値を使用。被ばく線量-反応関係には繰返し加重最小二乗法を使用。相対及び寄与リスク係数は加重線形回帰にて推定。	交絡バイアス (問題点を記載)	
	交絡調整方法	モデルに組み込み。		

アウトカム指標およびアウトカム	被ばく線量 5 WLM 以上の集団で肺がん死に非常に有意な相関あり(相対リスクは 2.90)。その他全てのがんによる死には有意な過剰は見られず。【表 1】 初回被ばく後経過年と肺がん死の相関については、被ばく線量 5 WLM 以上の集団で有意で、初回被ばく後 5 年目以降に肺がん死多い。【表 2】 相対及び寄与リスク係数は、それぞれ WLM 当たり 3.28%、100 万人年・WLM 当たり 20.8%と算出された。【表 3、4】 初回被ばく時年齢については 30 歳以前でそれ以後の年齢よりもリスク低下が観察された。30-39 歳の集団と 40 歳以上の集団では相対リスク係数はほぼ似たものであったが、寄与リスク係数では年長集団に相当の上昇が観察された。観察時年齢については、40 歳から 69 歳の間では相対リスク係数はほぼ一定であったが、70 歳以上の集団で下落。寄与リスク係数は 70 歳以上集団を除き、年齢とともに上昇した。【表 5、6】
-----------------	---

書誌情報	作業 No.	754	著者	Edward P R, Renard C
	PMID(PubMedID)	6325913	タイトル	LUNG CANCER IN SWEDISH IRON MINERS EXPOSED TO LOW DOSES OF RADON DAUGHTERS
	研究方法	後ろ向き研究	雑誌名・年:巻:頁	THE NEW ENGLAND OF MEDICINE 310:1485-1494
対象	国	スウェーデン	選択バイアス (問題点を記載)	肺がん死亡者数が相対的に少ない (特に非喫煙者)ため、限界あり
	施設名	LKAB 鉱山		
	従事作業	鉄鉱石採掘		
	人数	1897-1976 年に 1 暦年以上地下での作業に従事した 1,415 人の作業員		
	年齢	1880-1919 年生まれ		
	性別	男性		
追跡	比較群	スウェーデン中央統計局による国内原因別死亡率		
	追跡期間	1951.1.1-1976.12.31		
追跡率	追跡率	91%(1930-50 死亡 121、移住 6、追跡不能 1)【表 1】		
ばく露指標	作業名	鉄鉱石採掘	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	スウェーデン南部～中央部に分布するウラン含有頁岩上に建てられた住宅における高レベルラドンへのばく露が全ラドン娘核種ばく露量に影響した可能性あり
	外部ばく露	情報なし		
内部ばく露	情報なし			
ばく露レベル	ばく露期間	1897-1976 年		
	ばく露年数	平均 19.5 年		
	平均濃度	平均 4.8WLM/年、均累計ばく露量 93.7WLM【図 1】		
	濃度範囲	2~300WLM		
線種・核種	短半減期ラドン娘核種			
健康影響	影響の種類	がん(肺がん、胃がん、その他のがん(リンパ腫、皮膚がん))、がん以外の死因(心臓血管疾患、珪肺)による死亡【表 2】	影響評価の精度	記載なし
	情報源	会社及び労働組合の記録、教会区記録簿	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	調査票で量、種類、喫煙歴について調査(556 人)。	交絡バイアス (問題点を記載)	喫煙の影響については、長期追跡とより詳細な情報が必要。
	その他	情報なし		
解析	使用モデル	職業集団死亡率解析プログラム		
	交絡調整方法	死因、年齢層、累積線量に応じ一定期間ごとの観察死亡数及び期待死亡数を計算		

アウトカム指標およびアウトカム	肺がんリスクと放射線量には、強いばく露量-反応関係あり【表 4、図 2】。職業ばく露限度に近いラドン娘核種ばく露率では、肺がんリスクが増加。リスクは、地下作業を開始した暦年や年齢とは関係ない【表 3、表 5】。喫煙者に対するラドン娘核種が誘発する肺がんの絶対リスクは、非喫煙者よりわずかに高いだけである。肺がんリスクのコントロールには、総ばく露量を制限する必要あり。
-----------------	---

書誌情報	作業 No.	752	著者	Kusiak RA, Springer J, Ritchie AC, Muller J.
	PMID(PubMedID)	1663386	タイトル	Carcinoma of the lung in Ontario gold miners: possible aetiological factors
	研究方法	ヒストリカルコホート研究と先行研究の組み合わせによる解析	雑誌名. 年;巻:頁	Br J Ind Med. 1991; 48:808-17
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	オンタリオの鉱山		
	従事作業	鉱山での採掘		
	人数	54,128 人		
	年齢	記載なし		
	性別	男性		
追跡	比較群	オンタリオの一般住民を標準集団とする	追跡期間	コホート(鉱山)にもよるが、研究は 1928 年から 1986 年までのデータを使用
	追跡率	記載なし		
ばく露指標	作業名	鉱山労働	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	オンタリオの金鉱山労働者の、ラドン崩壊生成物へのばく露量は、他の鉱山の 40 年以上前の測定値を参考に推定されている
	外部ばく露	記載なし		
ばく露レベル	内部ばく露	シリカ、ヒ素、ラドン崩壊生成物	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露期間	詳しい記載はないが、恐らく作業中、鉱山により様々		
	ばく露年数	ラドン崩壊生成物は 0.3WLS (working level)以下で、鉱山の場所により様々		
	平均濃度	ヒ素:0~約 6.0%As-y(表 5) ラドン崩壊生成物:0~67WLM		
健康影響	濃度範囲	記載なし	影響評価の精度	Statistics Canada データベースは、1977 年までで 6%の死亡が捉えられていないと推定されている(鉱山労働者がカナダの外で死亡する可能性があることが原因)
	線種・核種	記載なし		
	影響の種類	死亡、がんの罹患		
交絡因子の収集	情報源	Statistics Canada データベース	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	鉱山のヒ素含有量は、鉱山試料を採取、測定した		
解析	喫煙	あり	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	作業レベル		
解析	使用モデル	O/E 比、SMR	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	交絡調整方法	ヒ素へのばく露量、作業レベルなどを説明変数、反応変数を O/E とする線形モデルを導入		

書誌情報	作業 No.	664	著者	Rogel A, Carré N, Amoros E, Bonnet-Belfais M, Goldberg M, Imbernon E, Calvez T, Hill C.
	PMID(PubMedID)	15597358	タイトル	Mortality of workers exposed to ionizing radiation at the French National Electricity Company.
	研究方法	コホート研究	雑誌名, 年, 巻, 頁	Am J Ind Med.;47(1):72-82:2005
対象	国	フランス	選択バイアス (問題点を記載)	一般国民に比較した電力会社の原子力部門で働く者の死亡率は有意に低い。”健康な労働者”効果による。
	施設名	19の原子力発電所を預かるフランス国営電力会社		
	従事作業	電離放射線を扱う原子力部門の従業者		
	人数	22,395人		
	年齢	試験開始時点平均年齢 27.7歳 (17.7-69.5歳) 【表1】		
	性別	女性が3.4%(763人)、男性が96.6%(21,632人) 【表1】		
	比較群	電力会社の非ばく露者		
追跡	追跡期間	平均追跡期間として11.7年(1-33.5年) 【表1】	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	内部被ばくによる汚染を受けた、相当量の中性子放射線を受けた者は除外。被ばく歴は一部質問および専門家による情報がある。先行研究に倣って調整。
	追跡率	100% 0.0%(7人)が追跡不能。 【表1】		
ばく露指標	作業名	電離放射線を扱う原子力部門の従業者	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	内部被ばくによる汚染を受けた、相当量の中性子放射線を受けた者は除外。被ばく歴は一部質問および専門家による情報がある。先行研究に倣って調整。
	外部ばく露 内部ばく露	作業者のフィルムバッジによる全身線量を使用。		
ばく露レベル	ばく露期間	情報なし(表2において近傍情報)	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	内部被ばくによる汚染を受けた、相当量の中性子放射線を受けた者は除外。被ばく歴は一部質問および専門家による情報がある。先行研究に倣って調整。
	ばく露年数	-		
	平均濃度	平均累積線量として、5.5mSv		
	濃度範囲	0-608mSv 7%(1,499人)は累積線量として0に等しい。0.4%(88人)は200mSvを超えていた。		
	線種・核種	電離放射線(γ放射線、中性子放射線、内部被ばく除く)		
健康影響	影響の種類	がん死亡	影響評価の精度	内部分析は検出力不足のため有意な結果が出なかった。
	情報源	国家個人認証登録(RNIPP)の死亡登録	観察バイアス (問題点を記載)	社会経済状況の情報が欠けていた者は、0.3%(職業カテゴリー)、2%(教育レベル)。←問題なしとする。
	収集の方法	12名については、RNIPPと社内情報を比較検討。		
交絡因子の収集	喫煙	SMRで喫煙関連のがんによる死亡を比較	交絡バイアス (問題点を記載)	地域差の確認は保証できない。安定的にその地域で働く人がほとんどとするが、一部の人は参加時点からの移動がある。
	その他	性別、試験開始時の年、試験開始時の年齢、社会経済状況、特定被ばく。 健康労働者効果の影響を見るため、時間依存性の差異、暦年、年齢別、雇用からの年月、従業期間をSMRで算定。		
解析	使用モデル	<外部分析 SMR>ポアソン回帰とRRモデルをSMR算定に使用。異質性は尤度比検定で確認。 <内部分析> 白血病2年のラグ、その他の死亡は10年のラグをとり、年齢、暦年、性別、社会経済状況を層化してリスク(人年)をマンテル傾向検定に相当する方法で片側検定で算定。	交絡バイアス (問題点を記載)	地域差の確認は保証できない。安定的にその地域で働く人がほとんどとするが、一部の人は参加時点からの移動がある。
	交絡調整方法	層化		

