

「電離放射線障害の業務上外に関する検討会」報告書

腭がんと放射線被ばくに関する医学的知見について

平成 30 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	国立研究開発法人量子化学技術研究開発機構 執行役 放射線被ばく医療と生化学、血液学
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 技術主幹 放射線防護学
いのくち こういち 猪口 孝一	日本医科大学 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
くさま ともこ 草間 朋子	東京医療保健大学 副学長 放射線防護学
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)

## 膵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」における膵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膵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。

「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 年報告書における膵がんの要約

UNSCEAR2006 年報告書附属書 A では、低 LET 放射線外部被ばくに関し、日本の原爆被爆者の寿命調査に関する研究における膵がん死亡あるいは罹患には統計学的に有意な過剰はないとしている。また、UNSCEAR2006 年報告書附属書 A 及び UNSCEAR2006 年報告書に引用されている文献では、例えば、膵がんによる死亡が 1997 年までに男性で 163 例、女性で 244 例記録され、男性での ERR が  $-0.11$  (90%CI:  $<-0.3, 0.44$ )  $Sv^{-1}$ 、女性での ERR が  $-0.01$  (90%CI:  $-0.28, 0.45$ )  $Sv^{-1}$  との報告があるとしている。

それ以外では、膵臓以外の放射線療法、放射線作業従事者、 $\beta$ 線の内用療法及び診断用トトロラストの報告などが記載してあり、要約として、「膵がんと放射線量の間に関連を示す証拠は、低 LET 放射線への外部被ばくあるいは内部被ばくに関しても、高 LET 放射線への内部被ばくに関しても、あったとしてもほんのわずかである。」としている。

#### 2 膵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、放射線誘発がん (neoplasms, radiation-induced [MeSH])、膵がん (pancreatic neoplasms [MeSH])、疫学 (epidemiology)、二次性・続発性 (secondary) の用語を使用し、以下の条件 (“neoplasms, radiation-induced/epidemiology” [MeSH] OR “neoplasms, radiation-induced/secondary” [MeSH]) AND (“pancreatic neoplasms” [MeSH]) により、2006 年以降の文献を平成 29 年 9 月に検索した。

上記検索によって抽出された文献のうち、紫外線に関する文献を除外し、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。)

放射線被ばくと膵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 放射線診療を受けた患者を対象とした疫学調査
- ③ 高バックグラウンド地域の住民等を対象とした疫学調査
- ④ その他

に大別される。

上記文献の概要を以下に示す。

なお、今回レビューした膵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 低線量の被ばくをした原爆被爆者のがんによる死亡率の再分析 (Dropkin, 2009 年)

外部線量 20 mSv 以下の原爆被爆者の発症部位別がん死亡率(LSS)を、ブートストラップ法を用いて、再解析したところ、線形モデルでは、肝がん、泌尿器がんに対し、大きな  $ERR_1$  値 ( $p < 0.05$ ) を示した。潜伏期 38.58 年の肝がんで 0.69 (95%CI: 0.25, 1.26)、潜伏期 41.32 年の泌尿器がんで 2.14 (95%CI: 0.51, 5.12)。また、20mSv 以下の線量反応関係は、それぞれの最適な潜伏期：胃がん (11.89 年)、肝臓 (36.9 年)、肺 (13.6 年)、白血病 (23.66 年)、膵臓 (11.86 年) において、非線形で、それぞれの  $ERR_1$  値は順に 0.46 (95%CI: 0.21, 0.80)、1.43 (95%CI: 0.70, 2.41)、0.88 (95%CI: 0.34, 1.50)、1.69 (95%CI: 0.20, 4.81)、9.77 (95%CI: 3.50, 14.27) であった。

\* $ERR_1$  潜伏期依存 10mSv での過剰相対リスク

## (2) 放射線診療を受けた患者を対象とした疫学調査

### 文献 No. 2 精巣がん放射線治療後の膵臓がん発症リスク (Hauptmann ら, 2016 年)

精巣がん 5 年生存者 23,982 例中原発性膵臓がんと診断され膵臓照射歴のある 80 例と条件をマッチしたコントロール群 145 例において、精巣がん診断後 30 年間の二次性原発性膵臓がんの累積発症率は 1.1% であり、放射線治療によるオッズ比の上昇は 2.9 倍 (95%CI: 1.0, 7.9) であった。膵臓照射線量 Gy あたりのオッズ比は 0.12 ( $p$ -trend  $< 0.001$ ) と直線的に上昇し、照射線量が 25Gy 以上では 25Gy 未満に比しオッズ比は 4.6 (95%CI: 1.9, 11.0) であった。放射線誘発がん発症のリスクは精巣がん診断後 20 年以上経過しても高いままであった ( $p = 0.020$ )。アルキル化剤や白金製剤による化学療法の併用はオッズ比を上昇 ( $p = 0.057$ ) させた。

