

<翻訳資料 Ver. 8>

## 疫学的手法の誤用検出ツールキットによって福島原発事故後に現れた 科学と保健政策の土台を脅かす侵食活動を実証する

著者：津田敏秀、宮野由美子、山本英二  
掲載誌：Environmental Health (2022) 21:77

Tsuda et al. *Environmental Health* (2022) 21:77  
<https://doi.org/10.1186/s12940-022-00884-6>

Environmental Health

REVIEW

Open Access



# Demonstrating the undermining of science and health policy after the Fukushima nuclear accident by applying the Toolkit for detecting misused epidemiological methods

Toshihide Tsuda<sup>1\*</sup>, Yumiko Miyano<sup>2</sup> and Eiji Yamamoto<sup>3</sup>

原論文の URL

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-022-00884-6>

主な検討対象となっている SHAMISEN レビュー論文の URL

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020321851>

Enora Cléro et al., “Lessons learned from Chernobyl and Fukushima on thyroid cancer screening and recommendations in case of a future nuclear accident” *Environment International*, Vol. 146, January 2021, 106230.

「誤用された疫学的手法を検出するためのツールキット」論文の URL

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-021-00771-6>

この翻訳は原論文の理解を促すためのものであり、商業利用を禁じます。筆頭著者である津田敏秀先生の了解は得ていますが、翻訳上の問題の責任は訳者（山内知也・神戸大学）にあります。津田先生はじめ、翻訳に際してご協力いただいた皆様に御礼申し上げます。引用等に際しては、ご一報いただけると助かります。この翻訳は科研費（21H00501）の援助を得て行いました。

2022.9.14.

山内知也

神戸大学海事科学研究科

## 疫学的手法の誤用検出ツールキットによって福島原発事故後に現れた 科学と保健政策の土台を脅かす侵食活動を実証する

### 要旨

科学が医療問題の解決（すなわち、除去や制御）を妨げるために誤用されることがあることはよく知られている。科学としての疫学が歪曲されあるいは誤用されたことを認定するために、33 項目の「誤用された疫学的手法を検出するためのツールキット」（以下、Toolkit）が 2021 年に発表された。この Toolkit を応用し、国際専門家コンソーシアム SHAMISEN（Nuclear Emergency Situations - Improvement of Medical and Health Surveillance）が 2021 年に”Environment International”誌に発表した”Lessons learned from Chernobyl and Fukushima on thyroid cancer screening and recommendations in case of a future nuclear accident（チェルノブイルと福島原発事故後の甲状腺がんスクリーニングから学んだ教訓と将来の原発事故に備える提言）”というレビュー論文を批判的に評価した。この論文は、2011 年の福島原発事故後、小児甲状腺がんの超音波甲状腺スクリーニングにおいて過剰診断によって発見件数が大きく増えたと強く主張している。しかし、マススクリーニングによる過剰診断だとする SHAMISEN レビュー論文で引用されている理由には、事故後の甲状腺がんの高い発生率に関する重要な情報が欠けている。SHAMISEN レビュー論文は、非被ばく地域でのスクリーニングの結果について公表された諸研究を無視しており、子どものスクリーニングと大人のスクリーニングとを誤って比較している。またレビューでは、直径 5 mm より大きな結節のみが検査されているという、原発事故後の福島でのスクリーニングの実態が抜けてしまっている。甲状腺がんの成長速度は、SHAMISEN レビュー論文で強調されているように遅いものではなく、2 巡目のスクリーニングで検出されたがんが 2 年間で直径が 5 mm より大きくなったことが証拠として示されている。SHAMISEN コンソーシアムは、福島とチェルノブイリ周辺での甲状腺がんに対する継続的な超音波スクリーニングの結果にもかかわらず、根拠のない過剰診断仮説と誤った証拠を使って、原発事故によって甲状腺がんが過剰発生していることに反論している。我々の評価では、SHAMISEN レビュー論文には、Toolkit の 33 項目のうち 20 項目において疫学が誤用されている。2017 年に開催された国際がん研究機関 IARC の会議と SHAMISEN レビュー論文に引用されたその出版物には、Toolkit の 33 項目のうち 12 項目に誤用が認定された。最後に、Toolkit の実用性を高めるために、我々はいくつかの機能拡張を推奨している。

**キーワード** チェルノブイリ、甲状腺、がん、検診、過剰診断、超音波検査

### 背景

環境疫学の分野では、研究成果を環境ハザードの防止に役立てるのを妨害するものとして、大きく二つの動向があると Etzel らの論文の冒頭で指摘されている[1]。第一のものは、環境汚染がもたらす人体への健康影響を明らかにする方法としての疫学研究の土台を脅かす意図を持って、疫学研究の弱点をことさら強調する動向である。も

う一つの動向は、ある問題の解決を妨げるために、環境疫学の学術誌において科学的根拠に反する誤った情報を大量に発信するものである[1]。

科学的方法や証拠に対する歪曲や誤報は、産業界によって意図的に使われてきた [2]。科学は意図的に、あるいは誤りによって、あるいは偏見によって誤用されることがあるが [3]、適切に実施された疫学研究が持つ、政策的には望ましくない意味合いを歪めるための主要なやり方は、それらの妥当性に疑いを投げかけて半信半疑を製造するようなやり方で故意に結果を枠にはめることである [1, 2]。

政策における疫学のための国際ネットワーク (International Network for Epidemiology in Policy ; INEP) の立場表明 (position statement) は、疫学における利益相反 (conflict of interest: COI) と開示に焦点を当てたもので、その理由は利益相反 COI が疫学的科学の誤用と関連しているためである [3]。また、同声明では、COI を管理する方法として、特定、回避、開示、拒否などの例を多数挙げている [3]。歪曲されたり誤用されたりした疫学的科学を認識するために、2020 年の INEP 声明の一部として要約された疫学的知見を操作するために使用される技術が、「誤用された疫学的手法を検出するためのツールキット」 (以下 Toolkit) と題する論文では拡張され、さらに明瞭にされた [4]。この Toolkit は、疫学的手法の不適切な適用 (あるいは誤用) に直接関連する 33 項目から構成されている。その 33 項目は、3 つのカテゴリーに分類されている: A) 不確実性を煽り、因果関係に疑念を抱かせるために用いられる疫学特有の方法・手法 (18 項目)、B) 行動を遅らせ、現状を維持し、科学者間の分裂を生み出すために用いられる議論 (8 項目)、C) 影響力を通じて政策の優先順位を誤らせるために行われる戦術 (7 項目) [4]である。これらの各項目は、Additional file 1 に記載されている (訳注:結論と参考文献の間に示す)。

不正確な情報が広く流布されている例として、我々は、Toolkit を用いて、福島第一原子力発電所事故後の福島県における小児甲状腺がんの因果関係について、SHAMISEN コンソーシアム [5] が提供した誤った情報を検証した。SHAMISEN レビュー論文 [5] は、日本では比較的大きな誤報の実体として引用されている。

SHAMISEN 国際専門家コンソーシアムは、過去の原子力事故、特にチェルノブイリや福島原子力発電所で発生した事故の教訓を見直すために設立された [5]。しかしながら、SHAMISEN により出された特別論文である、Cléro らによる "Lessons learned from Chernobyl and Fukushima on thyroid cancer screening and recommendations in case of a future nuclear accident (チェルノブイリと福島原発事故後の甲状腺がんスクリーニングから学んだ教訓と将来の原発事故に備える提言)" と題するレビュー論文 [5] は、十分な参考文献もなく、チェルノブイリ原発事故後の甲状腺がんのスクリーニング結果に関する重

要な情報も伝えていない。また、福島県で実施されたスクリーニング結果の引用も誤っている。

もし、上記のレビュー論文がチェルノブイリの経験と福島県における超音波検査による甲状腺がんスクリーニングの状況について、十分にかつ正しい情報を使って詳しく説明していたら、SHAMISEN レビュー論文の読者は全く異なる結論に達していたであろう。我々のレビューの目的は、SHAMISEN レビュー論文[5]が伝えきれなかった情報を提供し、Soskolne ら[4]による Toolkit を用いて論文中の誤った情報を指摘し、読者と政策立案者が、事実に基づいた科学的証拠に基づいて意思決定するのを助けることである。

### チェルノブイリから学んだ教訓

SHAMISEN レビュー論文[5]は、1986年のチェルノブイリ事故直後に行われた甲状腺放射能測定に基づき、事故後10～12年後に超音波エコーによる体系的な甲状腺スクリーニングが開始されたと述べている。しかし、これは読者に間違った印象を与える。超音波を用いた甲状腺スクリーニングは、1990年にベラルーシのゴメリで始まった[6, 7]。翌1991年には、甲状腺スクリーニングに超音波を用いる方法が大幅に拡大された[6, 7]。

その後、SHAMISEN レビュー論文[5]が述べるように、スクリーニング効果と過剰診断に関する議論が1990年代のチェルノブイリで始まったが、その議論が現在、福島で行われている。Welch と Black [8]は、過剰診断とは、症状や死亡を引き起こさないような病気を診断することであると定義した[8]。彼らは、がんの過剰診断の理由として、1) がんが進行しない（あるいは実際に退縮する）、2) がんの進行が遅いため、がんの症状が現れる前に他の原因で患者が死亡するぐらい、がんの進行が十分に遅い、の2点を挙げている[8]。日本では、後者をスクリーニング効果として区別する考え方もあるが、SHAMISEN レビュー論文[5]と同様、本論文では「過剰診断」を上記1) または2) をその理由として記述する。両方の状況において成長が非常に遅いという同じ現象が起こっており、これら2つを区別することはできない。

チェルノブイリで超音波エコーを使って確認された甲状腺がん症例は、チェルノブイリ事故の結果ではなく、過剰診断の結果であるという議論が長期間続いていたのである。この議論に応じて、1998年から2000年にかけて、日本人研究者であるShibataら[9]は、チェルノブイリ事故後に生まれた子供たちと事故前に生まれた子供たちを、これまでの超音波エコーによる甲状腺スクリーニングと同じ手順で比較検討した。その結果は明らかだった。チェルノブイリ事故当時、胎児だった子どもたちの甲状腺がんは、事故当時すでに生まれていた子どもたちの検出数よりも少なかったが、1987年1月以降に生まれた子どもたちからは甲状腺がんが見つからなかったのである。この

結果は、チェルノブイリ周辺の非被ばく者集団で行われた他の研究でも同様に確認された[10, 11]。比較的被ばく量の少ない集団では、1990年代に実施された超音波スクリーニングにより、甲状腺がんはほとんど発見されなかった。当時の検査方法は、現在福島で行われている甲状腺超音波検査と同じである[12, 13]。チェルノブイリ事故からおおよそ12年後のスクリーニングでの解像度は7.5 Mhzであり、福島のスクリーニングでは10 Mhzであった[12,13]。解像度が上がれば、結節が5.1mm以上の大きさの場合に限って二次検診を受けることになる。また、嚢胞が20.1mm以上の大きさの場合のみ、二次検査を行うことになる。このルールは、チェルノブイリで超音波エコーによる甲状腺検査が導入されて以来、30年間変わっていない。したがって、解像度の進歩によって、二次検査に必要な5.1 mm/20.1 mm以上の結節・嚢胞の数や質が変わることはほとんどない[14]。

チェルノブイリ周辺の非被ばく群と低被ばく群における甲状腺スクリーニングの結果を表1に示す。

表1. チェルノブイリ周辺の非被ばく群、低被ばく群、高被ばく群における超音波エコー検査による甲状腺スクリーニングの結果

Table 1 Thyroid screening via ultrasound echography among populations with no, low, and high exposure around Chernobyl

Author(s)	Age at time of accident	Period of investigation	Age at screening	Study area	Exposure or contamination level	Number of examinees	Thyroid cancer cases detected
Belarus Screening Program <sup>a</sup>	Born after 1987	2002	Less than 15 y	Gomel	Unexposed in severely contaminated areas	25,446	0
Shibata <sup>b</sup>	Born after 1987	1998–2000	8–13 y	Gomel	Unexposed in severely contaminated areas	9472	0
Ito <sup>c</sup>	0–10 y	1993–1994	7–18 y	Mogilev	Relatively low	12,285	0 (2) <sup>d</sup>
Ito <sup>c</sup>	0–10 y	1993–1994	7–18 y	Bryanks	High	12,147	0 (8) <sup>d</sup>
Ito <sup>c</sup>	0–10 y	1993–1994	7–18 y	Zhitomir	High	11,095	1 (9) <sup>d</sup>
Ito <sup>c</sup>	0–10 y	1993–1994	7–18 y	Gomel	High	8949	2 (39) <sup>d</sup>
Ito <sup>c</sup>	0–10 y	1993–1994	7–18 y	Kiev	High	10,578	1 (6) <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Krysenko [11]

<sup>b</sup> Shibata et al. [9]

<sup>c</sup> Ito et al. (results from June 1993 to May 1994) [12]

<sup>d</sup> Values in parentheses are results in 1996 (<https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1999/00198/contents/009.htm>)

超音波診断による甲状腺検査に関する情報は与えられていないが、ベラルーシと同様の傾向は、35 mSv以上では、ウクライナでも1989年から2008年にかけて見られた[15]。高線量被ばく地域（35 mSv以上）の若年層（19歳まで）の甲状腺がん罹患率は、2005年から2008年にかけて大幅に減少したが、これは、これらの年齢層のほとんどが（2006年以降はすべて）1987年以降に生まれた人々で、1986年のチェルノブイリ事故による放射性ヨウ素（<sup>131</sup>I）を直接被ばくしなかったからであると推測される。

しかしながら、1巡目のスクリーニングにおいては「過剰診断」がなかったことが示唆されている日本やベラルーシの研究者が発表した上記の重要な論文（表1）[9-12, 15-17]は、英語言語圏の論文には引用されていない。

チェルノブイリでは、被ばくしていない子どもでは、超音波エコーによる甲状腺スクリーニングで小児甲状腺がんはほとんど検出されないという証拠があり、過剰診断の問題は事実上存在しないことになる。その結果、チェルノブイリ原発周辺の超音波甲状腺検査で多数検出された甲状腺がんは、過剰診断ではなく、原発事故が原因であることがようやく判明した。この研究結果は、環境疫学者だけでなく、放射線被ばくの影響に関心を持つ多くの人々に、画期的な意味を持つものとして認識された。しかし、これらの重要な研究成果は、SHAMISEN レビュー論文には引用されていない。研究チーム（笹川記念保健財団プロジェクト）のメンバーである長瀧教授は、その後、2016年に福島県で開催されたシンポジウム[16]で次のように発言している。

"2000年において、10年目の増加の議論は、線量関係も明らかではなく confirm したとは言い難かった。そこで線量測定が不明でも甲状腺癌の増加が confirm される方法として、笹川記念保健財団 SMHF プロジェクトとして原発事故前後に生まれた子供の集団を対象にゴメリ州で調査を行った結果、事故後出生群（被ばくしていない群）には、甲状腺癌の発生は観察されず確認されなかった、甲状腺癌の増加が原発事故に伴う被ばくによることを confirm できた。" [16]。

長瀧教授は日本のメディアに対してもこのことを説明した[17]。

SHAMISEN レビュー論文[5]に、これが引用されていないことは、Toolkit [4]の以下の項目に関連して疫学の誤用があることを意味する：A15（データの隠蔽）、A17（偏った報告）、C3（健康リスクの一般化を怠り、他の場所でヒトへの影響が実証されたにもかかわらず、リスクを曝露された人々の地域集団に限定していること）。