<p>アウトカム 指標 および アウトカム</p>	<p><外部分析> 全死亡 SMR=0.48 (90%CI:0.44-0.52)。健康労働者効果が見られた。全がん死亡 SMR=0.58 (90%CI:0.49-0.68)。喫煙関連がん死亡 SMR=0.50 (90%CI:0.39-0.63)。呼吸器関連のがんは観察されず、口、咽頭、食道、肺関連のがんは明らかに少ない。白血病 (CLL を除く) 死亡 SMR=0.70 (90%CI: 0.27-1.46)。【表 4】 死亡における異質性は試験開始年および暦年で認められ、試験開始年齢が高いほど、また発症年齢が高いほど全死亡の SMR は増加した。社会経済状況が高いほど全死亡および全がん死亡の SMR は減少した。雇用からの年月および労働期間との相関は有意ではない。【表 5】</p> <p><内部分析> いかなる死亡においてもリスクと線量に有意な相関は見られなかった。白血病を除く全がん死亡の RR=0.85 (90%CI:0.16-7.22)。【表 6】</p>
---------------------------------------	--

書誌情報	作業 No.	737	著者	Howe, G. R., L. B. Zablotska, J. J. Fix et al.		
	PMID(PubMedID)	15624306	タイトル	Analysis of the mortality experience amongst U.S. nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation		
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Radiat. Res. 162(5): 517-526 (2004)		
対象	国	米国	選択バイアス (問題点を記載)	比較的若い対象者が中心		
	施設名	15 施設(付録表 1 参照)				
	従事作業	原子力発電所における作業(詳細は不明)				
	人数	53,698 人				
	年齢	平均 30.5 歳				
	性別	男性 88.1%				
追跡	比較群	米国一般集団				
	追跡期間	1979~1997 年				
ばく露指標	追跡率	情報なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	情報なし		
	作業名	原子力発電所における作業(詳細は不明)				
	外部ばく露	情報なし				
ばく露レベル	内部ばく露	情報なし				
	ばく露期間	1983~1995 年				
	ばく露年数	11.9 年				
	平均濃度	25.7mSv				
健康影響	濃度範囲	情報なし				
	線種・核種	情報なし				
健康影響	影響の種類	がん死亡及びその他の死亡【表 5 参照】	影響評価の精度	NDI は高い感度と特異度をもつ		
	情報源	NDI	観察バイアス (問題点を記載)	イベント数が少なく、検出力が低い		
	収集の方法	データリンケージ				
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	喫煙に関する情報を収集していない。社会経済的地位を職業階級によってのみ判断している。		
	その他	性、年齢、暦年、人種、施設、観察年数				
解析	使用モデル	米国一般集団とを基準とした SMR、被ばく量を 4 カテゴリに分けた傾向検定、被ばく量を 12 カテゴリ(擬似連続量)とした線形 ERR モデルによる ERR の推定。				
	交絡調整方法	層化、ERR モデル				
アウトカム指標およびアウトカム	SMR では健康職業効果が強く見られた【表 2】。被ばく量とイベント発生との量反応関係は、白血病【表 3】、固形がん【表 4】、その他の疾患【表 5】のいずれにおいても有意にならなかった。					

書誌情報	作業 No.	775	著者	Gilbert ES, Koshurnikova NA, Sokolnikov ME, Shilnikova NS, Preston DL, Ron E, Okatenko PV, Khokhryakov VF, Vasilenko EK, Miller S, Eckerman K, Romanov SA.
	PMID(PubMedID)	15624305	タイトル	Lung cancer in Mayak workers
	研究方法	ヒストリカルコホート研究	雑誌名. 年; 巻: 頁	Radiat Res. 2004; 162:505-16
対象	国	ロシア	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	Mayak Production Association		
	従事作業	核作業		
	人数	21,790 人		
	年齢	記載なし		
	性別	男性 16,548 人(76%)、女性 5,332 人(24%)		
追跡	比較群	なし		
	追跡期間	1948 年以降に働き始めた人を 2000 年末まで追跡		
追跡率	追跡率	90%		
	作業名	Mayak での核関連作業		
ばく露指標	外部ばく露	測定あり	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	ばく露量データがない対象者については、仕事歴(場所、勤務開始日、仕事環境データなど)を用いてカテゴリー化されたばく露量のどれかにあてはめて解析を行った。
	内部ばく露	プルトニウムの肺へのばく露		
ばく露レベル	ばく露期間	記載なし		
	ばく露年数	記載なし		
	平均濃度	平均外部ばく露量: 0.80Gy 平均内部ばく露量: 0.24Gy		
	濃度範囲	カテゴリー化されたばく露量は表 1.2 にあり、外部被ばくは 0.1 以下、0.1-1、1 以上、内部被ばくは 0-0.2、0.2-1.0、1.0-3.0、3.0-5.0、5.0 以上に分類(単位は Gy)		
	線種・核種	アルファ線、ガンマ線		
健康影響	影響の種類	肺がん発症	影響評価の精度	記載なし
	情報源	記載なし	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	記載なし		
交絡因子の収集	喫煙	一部あり	交絡バイアス (問題点を記載)	一部の対象者で喫煙に関する情報が欠けている
	その他	性別、年齢、就職時年齢		
解析	使用モデル	ERR モデル、EAR モデル		
	交絡調整方法	交絡因子と思われるものを各モデルの説明変数として導入		
アウトカム指標およびアウトカム	肺がん罹患リスクは、被ばく量と線形の関連にあった。プルトニウム内部被ばくに関して、1Gy あたりの ERR は女性で 19(95%CI: 9.5-39)であり、男性の 4.7(95%CI: 3.3-6.7)よりも、約 4 倍高い一方で、EAR は女性で 49(95%CI: 29-78)では男性の 115(95%CI: 81-156)の半分であった。また、年齢が増加すると ERR は減少する一方、EAR は 65 歳までは年齢とともに増加し、以降減少した。			