### 文献 No. 3 ホジキンリンパ腫治療後の膵臓がん発症リスク (Dores ら, 2014 年)

ホジキンリンパ腫5年生存者19,882例中原発性膵臓がんと診断され対象となった36例と条件をマッチしたコントロール群70例において、膵腫瘍部位の照射線量増加(p-trend=0.005)と、アルキル化剤化学療法のサイクル数増加(p-trend=0.008)で膵臓がん発症の危険は高まった。膵臓の照射線量が5Gy以下ではオッズ比は1.0以下であり、10-40Gyで1.8(95%CI:0.5, 8.1)、40Gy以上で9.1(95%CI:1.7, 77)であった。横隔膜下照射線量が10Gy以上でかつアルキル化剤化学療法6サイクル以上では無加療例に比し、オッズ比は17.9(95%CI:3.5, 158)と飛躍的に高くなった。

#### 文献 No. 4 良性疾患の放射線治療後に発症したがんの線量反応の形(曲率)の再解析と治療時年齢による変化(Little, 2013年)

消化性潰瘍患者3600人(1860人放射線治療なし、1740人放射線治療あり)のデータを用いて、治療後に発症したがんと放射線リスクの関係について再解析したところ、過剰相対リスク( $Gy^{-1}$ )は、全がん( $p<0.001$ )で0.024(95%CI:0.011, 0.039)、肺がん( $p<0.001$ )で0.559(95%CI:0.221, 1.021)、胃がん( $p=0.066$ )で0.042(95%CI:-0.002, 0.119)、白血病( $p=0.057$ )で1.087(95%CI:-0.018, 4.925)であった。膵がんに対しても線量反応曲線を適用した場合、有意な過剰リスク( $p=0.007$ )が認められた。また、膵がんについては、治療時年齢が上がるにつれ、過剰相対リスクの減少傾向が( $p=0.006$ )、治療後の経過時間の増加とともにリスクの増加が( $p=0.008$ )、統計学的に有意に認められたが、他のがんについては関係が認められなかった。治療に用いた腹部線量は、約16-17Gy(1日1.5Gy(線量率0.3Gy/min.)の6-14日セットを1もしくは2コース)である。認められたリスクは、原爆被爆者のデータと原子力作業員のデータで認められたものと一致したと結んでいる。

### (3) 高バックグラウンド地域の住民等を対象とした疫学調査

#### 文献 No. 5 膵臓とラドンばく露における人種的な相違(Reddy ら, 2009年)

ラドン濃度と膵臓がんの年齢調整標準化罹患比(SIR)の関係に人種間で違いがあるか、アメリカの郡別にデータを解析したところ、ラドンによるばく露とアメリカ全体の膵臓がんのSIRに有意な相関は認められなかったが( $r=0.042$ )、アフリカ系アメリカ人、アメリカインディアン、アジア系アメリカ人には、有意な関係が認められ( $r=0.291, 0.3, 0.259, p<0.05$ )、白人では認められなかった( $r=0.002, p>0.05$ )。尚、各郡の平均ラドン濃度は、屋内ラドン濃度測定値、地質、空气中放射能、土壌への浸透性などを参考に3つのゾーンに分けられている(<2pCi/L, 2-4pCi/L, >4pCi/L)。

#### (4) その他

##### 文献 No. 6 膵臓がんの環境リスク要因 (Barone ら, 2016 年)

膵臓がんの 10%が遺伝的要因での発症となる。最近のケースコントロール研究、メタアナリシス、コホート研究から膵臓がん発症の因果関係となる環境因子を分析した。起因となる最も危険な因子の中に、喫煙、変異原性ニトロソアミン、有機塩素化合物、重金属、電離放射線のばく露が含まれる。さらに、膵炎、アルコール多飲、細菌感染、肥満、糖尿病、胆石及び胆嚢摘出、アスベストが病気の進行に重要な役割を果たす。これらの因子のいくつかは膵腺房細胞へ起因と促進の双方の働きがある。保護因子には、食物フラボノイド、オメガ3 脂肪酸、ビタミン D、果物、野菜の摂取、運動習慣がある。放射線の危険性に関しては、フィンランドでの電離放射線ばく露によるオッズ比 4.3 (95%CI:1.6, 11.4; p=0.003)、膵臓がんの ERR/Sv:9.2 (90%CI:0.1, 36.8)、より高いリスクとして男性の電離放射線ばく露によるオッズ比 16.73 (95%CI:2.32, 120; p=0.005) の例示に留まった。