表1に示す研究結果を引用することなく、あたかも Hayashida らの研究[18, 19]のみが非被ばく群で行われた超音波エコーによる唯一のスクリーニングを報告したかのように、SHAMISEN のレビュー論文[5]では強調されている。Hayashida らは、超音波で検出された 5 mm より大きい甲状腺結節または 20 mm より大きい嚢胞の有病率を 1.0% とし[18]、4365人中甲状腺がん1例（0.023%；95%信頼区間 0.00058-0.13）と報告していた[19]。福島の1巡目スクリーニングの結果、300,473人中115人のがん患者が発見された（0.038%；95%信頼区間 0.032-0.046）[20]と比較して、Hayashida らの有病率は0.6倍であり低いことがわかる。少数の参加者を含む研究が Hayashida ら[18, 19]には含まれていたが、非被ばく群における多数の研究からの証拠（表1）[9-12]を考えると、過剰診断が証明されたとするには程遠い。

SHAMISEN レビュー論文[5]に引用されている Hayashida らの論文[18, 19]は、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A2（タイプ II エラーの無視）、A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）。

#### IARC 技術報告書 No.46

2017 年、国際がん研究機関（IARC）は日本の環境大臣から 3500 万円（約 35 万米ドルまたは 28 万ユーロ）の資金提供を受け、フランスのリヨンに研究者を招き、過剰診断の問題を議論し、勧告を行った[21]。2018 年、「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングに関する IARC 専門家グループ」は、その勧告を IARC 技術報告書 No.46 に掲載した[21, 22]。これらの勧告は SHAMISEN の勧告と一致し、SHAMISEN のレビュー論文に引用されたが、上記と表 1 に示したよく知られた重要な発表論文[9-12]も同様に無視した。その代わりに、次のセクションで述べるように、IARC 報告書[21]で示された過剰診断の証拠は、中高年者の甲状腺がんの超音波スクリーニングに関わるものであった。さらに、IARC 技術報告書 No.46 [21]は、福島のスクリーニングプログラムで直径が 5 mm より大きいがんのみが検出され、実際に、過剰診断が回避されていることは伝えていない[8]。

専門家グループは、その報告書 No.46 で、原子力事故後の集団甲状腺スクリーニングを推奨せず、原子力事故後の高リスク者に対する長期甲状腺モニタリングプログラムの提供を検討するよう勧告している。さらに、IARC 専門家グループは、何の根拠もなく、「高リスク者」を胎児期、小児期または思春期に甲状腺線量 100-500 mGy あるいはそれ以上で被ばくした者と定義した [21]。このような定義は、1986 年から 1997 年の 345 例（51.3%）の小児甲状腺がん症例（手術時の年齢が 0-14 歳）のうち、177 例（51.3%）が 100 mGy 未満の放射線を受けていたことを示している、ウクライナの住民ベースのがん登録が示す証拠に反するようである[23]。また、国家統計委員会の全地域の人口を対象としたウクライナがん登録の性・年齢別年次データでは、被ばく線量が 35 mGy 以下でも男女ともに甲状腺がんの著しい増加が観察された[15]。これらの論文[15, 23]は、IARC 技術報告書 No.46 [21]には引用されていない。

IARC [21] は、参考文献から小児甲状腺がんの過剰診断に関する重要な証拠をすべて除外した。「科学的証拠」と題する報告書のセクションでは、IARC は中高年者における所見を強調し、小児における証拠の代わりにこれらを使用したのである。しかも、同様のパターンが IARC 報告書の中で 5 回も繰り返されている。

まず、IARC は、確立された環境リスクは主に放射線であるが、現時点では証拠は限られているものの、多くの原因があり、国によって差があることを強調した。しかし、それぞれの原因がどの程度の影響を及ぼすかについては示さなかった。次に

IARC は、中高年の調査結果を報告した韓国からの論文[24]を取り上げ、それがあたかも小児期や思春期における影響の証拠であるかのようにして提示した。

そして、IARC は過剰診断の定義を示した。しかし、この定義は、IARC が無視し、参照しなかった研究において、小児期および思春期の甲状腺がんについて反証されている。IARC は、過剰診断が起こるための 3 つの要因を挙げている[8]：(i) スクリーニング検査で検出可能な無症候性疾患の蓄積、(ii) 腫瘍を同定できるメカニズム、(iii) 検出につながる保健活動である。そして、IARC は、剖検例[25]、コンピュータ断層撮影[26]または触診・超音波エコー[27]で検出された中高年者または 18 歳以上の症例、ならびに医療サービスの受給者[24, 28-32]を用いて、小児甲状腺がんの過剰診断には 3 要素すべてが含まれていると述べている。

このパターンの 3 番目の例[21]としては、IARC は小児期と思春期のデータを提示することを避け、代わりに中高年の所見を提示する目的でグラフが使われた。IARC は、「過去 20-30 年の間に、成人における甲状腺がんの発生率は 2 倍、3 倍、あるいは増加している」[21]と指摘した。小児甲状腺がんの詳細な記録を持っている国は数少ないと述べた後 [33]、IARC [21] は、これらの国のうち 5 カ国（デンマーク、フランス、イタリア、イギリス、米国）で子供と青年の間で甲状腺がん症例が増えていることを示し、成人におけるものと同じ傾向やパターンで時間が経っていることを説明した。IARC は、これら 5 カ国の 0-19 歳の年齢調整した発症率を示した。IARC は日本のデータも持っていたが[33]、提示しなかった。2017 年、IARC は日本政府から資金提供を受けていたので、主に日本に焦点が当てられたはずだが、日本の小児・青年のデータは示されなかった。我々はその理由は明白であると確信している：もしこれらのデータが示されていれば、日本の小児期及び思春期の甲状腺がんの傾向やパターンが他の 5 カ国と経年的に異なることが明らかになるためだと考えられる。また、IARC の英語版[21]にある罹患率を示す縦軸の目盛りは、日本語版[34]には入っていない。このように、IARC 技術報告書 No.46[34]の日本語版は、他の 5 カ国でも日本と同様に甲状腺がんが増加傾向にあると日本人に思わせ、誤った印象を与えて、日本国民に情報を与えられない状態にするためのものであった。

統計数字を用いた 4 番目の報告パターン例として、IARC [21] は、1988 年-2007 年の女性 10 万人当たりの甲状腺がんの年齢別発生率の変化を、米国、フランス、イタリア、イングランド、スコットランド、北欧諸国、韓国、日本、オーストラリアの 8 カ国または地域で、観察値と予想値で報告している [21, 28]。しかし、甲状腺がんについて示されたデータは、20 歳以上の成人についてであった。そして、IARC が成人の甲状腺がんの議論から剖検データに移行した「Overdiagnosis in pediatric thyroid cancer（小児甲状腺がんの過剰診断）」[35]では、最年少が 18 歳の症例であった。つまり、18 歳以下の症例については、福島原発事故後の超音波診断データは制限されていたの

である。福島県のスクリーニングプログラムで被ばくの影響がないとした他の3つの論文[36-38]は、過剰診断の証拠を示していなかった。

最後に、IARC [21] は韓国からの知見 [24] を再び紹介し、繰り返し強調した。IARC は、これらのデータ[24]が「原発事故後に一般成人集団の甲状腺スクリーニングが実施された場合、どのような影響を及ぼすかの一例」であると述べている。しかし、IARC は、韓国の甲状腺がん症例が福島の症例よりも小さながんの割合を多く含んでいることに触れていない[20, 24]。また、韓国でガイドラインを導入して甲状腺がんの発生率が減少したことを示したが、それ以前に日本ですでに甲状腺がんガイドラインが導入されていたことは伝えない[13, 14]。

結局、IARC [21] は、小児期および思春期の甲状腺がんが超音波検査で頻繁に過剰診断が生じることを証明することはできなかった。しかし、その要旨 [22] で、IARC 専門家グループの目的は、過去の原発事故（2011年の福島事故）後に実施された甲状腺検査プログラムの評価や、現在進行中の甲状腺健康モニタリング活動（福島のスクリーニングプログラム）に関する勧告ではない、と付け加えている；IARC は、原発事故後の集団甲状腺スクリーニングを推奨しなかった。

IARC による不可解な勧告の背景については、次のことを考えずに理解することはできない。IARC 技術報告書 No.46[21]の目的は、福島における甲状腺がんの驚くべき発生率の原因が原発事故であることに疑問を投げかけ、いかなる結論にも達することはほど遠いことを示すことであつたのだらう[2]。これは、SHAMISEN のレビュー論文[5]についても言えることかも知れない。

SHAMISEN レビュー論文[5]の筆頭著者である Cléro 博士は寄稿者のアドバイザーであり、3人の共著者はIARC 技術発表 46号[21]の16人の著者の中にも含まれている。2017年の第1回会合の前に、IARC 専門家グループの全メンバーは、IARC/世界保健機関（WHO）専門家に求められる利益関係の宣言に記入し、関連する研究、雇用、および金銭的利益を開示するよう求められた[21]。この申告書によると、IARC は利益相反（COI）のある著者を2名特定し、2名とも専門家として参加した。Dominique Laurier 博士は、自身の所属する放射線防護・原子力安全研究所が、Areva（原子力を専門とするフランスの多国籍グループ）及び EDF（フランスの多国籍電力会社）から研究資金を受けていると報告している。しかし、Laurier 博士は SHAMISEN のレビュー論文の共著者の一人として、競合する利害関係を申告していない。2017年のIARC 会合では、SHAMISEN レビュー論文のもう一人の共著者である Geraldine Thomas 博士が、福島原発事故の責任者である東京電力株式会社から出張支援を受けたと報告している。しかし、レビュー論文[5]には、SHAMISEN コンソーシアムで共同研究したこの専門家のこの利益相反が含まれていなかった。

1960年代の設立以来、多くの政府が、ヒトに対する発がん性危険因子の特定と分類、および IARC が発行するモノグラフの権威として IARC に信頼を寄せてきた。しかし、IARC は、原子力政策を推進する日本政府と、日本の原子力発電会社 10 社（2012 年以降は東京電力を除く）、原子力発電所建設会社、核燃料サイクル会社、電力中央研究所が出資する原子力安全研究協会によって、利害が一致する専門家を福島に招集した[39-43]。

INEP（政策における疫学のための国際ネットワーク）は、その立場表明の中で、利益相反（COI）に焦点を当てた。なぜなら、そのような利益相反は、疫学的証拠に関する誤った情報と関連するからである[3]。IARC の専門家グループ内の COI の影響は、科学的誠実さを損ない、疫学的科学に対する国民の信頼を失い、日本、特に福島の人々に害を及ぼすことにつながるだろう。IARC の会議とその結果の出版は、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）、A10（記述的母集団比較における効果の希釈／洗い出し／平均化）、A15（データの隠蔽）、A16（定性的な方法から得られる証拠の有効性を認識しないこと）、A17（偏った報告）、B2（金銭的な利害の対立、アジェンダドリブンな資金提供者の金銭的コントロール、政治的影響、または既得権益の目標がある場合、利害の対立を開示しないこと）、B6（子どもや妊婦など、社会的に最も脆弱で、化学的に敏感で、遺伝的に影響を受けやすい人々を特定し、健康への悪影響から保護することを犠牲にして、一般集団への影響のみを調査・報告することに重点を置くこと）、C3（健康リスクの一般化を怠り、他の場所でヒトへの影響が実証されたにもかかわらず、リスクを曝露された人々の地域集団に限定していること）、C4（リスクを低減または除去するための介入を正当化する証拠がある場合に予防原則の適用を怠るか排除する）、C5（政策に関連する結論を導き出すための適切な証拠基準の選択に関する決定の根底にある価値判断を明示する際に透明性を欠くこと）、C6（編集委員会、科学審査委員会、あらゆる種類の意思決定機関に入り込むこと）、C7（影響力を通じて政策の優先順位を誤らせる）。

## 福島から学んだこと

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故から半年後の 10 月、超音波エコーによる甲状腺スクリーニングが開始された。このスクリーニングの計画は、前述のチェルノブイリ原発事故後の甲状腺スクリーニングの手順に沿って作成された。患者はチェルノブイリの甲状腺検査と同じ方法で検査された[12]。すなわち、スクリーニングで超音波エコーにより 5 mm より大きな結節または 20 mm より大きな嚢胞が検出された場合、二次検査を行い、超音波検査と血液生化学検査などの他の検査で経過を観察した。そして、必要に応じて、穿刺吸引細胞診（FNAC）が実施された。FNAC でがん細胞が検出された場合、手術が行われ、がんの病理診断が行われた[20]。

2011年10月に開始された超音波による1巡目のスクリーニングでは、チェルノブイリ事故後の甲状腺検査結果の評価に基づき、2011年3月に18歳以下だった福島県民全員を対象とした[20]。2014年4月、すべての対象者の1巡目のスクリーニングが終了した後、2巡目のスクリーニングが開始され、事故発生時（2011年3月）にまだ胎児であった福島県のすべての小児が追加された[44]。事故発生時にまだ胎児でなかった子どもは、2016年からの検診には含まれていない[45]。3巡目では検診者の追加はなかった[45]。福島ではチェルノブイリと同じようにスクリーニングが行われたが、大きく異なる点が2つある。

1. まず、福島県では原発事故後6カ月からスクリーニングを開始したのに対し、チェルノブイリでは原発事故後約5年からスクリーニングを開始し、一部地域で実施したものの、全域では実施しなかったという違いがある。これは原発事故後約5年以内での超音波による甲状腺スクリーニングとしては、世界初の経験であった。チェルノブイリの経験では、過剰診断はほとんど起こらないことが示されたため（当時、過剰診断は「スクリーニング効果」と呼ばれていた）[9-12]、福島県で甲状腺がんの過剰診断が起こることは予見されていなかった。そのため、スクリーニングの計画段階で、県から過剰診断に関する情報は提供されなかった。そのため、福島県ではスクリーニング開始当初、「2011年から2014年までは甲状腺がんが数人しか発見されないが、その後、甲状腺がんが多く発見されるようになる」という予測を立てていた。2011年から2014年3月までを「予備的ベースラインスクリーニング（先行検査）」と呼び、2014年4月以降の「フルスクリーニング（本格検査）」とは区別していた。しかし、実際に検査を実施したところ、2014年3月までに115名の甲状腺がんが発見され、想定を大きく上回る数となった。

2. 2つ目の違いは、福島では甲状腺がん患者としてカウントされるには、スクリーニングでの検診と経過観察が必要なことである。一方、ベラルーシの甲状腺がん症例は、スクリーニングやフォローアップの有無にかかわらず、ベラルーシがん登録に基づいてカウントされる。前者はより積極的なスクリーニングの例であり、後者はより消極的なスクリーニングの例である。このような症例の数え方の違いから、SHAMISEN コンソーシアムは、ベラルーシでは放射線被ばくによる甲状腺がんの潜伏期間は最小で4-5年であるが、福島では2011年10月から2014年3月まで超音波エコーによる1巡目の甲状腺スクリーニングで大量の甲状腺がん過剰症例が発見されたことから、事故ではなく過剰診断によるものと判断したと主張した。しかし、チェルノブイリ原発事故後の1年あたりの甲状腺がん患者数（疫学曲線）を見ると、原発事故から1年後の1987年から甲状腺がんの過剰発生が始まっていた（図1）[46-49]。上記の研究の一つ[46]では、著者らは最小潜伏期間を3年と述べているが、その表は甲状腺がんの過剰発生が1年後に観察され始めたことを示している。したがって、放射線