書誌情報	作業 No.	769	著者	T.Aoyama, S.Yoshinaga, Y.Yamamoto, H.Kato, Y.Shimizu, et al.
	PMID(PubMedID)	PubMed に記載なし	タイトル	Mortality Survey of Japanese radiological technologists during the period 1969-1993
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Radiat Prot Dosim. 1998; 77:123-128
対象	国	日本	選択バイアス (問題点を記載)	様々な原因による SMR の増加がみられなかったのは、健康労働者効果(healthy worker effect)や、放射線作業従事者は健康診断などをより多く行うことによる利益によるものである可能性がある
	施設名	厚生労働省に登録済みの放射線従事者(radiological technologist)		
	従事作業	放射線を取り扱う作業		
	人数	12,133 人(270,585 人年)		
	年齢	34 歳		
	性別	男性		
追跡	追跡期間	1969~1993 年	追跡率	約 97.9%(誕生年で3つのサブコホートにわけた打ち切り割合を表 2 に記載)
	追跡率			
ばく露指標	作業名	記載なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1933 年以前に生まれた対象者 3,481 名については、山本法によりばく露量を推定
	外部ばく露	記載なし		
	内部ばく露	記載なし		
ばく露レベル	ばく露期間	記載なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露年数	記載なし		
	平均濃度	466.0mGy		
	濃度範囲	標準偏差 273.0mGy		
健康影響	線種・核種	記載なし	影響評価の精度	記載なし
	影響の種類	がん、白血病などによる死亡		
	情報源	死亡診断書のコピー		
交絡因子の収集	喫煙	なし	観察バイアス (問題点を記載)	転移性腫瘍の扱いなど、脳腫瘍診断の定義が明確でない。また ICD9 では非実質脳内腫瘍(髄膜腫など)を脳の悪性新生物と定義していないため、脳腫瘍の期待死亡数が過小推定され、したがって脳腫瘍の SMR が過大評価されている可能性がある(注:この研究では非実質脳内腫瘍を脳腫瘍に含めていると考えられる)。
	その他	なし		
解析	使用モデル	SMR、ポアソン回帰モデル	交絡バイアス (問題点を記載)	たばこやアルコールなどの交絡要因などで調整を行っていない
	交絡調整方法	総ばく露量をカテゴリー化して、ポアソン回帰モデルの説明変数とする(分類は 0.5Gy 未満、0.5-0.69Gy、0.70-0.99Gy、1.0Gy 以上(表 6))		
アウトカム指標およびアウトカム	全ての原因による死亡、全ての悪性新生物、白血病、肺がん、胃がん、大腸がん、脳腫瘍、その他神経系のがんの SMR はそれぞれ順に 0.64 (0.60-0.69)、0.81 (0.74-0.89)、1.31 (0.80-2.02)、0.62 (0.47-0.80)、0.65 (0.53-0.79)、1.29 (0.90-1.80)、3.58 (1.64-6.79)、7.27 (1.09-26.3)であった(括弧内は 95%CI を示す)。推定総ばく露量と、脳腫瘍とその他神経系のがんを除く主要部位のがん、脳卒中、心疾患には有意な関連はみられなかった。			

書誌情報	作業 No.	760	著者	Laurier, D., M. Tirmarche, N. Mitton et al.
	PMID(PubMedID)	PMID: 15074570	タイトル	An update of cancer mortality among the French cohort of uranium miners: extended follow-up and new source of data for causes of death
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Eur. J. Epidemiol. 19(2): 139-146 (2004)
対象	国	仏国	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	フランス原子力庁が管理してきたウラン鉱山の工夫		
	従事作業	ウラン鉱山		
	人数	1946-1972 年に作業を開始して、2 年以上の作業経験がある 1,785 人の作業員		
	年齢	追跡終了時の平均年齢(63.1 歳)		
	性別	男性のみ		
	比較群	全仏国民(男性)の死亡率(外部比較)		
追跡	追跡期間	1994 年 12 月 31 日まで 平均追跡期間として 31.6 年 85 歳で追跡終了	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956 年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が大きい。また、個人線量データによるばく露量評価は 1956 年以降からとなっている。
	追跡率	1994 年 12 月 31 日時点までで 99% (※第一次解析と変わらない)		
ばく露指標	作業名	ウラン採掘	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956 年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が大きい。また、個人線量データによるばく露量評価は 1956 年以降からとなっている。
	外部ばく露	WLM		
ばく露レベル	内部ばく露	1946-1955 年の線量は専門家により再評価。1956 年以降はリアルタイムでの個人線量データを利用。	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956 年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が大きい。また、個人線量データによるばく露量評価は 1956 年以降からとなっている。
	ばく露期間	平均ばく露期間(15.1 年)		
	ばく露年数	-		
	平均濃度	71.3WLM		
	濃度範囲	0.02~960.1WLM		
線種・核種	プルトニウム α (Pu-239 が大半、一部 Pu-240、Pu-238)、その他の放射線としてアメリカシウム-241、Pu-241			
健康影響	影響の種類	がんによる死亡	影響評価の精度	SMR の母集団は、フランスの男性に関する死亡率のデータを利用。
	情報源	1968 年より前の死亡については国家統計局(OSN)の所有する死亡登録を利用。1990 年より後については国家死亡率データベース(NMD)を利用。1968 年から 1990 年については OSN と NMD の双方ともに利用。	観察バイアス (問題点を記載)	異なるデータベースを用いた死因同定の結果で解析を比較
	収集の方法	産業医の協力等をもとに死因を同定		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	年齢、暦年で調整
	その他	年齢、暦年		
解析	使用モデル	SMR(両側検定)、 ポアソン回帰(内部比較、外部比較双方について実施) ・過剰相リスク(ERR)を推定 ・潜伏期間は 5 年を想定 ・ばく露指標を就労期間とした解析も実施	交絡バイアス (問題点を記載)	年齢、暦年で調整
	交絡調整方法	年齢、暦年を層化して調整		

アウトカム指標およびアウトカム

肺がんについては異なる死因同定のデータを用いた場合においても、観察期間全てにおいて、SMR の有意な増加が確認された(P=0.001)。
 第一回解析で示唆された、咽頭がんの SMR の有意な増加は今回の解析では確認できなかった。
 肺がんについては WLM あたりの ERR は以下と推定され累積線量に伴う死亡率の増加を示唆するものとなった。
 ・内部比較で 0.0047(95%CI: -0.0005~0.0098, P<0.04)
 ・外部比較で 0.0059(95%CI: -0.0001~0.0118, P<0.03)
 肺がんのリスクと就労期間の間には関連性は認められなかった。
 咽頭がんについては統計的に有意な ERR は推定されなかった。
 その他のがんについては有意な増加は認められなかった。

全がんについては有意な増加となったが肺がんを除くと有意ではなくなった。そのため、全がんの増加は肺がんによるものと考えられる。
--

書誌情報	作業 No.	589	著者	Travis, L. B., M. Gospodarowicz, R. E. Curtis et al.		
	PMID(PubMedID)	11830608	タイトル	Lung cancer following chemotherapy and radiotherapy for Hodgkin's disease		
	研究方法	コホート内症例対照研究	雑誌名・年・巻・頁	J. Natl. Cancer Inst. 2002; 94 (3): 182-92		
対象	国	アメリカ(コネチカット、アイオワ)、デンマーク、フィンランド、オランダ、スイス、カナダ(オンタリオ)	選択バイアス (問題点を記載)	放射線治療や化学療法を受けていない患者、一般住民を含めていない。特定のがん登録システムからサンプリングしている。研究対象者の喫煙率が高かった。		
	施設名	がん登録システム				
	従事作業	1965～1994年にホジキン病の診断で化学療法、放射線療法を受けた患者				
	人数	症例:222 対照:444				
	年齢	診断時年齢 48.5歳				
	性別	男性 75.2%				
	比較群	症例と同じコホートでホジキン病で肺がんを発症しなかった者(登録システム、性別、診断時年齢、喫煙状況、放射線量でマッチングし、症例の患者が肺がんと診断されるまで生存していた者をランダムに抽出)、診断後1～4年以内に肺がんを発症した者は除外せず(診断後この期間に肺がん発症するリスクが高いと言われており、治療の影響と比較するため)				
追跡	追跡期間	記載なし				
	追跡率	記載なし				
ばく露指標	作業名	ホジキン病での放射線治療	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	アルキレート物質の累積投与量は、症例で86.4%、対照で90.2%で把握。		
	外部ばく露	放射線治療				
	内部ばく露	記載なし				
ばく露レベル	ばく露期間	0～9以上サイクルの範囲で4群に分類	ばく露評価の精度 (問題点を記載)			
	ばく露年数	記載なし				
	平均濃度	マントル照射では36Gy				
	濃度範囲	0～40以上の範囲を6群に分類				
	線種・核種	記載なし				
健康影響	影響の種類	肺がんの発症	影響評価の精度	肺がんの有無・位置は、明らかに悪性腫瘍で、転移や再発ではないことを、病理診断録、放射線録、カルテ情報を用いて2名の研究者が個別に確認。放射線療法は、マントル照射、マントル照射と逆Y字型照射、腹部か逆Y字型照射、縦隔部照射、その他の領域に分けて分類。化学療法ではアルキレート物質、DNAトポイソメラーゼII阻害薬の累積投与量を評価。肺がんの位置と放射線の情報が無い患者は除外(症例:23人、対照50人)。		
	情報源	病院カルテ情報、放射線施設の記録(X線写真・断層写真)			観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	病院カルテ情報、放射線施設の記録から収集				
交絡因子の収集	喫煙	情報あり(喫煙歴、種類や累積量、禁煙時期を診断1年前までさかのぼり収集)、非喫煙・現在喫煙(1日あたり1箱未満・1～2箱、2箱以上に分類)・診断5年以上前に喫煙経験あり・葉巻とパイプのみ喫煙・不明に分類	交絡バイアス (問題点を記載)	喫煙状況は系統的に同一フォーマットで情報が管理されていない。治療と喫煙の相互作用が十分検討できていない。		
	その他	国(登録システム)・性別・年齢・診断時年齢・喫煙状況・放射線量				