## 第 2 膵臓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 年報告書においては、原爆被爆者や放射線治療患者、放射線作業従事者等の報告などが記載してあるが、要約として、「膵臓がんと放射線量の間の関連を示す証拠は、低 LET 放射線への外部被ばくあるいは内部被ばくに関しても、高 LET 放射線への内部被ばくに関しても、あったとしてもほんのわずかである。」としており、膵臓がんの罹患・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記載はない。

今回検討の対象とした 6 編の個別文献の中では、放射線治療患者に膵臓がんの発生リスクの増加がみられた文献 (文献 No. 2, 3, 4) があるが、膵臓がんの罹患・死亡が統計的に有意に増加する最小被ばく線量について記載された文献はない。

### 2 潜伏期間に関するまとめ

UNSCEAR2006 年報告書には、膵臓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 編の個別文献の中では、膵臓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

膵がん限定した文献レビュー結果では、膵がんの罹患・死亡が統計的に有意に増加する最小被ばく線量及び膵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。

100mSv 未満の被ばくによるがんのリスクの増加については、ICRP が、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、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。

また、ICRPの1990年勧告(Publication 60)では、「ヒトでは放射線被ばくが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 膵がんのリスク要因

がんの主な原因には生活習慣や慢性感染があり、年齢とともにリスクが高まるが、膵がんのリスク要因として、喫煙、肥満が知られている<sup>(注1~2)</sup>。

(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, 1987-2018. 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、膵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、膵がんの罹患・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記載はない。

個別文献では、放射線治療患者に放射線被ばくと膵がん発生の関連性を示唆するものがみられたものの、最小被ばく線量を示す知見は得られなかった。

膵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。



膵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**

膵がんには、喫煙、肥満がリスク要因として知られている。

## 膵がんに関する文献一覧

1. Dropkin G (2009). Reanalysis of cancer mortality in Japanese A-bomb survivors exposed to low doses of radiation: bootstrap and simulation methods. *Environ Health.* 2009 Dec 9;8:56.
2. Hauptmann M, Børge Johannesen T, Gilbert ES, Stovall M, van Leeuwen FE, Rajaraman P, Smith SA, Weathers RE, Aleman BM, Andersson M, Curtis RE, Dores GM, Fraumeni JF Jr, Hall P, Holowaty EJ, Joensuu H, Kaijser M, Kleinerman RA, Langmark F, Lynch CF, Pukkala E, Storm HH, Vaalavirta L, van den Belt-Dusebout AW, Morton LM, Fossa SD, Travis LB (2016). Increased pancreatic cancer risk following radiotherapy for testicular cancer. *Br J Cancer.* 2016 Sep 27;115(7):901-8.
3. Dores GM, Curtis RE, van Leeuwen FE, Stovall M, Hall P, Lynch CF, Smith SA, Weathers RE, Storm HH, Hodgson DC, Kleinerman RA, Joensuu H, Johannesen TB, Andersson M, Holowaty EJ, Kaijser M, Pukkala E, Vaalavirta L, Fossa SD, Langmark F, Travis LB, Fraumeni JF Jr, Aleman BM, Morton LM, Gilbert ES (2014). Pancreatic cancer risk after treatment of Hodgkin lymphoma. *Ann Oncol.* 2014 Oct;25(10):2073-9.
4. Little MP, Stovall M, Smith SA, Kleinerman RA (2013). A reanalysis of curvature in the dose response for cancer and modifications by age at exposure following radiation therapy for benign disease. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2013 Feb 1;85(2):451-9.
5. Reddy NK, Bhutani MS(2009). Racial disparities in pancreatic cancer and radon exposure: a correlation study. *Pancreas.* 2009 May;38(4):391-5.
6. Barone E, Corrado A, Gemignani F, Landi S (2016). Environmental risk factors for pancreatic cancer: an update. *Arch Toxicol.* 2016 Nov;90(11):2617-2642.