被ばくによる小児の甲状腺がんの最短潜伏期間は4-5年ではなく、1年である可能性がある[50]。

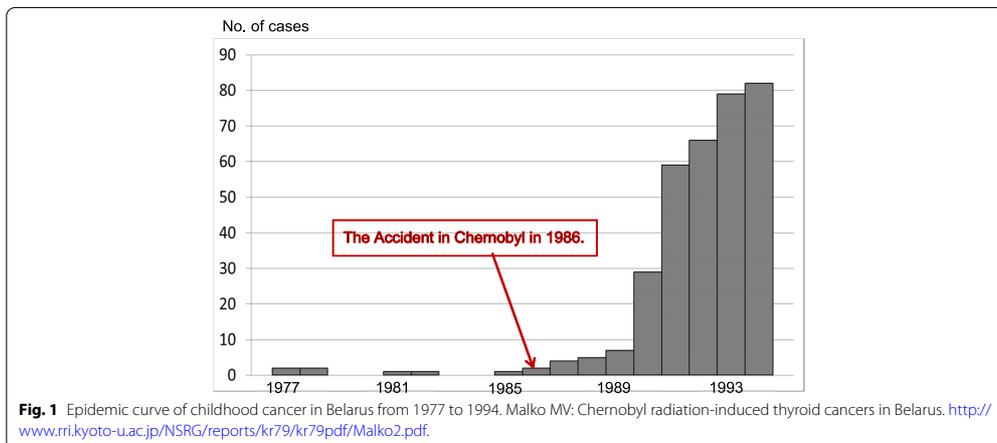


図1 1977年から1994年までのベラルーシにおける小児がんの流行曲線。

このように、チェルノブイリ原発事故後の甲状腺がんは、1990年時点では臨床的に発見されていたが、当時はチェルノブイリ原発周辺では超音波エコーによる甲状腺スクリーニングは行われていなかった。超音波エコーで検出される甲状腺がんの直径は、臨床的に発見される甲状腺がんより小さかったと考えられる。したがって、事故からの時間間隔が1年以下であっても、チェルノブイリでの甲状腺がんは臨床診断だけでなく、超音波エコーでも発見されたはずである。従って、事故からスクリーニングで5 mmより大きな結節を確認するまでの最短潜伏期間は1年かそれ以下である。したがって、福島では事故後6ヶ月（2011年10月～2014年3月）から甲状腺がんの1巡目のスクリーニングが開始されているので、チェルノブイリ事故後の流行曲線[46-49]に示される最短潜伏期間1年はさらに短くなる可能性がある。これらの事実は、福島の甲状腺超音波検査で検出されたほぼすべての甲状腺がんが、事故による放射線被ばくによって誘発されたことを示唆している。SHAMISEN レビュー論文[5]では、甲状腺がんの増殖について、"progresses slowly" や "Slow growth of most thyroid cancers" など、繰り返し「遅い(slow)」という言葉が強調されている。潜伏期間については、「平均潜伏期間（または中央値潜伏期間）」を指している。しかし、ここで問題になっているのは、「最小潜伏期間」である。

注目すべきは、急速に成長する腫瘍は、Welch と Black が示した過剰診断の定義に合致しないことである[8]。これらの著者らは、急速に成長するがんであっても、非常に小さいときに発見されれば過剰診断となる可能性がある」と述べているが、5.1 mm未満のがんをそのスクリーニングでは検出しなかった福島ではそのようなことは起こらない。

腫瘍を含む結節は、成長が止まったり小さくなったりすることがあることが確認されている。腫瘍が急速に増殖していても、臨床症状なしに増殖が止まったり小さくなったりする結節が観察されている。これらはすべて、複数の医師によって記述・報告され、ビデオ記録でも確認されている。例えば、1巡目で5.1 mmより大きな結節や20.1 mmより大きな嚢胞を持っていた1369例のうち、2巡目で結節が消失したのは108例、小さくなったのは530例、変わらないか大きくなったのは731例であった。これらの731例の中でFNAC（穿刺吸引細胞診）によりがん細胞が検出された場合に手術が行われた。

SHAMISEN [5] や IARC [21, 22]、原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) [51, 52] は、非被ばく児の甲状腺がんスクリーニングでは過剰診断がほとんど起こらないことを示す報告[9-12, 15, 16]には決して触れようとしてこなかった。その代わりに、過剰診断の証拠として提示されたデータ [5, 24, 53-57]は、すべてが中高年の甲状腺がんの超音波スクリーニングに関するものであった [24, 53-57]。20歳未満の個人における甲状腺がんの年間発生率は、100万人あたり約2例である [58]。しかし、日本における40歳以上の甲状腺がんの年間発生率は、1万人あたり2例以上である [58]。さらに、福島の1巡目スクリーニング [20] で検出された115例の甲状腺がんが過剰診断によるものであれば、過剰診断例のほとんどは1巡目のスクリーニングで検出されているので、2巡目スクリーニングでは甲状腺がんはほとんど発見されないと予想された。しかし、2巡目では71例の甲状腺がんが発見され [44]、甲状腺がん症例数の過剰の程度は1巡目と同様であった [20]。福島県が行っている甲状腺超音波検査では、超音波検査を受けたすべての患者をビデオ撮影し記録している。2巡目で甲状腺がんが発見された場合、1巡目での状態が確認できる。2巡目で検出された甲状腺がん71例のうち、33例は1巡目のスクリーニングの画像で結節や嚢胞を認めず、25例は1巡目で20.1 mmより小さな嚢胞、7例は1巡目で5.1 mmより小さな結節、5例は1巡目で5 mmより大きな結節か20 mmより大きな嚢胞、1例は1巡目の検査を受けていなかった [44]。複数の医師が判定・確認していたので、見落としがあったとは考えにくい。もしそのような症例の見落としが頻繁に起こるのであれば、1巡目で発見されたであろう甲状腺がんの数はさらに多かったことになる。甲状腺腫瘍が5.1 mmになるまで急速に成長してその後成長が止まって臨床症状に至らない場合、二次検査で経過観察している間に成長が止まり、FNAC（穿刺吸引細胞診）を受けないので、1巡目と2巡目のいずれで検出された腫瘍も甲状腺がん症例にはならない。したがって、これは過剰診断の例ではない。福島の2巡目のスクリーニングで発見された小児甲状腺がんのように、2年間で直径5 mm以上成長するがんは、過剰診断の範疇から外れる[8]。このことは、加藤[59, 60]、山本ら[61]、土岐ら[62]も報告している。しかし、SHAMISEN レビュー論文[5]は、これらの論文で放射線関連のリスクが証明されなかったと誤って述べている[59-62]。

SHAMISEN レビュー論文[5]の福島県の小児甲状腺がんに関する説明には、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）、A5（福島県による不適切な研究計画のため、十分な追跡調査時間を確保しなかったこと）、A15（データの隠蔽）、A16（定性的な方法から得られる証拠の有効性を認識しないこと）、A17（偏った報告）、B6（子どもや妊婦など、社会的に最も脆弱で、化学的に敏感で、遺伝的に影響を受けやすい人々を特定し、健康への悪影響から保護することを犠牲にして、一般集団への影響のみを調査・報告することに重点を置くこと）、C1（「データなし」＝「リスクなし」と仮定すること）。

福島では、1巡目のスクリーニングだけで2.5年かかり、それ以来、住民は2年ごとにスクリーニングを受けている [20, 44, 45, 63, 64]。つまり、福島県では、甲状腺検査の全サイクルを完了するのに約2年かかっている。有効な効果の推定値を考えると、重要なのは、1回のスクリーニングを終えるまでの時間（2年または2.5年）、どの地域のスクリーニングを先に行い、どの地域のスクリーニングを後に行うかである [20, 63, 64]。

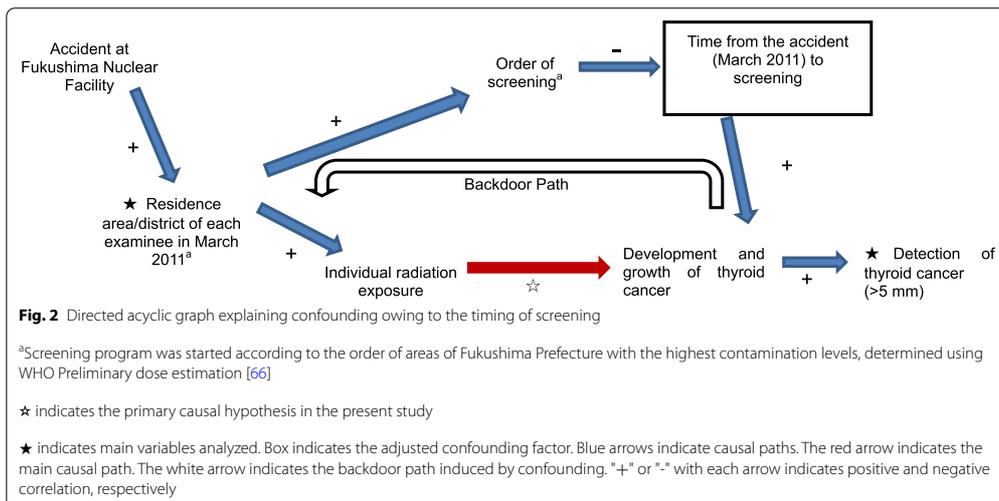


図2 スクリーニングのタイミングによる交絡を説明する非巡回有向グラフ (DAG)。スクリーニングは、福島県内の汚染度の高い地域から順に開始されたが、それはWHOの予備的線量評価[66]による。

☆は、本研究のメインの因果仮説を示す

★は解析した主要な変数を示す。箱は調整済み交絡因子を示す。青矢印は因果関係のある経路を示す。赤い矢印は主要な因果経路を示す。白い矢印は交絡因子によって誘発されるバックドアパス（裏口からの因果経路）を示す。各矢印の“+”は正の相関、“-”は負の相関を示す。

2つの原発事故後のスクリーニングの第二の大きな違いは、福島では18歳以下のすべての子供と青年が2年ごとにスクリーニングを受けているのに対し、チェルノブイ

り [65] ではすべての小児と青年が定期的にスクリーニングを受ける計画はほとんどなかったことである。1 巡目だけで、福島県内の対象者全員をスクリーニングするのに 2.5 年かかった [20, 44, 45, 63]。この設計は、100 mSv 以下の放射線はがんを発生させないので、過剰ながんは観察されないと主張する県が決定したものである。それに加えて、福島県だけが住民のデータを直接扱っていた。研究者は、福島県が発表する報告書から情報を得なければならなかった。福島県は標準的な疫学的分析を用いなかったので、事故の影響を推定するためには、その情報をさらに解析しなければならぬ。そのため、研究者は層別や統計モデリングなどの手法で、個々のデータから交絡を直接調整することはできなかった。

福島県が行った上記の行為は、Toolkit [4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A5（十分な追跡調査時間を確保しなかったこと）、A14（統計解析に使用される不適切な分析方法）、A15（データの隠蔽）。

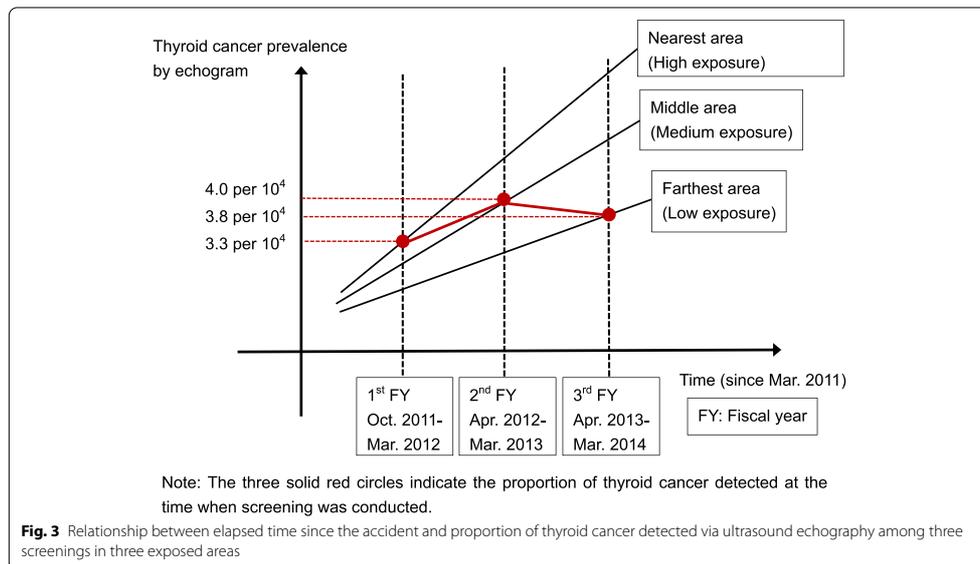


図3 被ばく地域3か所の検診における事故からの経過時間と超音波エコーによる甲状腺がんの発見割合の関係。

2011年10月から2014年3月まで行われた1巡目のスクリーニングの順番は、WHOによる予備的な線量推定を用いて、被ばく線量の最も高い地域から始まり、最も低い地域で終了した[20, 63, 64, 66]。したがって、線量の高い地域のスクリーニングは事故後1年以内に終了し、その間に甲状腺がんが進展する時間はほとんどなかったと考えられる[20]。スクリーニングの順序によれば、線量の最も低い地域は事故後2年から3年の間にスクリーニングされ、これらの地域ではそれ以前にスクリーニングされた地域よりも甲状腺がんが進展する時間が長かったことになる。したがって、福島県によるスクリーニング計画には交絡が入っており、特定の放射線量が個々人の放射線量だけでなく、スクリーニングの順番にも影響を及ぼしていた。これを非巡回有

向グラフで表現する（図2）。早くスクリーニングされた地域は、線量がより高く、事故後の経過時間がより短かった。逆に、最後にスクリーニングされた地域は、線量は最も低い、事故からの経過時間が最も長く、その間、甲状腺がんが発生し成長することが許された。その結果、甲状腺がんが発見される可能性が最も低いのは、甲状腺がんの発生率が最も高いにもかかわらず、線量が最も高い、スクリーニングが早く行われた地域であった。逆に、スクリーニングを受けた時期が遅い地域は、被ばく線量が低く、甲状腺がんの潜在的発生率が低いにもかかわらず、発見される可能性がより高くなった。

図2を補足するために、図3に甲状腺がんの成長率と甲状腺の1巡目のスクリーニングとの時期の関係を示す[20]。図3は、検出された甲状腺がんが、事故による放射線被ばくによって誘発されたものであることも示している。横軸は時間で、事故発生から0.5年目から3年目の3会計年度にわたって行われた1巡目のスクリーニングの1年目、2年目、3年目を示している。図3の縦軸は、1年目、2年目、3年目の甲状腺がんの有病率を示している。仮に甲状腺がんが事故による放射線被ばくによって引き起こされたとすると、図のように、最も線量の高い地域が最も多く、次に中程度の線量の地域、そして最も線量の低い地域が多いことになる。右上に向かって斜めに伸びる直線は、被ばく線量の異なる3つの地域それぞれの甲状腺がんの増加を示しており、時間とともに増加することがわかる。縦の点線は、これらの甲状腺がんを発見するための超音波エコーによる甲状腺検査が実施された時期（年）を示している。斜めの直線と縦の点線の3つの交点（図3；赤の実線を結んだもの）は、1巡目の3つの地域でのスクリーニングの時点での甲状腺がんの有病率を示している。この図から、1年目に低く、2年目に高く、3年目に再び低くなることが予測され、交絡効果が調整されている。実際に観測された有病率は図3と同様であったが、これはスクリーニングプログラムの開始時に予測できたであろうことである。

したがって、交絡は甲状腺がんの検出において逆効果の方に過小評価を誘導し、事故からスクリーニングまでの時間を制御することによって調整する必要があった（図2）。この交絡は、1巡目のスクリーニングでは明らかにならなかった高線量地域と低線量地域のがん発見率の違いの原因であった（図3）[20, 63, 64]。この図は、3つの地域のスクリーニングの時期別に、事故からの経過時間と超音波エコーで検出された甲状腺がんの割合の関係を示したものである。したがって、2巡目では、両地域とも事故からの経過時間が長く、互いの比率が小さくなり、地域間の有病率は、交絡による過小評価はあるものの、被ばくの高低をよりよく反映していることがわかる。このことは、超音波エコーで発見された甲状腺がんが、事故による放射線被ばくによって誘発されたと考えられる理由にもなる。福島県が実施した甲状腺超音波検査の計画段階で、このような交絡が生じることは予想されていたはずである。その段階で、県は交絡の発生を防ぐ工夫をすることができたはずである。