解析	使用モデル	条件付き回帰分析にて相対リスク比の最尤推定値を算出。		
	交絡調整方法	マッチング		

アウトカム指標およびアウトカム	<p>肺がん発生の有無 【放射線治療なしのアルキレート物質治療】RR=4.2(95%CI2.1 – 8.8) 【アルキレート物質治療なしの 5Gy以上での放射線治療】RR=5.9(2.7 – 13.5) 【肺がん診断 5 年前の喫煙あり】RR=22.6(9.5 – 65)、メクロレタミン・プロカルバジンの累積投与量に比例してリスクが高まる、アルキレート物質治療では治療後 4 年以内にリスクが高まるのに対し、放射線治療では 5 年以降にリスクが高まり 20 年持続する。</p>
-----------------	--

書誌情報	作業 No.	591	著者	van Leeuwen, F. E., W. J. Klokman, M. Stovall et al.
	PMID(PubMedID)	7563187	タイトル	Roles of radiotherapy and smoking in lung cancer following Hodgkin's disease
	研究方法	コホート内症例対照研究	雑誌名・年;巻:頁	J. Natl. Cancer Inst. 1995; 87(20): 1530-7
対象	国	オランダ(アムステルダム、ロッテルダム)	選択バイアス (問題点を記載)	ホジキン病サンプルはコホート全体よりも年齢が高い者が多かった。
	施設名	オランダがんセンター、Dr. Daniel den Hoed がんセンター		
	従事作業	1966~1986年にホジキン病で登録されていた患者でホジキン病診断後1年以降に肺がんと診断された者		
	人数	症例:30 対照:82		
	年齢	診断時年齢 症例:49.9歳 対照:49.2歳		
	性別	約96%男性		
	比較群	同がんセンターにホジキン病で登録されていた患者(センター、性別、年齢+/-3歳、診断時年齢+/-5歳でマッチング)、1症例につき2~3名の対照を設定		
追跡	追跡期間	3~23年 平均10年		
	追跡率	97%		
ばく露指標	作業名	ホジキン病での放射線治療	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	治療シミュレーションを実施し、肺における吸収線量をリチウム闪烁化合物線量計にて3次元で測定。測定装置の測定誤差は5%以内。
	外部ばく露	マンテル照射・鎖骨照射・逆Y字型照射・脾臓照射・大動脈照射を除く放射線治療		
ばく露レベル	内部ばく露	記載なし		
	ばく露期間	記載なし		
	ばく露年数	記載なし		
	平均濃度	(計算上の数値を治療での数値に換算)		
	濃度範囲	記載なし		
健康影響	線種・核種	8MVリニア加速器からの光子(全体の73%)、常用電圧X線、コバルト60、エレクトロン		
	影響の種類	肺がんの発症	影響評価の精度	全てのカルテ情報を入手し、複数の病院で治療を受けていた場合も全ての病院から入手。化学療法や放射線療法の要約が完成した後、1名の内科医によってそれらの正確さを精査。90%の対象で喫煙状況を把握。
	情報源	病院カルテ、GPへの質問紙調査、本人への聞き取り	観察バイアス (問題点を記載)	4名で化学療法の情報が不正確だったため、同様の治療を行っていた患者の投与量で代替。10名で診断以前の年間喫煙本数が不明だったため、同様の喫煙習慣のある患者の中央値で代替。
交絡因子の収集	収集の方法	病院カルテ入手、喫煙状況に関してGPに質問紙調査と内科医による本人への聞き取り		
	喫煙	情報あり(診断前と診断から肺がん発症までの喫煙量・期間・種類)、対照でも同期間における喫煙状況を調べた	交絡バイアス (問題点を記載)	喫煙状況を複数の情報源から確認し、食い違っている場合がいくつかあり、研究者3名で検討しもっともらしい喫煙状況を決めた。
その他	がんセンター、性別、年齢、診断時年齢			
解析	使用モデル	尤度比検定にて相対リスク比を算出。ロジスティック回帰分析で化学療法投与量・機転量に応じてリスクが高まるかを検討。		
	交絡調整方法	マッチング		
アウトカム指標およびアウトカム	肺がん発症の有無 【放射線治療】RR=4.1(95%CI0.48-36)p=.19、【放射線量に応じたリスク】9Gy以上の照射は1Gy以下の照射と比較してRR=9.6(0.93-98)p=.01 【喫煙量に応じたリスク】年間10箱以上喫煙は年間1箱以下と比較してRR=6.2(1.2-3.1)p=.03			

書誌情報	作業 No.	749	著者	Xuan XZ, Lubin JH, Li JY, Yang LF, Luo AS, Lan Y, Wang JZ, Blot WJ.		
	PMID(PubMedID)	8449705	タイトル	A cohort study in southern China of tin miners exposed to radon and radon decay products.		
	研究方法	ヒストリカルコホート研究	雑誌名・年・巻・頁	Health Phys. 1993; 64:120-31		
対象	国	中国	選択バイアス (問題点を記載)	1976-1979年間の対象者データのマッチがうまくいかないという問題が起こったため、1980-1987年の間に起こった肺がん発症の総数のおよそ半分が1976-1979年に起こったと仮定して解析を行った。これはリスク推定に多少のバイアスを引き起こすだろう。		
	施設名	Yunnan Tin Corporation				
	従事作業	炭鉱作業				
	人数	17,143人				
	年齢	就職平均年齢は18.3歳				
	性別	男性のみ				
追跡	比較群	ばく露なし群(詳細な記載なし)	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	喫煙に関する情報が24%の対象者で失われている。		
	追跡期間	1987年までのデータを利用				
ばく露指標	作業名	炭鉱作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	喫煙に関する情報が24%の対象者で失われている。		
	外部ばく露	記載なし				
ばく露レベル	内部ばく露	ラドン:作業レベル(WL) (1WLは、1Lの空気中に存在する どのラドン子孫核種の組み合わせで あれ、それらが130,000MeVのアルファ エネルギーを最終的に放出する) ヒ素	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	喫煙に関する情報が24%の対象者で失われている。		
	ばく露期間	平均13.5年				
	ばく露年数	175143人年				
	平均濃度	<ラドン> 1950年以前...2.3WL 1960年代...2.2WL 1971-1975年...1.7WL 1980年...1.2WL 1985年...0.9WL 年々減っていく傾向があるが、WLに ばく露期間(month)を掛けたWLMは 平均して275.4 <ヒ素> 1950年代半ばまで...0.4mg/(m ³) 1960年...0.12mg/(m ³) 1970年...0.03mg/(m ³) 1980年...0.02mg/(m ³) 1950年...0.01mg/(m ³) 対象者平均は1.2mg/(m ³)				
	濃度範囲	記載なし				
	線種・核種	放射性ラドン、ヒ素				
健康影響	影響の種類	肺がんの発症	影響評価の精度	Yunnan Tin Corporationでは、退職者へのコンタクトもとっているため、彼らの現在の生存状況確認も可能である。また、研究対象者すべてについて肺がん発症の際の捕捉は完璧に行われていると考えられる。		
	情報源	Yunnan Tin Corporationに保存されているデータに加え、生存調査を行う			観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	記載なし				
交絡因子の収集	喫煙	あり(非喫煙者、シガレットのみの喫煙者、パイプのみの喫煙者などに分類)	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし		
	その他	記載なし				
解析	使用モデル	ポアソン回帰モデル、リスク比回帰モデル	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし		
	交絡調整方法	年齢、喫煙状況、ラドン・ヒ素ばく露(アウトカムとしない方)を上記モデルに説明変数として組み込む				
アウトカム指標およびアウトカム	肺がん発症の過剰相対リスクが、1作業レベル上昇ごとに0.6%増加(95%信頼区間は0.4-0.8)ヒ素を含む粉塵へのばく露により調整すると、1作業レベル上昇ごとの過剰相対リスクは0.2%(95%信頼区間0.1-0.2)ラドンの影響は、ばく露からの時間がたつにつれて有意に減少することから、低いラドン濃度への長期間のばく露の方が高いラドン濃度への短時間のばく露より有害であることが示唆された。					