## 膵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	Dropkin G	2009年	外部線量20 mSv以下の原爆被爆者	LSSサブコホートのデータ解析	【対象者数】 解析対象としては、がん(死亡)が100件以上あったがん発症部位  【追跡期間】 1950-1990年(LSS)	外部線量20 mSv以下の原爆被爆者の発症部位別がん死亡率(LSS)を、ブートストラップ法を用いて、再解析したところ、線形モデルでは、肝がん、泌尿器がんに対し、大きなERR値( $p < 0.05$ )を示した。潜伏期38.58年の肝がんでは0.69(95%CI:0.25,1.26)、潜伏期41.32年の泌尿器がんでは2.14(95%CI:0.51,5.12)。また、20mSv以下の線量反応関係は、それぞれの最適な潜伏期:胃がん(11.89年)、肝臓(36.9年)、肺(13.6年)、白血病(23.66年)、膵臓(11.86年)において、非線形で、それぞれのERR1値は順に0.46(95%CI:0.21,0.80)、1.43(95%CI:0.70,2.41)、0.88(95%CI:0.34,1.50)、1.69(95%CI:0.20,4.81)、9.77(95%CI:3.50, 14.27)であった。	20mSv以下の線量反応関係は、強く非直線性	なし	低線量原爆被爆者のがん死亡率の再解析:ブートストラップとシミュレーション方法について

## 放射線診療を受けた患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
2	Hauptmann Mら	2016年	精巣がん5年生存者で原発性膵臓がんと加療後診断症例。	ケースコントロール研究	【対象者数】 精巣がん5年生存者23,982例中原発性膵臓がんと診断され膵臓照射歴のある80例と条件をマッチしたコントロール群145例  【追跡期間】 1947-1991年に精巣がんを診断され、1965-2004年に膵臓がんを診断。	精巣がん5年生存者23,982例中原発性膵臓がんを診断され膵臓照射歴のある80例と条件をマッチしたコントロール群145例において、精巣がん診断後30年間の二次性原発性膵臓がんの累積発症率は1.1%であり、放射線治療によるオッズ比の上昇は2.9倍(95%CI:1.0,7.9)であった。膵臓照射線量Gyあたりのオッズ比は0.12( $p$ -trend<0.001)と直線的に上昇し、照射線量が25Gy以上では25Gy未満に比しオッズ比は4.6(95%CI:1.9,11.0)であった。放射線誘発がん発症のリスクは精巣がん診断後20年以上経過しても高いままであった( $p=0.020$ )。アルキル化剤や白金製剤による化学療法の併用はオッズ比を上昇( $p=0.057$ )させた。	膵臓照射線量が25Gy以上でオッズ比が上昇した。	精巣がん診断から膵臓がん診断は最短6年、最長38年であり、15-19年が最も多かった。	
3	Dores GMら	2014年	ホジキンリンパ腫5年生存者で原発性膵臓がんと加療後診断症例	ケースコントロール研究	【対象者数】 ホジキンリンパ腫5年生存者19,882例中原発性膵臓がんを診断され対象となった36例と条件をマッチしたコントロール群70例  【追跡期間】 1953-1989年にホジキンリンパ腫と診断し、2003年まで膵臓がんの発症を追跡。	ホジキンリンパ腫5年生存者19,882例中原発性膵臓がんを診断され対象となった36例と条件をマッチしたコントロール群70例において、膵臓照射部位の照射線量増加( $p$ -trend=0.005)と、アルキル化剤化学療法のサイクル数増加( $p$ -trend=0.008)で膵臓がん発症の危険性は高まった。膵臓の照射線量が5Gy以下ではオッズ比は1.0以下であり、10-40Gyで1.8(95%CI:0.5,8.1)、40Gy以上で9.1(95%CI:1.7,7.7)であった。横隔膜下照射線量が10Gy以上でかつアルキル化剤化学療法6サイクル以上では無加療例に比し、オッズ比は17.9(95%CI:3.5,158)と飛躍的に高くなった。	膵臓照射線量が10Gy以上で有意に膵臓がん発症危険度が増した。	膵臓照射症例でのホジキンリンパ腫発症より膵臓がん発症は5-14年が44.4%、15-24年が38.9%、25-33年が16.7%とコントロール症例と有意差はなかった。	