表 2 1 回目と 2 回目のスクリーニングにおける有病率オッズ比と年齢標準化発生率比、福島県。

Area and district	1st-round screening <sup>a</sup>				2nd-round screening			
	Internal comparison		External comparison		Internal comparison		External comparison	
	Cases <sup>d</sup> / Examinees	POR <sup>b</sup> (95% CI)	SIR <sup>c</sup> (95% CI)	External comparison SIR <sup>c</sup> (95% CI)	Cases <sup>d</sup> / Examinees	POR <sup>b</sup> (95% CI)	SIR <sup>c</sup> (95% CI)	External comparison SIR <sup>c</sup> (95% CI)
(1) Nearest area	14/41,810	1.1 (0.5, 2.7)	37.1 (20.3, 62.3)	17/34,558	3.5 (1.2, 12.0)	60.5 (35.2, 96.8)		
(2) North middle district	12/50,617	0.8 (0.3, 1.9)	28.1 (14.5, 49.0)	11/45,580	1.7 (0.6, 6.2)	35.7 (17.8, 63.9)		
(3) Central middle district	11/18,193	2 (0.8, 5.0)	75.8 (37.9, 135.7)	4/16,346	1.7 (0.4, 7.6)	38.3 (10.4, 98.0)		
(4) Koriyama City district	25/54,062	1.5 (0.7, 3.5)	62.2 (40.2, 91.8)	18/48,046	2.6 (0.9, 9.1)	57.3 (34.0, 90.6)		
(5) South Middle district	8/16,465	1.6 (0.6, 4.3)	62.6 (27, 123.3)	2/14,637	1 (0.1, 5.4)	22.1 (2.7, 79.8)		
(6) Iwaki City district	24/49,430	1.6 (0.8, 3.6)	67.2 (43.0, 99.9)	9/45,265	1.4 (0.4, 5.2)	25.7 (8.0, 41.2)		
(7) Southeastern least-contaminated district	9/29,816	1 Reference	48.3 (22.1, 91.7)	4/28,088	1 Reference	21.7 (5.9, 55.5)		
(8) Western least-contaminated district	12/33,720	1.2 (0.5, 2.9)	62.9 (32.5, 109.9)	5/32,208	1.1 (0.3, 4.6)	22.9 (7.4, 53.4)		
(9) Northeastern least-contaminated district	0/6360	0 (0, 1.9)	0 (0, 123.0)	1/5788	1.2 (0.05, 9.7)	27.3 (0.69, 152.1)		
Total	115/300,473	1.3 (0.7, 2.7)	-	71 <sup>e</sup> /270,516	1.8 (0.7, 5.9)	-		

Abbreviations: POR Prevalence odds ratio, SIR Standardized incidence rate, CI Confidence interval, FNAC Fine needle aspiration cytology

<sup>a</sup> Data of first-round screening were included in our paper (Tsuda et al., 2016 [63]) up to December 31, 2014. However, in the analysis, the data were up to March 31, 2017 [20, 63]

<sup>b</sup> Prevalence odds ratio (internal comparison)

<sup>c</sup> Age-standardized incidence ratio compared with the Japanese national cancer registry from 2001 to 2008 (external comparison)

<sup>d</sup> FNAC-positive patients (i.e., those in whom cancer cells were detected via cytology) nearly always had histologically confirmed cancer; therefore, we counted FNAC-positive patients as cancer cases in Table 2

<sup>e</sup> Of the 71 thyroid cancer cases in the second round, 33 had no nodes or cysts on images in the first round of examination; 25 had cysts less than 20.1 mm in the first round; 7 had with nodes less than 5.1 mm in the first round; 5 had node(s) larger than 5 mm and/or cyst(s) larger than 20 mm in the first round; and 1 case did not undergo first-round examination [44]

# All the data necessary to reproduce the results reported in Table 2 are available from the Fukushima Prefecture website. The reference number in the text is 20 for first-round screening as of March 31, 2017 and 44 for second-round screening as of June 30, 2017.

[20] Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examination (Preliminary baseline screening): Supplemental Report of the FY Survey. Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Reported on 5 June, 2017. [http://kenko-kamii.jp/en/health-survey/document/pdf/27\\_5Jun2017.pdf](http://kenko-kamii.jp/en/health-survey/document/pdf/27_5Jun2017.pdf). Accessed 22 Oct 2020

[44] Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (First full-scale Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Second-Round Reported on 23 October 2017. [http://kenko-kamii.jp/en/health-survey/document/pdf/28\\_23Oct2017.pdf](http://kenko-kamii.jp/en/health-survey/document/pdf/28_23Oct2017.pdf). Accessed 22 Oct 2020

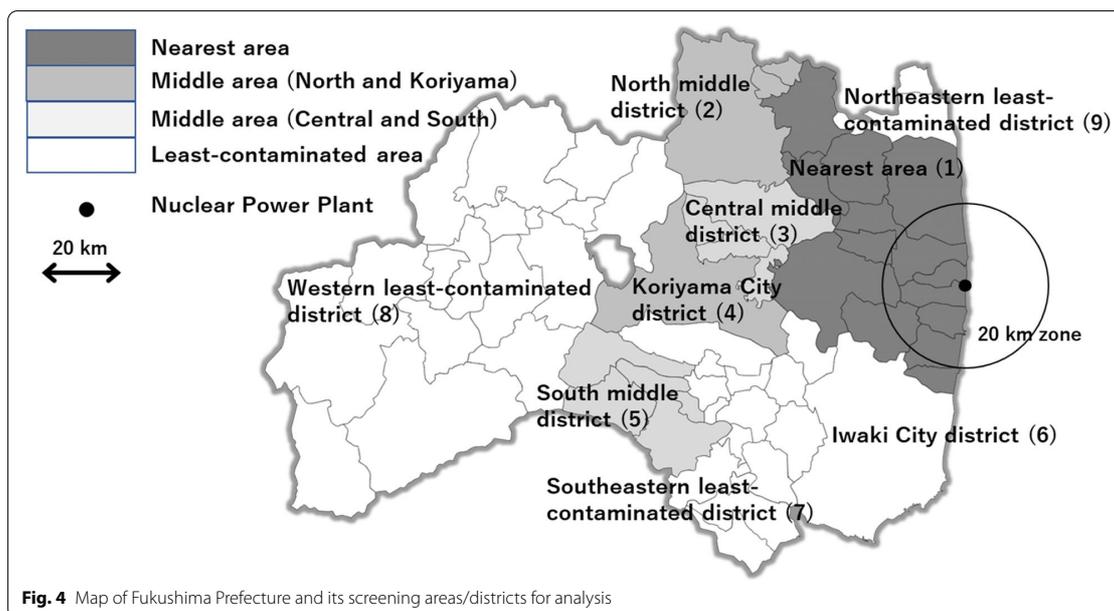


図4 福島県と分析対象スクリーニングエリア/地区の地図

SHAMISEN レビュー論文[5]は、福島原発事故と小児甲状腺がんの因果推論において、事故からスクリーニングまでの時間間隔による交絡の影響を無視したものである。これは、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用があることを意味する：A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）、A10（記述的母集団比較における効果の希釈／洗い出し／平均化）、A14（統計解析に使用される不適切な分析方法）。

1巡目と異なり[20, 63, 64]、事故から2巡目のスクリーニングまでの期間は2年であった[44]。従って、2回目では、前回の高線量地域と低線量地域の期間に24カ月を加えたので、事故からスクリーニングまでの期間の高線量地域と低線量地域の差は1巡目より小さくなった。このため、2巡目では、スクリーニングまでの期間に起因する交絡による過小評価は、1巡目よりも小さくなった[20, 44, 63, 64]。その結果、甲状腺がんの有病率オッズ比（POR）および標準化発症率比（SIR）の地域間差は、1巡目よりも2巡目の方が顕著になった。これらは交絡を調整しない推定値であるがPORとSIRを用いて1巡目と2巡目の内部比較と外部比較の結果を示す（表2）。福島県の地域・地区は図4に示す。

#### 福島での被ばく量測定

チェルノブイリでは事故直後から放射性ヨウ素の測定が行われたが[5]、福島ではほとんど測定されなかった[67]。内閣府原子力安全委員会は、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information: SPEEDI）を用いて線量を推定し、2011年3月12日から3月24日までの

甲状腺等価線量は、原子力発電所から 10 km までは 1000 mSv 以上、20 km までは 500 mSv 以上であるとした[66]。

原子力発電所から 20 km 圏内の評価がなされていないにもかかわらず[66]、WHO は 2011 年における吸入と地表からの放射線による外部被ばくと摂取がもたらす甲状腺等価線量を、原子力発電所から 20-30 km の最も影響を受けた地域の乳児で 100-200 mSv、福島県その他の地域で 10-100 mSv と推定した[66]。最も被害を受けた地域の乳児に対する 100-200 mSv という推定値は、草案では 300-1000 mSv であったし、東京と大阪の乳児に対しては 10-100 mSv であった。その後、日本の厚生労働省が訂正を要求し、WHO は推定値を引き下げた[68]。

放射線医学総合研究所（NIRS）では、2011 年 4 月下旬から 5 月上旬に採取した 119 検体を用いて、Unno ら[69]のデータを用い、急性摂取モデルにより母親と乳児の等価線量を推定した[70, 71]。これら 119 件の推定線量のうち 7 件は、福島県いわき市、茨城県、千葉県など南または南西 45-220 km に住む人々の母親で 119-432 mSv、その乳児で 330-1190 mSv の範囲であった。

2011 年 3 月 24 日から 30 日にかけて、福島県いわき市（134 名）、川俣町（647 名）、飯舘村（299 名）において、15 歳未満の子ども 1080 人の放射線量を放射線検査で測定した（いわゆる 1080 人調査）[72-75]。0.2 mSv/h（100 mSv に相当）以上の値を示した子どもはおらず、最高値は 0.1 mSv/h（50 mSv に相当）であった[75]。不確実性の大きい限られた地域での少人数の測定であることに加え、1080 人の子供の調査結果は、いくつかの理由で過小評価されている可能性が高い[75, 76]：感度の低いサーベイメーターの使用、高いバックグラウンドレベル下での測定、バックグラウンドレベルとして空間線量レベルではなく個人の肩の放射線レベルを減算したため過減算になった [59]。

福島原発事故後の直接測定は、Unno らによる 1080 人の子どもの調査と母親の母乳中  $^{131}\text{I}$  の直接測定[69]のみであるが、これらは避難地域と近隣県に限定して行われた。その後（2013 年）[77]、UNSCEAR は、福島県内の地域から避難してきた 1 歳児の最初の 1 年間の甲状腺への沈着平均吸収線量を 15-83 mGy と推定している。その後、2020 年に UNSCEAR は、その推定値を 2.2-30 mGy に引き下げた[52]。

チェルノブイリ事故後、UNSCEAR は他の同様の状況で適用された特別な方法を用いて、チェルノブイリからの公式線量推定値を導き出した[78]。UNSCEAR は、理論計算として非常に小さな線量という単純化された仮定を用い、そのような小さな被ばくでは統計的に観察可能な影響を生み出すことはできず、検出されたがんの原因は放射

線以外であるとの結論を導き出したのである。これは、現在、福島で行われていることと同じである。

様々な放射性ヨウ素の半減期はいずれも短く、被ばく濃度の正確な推定には適さない。この点でも操作変数 (instrumental variables: IVs) や自然実験 (natural experiments) の考え方が重要である。このような仮説の検証には、UNSCEA が排他的に焦点を当てる詳細かつ正確な被ばく線量推定ではなく、環境疫学分野でよく用いられる操作変数 IV を用いた方法や自然実験に基づく方法 [79-81] が、表 2 に示すように十分であると思われる。

日本の外務省 (軍縮不拡散・科学部 国際原子力協力室) は、UNSCEAR の福島第一原子力発電所事故後の報告書作成のために、非 ODA (政府開発援助) 枠で自主的に資金を拠出した[82]。この拠出金の目的は、「UNSCEAR による報告書の作成支援、日本での報告書に関する説明会の開催、その他放射線影響に関連するプロジェクトの実施」であった。拠出額は 2013 年度で約 863,000 米ドルであった[83]。さらに、2017 年度の補正予算では、福島報告書の改訂版の作成に約 65 万米ドルが拠出された[84]。UNSCEAR は日本の外務省のホームページで以下のように紹介されている。

「UNSCEAR は、科学的かつ中立的な立場から、放射線が人間や環境に及ぼす影響について調査・評価を行い、その結果の概要を毎年国連総会に報告し、数年ごとに詳細な報告書を発表しています」[85]。我々は、これが真実ではありそうにないことを示している。

福島県が 2011 年 3 月 17 日から 21 日にかけて野菜であるほうれん草の放射性物質を測定した結果が、2021 年に公表された。5 歳児が 2011 年 3 月 20 日まで毎日 250 g のほうれん草を食べたと仮定すると、 $^{131}\text{I}$  による被ばく線量は 100 mSv を超える[71, 86]。公開された測定データは、上記の Unno ら[69]の結果を支持するものであった[86]。上記の推定値の間には、1 mSv 未満から 1000 mSv 以上という大きな隔りがあるため、被ばくしていない集団では極めて稀な小児甲状腺がんの発生率のような、代替の測定値が必要である。

福島では、このような大きな範囲の線量推定値が報告されているにもかかわらず、SHAMISEN レビュー論文[5]はこの点について全く触れていない。その論文では、福島における 1 歳児の内部被ばくの最大甲状腺等価線量は 65 mGy のオーダーであり、外部被ばくの甲状腺線量は 3 mGy のオーダーであるとしか言及されていない[5]。しかし、ウクライナのチェルノブイリ原発事故後、1986 年から 1997 年の間に 0-14 歳の子供の甲状腺がん症例の 88.7%は、1 Gy 未満の甲状腺線量 (10 mGy 未満が 15.6%、50 mGy 未満が 36.2%、0.1 Gy 未満が 51.3%) の被ばくであった[23]。SHAMISEN レビュー論文[5]では、チェルノブイリの甲状腺線量として、最大 10 Gy 以上を強調している

[5]。超音波エコーによる甲状腺検査の情報は不足しているが、上記のように 1989 年から 2008 年までウクライナでも 35 mSv 以下でベラルーシと同様の傾向が見られた [15]。

INEP（政策における疫学のための国際ネットワーク）は、その立場表明の中で、利益相反（COI）に焦点を当てている。なぜなら、そのような利益相反は、疫学的証拠に関する誤った情報と関連しているからである[3]。UNSCEAR 委員会のメンバーにおける COI の影響は、科学的誠実さを損ない、科学としての疫学に対する国民の信頼を損ない、日本、特に福島に国民に害を及ぼすことにつながるだろう。

実際問題として、UNSCEAR とその出版物には、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A1（統計的仮説検定に依存し、統計結果の解釈を決定し、結論を導出するための厳格な判断基準として、確率の 0.05 レベルの「統計的有意性」を用いること）、A10（記述的母集団比較における効果の希釈／洗い出し／平均化）、A13（不適切または感度の低い実験方法、測定方法、または機器の使用）、A15（データの隠蔽）、A17（偏った報告）、B2（金銭的な利害の対立、アジェンダドリブンな資金提供者の金銭的コントロール、政治的影響、または既得権益の目標がある場合、利害の対立を開示しないこと）、B6（子どもや妊婦を含む最も脆弱な人、化学的に敏感な人、遺伝的に影響を受けやすい人を特定し、健康への悪影響から守ることを犠牲にし、一般集団への影響のみを調査・報告することに重点を置く）、B7（対処すべき公衆衛生問題に対して異常に高い確実性を要求すること、リスクの上昇を「証明」するためにはより多くのデータが必要であると主張すること、予防原則を否定すること）、C2（政治的影響、金銭的利益、特別利益団体の影響により、重要な公衆衛生問題を研究しなかった結果、抑圧バイアスとなること）、C3（健康リスクの一般化を怠り、他の場所でヒトへの影響が実証されたにもかかわらず、リスクを曝露された人々の地域集団に限定していること）、C4（リスクを低減または排除するための介入を正当化する証拠がある場合、予防原則を適用しない、または却下する）。C5（政策に関連する結論を導き出すための適切な証拠基準の選択に関する決定の根底にある価値判断を明示する際に透明性を欠くこと）、C6（編集委員会、科学審査委員会、あらゆる種類の意思決定機関に入り込むこと）、C7（影響力を通じて政策の優先順位を誤らせる）。