書誌情報	作業 No.	761	著者	Tirmarche, M., A. Raphalen, F. Allin et al.
	PMID(PubMedID)	PMID: 8494704	タイトル	Mortality of a cohort of French uranium miners exposed to relatively low radon concentrations
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年・巻・頁	Br. J. Cancer 67(5): 1090-1097 (1993)
対象	国	仏国	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	フランス原子力庁が管理してきたウラン鉱山の鉱夫		
	従事作業	ウラン鉱山		
	人数	1946-1972年に作業を開始して、2年以上の作業経験がある1,785人の鉱夫		
	年齢	1985年12月31日時点での生存者の平均年齢(57歳)		
	性別	男性のみ		
	比較群	全仏国民(男性)の死亡率(外部比較)		
追跡	追跡期間	1985年12月31日まで 平均追跡期間として29年	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が多い。また、個人線量データによるばく露量評価は1956年以降からとなっている。
	追跡率	1985年12月31日時点までで99%		
ばく露指標	作業名	ウラン採掘	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が多い。また、個人線量データによるばく露量評価は1956年以降からとなっている。
	外部ばく露	WLM 1946-1955年の線量は専門家により再評価。1956年以降はリアルタイムでの個人線量データを利用。		
ばく露レベル	内部ばく露	平均ばく露期間(14.5年)	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	1956年以前は換気システムの性能の問題などから被ばく量が多い。また、個人線量データによるばく露量評価は1956年以降からとなっている。
	ばく露期間	—		
	ばく露年数	70.4WLM		
	平均濃度	<0 から 300+WLM の5段階区分		
	濃度範囲	ラドンとその娘核種による被ばく		
健康影響	線種・核種	がんによる死亡	影響評価の精度	SMRの母集団は、フランスの男性に関する死亡率のデータを利用。
	情報の種類	産業医の協力等をもとに死因を同定	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	地域の医療機関等の協力		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	年齢、暦年で調整
	その他	年齢、暦年		
解析	使用モデル	SMR(両側検定)、 傾向性検定(ポアソン分布に基づく) ポアソン回帰(SMR(D)= $\alpha + \beta \cdot D$) 潜伏期間は5年を想定	交絡バイアス (問題点を記載)	年齢、暦年で調整
	交絡調整方法	年齢、暦年を層化して調整		
アウトカム指標およびアウトカム	<p>肺がんと喉頭がんの SMR で統計的に有意な増加が認められた((肺がん SMR=2.13(95%CI:1.55-2.85) (P<0.001)、喉頭がん SMR=2.35(95%CI:1.37-3.76) (P=0.001)。))</p> <p>傾向性検定の結果、肺がんについては、5年の潜伏期を想定した場合、被ばく線量と SMR の増加に有意な関係が認められた(P=0.03)。喉頭がんについては有意な関係は認められなかった。</p> <p>ポアソン回帰による分析では、肺がんについて、SMR の WLM に対する増加が 0.6%(標準誤差:0.4%)となった。</p>			

書誌情報	作業 No.	636	著者	Davis FG, Boice JD Jr, Hrubec Z, Monson RR.
	PMID(PubMedID)	2790825	タイトル	Cancer mortality in a radiation-exposed cohort of Massachusetts tuberculosis patients
	研究方法		雑誌名: 年: 巻: 頁	Cancer Res. 1989;49:6130-6
対象	国	アメリカ	選択バイアス (問題点を記載)	
	施設名	マサチューセッツ州の 12 病院		
	従事作業	1925-54 年の間に結核で入院し、退院した患者で、肺虚脱療法中に蛍光板透視法による胸部検査を受けたもの		
	人数	6,285 名		
	年齢	ばく露時平均年齢 33 歳		
	性別	男性 2,956 名 女性 3,329 名		
	比較群	1925-54 年の間に結核で入院し、退院した患者で、蛍光板透視法による胸部検査を受けなかったもの 7,100 名(男性 3,916 名 女性 3,184 名)		
追跡	追跡期間	平均 25 年		
	追跡率	92%		
ばく露指標	作業名	蛍光板透視法による胸部検査での照射放射線	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	外部ばく露	X 線		
	内部ばく露			
ばく露レベル	ばく露期間	平均ばく露期間/検査回数 29 か月/77 回	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	
	ばく露年数			
	平均濃度	肺 0.84Gy 食道 0.80Gy 乳房 0.75y 【表 1】		
	濃度範囲			
	線種・核種	X 線		
健康影響	影響の種類	死亡	影響評価の精度	放射線の健康影響のうち死亡につながらなかったものは評価できていない。
	情報源	人口動態統計を社会保障庁や National death index のデータと連結させた	観察バイアス (問題点を記載)	肺がん死が結核による死に誤分類された可能性がある。 気胸の手術を受けた患者の健康影響は他の治療を受けた患者とは異なると考えられる。 結核やがん以外の肺疾患の死亡率への影響が突出して大きく、放射線の影響の評価が歪められた可能性がある。
	収集の方法			
交絡因子の収集	喫煙	情報あり(喫煙歴)	交絡バイアス (問題点を記載)	結核の外科的治療を受けた患者は、肺組織の一部が切除されたためにがん発症リスクが低下した可能性がある。 結核の診断や肺虚脱療法の実施が喫煙行動やその他の交絡因子に影響した可能性がある。
	その他	飲酒歴、肺の手術歴、結核のステージ、退院後の生存時間		
解析	使用モデル	SMR とばく露後経過時間との用量反応性の検定には Breslow ら(文献番号 21)の乗法モデルを用いた。	交絡バイアス (問題点を記載)	
	交絡調整方法	交互作用は層化。		
アウトカム指標およびアウトカム	<p>1925-80 年のアメリカ合衆国の死亡率を基準とした SMR を算出。 ばく露の有無、性別ごとに見た全死因の SMR はほとんど同じで、1.7-2.0 の間であった。死亡のうち 40% が結核によるもの (SMR: 62-77)、8% ががん以外の呼吸器疾患によるもの (SMR: 2.3-3.2) であった【表 3】 ばく露後経過時間別にみると、肺がん死の SMR は 10 年未満の層で 1.7、10 年以上の層では 0.7 (95%CI 0.6-0.9) であった。食道がん死では経過時間が長くなるほど SMR が減少するという傾向が見られた。白血病では有意なリスクの増加は見られなかった。10 年以上の層の女性では乳がんの SMR が 1.4 (1.1-1.8) であり、全死因におけるリスク増加の 43% が乳がんによるものであると分かった。【表 5】 吸収線量と肺がん死の SMR との間の用量反応関係は、被ばく時年齢で層別 (30 歳未満・30 歳以上) しても観察されなかった【表 6】。 乳がん死については、乳房の吸収線量が 1Gy 以上の女性で SMR が有意に増加しており (SMR 2.5)、また全体でみると吸収線量と SMR との間に正の用量反応関係が観察された (p=0.01)。また非ばく露群で、結核と診断された年齢が 30 歳未満の患者で SMR の有意な増加が、30 歳以上で有意な減少がそれぞれ観察された【表 9】。</p>			