4	Little MPら	2013年	アメリカの消化性潰瘍患者	後ろ向き コホート	【対象者数】 3600人(放射線治療を受けていない1860人、放射線治療を受けた1740人) 【追跡期間】 -1997年12月31日	消化性潰瘍患者3600人(1860人放射線治療なし、1740人放射線治療あり)のデータを用いて、治療後に発症したがんと放射線リスクの関係について再解析したところ、過剰相対リスク( $Gy^{-1}$ )は、全がん( $p<0.001$ )で0.024(95%CI:0.011,0.039)、肺がん( $p<0.001$ )で0.559(95%CI:0.221,1.021)、胃がん( $p=0.066$ )で0.042(95%CI:-0.002,0.119)、白血病( $p=0.057$ )で1.087(95%CI:-0.018,4.925)であった。膵がんに対しても線量反応曲線を適用した場合、有意な過剰リスク( $p=0.007$ )が認められた。また、膵がんについては、治療時年齢が上がるにつれ、過剰相対リスクの減少傾向が( $p=0.006$ )、治療後の経過時間の増加とともにリスクの増加が( $p=0.008$ )、統計学的に有意に認められたが、他のがんについては関係が認められなかった。治療に用いた腹部線量は、約16-17Gy(1日1.5Gy(線量率0.3Gy/min.)の6-14日セットを1もしくは2コース)である。認められたリスクは、原爆被爆者のデータと原子力作業者のデータで認められたものと一致したと結んでいる。	最小線量に関する記載なし	最小潜伏期に関する記載なし
---	------------	-------	--------------	--------------	---	--	--------------	---------------

#### 高バックグラウンド地域の住民等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
5	Reddy NKら	2009年	アメリカ人で膵がんが診断された人	アメリカSEERデータベース解析	【対象者数】 39051人(アラスカ、ハワイを除く。死亡診断書のみによる膵がんの人を除く。) 【追跡期間】 1992-2002年	ラドン濃度と膵がんの年齢調整標準化罹患比(SIR)の関係に人種間で違いがあるか、アメリカの郡別にデータを解析したところ、ラドンによる被ばくとアメリカ全体の膵がんのSIRに有意な相関は認められなかったが( $r=0.042$ )、アフリカ系アメリカ人、アメリカインディアン、アジア系アメリカ人には、有意な関係が認められ( $r=0.291, 0.3, 0.259, p<0.05$ )、白人では認められなかった( $r=0.002, p>0.05$ )。尚、各郡の平均ラドン濃度は、屋内ラドン濃度測定値、地質、空気中放射能、土壌への浸透性などを参考に3つのゾーンに分けられている(<2pCi/L, 2-4pCi/L, >4pCi/L)。	ラドン濃度3分類の記述のみ zone1: <2pCi/L zone2: 2-42pCi/L zone3: >42pCi/L	なし	

#### その他

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
6	Barone Eら	2016年	-	総説	【対象者数】なし	膵臓がんの10%が遺伝的要因での発症となる。最近のケースコントロール研究、メタアナリシス、コホート研究から膵臓がん発症の因果関係となる環境因子を分析した。起因となる最も危険な因子の中に、喫煙、変異原性ニトロソアミン、有機塩素化合物、重金属、電離放射線のばく露が含まれる。さらに、膵炎、アルコール多飲、細菌感染、肥満、糖尿病、胆石及び胆嚢摘出、アスベストが病気の進行に重要な役割を果たす。これらの因子のいくつかは膵臓癌細胞へ起因と促進の双方の働きがある。保護因子には、食物フラボノイド、オメガ3脂肪酸、ビタミンD、果物、野菜の摂取、運動習慣がある。放射線の危険性に関しては、フィンランドでの電離放射線ばく露によるオッズ比4.3(95%CI:1.6,11.4; $p=0.003$ )、膵臓がんのERR/Sv:9.2(90%CI:0.1,36.8)、より高いリスクとして男性の電離放射線ばく露によるオッズ比16.73(95%CI:2.32,120; $p=0.005$ )の例示に留まった。	引用文献による、フィンランドでの電離放射線ばく露によるオッズ比4.3(95%CI:1.6,11.4; $p=0.003$ )、膵臓がんのERR/Sv:9.2(90%CI:0.1,36.8)、より高いリスクとして男性の電離放射線ばく露によるオッズ比16.73(95%CI:2.32,120; $p=0.005$ )の例示に留まった。	なし	