SHIMASEN[5]の福島第一原子力発電所の事故による被ばく線量の推定は、Toolkit [4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）、A15（データの隠蔽）、A17（偏った報告）。

国際放射線防護委員会（ICRP）2007 年勧告の附属書 A（A86）の「がんリスクの推定に用いられる疫学的方法は、約 100 mSv までの線量域ではがんリスクを直接明らか

にする力を持たないという一般的合意がある」[87]との記述のため、日本人は 100 mSv 以下の被ばくによるがんの増加はないと信じ込んできた[88]。また、福島での甲状腺がんの過剰検出は、SHAMISEN レビュー論文 [5] や IARC 勧告 [21, 22] で報告されているように、福島での放射線量が 100 mSv をはるかに低いと報告されているので、過剰診断に起因しているに違いないと信じ込まされている日本人もいる。

後に Doll と Wakeford による定量的レビュー [89] に引用された、1956 年の Stewart らによる診断用放射線による胎児被ばくの研究のように、100 mSv 未満の被ばくによるがんのリスク増加を示す数多くの研究論文 [88-90] があることに注意しなければならない。最近のメタアナリシスでは、100 mSv 以下の放射線による固形がんのリスク増加が示されている[90]。ICRP 2005 Publication 99 は、これを約 10 mGy と強調している[91]。この矛盾は、ICRP 2005 Publication 99 [91]から何の根拠もなく、ICRP 2007 Publication 103 [87]において 10 mGy がどういうわけか 100 mSv に変換されたことを意味する。この科学的根拠のない発がん効果のための放射線被ばく量に関する国際機関による変更は、過剰診断仮説に強い影響を与えた。

ICRP 2007 Publication 103 の 100 mSv 未満の放射線被ばくによる発がん影響に関する附属書 A では、Toolkit[4]の以下の項目に関連して疫学の誤用がある：A2（タイプ II エラーを無視）、A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること）、C3（健康リスクの一般化を怠り、他の場所でヒトへの影響が実証されたにもかかわらず、リスクを曝露された人々の地域集団に限定していること）、C4（低減または除去するための介入を正当化する証拠がある場合、予防原則の適用を怠るか、または却下する）、C7（影響力を通じた政策優先順位の誤った方向付け）。

## 福島の病理所見

病理所見は、超音波エコーで検出された甲状腺がんは、過剰診断による偽がんではなく、真の甲状腺がんであることを示した。この評価は、福島で超音波によって検出された甲状腺がんの多くが、転移と浸潤というがんの特徴を示していたという証拠に基づく[92]。

スクリーニングで見つかった小児甲状腺がん 115 例のうち、病理所見では、甲状腺外浸潤が 42.1%、リンパ管・血管浸潤が 73.0%、リンパ節転移が 80.0%、遠隔転移が 2.6%であった。これらは、事故後 4 年未満で診断されたか、4 年以上経過して診断されたかによって顕著な差はなかった（表 3）[92]。しかし、これらの症例はすべて過剰診断であると言われた。甲状腺外浸潤やリンパ管浸潤、リンパ節転移、遠隔転移が、高い割合で「過剰診断」症例の中に見つかるのは極めて疑わしいことである[8]。

過剰診断については、福島県の検討委員会でも議論された。スクリーニングで発見された小児甲状腺がん症例の病理所見に関する報告書[92]を書いた Suzuki 教授は、これらの症例の手術を直接経験したことから過剰診断論に反論した。Suzuki 教授は、超音波エコーで発見された患者を丁寧にフォローアップしていることを強調し、過剰診断にはならないと断じた。過剰診断に反論した後に、Suzuki 教授は福島県の検討委員会から外された。

表3 超音波エコーを用いて発見された甲状腺乳頭がん 115 例の病理所見 [92].

Table 3 Pathological findings among 115 cases of papillary thyroid cancer detected using ultrasound echography [92]

Pathological change	Less than 4 years after the accident		4 years or more after the accident		Total	
	Number of cases	Percentage	Number of cases	Percentage	Number of cases	Percentage
All papillary carcinomas cases	78	67.8% <sup>a</sup>	37	32.2% <sup>a</sup>	115	100% <sup>a</sup>
Intrathyroidal spread	36	46.2% <sup>b</sup>	20	54.1% <sup>c</sup>	56	48.7% <sup>a</sup>
Extrathyroidal extension	34	43.6% <sup>b</sup>	14	37.8% <sup>c</sup>	48	42.1% <sup>a</sup>
Lymphatic/vascular invasion	56	71.8% <sup>b</sup>	28	75.7% <sup>c</sup>	84	73.0% <sup>a</sup>
Lymph node metastasis	61	78.2% <sup>b</sup>	31	83.8% <sup>c</sup>	92	80.0% <sup>a</sup>
Distant metastasis	3	3.8% <sup>b</sup>	0	0.0% <sup>c</sup>	3	2.6% <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Percentage among 115 cases

<sup>b</sup> Percentage among 78 cases

<sup>c</sup> Percentage among 37 cases

SHAMISEN レビュー論文[5]の福島県の小児甲状腺がんに関する病理所見の省略は、Toolkit の項目 B3（有害事象を示唆するメカニズム的な情報を無視すること）に関連する疫学の誤用であることを示す、もう一つの例である[4]。

日本では 1990 年代から、超音波検査で甲状腺がんが疑われる場合、腫瘍の直径が 3-5 mm より大きい症例に限って FNAC が行われている [12, 93]。また、成人では 1993 年から、転移のない直径 10 mm 未満の甲状腺がんやその他の低リスクの症例は手術をせずに定期的に検査を行い、転移の兆候がある場合にのみ手術を行う「積極的経過観察」 [93]が実施されている。2021 年、日本甲状腺学会は、甲状腺スクリーニングでの「積極的経過観察」を提案し、福島の過剰診断説を抑える立場を表明した[94]。Suzuki 教授は、過剰診断の可能性は極めて低く、放射線の影響の可能性は低いとしつつも、通常の臨床がんのみが様々な基準で治療されていると主張した[95]。

#### SHAMISEN コンソーシアムによる我々の 2016 年論文への批判と我々の回答

SHAMISEN レビュー論文[5]では、我々の研究[63]が「著者が生態学的誤謬の問題を認識していない」生態学的研究であると分類された。しかし、福島県民健康調査における甲状腺検査の設計と方法は、福島県が行ったものであり、我々が行ったものではない。我々は、福島県が作成した報告書の数値に基づいて論文[63]を書き、県が収集した結果を分析し、それを公開した。2015 年 10 月 23 日、福島県立医科大学放射線医学・公衆衛生学センターは、県のスクリーニングプログラムは「低線量放射線被曝の

影響に関するコホート研究として科学的にデザインされている」と発表した[96]。我々もまた、追跡は不完全ではあるものの、その研究を生態学的研究ではなく、コホート（前向き追跡調査）研究であるとみなしている[96]。福島県が計画したコホート研究の欠点には交絡が含まれている。

我々の論文[63]は、福島放射線被ばくの影響を地域間影響とみなした：実際、SHAMISEN レビュー論文で引用された研究[61, 59, 60, 97-103] も地域間影響として報告している。SHAMISEN レビュー論文[5]の論理に従えば、これらの研究はすべて生態学的研究であるとされる可能性がある。代表的な地点や避難先での空間線量の地域被ばくデータが公開されているが、これらはあくまで地域被ばくの推定値にすぎない。原子力発電所からの距離を地域被ばくの IV 値（操作変数値）としたため、擬似的な実験と見なせるだろう[80]。従来、IV は臨床試験の intention-to-treat 分析（治療の意図による分析）に用いられてきたし、自然実験でも用いられている[104]。したがって、我々の研究[63]を含むすべての研究は、地域的な被ばくと地域的な影響に関する分析的な観察研究（コホート研究）であったと言える。

SHAMISEN レビュー論文[5]の著者は、コホート研究と生態学的研究の研究デザインの違いや、コホート研究間の分析方法の違いを誤解している。これは、Toolkit [4]の項目 B1（因果関係の提案に対する誤った「基準」の適用を主張すること）及び B7（対処すべき公衆衛生問題に対して異常に高い確実性を要求すること、リスクの上昇を「証明」するためにはより多くのデータが必要であると主張すること、予防原則を否定すること）に関連して、疫学が誤って使用されていることを示している。

SHAMISEN 論文[5]のもう一つの批判は、何の理由も示さずに、福島での甲状腺がんスクリーニングのデータが、がん検出に超音波エコーを使用していない全国がん登録のデータと直接比較できない、というものであった。しかし、職業的・環境的曝露によるがんの研究では、内部比較と同様に、全国がんデータを用いた外部比較が一般によく用いられる方法である[105]。超音波エコーを用いた甲状腺スクリーニングでは、上に説明したように小児甲状腺がんの過剰診断はほとんど起こらないので [9- 12]、なぜこれらのデータが比較可能と見なされないのかという疑問が生じる。いくつかの発表された研究が、チェルノブイリにおける過剰診断にまつわる論争に終止符を打った [16, 17]。SHAMISEN 論文[5]に引用されている Jacob [6] と Katanoda [106] の両者は、福島での甲状腺がんスクリーニングのデータを全国のがん登録のデータと直接比較した。これは、まさに国の統計との直接比較である。どうして、Katanoda と Jacob は受け入れられ、我々は受け入れられないのだろうか？ Katanoda は、全国のがん登録データと比較して、甲状腺がんが 20 倍から 30 倍過剰であることを報告した[106]。これは、我々の研究で推定された過剰に近いものであった [63, 64]。しかし、Katanoda 氏は、「甲状腺がんに対する放射線の影響に関する既存の知識」のために「過剰診断

の可能性」を示唆したが、それに対しては何の証拠も示していない[106]。前述のように、がん発見のための超音波スクリーニングの結果を含まない全国がん登録のデータは、小児甲状腺がんの年間発生率、すなわち 100 万人に 2 人程度を反映しており、福島原発事故現場に最も近い地域では甲状腺がんの発生率が数桁高くなっている。

SHAMISEN のレビュー論文[5]は、福島県内の汚染の可能性を無視し、外部との比較も否定している。これは、Toolkit [4]の以下の項目に関連して疫学の誤用があることを示す：A7（コントロールが汚染している）、A8（被ばく群における広範な被ばく特性の統計的に分析または考慮しないこと）、A14（統計解析に使用される不適切な分析方法）。

### 福島県による報告内容とスクリーニングプログラムの変更

福島県では、2 巡目、3 巡目、4 巡目のスクリーニングで、原子力発電所に近い地域や降下物のあった地域を中心に、予想を上回る甲状腺がん患者が発見された[44, 45, 107]。3 巡目のスクリーニング以降、市町村別の甲状腺がん発見数の公表は中止され、福島県内で発見された甲状腺がんは 4 つの地域に分けられた。その後の 5 巡目からは、福島県は上記 4 地域の甲状腺がん検出数の公表を止めてしまった。

福島県で検出される甲状腺がんの増加に対処するために、スクリーニングを受けようとする住民を減らす試みがなされている。SHAMISEN 論文[5]では、受診者の親の不安や恐怖が強調されている。結論として、SHAMISEN レビュー論文は、福島県でのマススクリーニングが、スクリーニングを受ける予定の子供や青年の意思を考慮せずに行われているという、根本的な誤解をさらけ出した[5]。甲状腺がんスクリーニングでは、受診者に「残りの一生で気づかない病気を見つける可能性がある」という説明を含めた情報が提供された。さらに、SHAMISEN コンソーシアムの情報とは異なり、福島県では 93.4%の保護者と 88.5%の医療関係者が、今後もスクリーニングプログラムを継続すべきだとはっきりと述べている[108]。

SHAMISEN レビュー論文[5]は、原発事故後の福島でのスクリーニングの実態を無視しており、この間、多くのがんが 2 年間で直径 5 mm 以上の速さで成長していた（表 2）。さらに、スクリーニングは直径 5 mm より大きな結節だけを対象にして行われたので、5.1 mm より小さな結節は検出されない。さらに、前述のように SHAMISEN レビュー論文は、根拠のない過剰診断説と、子供や青年ではなく成人における甲状腺がんのスクリーニング効果に関するレビューに誤って基づいていた[21, 24]。

SHAMISEN のレビュー論文[5]は、福島県内の汚染の可能性を無視し、外部との比較も否定している。これは、Toolkit [4]の以下の項目に関連して疫学の誤用があることを示すものである：項目 A15（データの隠蔽）、A16（定性的な方法から得られる証拠

の有効性を認識しないこと)、A17(偏った報告)、B6(子どもや妊婦など、社会的に最も脆弱で、化学的に敏感で、遺伝的に影響を受けやすい人々を特定し、健康への悪影響から保護することを犠牲にして、一般集団への影響のみを調査・報告することに重点を置くこと)。

2021年6月現在、福島県から266例の甲状腺がんが報告されている[107, 109-111]。しかし、スクリーニングを受けた人であっても、甲状腺がんの症例が多数未集計であることが指摘されている[109-112]。福島県立医科大学での未確認例[112]に加え、国立がん研究センターのがん登録により県内外の症例が確認されている[111]。合計すると、300症例以上の小児期と思春期の甲状腺がんがすでに検出されていることを強調しておく[109-112]。

### Toolkit 項目の集計と Toolkit の強化のための提言

この解説では、若干の修正を加えた解釈を採用したが、SHAMISEN レビュー論文[5]には、Toolkit[4]の33項目のうち20項目について、以下のように疫学の誤用があることを示している。パートA(偏った研究デザインと測定方法による無効な科学、不確実性の煽り、因果関係への疑念):18項目中10項目、パートB(行動を遅らせ、現状を維持し、科学者間の分裂を生み出すために用いられる議論):8項目中4項目、パートC(影響を与えることによって政策の優先順位を誤らせるために行われる戦術):7項目中6項目であった。SHAMISEN レビュー論文[5]で疫学の誤用とされた20項目のうち、12項目がIARCとIARC会議を主催し資金を提供した日本政府、5項目がICRP、3項目が福島県に対応しており、かなりの重複も存在している。

我々は、Toolkit [4]のパートAを、疫学研究が実際に行われる手順、すなわち、個々の疫学研究デザインの開発、疫学研究の実施、データ解析、結果の報告(今回の疫学研究のみならず、他の疫学研究、機構研究、意思決定に用いる他の研究の結果を含む)に沿って整理することにより、より直接的に活用できるよう強化することを提案する[113-115]。また、この目的のために、パートAには、「選択バイアス、情報バイアス、創薬バイアスなどのバイアスの意図的な作成」、「引用すべき文献の意図的な無視や引用からの除外」、「曝露および/または疾患の誤った解釈」、「過去の知見との矛盾を引き起こすか影響をもたらさないような意図的な曝露量の減少」という項目が追加されることが可能であればとも提案する。

今後、疫学的手法の誤用事例が増加する中で、INEP(政策における疫学のための国際ネットワーク)[3]が、または、適切な機関がそのような事例を蓄積するシステムを構築することが最も有益であろう。このような例は、公衆の健康を守るためのToolkit [4]の有用性を評価し、さらに強化するための参考となり得る。