書誌情報	作業 No.	642	著者	Michele Morin Doody, MS, John E. Lonstein, MD, Marilyn Stovall, PhD, David G. Hacker, BS, Nickolas Luckyanov, PhD, Charles E Land, PhD
	PMID(PubMedID)	10954636	タイトル	Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study.
	研究方法	後向きコホート研究	雑誌名・年;巻:頁	Spine15;25(16):2052-63; 2000
対象	国	アメリカ	選択バイアス (問題点を記載)	追跡不可能なケースの生死を考慮すると、SMRの結果は低くなる可能性がある。
	施設名	アメリカの大規模整形医療機関 14 施設		
	従事作業・被ばく 露対象	1912-1965 年の間、小児期もしくは青年期に脊柱側弯症(脊柱側弯症、脊柱後弯症、脊柱前弯症、脊椎後側弯症を含む)で X 線撮影で診断を受けた女性		
	人数	5,573 名 【表 1】 追跡可能者として 220,000 人年		
	年齢	10.1 歳 (範囲:0-19 歳) (診断年齢として)		
	性別	女性 100%		
	比較群	ばく露を受けた対象者のうち生存者		
追跡	追跡期間	平均 40.5 年 【表 1】		
	追跡率	89%		
ばく露指標	作業名	脊柱側弯症の放射線検査	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	放射線技術が 1920 年以降劇的に変化しているため、胸部線量の推定は 1920-1939 年、1940-1959 年、1960-1975 年、1976-1989 年の期間に分けた。13 歳未満と 13 歳以上で照射形状ごとの胸部への放射線量を推定。(1920-1939 年は不明のため、診断医専門家の推奨に従い 1930-1959 年の 2 倍線量で計算。ただし 1940 年以前の検査は全体の 6%のためインパクトは低いと考える。)【表 2】推定線量の情報が不十分な 13.5% について、そのうちの 88.4%はその患者が受けた全ての検査から得た平均線量とし、11.6%は年齢、暦年、医療機関の類似した他の患者の平均線量を採用。
	外部ばく露	—		
	内部ばく露	—		
ばく露レベル	ばく露期間	一般に数年にわたって放射線のばく露を受ける。		
	ばく露年数	—		
	平均濃度	胸部線量の平均は、10.8cGy		
	範囲	0-170cGy		
	線種・核種	情報なし		
健康影響	影響の種類	がん死亡	影響評価の精度	記載なし
	情報源	診断と治療の履歴は、医療機関の診療記録。	観察(情報)バイアス (問題点を記載)	診療記録、放射線記録、胸部線量の欠損値は、1つの医療機関の実績に基づくパラメータを使用して推定。胸部総線量は下方のゆがみがある可能性がある。一般女性が脊柱側弯症の女性と比較可能か不明確である。
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	病因、診断年齢、診断年、術歴、治療歴、彎曲度、初回放射線検査年齢		
解析	使用モデル	ポアソン回帰分析で放射線量ごとの線形モデル超過相対リスクを使用。		
	交絡調整方法	ポアソンモデル線形線量相関分析【表 8】		

<p>アウトカム 指標 および アウトカム</p>	<p>全死亡 SMR=1.71 (95%CI:1.6-1.8)。乳がん死亡 SMR=1.69 (95%CI:1.3-2.1)。白血病死亡 SMR=1.21 (95%CI:0.6-2.3) は比較群と比べて有意に高かったが、肺がん死亡 SMR=0.73 (95%CI:0.5-1.1) について有意差はなかった。平均推定線量は骨髄 1.0cGy、肺 4.0cGy で低い。【表 5】</p> <p>青年期 (≥10 歳) の発症でリスクの有意な増加が認められる。【表 6】</p> <p>神経筋、原因不明によるリスクはそれぞれ 2.1 倍、2.6 倍。</p> <p>乳がん発症の女性のほとんどについて、彎曲度は不明だが、30° 以下もしくは 60° 以上の彎曲をしている女性での死亡はほとんど見られない。</p> <p>脊椎手術の数の増加に伴い乳がん死亡リスクが増加する。(傾向 P=0.004)</p> <p>胸部への被ばくが行われた放射線検査の数増加、胸部への推定蓄積線量増加、初回の放射線検査の年齢低下に伴い乳がんリスクが上がる。初回放射線検査からの時間経過、検査終了の年齢によるリスク差は有意でない。【表 6】</p> <p>放射線検査回数の増加に伴い乳がんリスクが増加する。(傾向 P=0.0006) 50 回以上の検査により 4 倍のリスク。累積放射線量に伴いリスクの有意な増加傾向が認められる。(傾向 P=0.001) 20cGy 以上の胸部線量は 3 倍のリスク。</p> <p>1Gy における推定 ERR は、交絡非調整の場合 5.4 (95%CI:1.2-14.1)。調整後は 2.7 (95%CI:-0.2-9.3)。当てはまりを上げたのは、治療と初回検査年齢 (全患者対象)、初回検査年齢 (1 回以上の放射線検査を行った患者対象)。</p> <p>異質性の χ^2 試験では、非調整で P=0.13、調整後では P=0.42。</p>
---------------------------------------	---

書誌情報	作業 No.	679	著者	Ron, E., M. M. Doody, D. V. Becker et al.
	PMID(PubMedID)	9686552	タイトル	Cancer mortality following treatment for adult hyperthyroidism
	研究方法	後ろ向きコホート研究	雑誌名. 年;巻:頁	J. Am. Med. Assoc. 280(4): 347-355 (1998)
対象	国	米国	選択バイアス (問題点を記載)	情報なし
	施設名	米国の診療所 25、英国の診療所 1(表 1 参照)		
	従事作業	甲状腺機能亢進症に対する治療としてヨウ素 131 による治療を受ける		
	人数	35,593 人、738,831 人年		
	年齢	平均 46 歳		
	性別	男性 21%、女性 79%		
追跡	比較群	米国一般集団	追跡期間	平均 21 年(最大 44 年、最小 1 年)
	追跡率	80.7%		追跡率
ばく露指標	作業名	ヨウ素 131 による治療	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	ヨウ素 131 の投与量の測定のみで、被ばく量については測定していない
	外部ばく露	情報なし		
ばく露レベル	内部ばく露	—	影響評価の精度	情報なし
	ばく露期間	—		
	ばく露年数	平均治療回数で 1.8 回		
	平均濃度	10.4mCi(1 回の治療あたり 6.1mCi)		
	濃度範囲	3~27mCi(5.95 パーセンタイル点)		
線種・核種	情報なし	観察バイアス (問題点を記載)	情報なし	
健康影響	影響の種類			がん死亡
健康影響	情報源	National Death Index	収集の方法	情報なし
	収集の方法	情報なし		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	情報なし
	その他	性、治療時年齢、治療からの年数、甲状腺機能亢進の種類、ヨウ素 131 の放射能投与量		
解析	使用モデル	米国の死亡率を期待値とした SMR とポアソン分布を仮定した 95%信頼区間を算出。	交絡調整方法	層化
	交絡調整方法	層化		

アウトカム指標およびアウトカム
2,950 人が追跡終了時までにかんで死亡、これは米国の死亡率から求められる 2857.6 とほぼ同等であったが、肺がん、乳がん、腎がん、甲状腺がんの発生は増加し、子宮がん、前立腺がんは減少した【表 3】。中毒性結節性甲状腺腫の患者は SMR1.16【表 4】、治療後 1 年以上でがん死亡リスクの上昇が見られたのは抗甲状腺薬のみによる治療群において(SMR1.31)【表 5】。放射性ヨウ素と全がん死亡との関連は見られなかった(SMR1.02)が、甲状腺がんのみにおいては強い関連が見られた(SMR3.94)【表 5】。