## 日本と欧州の間の情報共有のための国際協力

2016年1月、国際環境疫学会（ISEE）は日本政府と福島県政府に書簡を送った[116]。ISEEは、福島県民の健康状態を科学的に記録・追跡するための一連の方策を開発し、2011年の原発事故によるリスクをよりよく理解・推定するのに役立てるよう、両政府に訴えた。また、ISEEは、住民の被ばくレベルを詳細にモニタリングする必要性を強調した。さらに、ISEEは、これらの活動を支援するために、必要に応じて独立した国家間の専門機関として会員の専門知識を活用することができることを両政府に伝えた。しかし、日本政府も福島県もこの書簡に返答していない。さらに、これらの両政府は、白血病や乳がんを含む甲状腺がん以外のがんや、WHOが原発事故後に発生頻度が高いと予測しているがん以外の病気について調査していない[117]。

欧州環境機関（EEA）が2013年に発表した報告書「早期警告からの遅い教訓：科学、予防、イノベーション」の序文[118]で、EEA事務局長のMcGlade教授は、「科学エリートも徐々に国民の支持を失いつつあります。これは、害がないという誤った確信が、それに反する証拠があるにもかかわらず、人間の健康へのリスクを減らすための予防的行動を遅らせている事例が増加していることが一因です」と述べている。この言葉の意味を、SHAMISENコンソーシアムで反芻してみることをお勧めする。

## 結論

我々は、科学的言説や国民の健康に対する誤用された手法や技術の影響を評価する目的で、疫学の誤用を検出するために Soskolne ら[4]が開発した Toolkit を、懸念される文献に適用した。対象となったのは、2021年に SHAMISEN コンソーシアムが”Environment International”誌に発表したレビュー論文であり、それは過去の原発事故、特にチェルノブイリや福島で発生した事故について検証し提言している[5]。

SHAMISEN レビュー論文では、福島で行われた甲状腺がんスクリーニングが健康への悪影響がある可能性と、甲状腺がんの攻撃性が低く、進行が遅いことが強調されている[5]。2011年の原子力発電所の過酷事故後、福島で通常の数十倍の頻度で発見されている小児期・思春期の甲状腺がんの原因は、事故の結果ではなく、検診の過剰診断であるとこのレビュー論文は主張している[5]。さらに、このレビュー論文では、チェルノブイリ原発事故後の超音波エコーによる甲状腺スクリーニングで得られた重要な結果や、福島での過剰診断の可能性を否定するエビデンスを提示しなかった[5]。

“Environment International”誌は”corresponding”のやり取りを奨励しているが、我々は SHAMISEN レビュー論文に多くの問題を発見しており、「”corresponding”のやり取り」ではそのすべてに対応することはできなかった。そこで、”Environment International”誌に批評論文を投稿することも考えたが、同誌の査読者が SHAMISEN 論文を受理したことから、我々の論文が同誌で日の目を見ることはないだろうと判断し

た。そこで、環境疫学分野の別の雑誌に挑戦することにした。しかし、その雑誌は、”Environment International”誌の編集者に手紙を出すのがより適切な方法であるとして、我々の投稿を拒否した。この却下は、”Environmental Health”誌に Toolkit の論文が掲載された時期と重なる。そこで、我々はむしろこのジャーナルに投稿することを選んだ。そうすることで、Toolkit で提供された枠組みに従って批評する価値のある、SHAMISEN レビュー論文に関連する特徴を明らかにすることができた。Toolkit の論文によって、我々は SHAMISEN レビュー論文の主張を批判するだけでなく、その著者である専門家や組織の中にある利害の対立を明らかにする枠組みを手に入れた。

その結果、Toolkit の疫学誤用を示す 33 項目のうち、20 項目が SHAMISEN レビュー論文に反映されていることが分かった。我々は、疫学の誤用とその保健研究や保健政策への影響を評価する上で、この Toolkit の適用が最初であると考えている。また、Toolkit の有用性を高めるために、いくつかの項目を追加し、再編成することを提案する。

#### データおよび資料の利用可能性

投稿論文で報告された結果を再現するために必要なデータは、すべて福島県のホームページで入手可能である。本論文の参考文献 (20、44) は、本文中に記載した。

20. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examination (Preliminary baseline screening): Supplemental Report of the FY Survey. Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Reported on 5 June, 2017. [https://fhms.jp/fhms/uploads/27\\_5Jun2017.pdf](https://fhms.jp/fhms/uploads/27_5Jun2017.pdf). Accessed 27 July 2022.
44. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (First full-scale Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Second-Round Reported on 23 October 2017. [https://fhms.jp/fhms/uploads/28\\_23Oct2017.pdf](https://fhms.jp/fhms/uploads/28_23Oct2017.pdf). Accessed 27 Oct 2022.

## Additional file 1

### 表 疫学的手法の不適切な応用のツールキット

#### --- パート A ---

不確かさを煽り、因果関係に疑いをを持たせるために使われる疫学特有の方法・技術（無効な科学を生み出す偏った研究デザインや測定を通じて）

- A1（統計的仮説検定に依存し、統計結果の解釈を決定し、結論を導出するための厳格な判断基準として、確率の 0.05 レベルの「統計的有意性」を用いること）
- A2（統計的にパワー不足の研究の実施、タイプ II エラーの無視）
- A3（統計解析や結果を不適切に解釈すること（下記 B8 参照））
- A4（適切な追跡調査方法の不徹底）
- A5（十分な追跡調査時間を確保しなかったこと）
- A6（特に労働衛生調査で見られる、総被ばく人年数が不適切に表現されていること）
- A7（コントロールが汚染している）
- A8（被ばく群における広範な被ばく特性の統計的に分析または考慮しないこと（コホート研究））
- A9（不適切な対照群の選択：対照群は、曝露群（コホート研究）または症例（症例対照研究）が出現した集団を代表するものでなければならないという要件を遵守していないこと）
- A10（記述的母集団比較における効果の希釈／洗い出し／平均化）
- A11（化学物質の混合物の成分間の既知の相乗効果を無視すること）
- A12（リスク評価において、複雑な混合物への曝露の影響を考慮しないこと）
- A13（不適切または感度の低い実験方法、測定方法、または機器の使用）
- A14（統計解析に使用される不適切な分析方法）
- A15（データの隠蔽）
- A16（定性的な方法から得られる証拠の有効性を認識しないこと）
- A17（誤った、あるいは偏ったメタアナリシスを作成し、それを **weight-of-evidence** の要約結果を表すものとして報告すること）
- A18（生存率の高いがんのエンドポイントに罹患率ではなく死亡率のデータを使用すること）

#### --- パート B ---

行動を遅らせ、現状を維持し、科学者間の分裂を生み出すために用いられる議論 [不適切な基準と抑制方法を押し付けること]。

- B1（因果関係の提案に対する誤った「基準」の適用を主張すること（例、因果関係を推論するための因果関係分析における証拠の重さを解釈する際に、ブラッドフォード・ヒルの視点や側面など）誤った「基準」の適用を主張すること）
- B2（金銭的な利害の対立、アジェンダドリブンな資金提供者の金銭的コントロール、政治的影響、または既得権益の目標がある場合、利害の対立を開示しないこと（下記 C6 参照））

- B3 (有害事象を示唆するメカニズ的な情報を無視すること)
- B4 (毒性学的研究によりヒトへの健康被害の可能性が示唆された場合、その違いを誇張したり、否定したりすること)
- B5 (潜在的な健康被害を予測する分子構造の関連性またはファミリーを無視すること)
- B6 (子どもや妊婦など、社会的に最も脆弱で、化学的に敏感で、遺伝的に影響を受けやすい人々を特定し、健康への悪影響から保護することを犠牲にして、一般集団への影響のみを調査・報告することに重点を置くこと)
- B7 (対処すべき公衆衛生問題に対して異常に高い確実性を要求すること、リスクの上昇を「証明」するためにはより多くのデータが必要であると主張すること、予防原則を否定すること)
- B8 (被ばくと疾病の間に観察されるオッズ比／相対リスクが2以上でなければ、専門家証言を裏付ける研究として認められないと要求すること (上記 A3 参照) )

--- パート C ---

影響力によって政策の優先順位を誤らせるために行われる戦術 [特別利益団体の立場から公表されていない価値観を押し付ける]。

- C1 (「データなし」 = 「リスクなし」と仮定すること)
- C2 (政治的影響、金銭的利益、特別利益団体の影響により、重要な公衆衛生問題を研究しなかった結果、抑圧バイアス (Repression Bias) となること。何らかの理由で承認が下りなかったために行われなかった研究があることを見逃してはならない。その理由は、そのテーマが抑圧されていることもあるからである)
- C3 (健康リスクの一般化を怠り、他の場所でヒトへの影響が実証されたにもかかわらず、リスクを曝露された人々の地域集団に限定していること)
- C4 (曝露を低減／除去するための介入を正当化する証拠があるにもかかわらず、予防原則の適用を怠り、あるいは否定すること)
- C5 (政策に関連する結論を導き出すための適切な証拠基準の選択に関する決定の根底にある価値判断を明示する際に透明性を欠くこと (すなわち、支配的な利益や価値を抑圧すること) )
- C6 (編集委員会、科学審査委員会、あらゆる種類の意思決定機関に入り込むこと (上記 B2 参照) )
- C7 (影響力を通じて政策の優先順位を誤らせる)

**Abbreviations**

COI: Conflicts-of-interest; EEA: European Environment Agency; FNAC: Fine Needle Aspiration Cytology; <sup>131</sup>I: Radioiodine 131; IARC: International Agency for Research on Cancer; ICRP: International Commission on Radiological Protection; INEP: International Network for Epidemiology in Policy; ISEE: International Society for Environmental Epidemiology; IV: Instrumental variable; NIRS: National Institute of Radiological Sciences; POR: Prevalence odds ratio; SHAMISEN: Nuclear Emergency Situations - Improvement of Medical And Health Surveillance; SIR: Standardized incidence ratio; TEPCO: Tokyo Electric Power Company; UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; WHO: World Health Organization.

**Supplementary Information**

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00884-6>.

**Additional file 1.** Toolkit of inappropriate applications of the epidemiological method.

**Acknowledgments**

We thank Dr. Colin L. Soskolne (Professor emeritus, University of Alberta, Canada) for suggesting that we consider his jointly published Toolkit article (*Environ Health*, 2021) at a time when we were at a loss as to how to move our research findings forward and into policy. He and his colleagues have provided a method that we have been first to apply to deconstruct the current health situation in Japan resulting from the Fukushima Daiichi nuclear accident. The timing of the Toolkit could not have been better in providing a framework for communicating, through the language of epidemiology, a coherent story, not only to our peers, but also to the people of the world. Our goal, consistent with that of Soskolne and his colleagues, is to protect the public interest as we insure the proper use of epidemiology as a science foundational to informed public health policy. We also thank Edanz (<https://jp.edanz.com/ac>) for editing a draft of this manuscript.

**Authors' contributions**

TT analyzed and interpreted the data regarding the thyroid cancer cases and the examinees of screening using ultrasound echo in Fukushima Prefecture. YM created and edited the tables and figures in the manuscript. EY was a major contributor in writing the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

**Funding**

The results reported herein correspond directly to the specific aims of grant no. 19H01433a3 to investigator Professor Kunihiko Yoshida from a Grant-in-Aid for Scientific Research, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. This is a public research fund to promote research on large-scale disasters. The funding body had no role in the design of the study and collection, analysis, and interpretation of data and in writing the manuscript. We used funding mainly for the English editing of the manuscript.

**Availability of data and materials**

All the data necessary to reproduce the results reported in the submitted paper are available on the Fukushima Prefecture website. References in this paper (20 and 44) are given in the text.

**Declarations****Ethics approval and consent to participate**

Not applicable.

**Consent for publication**

Not applicable.

**Competing interests**

The authors declare that they have no competing interests.

**Author details**

<sup>1</sup>Department of Human Ecology, Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama 700-8530, Japan. <sup>2</sup>Department of Epidemiology, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University, Okayama, Japan. <sup>3</sup>Okayama University of Science, Okayama, Japan.

Received: 3 March 2022 Accepted: 14 July 2022

Published online: 24 August 2022

**References**

1. Etzel RA, Grandjean P, Ozonoff DM. Environmental epidemiology in a crossfire. *Environ Health*. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00776-1> Accessed 20 June 2022.
2. Michaels D. *Doubt is their product: how industry's assault on science threatens your health*. New York: Oxford University Press; 2008.
3. Soskolne CL, Caldwell JC, London L, Bero L, Gochfeld M, Cranor CF, et al. International Network for Epidemiology in Policy (INEP) Position Statement Series: Conflict-of-Interest and Disclosure in Epidemiology. 2020; <https://epidemiologyinpolicy.org/coi-d-position-statement>. Accessed 20 June 2022.
4. Soskolne CL, Kramer S, Ramos-Bonilla JP, Mandrioli D, Sassi J, Gochfeld M, et al. Toolkit for detecting misused epidemiological methods. *Environ Health*. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00771-6> Accessed 20 June 2022.
5. Clero E, Ostroumova E, Demoury C, Grosche B, Kesminiene A, Liutsko L, et al. Lessons learned from Chernobyl and Fukushima on thyroid cancer screening and recommendations in case of a future nuclear accident. *Environ Int*. 2021;146:106230 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020321851?via%3Dihub> Accessed 25 June 2022.
6. Jacob P, Bogdanova TI, Buglova E, Cherpurniy M, Demidchik Y, Gavriliin Y, et al. Thyroid cancer among Ukrainians and Belarusians who were children or adolescents at the time of the Chernobyl accident. *J Radiol Prot*. 2006;26:51–67. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/26/1/003>. Accessed 27 July 2022.
7. World Health Organization. Medical consequences of the Chernobyl accident: Scientific Report by International Project 'IPHECA'. Geneva: World Health Organization; 1996.
8. Welch HG, Black WC. Overdiagnosis in cancer. *J Natl Cancer Inst*. 2010;102:605–13 <https://academic.oup.com/jnci/article/102/9/605/894608?login=true> Accessed 25 June 2022.
9. Shibata Y, Yamashita S, Masyakin VB, Panasyuk GD, Nagataki S. 15 years after Chernobyl: new evidence of thyroid cancer. *Lancet*. 2001;358:1965–6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673601069719>. Accessed 22 July 2022.
10. Demidchik YE, Saenko VA, Yamashita S. Childhood thyroid cancer in Belarus, Russia, and Ukraine after Chernobyl and at present. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2007;51:748–62 <https://www.scielo.br/j/abem/a/GDqbgM5vsRrsNj7MBJtBvG/?format=pdf&lang=en> Accessed 25 June 2022.
11. Krysenko NA. Efficiency of introduction of medical technologies on rendering medical assistance to population suffering from Chernobyl catastrophe in Gomel region. In: Shevchuk VE, Gurachevski VL, Kolbanov VV. 17 Years after Chernobyl: Problems and decisions. Minsk: Committee on the Problems of the Consequences of the Catastrophe at the Chernobyl NPP under the Belarusian Council of Ministers; 2003. 39–44.
12. Ito M, Yamashita S, Ashizawa K, Namba H, Hoshi M, Shibata Y, et al. Childhood thyroid diseases around Chernobyl evaluated by ultrasound examination and fine needle aspiration cytology. *Thyroid*. 1995;5:365–8.
13. Hamaoka Y. Issues of thyroid screening in Fukushima Prefecture III. *Kagaku*. 2022;92:318–35 (in Japanese).
14. Hamaoka Y. Ten years of Fukushima thyroid screening. *Kagaku*. 2021;91:567–84 (in Japanese).
15. Fuzik M, Pryszyzhnyuk A, Shibata Y, Romanenko A, Fedorenko Z, Gulak L, et al. Thyroid cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys*. 2011;50:47–55. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00411-010-0340-y>. Accessed 27 July 2022.