書誌情報	作業 No.	637	著者	Geoffrey R. Howe
	PMID(PubMedID)	7761580	タイトル	Lung cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with lung cancer mortality in the Atomic Bomb survivors study.
	研究方法	コホート研究（原爆研究結果との比較を含む）	雑誌名・年・巻・頁	Radiat Res.142(3):295-304;1995
対象	国	カナダ	選択バイアス (問題点を記載)	線量の測定誤差が潜在的なバイアスとして考えられるが、測定誤差はパークソントタイプであろうことよりリスク算定のバイアスにならない。 結核と肺がんの死亡が誤診断されている可能性がある。(誤分類の程度が線量に関連するものでなければ、相対リスクの算定にバイアスを引き起こさない。また結核のステージに関する診療履歴より誤分類の可能性は低い。)
	施設名	—		
	従事作業・被ばく 露対象	1930-1952年に結核治療を受けた患者のうち、1950年以降のデータベースに死亡記録があった者		
	人数	64,172人【表1】 うち死亡については1,608,491人年【表2】		
	(被ばく)年齢	被ばく時平均年齢 28歳【表1】		
	性別	男性 32,255人(50%)、女性 31,917人(50%)【表1】		
	比較群	1930-1952年に結核治療を受けた患者のうち、1950年に生存していた者		
追跡	追跡期間	0-37年(平均30年)【表1】	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	蛍光透視検査の線量は、検査当初の一般的な測定線量、ファントム実験に基づく外部被ばく単位の組織線量、および人工気胸治療を行った医師91名のインタビューによるデータより算定。肺組織の線量は、臓器吸収線量(grams)で算定され、原爆生存者の試験との比較のためファクター1.0で臓器等価線量(sieverts)として表記。
	追跡率	情報なし		
ばく露指標	作業名	肺への蛍光透視検査	ばく露レベル	情報なし
	外部ばく露	蛍光透視による平均肺線量 11mGy		
ばく露レベル	内部ばく露	—	影響評価の精度	記載なし
	ばく露期間	情報なし		
	ばく露年数	情報なし		
	平均濃度	肺組織での平均総線量 1.02Sv【表1】		
	濃度範囲	肺組織での総線量 0-24.2Sv【表1】		
線種・核種	情報なし	健康影響	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
影響の種類	肺がん死亡			
交絡因子の収集	喫煙	放射線記録は、全医療機関の診療記録(1973-1976年) 死亡は、カナダ国営死亡率データベース(1950年以降)	交絡バイアス、 異質性評価 (問題点を記載)	試験の異質性 χ^2 は、15.60 (P=0.0001)であり、この結果の差異は偶然によるものではない。
	その他	喫煙習慣のあった13,673名(ランダムサンプリングではない)の線量、線量ごとの喫煙者割合は表7。 リスク年齢、リスクの暦年、性別、肺線量		
解析	使用モデル	蛍光透視検査のコホート研究と原爆生存者研究の内部比較は標準ポアソン回帰モデルを使用。線形の超過相対リスクモデルが、尤度法をもとにした点推定と区間推定に基づいた EPICURE プログラムによるデータでの当てはまりが良い。	交絡調整方法	交絡の交差分類
	交絡調整方法	交絡の交差分類		

アウトカム指標およびアウトカム

カナダの蛍光透視検査試験による死亡(初回被ばくから10年を経過している者)は1,178名。【表2】ばく露群のSMRは、男性0.95、女性1.00。
累積肺線量の層別では、1Sv以上の肺線量を受けた者を含め、実質的にリスク増加は見られない。また線量増加に伴うリスク増加の分布も見られない。【表3】
カナダ研究と原爆生存者研究の内部比較では、明らかに結果が違ふ。カナダ研究では線量に関わらずSMR分析と酷似しているが、原爆生存者研究は線量に相関してリスクが増加する。(線形超過相対リスクモデルでは、線量増加に線形的にリスクが増加することが仮定され、年齢・暦年・性別による肺がんのリスクに累積線量に基づく固定項を掛けている。このモデルは原爆生存者のデータ解析からBEIR Vが選択したものであり、低LET放射線による呼吸器系がんの死亡において望ましいとされる。)カナダ研究は線形性から外れることも、修飾因子の効果も、潜在的な因子のカテゴリーの中で線量相関も見られていない。【表4】
線形超過相対リスクモデルによるカナダ研究のERRは、性別を問わず線量との正の相関がない。【表5】

書誌情報	作業 No.	197	著者	Gilbert ES,Stovall M,Gospodarowicz M, Van Leeuwen FE,Andersson M,Glimelius B, Joensuu T,Lynch CF,Curtis RE,Holowaty E,Storm H,Pukkala
	PMID(PubMedID)	12537521	タイトル	Lung cancer after treatment for Hodgkin's disease:focus on radiation effects
	研究方法	症例対照研究報告を用いた再解析モデル検証	雑誌名. 年;巻:頁	Radiat Res159:161-173; 2003
対象	国	アメリカ、デンマーク、フィンランド、オランダ、カナダ、スウェーデン	選択バイアス (問題点を記載)	症例の喫煙の情報は、肺がんの診断前 1年の情報にのみ基づいて分類 (対象は症例に相当する時期)。さらに、ホジキン病診断後 1年までの記録を喫煙状況の代替区分とする。腫瘍部位の情報がない患者は解析から除いている。
	施設名	情報なし		
	従事作業	1965年-1994年の間にホジキン病と診断をうけた1年後生存者		
	人数	症例: 227例 対照: 455例 【表1】		
	年齢	情報なし		
	性別	情報なし (ただし、表4では症例数の一致は見ないが、男性7-8割に相当)		
比較群	ランダムサンプリングにより性別、暦年、年齢、ホジキン病診断、がん罹患をしていない生存者であるものを症例に対して1:2で選択。			
追跡	追跡期間	情報なし	ばく露指標	記載なし
	追跡率	情報なし		
ばく露指標	作業名	ホジキン病での放射線治療	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	記載なし
	外部ばく露	治療放射線		
ばく露レベル	内部ばく露	—		
	ばく露期間	情報なし		
	ばく露年数	—		
	平均濃度	24.2Gy (肺葉では15.8Gy)		
	濃度範囲	【図1】および【表3】参照のこと。		
線種・核種	情報なし	影響評価の精度	記載なし	
健康影響	影響の種類	肺がん罹患	観察バイアス (問題点を記載)	喫煙: 喫煙状況は情報源が均一ではなく、収集時期によって異なる状況にある可能性があるため、喫煙経験者のみ肺がん診断前の少なくとも5年以上前に合理的な根拠により禁煙した者について組み込む。
	情報源	症例: アメリカ、デンマーク、フィンランド、オランダ、カナダ、スウェーデンの集団ベースのがん登録		
	収集の方法	病理報告および臨床報告		
交絡因子の収集	喫煙	肺がんの診断前 1年の情報に基づいて喫煙状況を5区分 (非喫煙、現在喫煙、喫煙経験あり、葉巻/パイプ、情報なし。)	交絡バイアス (問題点を記載)	喫煙の変数は、箱/年を使用するが、現在の知る限りにおける情報から、喫煙の量と喫煙の期間の乗数で推定している。
	その他	アルキル化剤による化学療法		
解析	使用モデル	変数によるモデルI~モデルIIIでの適正を検証。	交絡バイアス (問題点を記載)	
	交絡調整方法	潜在修飾因子として、喫煙、暴露からの期間、性別、被ばく年齢、肺がんと診断された年齢、肺がんの病歴をモデルに組み込み、尤度比検定に基づく多変量両側検定。		
アウトカム指標および	変数によるモデルI~モデルIIIでの適正を検証する。箱/年単位での喫煙によるERRは、喫煙経験者に比べ喫煙者は3倍。【表2】線量と相対リスクは線形モデルに適合。【表3】			

アウトカム	<p>ホジキン病治療の時期(1年未満、1年以上)による ERR は近似(それぞれ 0.15,0.17/Gy)。 アルキル化剤の化学療法の影響効果は加法モデル I に適合し、ERR/Gy は、アルキル化剤の回数および療法の時期によらず類似する。【表 4】喫煙とアルキル化剤は、乗数相関を示す。 放射線被ばくと喫煙の関連は、異質性があるため乗数モデルの逸脱を示す強い根拠はないが、喫煙本数が多い群(32 箱/年間)および葉巻/パイプ群で ERR/Gy は高い。他の因子(年齢、暴露からの期間、ホジキン病診断を受けた年齢、肺がん診断を受けた年齢、肺がんの病理組織学上の分類)による ERR/Gy は【表 4】。</p>
-------	--

書誌情報	作業 No.	767	著者	Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN, Grosche B
	PMID(PubMedID)	16187743	タイトル	Radiation Exposure due to Local Fallout from Soviet Atomic Atmospheric Nuclear Weapons Testing in Kazakhstan: Solid Cancer Mortality in the Semipalatinsk Historical Cohort. 1960-1999
	研究方法	コホート研究	雑誌名・年:巻:頁	Radiation Research 2005,164, 409-419
対象	国	カザフスタン	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	セミパラチンスク核実験場近辺		
	従事作業	核実験(セミパラチンスク核実験場)		
	人数	19,545 人、582,750 人・年		
	年齢	20 歳以下、20-39 歳、40 歳以上(表 1)		
	性別	男性 9,834 人、女性 9,604 人(表 1)		
追跡	比較群	実験場から遠いコクペクテンスキー地域		
	追跡期間	1960 年から 1999 年まで		
追跡率	追跡率	情報なし		
	作業名	核実験による被ばく	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	得られたデータ数が少なく、特に年齢別では少ないので、このコホート研究から、線量とリスクの関係、詳しい線量一応答関数を導くことは難しい。もっと多くのコホート研究が必要である。
ばく露指標	外部ばく露	フォールアウトや土等の汚染測定、環境線量測定等からの計算による評価		
	内部ばく露	情報なし		
ばく露レベル	ばく露期間	情報なし		
	ばく露年数	1949 年から 1965 年まで		
	平均濃度	地域別に表 2 に示されている		
	濃度範囲	20mSv から 4Sv まで		
線種・核種	I-131, Cs-137, Sr-90			
健康影響	影響の種類	食道がん(特に女性)、肝臓がん、胃がん、肺がん、女性の乳がん、骨・皮膚がん(特に男性)による死亡	影響評価の精度	記載なし、ただし、他の核実験や核事故、日本の原爆等によるコホート研究との比較が書かれている
	情報源	SRIRME(放射線医学・生態学研究所)	観察バイアス (問題点を記載)	記載なし
	収集の方法	死亡記録を入手		
交絡因子の収集	喫煙	情報なし	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	移住者の増加		
解析	使用モデル	ERRモデルはポワソン回帰で最尤検定する		
	交絡調整方法	情報なし		

アウトカム指標 および アウトカム	<p>対照群と比べて、全死亡率、がん死亡率ともかなりの差がある。男女別に比較がなされていて、食道がん(特に女性)、肝臓がん、胃がん、肺がん、女性の乳がん、骨・皮膚がん(特に男性)には大きな差があるが、子宮頸がん、膵臓がん、膀胱がん、腎臓がん、直腸がんには大きな差は見られない。その差の大きさについてはさらなる研究が必要である。喉頭、咽頭、口唇、泌尿器がんなどは数が少なくて違いがよく分からなかった。また被ばく時の年齢と共にがん発生が増えている。線量一がん発生のレスポンスは非常に低い線量範囲では非線形でやや急な曲線で、これは選択効果に一部関係しているかも知れない。いずれにしてもより多くのコホート研究がより詳しい結論を得るには不可欠である。1990 年代からの他国への移住者とコホート選択の効果についても検討の必要がある。</p>
-------------------------	---

書誌情報	作業 No.	707	著者	Mori, T., C. Kido, K. Fukutomi et al.
	PMID(PubMedID)	10564943	タイトル	Summary of entire Japanese Thorotrast follow-up study: updated 1998
	研究方法	2つのコホート研究のデータの統合	雑誌名. 年; 巻: 頁	Radiat. Res. 152(6): S84-S87 (1999)
対象	国	日本	選択バイアス (問題点を記載)	情報なし
	施設名	情報なし(各コホート研究の文献参照)		
	従事作業	戦争で負傷した後、トロトラスト投与		
	人数	First Series は 262 人(9,356 人年)、 Second Series は 150 人(1,329 人年)、 比較群は 1,649 人(72,952 人年)		
	年齢	情報なし(各コホート研究の文献参照)		
	性別	全員男性		
追跡	比較群	戦争で負傷したが、トロトラスト非投与	情報なし	
	追跡期間	First Series はトロトラスト投与日から、 Second Series は 1979 年から、比較群 は負傷日から 1998 年まで		
ばく露指標	追跡率	情報なし	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	情報なし
	作業名	トロトラスト投与		
	外部ばく露	—		
ばく露レベル	内部ばく露	トロトラスト	情報なし	
	ばく露期間	情報なし(各コホート研究の文献参照)		
	ばく露年数	情報なし		
	平均濃度	情報なし		
	濃度範囲	情報なし		
健康影響	線種・核種	情報なし	影響評価の精度	情報なし
	影響の種類	肝がん、肝硬変、肺がん、白血病による死亡		
	情報源	情報なし(各コホート研究の文献参照)		
交絡因子の収集	収集の方法	情報なし(各コホート研究の文献参照)	観察バイアス (問題点を記載)	情報なし
	喫煙	情報なし		
解析	その他	年齢、トロトラスト投与からの年数	交絡バイアス (問題点を記載)	情報なし
	使用モデル	年齢で調整したポアソン回帰、トロトラスト投与からの年数で層別したポアソン回帰		
	交絡調整方法	ポアソン回帰		
アウトカム指標およびアウトカム	First Series と Second Series でどのアウトカムでも率比はほとんど同じ【表 3】。2 つの Series を統合した比較群に対する率比は全疾病で 2.5、肝がん 35.9、肝硬変で 6.9、肺がん 2.0、白血病で 12.5。トロトラスト投与からの年数で層別すると、投与後 20 年を超えてからリスク増加が見られる【表 5】			

書誌情報	作業 No.	762	著者	Hodgson, J. T. and R. D. Jones
	PMID(PubMedID)		タイトル	Mortality of a cohort of tin miners 1941-86
	研究方法	コホート研究	雑誌名、年、巻、頁	Br. J. Ind. Med. 47(10): 665-676 (1990)
対象	国	英国	選択バイアス (問題点を記載)	記載なし
	施設名	英国のスズ鉱山 2カ所		
	従事作業	スズ鉱山の採鉱作業		
	人数	3,082		
	年齢	就労時の年齢が 60 歳以下		
	性別	100%男性		
追跡	追跡期間	1941 年 1 月 1 日～1986 年 12 月 31 日		
	追跡率	97.6%		
ばく露指標	作業名	スズ鉱山における地下作業	ばく露評価の精度 (問題点を記載)	<ul style="list-style-type: none"> ・1967 年までのラドン濃度測定データがなく、同年以降の測定データより外挿 ・実際のばく露時間は不明であり、勤務期間で代用。 ・一部(273 人)の労働者の労働終了日が不明であり、想定される範囲の中央地で補完
	外部ばく露	NRPB のモニタリング結果(未発表、私信)より推定		
	内部ばく露	記載なし		
ばく露レベル	ばく露期間	1941 年 1 月 1 日～1984 年 5 月 1 日の間の就労期間		
	ばく露年数	1 年～25 年以上		
	平均濃度	鉱山 A: 10WLM、鉱山 B: 20WLM(～1970)、15WLM(1970～)		
	濃度範囲	19767 年以降の実測値の時間平均で 8-12WLM(鉱山 A)、9-19WLM(鉱山 B)		
	線種・核種	ラドンとその核崩壊物		
健康影響	影響の種類	肺がんと珪肺による死亡	影響評価の精度	BEIR モデルと比較して低めのリスク評価であり、ばく露濃度平均値が多めに見積もられている可能性があるが、BEIR モデルにおける最大値と最小値の間には含まれる値である。
	情報源	NHScentral register。死因は Office of Population Census and Surveys が ICD (revision 5th-9th)に従って分類したものを利用	観察バイアス (問題点を記載)	肺がんのリスクが明らかになるまで 20 年程度の経過が必要であり、1960 年以降のばく露は評価できない。
	収集の方法			
交絡因子の収集	喫煙	対象者の喫煙歴は不明であり、国民の平均的な喫煙状況と仮定。	交絡バイアス (問題点を記載)	記載なし
	その他	調査期間前に労働実績(128 人)、ヒ素焼成プラントでの労働実績(13 人;分析から除外)		
解析	使用モデル	標準化死亡率(SMR)を算出し、国内平均死亡率に対する超過死亡率を算出。累積勤続年数との関連を検討。複数の変数についてポアソン回帰による標準化死亡率(SMR)との関係を分析。		
	交絡調整方法			

アウトカム指標およびアウトカム 肺がんと珪肺による死亡の SMR と地下作業の従事期間は有意な線形性が認められた($p < 0.001$)。肺がん死亡の SMR について、累積ばく露量とばく露後経過期間の二変数からなるモデルを構築した。そのモデルでは、ばく露後経過 10 年は SMR の上昇は見られず、その後急上昇し、4.3 年ごとに半減した。