16. Nagataki S. Thirty years since the accident in Chernobyl: a contribution from Japan "Confirming the increase of childhood thyroid cancer." In: The 5th International Expert Symposium in Fukushima on Radiation and Health: Chernobyl+30, Fukushima+5: Lessons and Solutions for Fukushima's Thyroid Question. Sep. 26–27, 2016, The Celestion Fukushima, The Nippon Foundation, Fukushima Medical University, Nagasaki University, Sasakawa Memorial Health Foundation; 2016. p. 70–71.
17. Nagataki S. Thyroid cancer, Chernobyl, and Fukushima: a look back at the road to international confirmation of the increase in childhood thyroid cancer: WEBRONZA, The Asahi Shimbun Globe; 2016. <https://webronza.asahi.com/science/articles/2016030400001.html> (in Japanese). Accessed 30 Oct 2021.
18. Hayashida N, Imaizumi M, Shimura H, Okubo N, Asari Y, Nigawara T, et al. Thyroid ultrasound findings in children from three Japanese prefectures: Aomori, Yamanashi and Nagasaki. *PLoS One*. 2013;8:e83220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083220>. Accessed 27 July 2022.
19. Hayashida N, Imaizumi M, Shimura H, Okubo N, Asari Y, Nigawara T, et al. Thyroid ultrasound findings in a follow-up survey of children from three Japanese prefectures: Aomori, Yamanashi, and Nagasaki. *Sci Rep*. 2015;5:9046 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5390914/pdf/srep09046.pdf>. Accessed 25 June 2022.
20. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examination (Preliminary baseline screening): Supplemental Report of the FY Survey. Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Reported on 5 June, 2017. [https://fhms.jp/fhms/uploads/27\\_5Jun2017.pdf](https://fhms.jp/fhms/uploads/27_5Jun2017.pdf). Accessed 27 July 2022.
21. IARC Expert Group on Thyroid Health Monitoring After Nuclear Accidents. Thyroid health monitoring after nuclear accidents. IARC Technical Publication No. 46. Geneva: World Health Organization; 2018. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/iarc-Technical-Publications/Thyroid-Health-Monitoring-After-Nuclear-Accidents-2018>. Accessed 17 June 2022.
22. Togawa K, Ahn HS, Auvinen A, Bauer AJ, Brito JP, Davies L, et al. Long-term strategies for thyroid health monitoring after nuclear accidents: recommendations from an Expert Group convened by IARC. *Lancet Oncol*. 2018;19:1280–3 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470204518306806?via%3DIihub>. Accessed 25 June 2022.
23. Tronko MD, Bogdanova TI, Komissarenko IV, Epstein OV, Olynyk V, Kovalenko A, et al. Thyroid carcinoma in children and adolescents in Ukraine after the Chernobyl Nuclear Accident. Statistical data and clinicomorphologic characteristics. *Cancer*. 1999;86:149–56. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0142\(19990701\)86:1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0142(19990701)86:1). Accessed 27 July 2022.
24. Ahn HS, Kim HJ, Welch HG. Korea's thyroid-cancer "epidemic"—screening and overdiagnosis. *New Engl J Med*. 2014;371:1765–7. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1409841>. Accessed 25 June 2022.
25. Furuya-Kanamori L, Bell KJ, Clark J, Glasziou P, Doi SA. Prevalence of differentiated thyroid cancer in autopsy studies over six decades: a meta-analysis. *J Clin Oncol*. 2016. <https://ascopubs.org/doi/10.1200/JCO.2016.67.7419>. Accessed 27 July 2022.
26. Yoon DY, Chang SK, Choi CS, Yun EJ, Seo YL, Nam ES, et al. The prevalence and significance of incidental thyroid nodules identified on computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*. 2008. <https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e318157fd38>. Accessed 27 July 2022.
27. Ezzat S, Sarti DA, Cain DR, Braunstein GD. Thyroid incidentalomas. Prevalence by palpation and ultrasonography. *Arch Intern Med*. 1994;154:1838–40. <https://jamanetwork.com/journals/jamaintern/almicircle/fullarticle/619228>. Accessed 27 July 2022.
28. Vaccarella S, Franceschi S, Bray F, Wild CP, Plummer M, Dal Maso L. Worldwide thyroid-cancer epidemic? The increasing impact of overdiagnosis. *N Engl J Med*. 2016;375:614–7. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1604412>. Accessed 25 June 2022.
29. Brito JP, Hay ID. Thyroid cancer: overdiagnosis of papillary carcinoma— who benefits? *Nat Rev Endocrinol*. 2017. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.224>. Accessed 25 July 2022.
30. Smith-Bindman R, Miglioretti DL, Johnson E, Lee C, Feigelson HS, Flynn M, et al. Use of diagnostic imaging studies and associated radiation exposure for patients enrolled in large integrated health care systems, 1996–2010. *JAMA*. 2012. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.5960>. Accessed 27 July 2022.
31. Udelsman R, Zhang Y. The epidemic of thyroid cancer in the United States: the role of endocrinologists and ultrasounds. *Thyroid*. 2014. <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/thy.2013.0257>. Accessed 27 July 2022.
32. Zevallos JP, Hartman CM, Kramer JR, Sturgis EM, Chiao EY. Increased thyroid cancer incidence corresponds to increased use of thyroid ultrasound and fine-needle aspiration: a study of the Veterans Affairs health care system. *Cancer*. 2015;121:741–6. <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cncr.29122>. Accessed 27 July 2022.
33. Bray F, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Zanetti R, et al. editors. Cancer incidence in five continents, Vol. XI (electronic version). International Agency for Research on Cancer.: Lyon; 2017. <http://ci5.iarc.fr>. Accessed 17 June 2022.
34. IARC. Expert Group on Thyroid Health Monitoring After Nuclear Accidents. Recommendations on thyroid health monitoring in case of nuclear accidents. In: Thyroid health monitoring after nuclear accidents. IARC Technical Publication No. 46. Geneva: World Health Organization; 2018. (in Japanese) [https://www.env.go.jp/chemi/chemi/rhm/Report1\\_Japanese.pdf](https://www.env.go.jp/chemi/chemi/rhm/Report1_Japanese.pdf). Accessed 4 June 2022.
35. Franssila KO, Harach HR. Occult papillary carcinoma of the thyroid in children and young adults. A systemic autopsy study in Finland. *Cancer*. 1986;58:715–9. [https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0142\(19860801\)58:3%3C715::AID-CNCR2820580319%3E3.0.CO;2-P](https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0142(19860801)58:3%3C715::AID-CNCR2820580319%3E3.0.CO;2-P). Accessed 27 July 2022.
36. Suzuki S. Childhood and adolescent thyroid cancer in Fukushima after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: 5 years on. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2015.12.027>. Accessed 27 July 2022.
37. Takahashi H, Takahashi K, Shimura H, Yasumura S, Suzuki S, Ohtsuru A, et al. Simulation of expected childhood and adolescent thyroid cancer cases in Japan using a cancer-progression model based on the National Cancer Registry: application to the first-round thyroid examination of the Fukushima Health Management Survey. *Medicine (Baltimore)*. 2017. [https://journals.lww.com/md-journal/Fulltext/2017/12010/Simulation\\_of\\_expected\\_childhood\\_and\\_adolescent.17.aspx](https://journals.lww.com/md-journal/Fulltext/2017/12010/Simulation_of_expected_childhood_and_adolescent.17.aspx). Accessed 27 July 2022.
38. Midorikawa S, Ohtsuru A, Murakami M, Takahashi H, Suzuki S, Matsuzuka T, et al. Comparative analysis of the growth pattern of thyroid cancer in young patients screened by ultrasonography in Japan after a nuclear accident: the Fukushima Health Management Survey. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2017.2133>. Accessed 27 July 2022.
39. Nuclear Safety Research Association (NSRA) PIIF. A list of patronage members. In: An annual business report in FY2009. A public interest incorporated foundation NSRA; 2010. [https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou\\_zai/top.html](https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou_zai/top.html) (in Japanese). Accessed 26 Dec 2021.
40. Nuclear Safety Research Association (NSRA) PIIF. A list of patronage members. In: An annual business report in FY2010. A public interest incorporated foundation NSRA; 2011. [https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou\\_zai/top.html](https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou_zai/top.html) (in Japanese). Accessed 26 Dec 2021.
41. Nuclear Safety Research Association (NSRA) PIIF. A list of patronage members. In: An annual business report in FY2011. A public interest incorporated foundation NSRA; 2012. [https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou\\_zai/top.html](https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou_zai/top.html) (in Japanese). Accessed 26 Dec 2021.
42. Nuclear Safety Research Association (NSRA) PIIF. A list of patronage members. In: An annual business report in FY2017. A public interest incorporated foundation NSRA; 2018. [https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou\\_zai/top.html](https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou_zai/top.html) (in Japanese). Accessed 26 Dec 2021.
43. Nuclear Safety Research Association (NSRA) PIIF. A list of patronage members. In: An annual business report in FY2018. A public interest incorporated foundation NSRA. 2019; [https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou\\_zai/top.html](https://www.nsr.or.jp/nsra/gyou_zai/top.html) (in Japanese). Accessed 26 Dec 2021.
44. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (First full-scale Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Second-Round Reported on 23 October 2017. [https://fhms.jp/fhms/uploads/28\\_23Oct2017.pdf](https://fhms.jp/fhms/uploads/28_23Oct2017.pdf). Accessed 27 Oct 2022.
45. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (Second full-scale Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Third-Round Reported on 31 August 2020; <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/401325.pdf> (in Japanese). Accessed 4 June 2021.

46. Heidenreich WF, Kenigsberg J, Jacob P, Buglova E, Goulko G, Paretzke HG, et al. Time trends of thyroid cancer incidence in Belarus after the Chernobyl accident. *Radiat Res*. 1999;151:617–25.
47. Yamashita S. Health problems after the Chernobyl nuclear power plant accident. The role of our country with radiation experience. International medical cooperation for radiation-exposed from the only medical school eradicated by an atomic bomb (February 29, 2000), Table 2. Childhood thyroid cancer registry in Gomel, Belarus (year-, age at the accident-specific); <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/bunka5/siryos/siryos42.htm> (in Japanese). Accessed 30 Oct 2021.
48. Malko MV. Chernobyl radiation-induced thyroid cancers in Belarus. In: Imanaka T, editor. Recent research activities about the Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia. Kyoto: Research Reactor Institute, Kyoto University; 2002. p. 240–55. <http://www.rii.kyoto-u.ac.jp/NSRG/reports/kr79/kr79pdf/kr79.pdf>. Accessed 13 Dec 2021.
49. Ministry of Ukraine of Emergencies and Affairs of Population Protection from the Consequences of Chornobyl Catastrophe and All Ukrainian Research Institute of Population and Territories Civil Defense from Technogenic and Natural Emergencies. Medical aspects. In: 20 years after Chernobyl catastrophe. Future outlook: National Report of Ukraine. Kyiv: Atika; 2006. p. 68–88.
50. Stehr-Green JK, Stehr-Green PA, MacDonald Pia DM. Hypothesis generation and descriptive epidemiology. In: MacDonald PDM, editor. Methods in field epidemiology. Burlington: Jones & Bartlett Learning; 2012. p. 97–129.
51. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Developments since the 2013 UNSCEAR report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the Great East Japan Earthquake and Tsunami. A 2016 white paper to guide the Scientific Committee's future programme of work. New York: United Nations; 2016. [https://www.unscear.org/docs/publications/2016/UNSCEAR\\_WP\\_2016.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2016/UNSCEAR_WP_2016.pdf). Accessed 14 Dec 2021
52. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, effects and risks of ionizing radiation. Scientific Annex B: Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report. New York: United Nations; 2020. [https://www.unscear.org/docs/publications/2020/UNSCEAR\\_2020\\_AnnexB\\_AdvanceCopy.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2020/UNSCEAR_2020_AnnexB_AdvanceCopy.pdf). Accessed 14 Dec 2021
53. Davies L, Welch HG. Increasing incidence of thyroid cancer in the United States, 1973–2002. *JAMA*. 2006;295:2164–7. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/202835>. Accessed 25 June 2022.
54. Pellegriti G, Frasca F, Regalbuto C, Squatrito S, Vigneri R. Worldwide increasing incidence of thyroid cancer: update on epidemiology and risk factors. *J Cancer Epidemiol*. 2013;2013:965212 <https://www.hindawi.com/journals/jce/2013/965212/> Accessed 25 June 2022.
55. Li M, Dal Maso L, Vaccarella S. Global trends in thyroid cancer incidence and the impact of overdiagnosis. *Lancet Diabet Endocrinol*. 2020;8:468–70 [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/landia/PIIS2213-8587\(20\)30115-7.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/landia/PIIS2213-8587(20)30115-7.pdf) Accessed 25 June 2022.
56. Brito JP, Morris JC, Montori VM. Thyroid cancer: zealot imaging has increased detection and treatment of low risk tumors. *BMJ*. 2013;347:f4706 <https://www.bmj.com/content/347/bmj.f4706> Accessed 25 June 2022.
57. Lamartina L, Grani G, Durante C, Filetti S, Cooper DS. Screening for differentiated thyroid cancer in selected populations. *Lancet Diabet Endocrinol*. 2020;8:81–8 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213858719303249?via%3Dihub> Accessed 25 June 2022.
58. The Japanese Cancer Registry 2016–2018; <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&oukei=00450173&tstat=000001133323&cycle=7&tclass1=000001133363&tclass2=000001133368&tclass3=000001133369&tclass4val=0>. Accessed 17 Aug 2021.
59. Kato T. Re: Associations between childhood thyroid cancer and external radiation dose after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Epidemiology*. 2019;30:e9–11. [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/Re\\_\\_Associations\\_Between\\_Childhood\\_Thyroid\\_Cancer.26.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/Re__Associations_Between_Childhood_Thyroid_Cancer.26.aspx). Accessed 25 June 2022.
60. Kato T. Area dose response of prevalent childhood thyroid cancers after the Fukushima Nuclear Power Plant accident. *Clin Oncol and Res*. 2019. [https://www.sciencerepository.org/area-dose-response-of-prevalent-childhood-thyroid-cancers-after-the-fukushima-nuclear-power-plant-accident\\_COR-2019-6-116](https://www.sciencerepository.org/area-dose-response-of-prevalent-childhood-thyroid-cancers-after-the-fukushima-nuclear-power-plant-accident_COR-2019-6-116). Accessed 27 July 2022.
61. Yamamoto H, Hayashi K, Scherb H. Association between the detection rate of thyroid cancer and the external radiation dose-rate after the nuclear power plant accidents in Fukushima. *Japan. Medicine*. 2019;98:e17165 [https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2019/09130/association\\_between\\_the\\_detection\\_rate\\_of\\_thyroid.59.aspx](https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2019/09130/association_between_the_detection_rate_of_thyroid.59.aspx) Accessed 25 June 2022.
62. Toki H, Wada T, Manabe Y, Hirota S, Higuchi T, Tanihata I, et al. Relationship between environmental radiation and radioactivity and childhood thyroid cancer found in Fukushima health management survey. *Sci Rep*. 2020;10:4074 <https://www.nature.com/articles/s41598-020-60999-z> Accessed 25 June 2022.
63. Tsuda T, Tokinobu A, Yamamoto E, Suzuki E. Thyroid cancer detection by ultrasound among residents ages 18 years and younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. *Epidemiology*. 2016;27:316–22 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4820668/pdf/ede-27-316.pdf> Accessed 25 June 2022.
64. Tsuda T, Tokinobu A, Yamamoto E, Suzuki E. The authors respond. *Epidemiology*. 2016;27:e21–3 [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2016/05000/The\\_Authors\\_Respond.37.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2016/05000/The_Authors_Respond.37.aspx) Accessed 25 June 2022.
65. Ivanov YK, Kashcheev VV, Chekin SY, Maksioutov MA, Tumanov KA, Vlasov OK, et al. Radiation-epidemiological studies of thyroid cancer incidence in Russia after the Chernobyl accident (Estimation of radiation risks, 1991–2008 follow-up period). *Radiation Prot Dosimet*. 2012;151:489–99. <https://academic.oup.com/rpd/article/151/3/489/1605863>. Accessed 27 July 2022.
66. World Health Organization. Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. Geneva: World Health Organization; 2012. p. 13–47. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44877/9789241503662\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44877/9789241503662_eng.pdf). Accessed 14 Dec 2021
67. Sakakibara T. Thyroid exposure measurements of 1080 people. In: The day Fukushima was silenced. Nuclear accident and thyroid exposure. Tokyo: Shuei-sha Inc; 2021. p. 57–114. (In Japanese)
68. Ooiwa Y. WHO?: Report on Fukushima radiation exposure forced to be revised. *The Asahi Shimbun Globe*; 2014. (In Japanese).
69. Unno N, Minakami H, Kubo T, Fujimori K, Ishiwata I, Terada H, et al. Effect of the Fukushima nuclear power plant accident on radioiodine (<sup>131</sup>I) content in human breast milk. *J Obstet Gynaecol Res*. 2012;38:772–9.
70. National Institute of Radiological Sciences (NIRS). Analysis of data on breast milk measurement after Fukushima accident. 2014; [http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/conf01-06/mat01\\_2.pdf](http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/conf01-06/mat01_2.pdf) (in Japanese). Accessed 29 Mar 2015.
71. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Publication No. 56. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 1. Ingestion dose coefficients. A report of a Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP*. 1989;20:45–51. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2056>. Accessed 27 July 2022.
72. Kim E, Kurihara O, Suzuki T, Matsumoto M, Fukutsu K, Yamada Y, et al. Screening survey on thyroid exposure for children after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. In: Proceedings of the 1st NIRS Symposium on Reconstruction of Early Internal Dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident. National Institute of Radiological Sciences. Chiba, Japan, July 2012. NIRS-M-252 2012;59–66; [http://www.nirs.qst.go.jp/publication/irregular/pdf/nirs\\_m\\_252.pdf](http://www.nirs.qst.go.jp/publication/irregular/pdf/nirs_m_252.pdf). Accessed 21 Aug 2021.
73. Kurihara O. Estimation of initial internal doses of residents in the vicinity of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Curr Stat Issu*. 2014; <http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/50320.pdf#search=%27%E7%94%B2%E7%8A%B6%E8%85%BA+%E7%B7%9A%E9%87%8F+%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E5%8C%BB%E5%AD%A6%E7%B7%8F%E5%90%88%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%89%80%27> (in Japanese). Accessed 21 Aug 2021.
74. Nagataki S, Takamura N. Radioactive doses - predicted and actual - and likely health effects. *Clin Oncol*. 2016;28:245–54 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0936655516000030> Accessed 25 Jun 2022.
75. Hiranuma Y. Fukushima Thyroid Examination Fact Sheet. September 2017. Kagaku. 2017;87(9):e1–e11 [https://www.iwanami.co.jp/kagaku/eKagaku\\_201709\\_Hiranuma-rev.pdf](https://www.iwanami.co.jp/kagaku/eKagaku_201709_Hiranuma-rev.pdf) Accessed 25 June 2022.

76. Study2007. For re-assessment of the early childhood thyroid screening: factors leading to underestimation. *Kagaku*. 2014;84:406–14 (in Japanese).
77. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2013 report volume I. Report to the general assembly scientific annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. 2013; [https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR\\_2013\\_Report\\_VolI.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR_2013_Report_VolI.pdf). Accessed 14 Dec 2021.
78. Schmitz-Feuerhake I, Chap. 5. How reliable are the dose estimates of UNSCEAR for populations contaminated by Chernobyl fallout? A comparison of results by physical reconstruction and biological dosimetry. In: Fukushima and Health: What to Expect Proceedings of the 3rd International Conference of the European Committee on Radiation Risk May 5th/6th 2009, Lesvos, Greece. Busby S, Busby J, Rietuma D, de Messieres M, editors. Aberystwyth, UK: Green Audit; 2011, p. 70–85; <https://ia600702.us.archive.org/30/items/FukushimaAndHealth/FukushimaAndHealthWhatToExpect.pdf>. Accessed 25 June 2022.
79. Hill AB. Observation and experiment. *New Engl J Med*. 1953;248:995–1001. <https://doi.org/10.1056/NEJM195306112482401>. Accessed 25 June 2022.
80. Davies NM, Smith GD, Windmeijer F, Martin RM. Issues in the reporting and conduct of instrumental variables studies. A systematic review. *Epidemiology*. 2013;24:363–9 [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2013/05000/issues\\_in\\_the\\_Reporting\\_and\\_Conduct\\_of.6.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2013/05000/issues_in_the_Reporting_and_Conduct_of.6.aspx). Accessed 25 June 2022.
81. Greenland S. An introduction to instrumental variables for epidemiologists. *Int J Epidemiol*. 2000;29:722–9 <https://academic.oup.com/ije/article/29/4/722/765560>. Accessed 25 June 2022.
82. Yoshida Y. Thyroid cancer and UNSCEAR after the Chernobyl nuclear accident. *Kagaku*. 2018;88:915–23 (in Japanese).
83. Ministry of Foreign Affairs of Japan. List of Contributions and Contributions to International Organizations (FY 2013, by International Organization), "Other International Organizations, etc., VI-98," April 20, 2016; [https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/keitai/page23\\_000258.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/keitai/page23_000258.html) (in Japanese). Accessed 17 June 2022.
84. Ministry of Foreign Affairs of Japan. List of Outcome Items of "Voluntary Contributions Earmarked for Individual Projects" in the FY 2017 Supplementary Budget (No. 1) under the Ministry of Foreign Affairs, January 12, 2018; <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000326379.pdf> (in Japanese). Accessed 17 June 2022.
85. Ministry of Foreign Affairs of Japan. Peaceful Use of Nuclear Energy. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR); [https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/inec/page25\\_001512.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/inec/page25_001512.html) (in Japanese). Accessed 6 June 2022.
86. Shiraishi H. Examining the greatly reduced "oral intake" thyroid exposure in the UNSCEAR 2020 report. *Kagaku*. 2021;91:898–909 (in Japanese).
87. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Annex A. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionizing radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. In: The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103); 2007. p. 137–246. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Accessed 27 July 2022.
88. Tsuda T, Lindahl L, Tokinobu A. Ethical issues related to the promotion of a "100 mSv Threshold Assumption" in Japan after the Fukushima Nuclear Accident in 2011: Background and consequences. *Curr Envir Health Rpt*. 2017. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0145-0>. Accessed 25 June 2022.
89. Doll R, Wakeford R. Risk of childhood cancer from fetal irradiation. *Br J Radiol*. 1997;70:130–9 <https://www.birpublications.org/doi/epdf/10.1259/bjr.70.830.9135438>. Accessed 25 June 2022.
90. Hauptmann M, Daniels DR, Cardis E, Cullings HM, Kendall G, Laurier D, et al. Epidemiological studies of low-dose ionizing radiation and cancer: Summary bias assessment and meta-analysis. *J Natl Cancer Inst Monogr*. 2020. <https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgaa010>.
91. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk (ICRP Publication 99). 2005;35(4). <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2099>. Accessed 27 July 2022.
92. Suzuki S, Bogdanova TI, Saenko V, Hashimoto Y, Ito M, Iwade M, et al. Histopathological analysis of papillary thyroid carcinoma detected during ultrasound screening examinations in Fukushima. *Cancer Sci*. 2019;110:817–27 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cas.13912>. Accessed 25 June 2022.
93. Miyauchi A, Ito Y. Indication and contraindication of active surveillance as a management of papillary microcarcinoma of the thyroid in adults. *Official Journal of the Japan Association of Endocrine Surgeons and the Japanese Society of Thyroid Surgery*. 2018;35:77–81 (in Japanese); [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaesjsts/35/2/35\\_77/\\_pdf-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaesjsts/35/2/35_77/_pdf-char/en). Accessed 25 June 2022.
94. Japan Thyroid Association. The position of the Japan Thyroid Association on the special feature 1 "Considering the overdiagnosis of thyroid cancer" published in the Journal of the Japan Thyroid Association, Vol. 12, No. 1; [http://www.japanthyroid.jp/public/img/news/20210609\\_1201\\_2\\_opinion.pdf](http://www.japanthyroid.jp/public/img/news/20210609_1201_2_opinion.pdf) (in Japanese). Accessed 8 Nov 2021.
95. Suzuki S. Practice of surgical treatment for pediatric thyroid cancer in Fukushima Prefecture. *J Jpn Thyroid Assoc*. 2021;12:41–50 (in Japanese). <http://www.japanthyroid.jp/doctor/abstract/abstract24.html#07> (Abstract). Accessed 25 June 2022.
96. The Radiation Medical Science Center for the Fukushima Health Management Survey, Fukushima Global Medical Science Center, Fukushima Medical University. "Here are the key points from Dr. Scott Davis' review of Dr. Toshihide Tsuda's article in Epidemiology." October 23, 2015; <http://fukushimamimamori.jp/news/2015/10/000213.html> (in Japanese). Accessed 3 Nov 2015.
97. Nakaya T, Takahashi K, Takahashi H, Yasumura S, Ohira T, Ohto H, et al. Spatial analysis of the geographical distribution of thyroid cancer cases from the first-round thyroid ultrasound examination in Fukushima Prefecture. *Sci Rep*. 2018;8:17661 <https://www.nature.com/articles/s41598-018-35971-7>. Accessed 25 June 2022.
98. Ohira T, Ohtsuru A, Midorikawa S, Takahashi H, Yasumura S, Suzuki S, et al. External radiation dose, obesity, and risk of childhood thyroid cancer after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: The Fukushima Health Management Survey. *Epidemiology*. 2019;30:853–60 [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/11000/External\\_Radiation\\_Dose,\\_Obesity,\\_and\\_Risk\\_of.12.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/11000/External_Radiation_Dose,_Obesity,_and_Risk_of.12.aspx). Accessed 25 June 2022.
99. Ohira T, Shimura H, Hayashi F, Nagao M, Yasumura S, Takahashi H, et al. Absorbed radiation doses in the thyroid as estimated by UNSCEAR and subsequent risk of childhood thyroid cancer following the Great East Japan Earthquake. *J Radiat Res*. 2000;61:243–8 <https://academic.oup.com/jrr/article/61/2/243/5728656>. Accessed 25 June 2022.
100. Ohira T, Takahashi H, Yasumura S. The authors respond. *Epidemiology*. 2019;30:e11 [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/The\\_Authors\\_Respond.27.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/The_Authors_Respond.27.aspx). Accessed 25 June 2022.
101. Ohira T, Takahashi H, Yasumura S, Ohtsuru A, Midorikawa S, Suzuki S, et al. Comparison of childhood thyroid cancer prevalence among 3 areas based on external radiation dose after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident: The Fukushima health management survey. *Medicine*. 2016;95:e4472 [https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2016/08300/comparison\\_of\\_childhood\\_thyroid\\_cancer\\_prevalence.15.aspx](https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2016/08300/comparison_of_childhood_thyroid_cancer_prevalence.15.aspx). Accessed 25 June 2022.
102. Suzuki S, Fukushima T, Midorikawa S, Shimura H, Matsuzuka T, Ishikawa T, et al. Comprehensive survey results of childhood thyroid ultrasound examinations in Fukushima in the first four years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Thyroid*. 2016;26:843–51.
103. Ohira T, Takahashi H, Yasumura S, Ohtsuru A, Midorikawa S, Suzuki S, et al. Associations between childhood thyroid cancer and external radiation dose after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Epidemiology*. 2018;29:e32–4 [https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2018/07000/Associations\\_Between\\_Childhood\\_Thyroid\\_Cancer\\_and.28.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2018/07000/Associations_Between_Childhood_Thyroid_Cancer_and.28.aspx). Accessed 25 June 2022.
104. Glymour MM, Swanson SA. Instrumental variables and quasi-experimental approaches. In: Lash TL, VanderWeele TJ, editors. *Modern epidemiology*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2021. p. 677–709.
105. Checkoway H, Pearce N, Kriebel D. Cohort studies. In: Checkoway H, Pearce N, Kriebel D, editors. *Research methods in occupational epidemiology*. New York: Oxford University Press; 2004. p. 123–78.
106. Katanoda K, Kamo K, Tsugane S. Quantification of the increase in thyroid cancer prevalence in Fukushima after the nuclear disaster

- in 2011—a potential overdiagnosis? *Jpn J Clin Oncol.* 2016;46:284–6 <https://academic.oup.com/jjco/article/46/3/284/2385026> Accessed 25 June 2022.
107. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (Full-scale fourth-round Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Fourth-Round Reported on 17 May 2021; <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/446728.pdf> (in Japanese). Accessed 17 Dec 2021.
  108. Okazaki R, Ohga K, Yoko-o M, Kohzaki M. A survey about the radiation effects and a health survey of Fukushima inhabitants after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *J UOEH.* 2017;39:277–90 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/juoeh/39/4/39\\_277/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/juoeh/39/4/39_277/_pdf/-char/en) (in Japanese). Accessed 25 June 2022.
  109. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations. (Thyroid test results status). Materials of Prefectural Oversight Committee Meetings. Reported on 15 October 2021; <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/475149.pdf> (in Japanese). Accessed 17 Dec 2021.
  110. Fukushima Prefecture. Thyroid ultrasound examinations (Full-scale fifth-round Thyroid Screening Program). Materials and Minutes of Prefectural Oversight Committee Meetings. Report of Fifth-Round Reported on 15 October 2021; <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/475144.pdf> (in Japanese). Accessed 25 Dec 2021.
  111. Fukushima Prefecture. Materials of the 17th meeting of the Thyroid Examination Evaluation Committee on 21 June 2021; <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/455608.pdf> (in Japanese). Accessed 17 Dec 2021.
  112. Yokoya S, Iwadate M, Shimura H, Suzuki S, Matsuzuka T, Suzuki S, et al. Investigation of thyroid cancer cases that were not detected in the Thyroid Ultrasound Examination program of the Fukushima Health Management Survey but diagnosed at Fukushima Medical University Hospital. *Fukushima J Med Sci.* 2019;65:122–7 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/fms/advpub/0/advpub\\_2019-26/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/fms/advpub/0/advpub_2019-26/_pdf/-char/ja) Accessed 25 June 2022.
  113. Rothman KJ, Lash TL. Epidemiologic study design with validity and efficiency considerations. In: Lash TL, VanderWeele TJ, editors. *Modern epidemiology*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2021. p. 105–40.
  114. Deputy Director for Public Health Science and Surveillance, Center for Surveillance, Epidemiology, and Laboratory Services, Division of Scientific Education and Professional Development. *Epidemiology Training & Resources*; <https://www.cdc.gov/eis/request-services/epiresources.html> Accessed 25 June 2022.
  115. National Center for Environmental Health. Toxicological Outbreak Investigation Course and Toolkit; <https://www.cdc.gov/nceh/hsb/learning/toi/default.htm>. Accessed 25 Jun 2022.
  116. Laden F, Vieira V, Kogevinas M. A letter from ISEE to Kitajima T (Ministry of the Environment of Japan), Kobayashi H (Department of Health and Welfare, Section for Fukushima Health Management Survey) and Marukawa T (Minister of the Environment, Ministry of the Environment of Japan). January 22, 2016. Herndon: Infinity Conference Group; 2016.
  117. World Health Organization. Risk characterization. Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation. Geneva: World Health Organization; 2013. p. 51–69. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241505130>. Accessed 17 Dec 2021.
  118. McGlade J. Preface. In: Gee D, editor. *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*. Luxembourg: European Environment Agency; 2013. p. 6–8. <https://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>. Accessed 27 July 2022.

### Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

#### Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more [biomedcentral.com/submissions](https://biomedcentral.com/submissions)

