

「自然放射線被ばく研究を活用した  
リスクコミュニケーション手法の確立に関する研究」

弘前大学大学院保健学研究科保健学専攻

提出者氏名:工藤 ひろみ

所 属:医療生命科学領域 放射線生命科学分野

指導教員:床次 眞司

## 目次

第一章 緒言.....	3
第二章 一般市民を対象とした自然放射線に対するリスク認知のアンケート調査	
方法.....	14
結果.....	18
考察.....	36
第三章 高自然放射線地域の中国広東省陽江市における内部被ばくの実態	
方法.....	46
結果.....	51
考察.....	54
第四章 結論.....	60
謝辞.....	65
文献.....	66

## 略語一覧

UNSCEAR: 原子力放射線の影響に関する国連科学委員会 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)

WHO: 世界保健機関 (World Health Organization)

ICRP: 国際放射線防護委員会 (The International Commission on Radiological Protection)

LNT: 閾値なし直線 (Linear Non Threshold)

EERC: 平衡等価ラドン濃度 (Equilibrium Equivalent Radon Concentration)

EETC: 平衡等価トロン濃度 (Equilibrium Equivalent Thoron Concentration)

WBC: ホールボディカウンタ (Whole Body Counter)

## 第一章 緒 言

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴い、東京電力(株)・福島第一原子力発電所(以降、福島原発)の事故が引き起こされた。翌 3 月 12 日に福島原発の第一号機が水素爆発を引き起こし、放射性ヨウ素や放射性セシウム 134、セシウム 137 など多くの放射性物質が環境中に放出された<sup>1)</sup>。被害が広がる過程で、避難指示は福島原発の 3 km 圏内から徐々に広がり最終的には 30 km 圏内まで拡大した<sup>2)</sup>。避難を強いられた住民は約 15.4 万人とされている<sup>3)</sup>。多くの住民は避難指示が出るまで事故の存在を認識しておらず、正確な情報を知らされていなかった<sup>2)</sup>。正確な情報を把握できない中で避難指示が変わる毎に移動を強いられるという状況は、心身ともに大きな負担となったことが想像される。

福島県浪江町は福島原発の北西に位置し、避難命令を出された市町村のうちの一つである。浪江町は、福島原発事故の翌日に原発から半径 20 km 圏内で町内にある津島地区を避難先と決定した。多くの住民がそこに向かって避難し、数日間過ごしていた<sup>2)</sup>。しかし、当時、津島地区の最も近くに位置していたモニタリングポストでは、3 月 15 日に放射性プルームが到達していたことを示した<sup>4)</sup>。また、同日の降雨により土壌中に放射性物質が沈着した<sup>5)</sup>。浪江町の約 50%の住民が、後に警戒区域・計画的避難区域に指定された場所に避難していたことが明らかとなっている<sup>2)</sup>。1986 年に起こった旧ソ連のチェルノブイリ発電所の事故では、放射性ヨウ素による内部被ばくにより、事故後 5 年ごろより小児の甲状腺がんの患者が多発した<sup>6)</sup>。放射性ヨウ素の物理学的半減期は約 8 日と短いため、初期の被ばく線量の評価が重要であることが知られている。そのため、福島県緊急被ばく医療マニュアルの中でも被ばく線量の記録をすることになっていたが、現実には大勢の避難者がいることで、記録ができず住民の初期被ばくの調査は十分に行われなかった<sup>2)</sup>。また、原子力災害現地対策本部は 2011 年 3 月 26 日から 30 日にかけていわき市、川俣町、飯館村の 1080 人の 0 歳から 15 歳の小児、児童のみを対象に甲状腺被ばく検査を実施し、スクリーニングレベルである  $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$  を越えるものがないとし調査を終了している<sup>7)</sup>。床次ら<sup>8)</sup>は、2011 年 4 月 11 日から 16 日にかけて成人を含む津島地区および南相馬市の

避難住民 62 人に対する甲状腺被ばく線量の調査を行った。その結果、小児と成人の甲状腺等価線量の最大値は、それぞれ 23 mSv 及び 33 mSv と評価され、チェルノブイリ原発事故による避難者の平均値である 490 mSv と比べて遥かに低い線量であることを実測によって確認している。しかし、この調査を受けることができた住民はごくわずかであった。このような背景から、被災している浪江町民は、安全を確保するため避難した先の線量が高いことに加え、自分自身や子ども、孫、家族の福島原発事故による被ばく線量が明らかになっていないこと、被ばくによる今後の健康影響について不安を抱いた。

また、この事故以降、新聞、テレビ、雑誌やインターネットなどのメディアを通じて、放射線に関する様々な情報が発信された<sup>9-12)</sup>。しかしながら、その中には不確かな情報も含まれ多くの風評被害をもたらした<sup>13-16)</sup>。一般公衆にとって、放射線に関する適切な情報を選択すること、放射線による健康影響を正確に理解することも難しい事が窺えた。福島原発事故が起こった後の科学者の一般公衆に対する説明も信頼喪失をいっそう強めるものだったと評価された<sup>17)</sup>。また、政府の福島原発の事故状況、避難の必要性の説明などについて情報提示が極めて不適切だったと言われている<sup>18)</sup>。さらに、メディアに登場する放射線専門家による低線量・低線量率被ばくに関する健康影響への見解の相違や、福島県の 18 歳以下における甲状腺がんの発生と原発事故との因果関係に関する論文の発表<sup>19)</sup>などが、一般公衆にとって放射線に対する不安や混乱を招くという問題も生じた。これらの不安や混乱を招いた要因には、福島原発の事故以前に多くの国民が、放射線や被ばくに対する正しい知識を持つ機会が少なかったこと、放射線の知識は難解であることが挙げられる。八島ら<sup>20)</sup>は、放射線の知識が一般公衆に浸透しない理由として、数値や単位が馴染みにくいこと、放射線の知識は複雑であること、自然放射線に馴染みがないことなどとしている。その不安や混乱を解消するために、多くの放射線専門家や様々な団体によって電話やインターネットによる相談が行われた<sup>21,22)</sup>。また、放射線に関する Q&A など一般公衆が放射線について理解できるような書籍なども出版された<sup>23,24)</sup>。福島原発事故を機に福島県内に関わらず、様々な地域で放射線に関する勉強会や

講演会などが行われ、放射線専門家は科学的な根拠に基づいた情報を一般公衆に伝えてきた。その結果、徐々にではあるが放射線に関する知識が普及された。しかし、専門家が教授する科学的根拠に基づく情報は、一般公衆にとって複雑であることや断片的な知識を得ることで、不安や混乱がより一層強まるという問題も生じた。日本学術振興会では「社会のための科学 (science for society) のコンセプトは、科学者が証明された知を社会に提供することで良いとするのではなく、社会の中で科学者ができるかぎりの科学的知識を提供しながら、市民と問題を共有し、そのコミュニケーションの中で解決を共に模索するというあり方を要求するものである」としている<sup>25)</sup>。つまり、福島原発事故後の放射線リスクコミュニケーションが一般公衆に受け入れられなかった要因の一つは、「社会のための科学」という観点が不足していたと考えられる。よって、一般公衆の立場や理解度を考慮し、放射線の専門家のみではなく、様々な専門家や立場からリスクコミュニケーションの在り方を考えていくべきであったと思われる。

また、一般公衆に不安や混乱が生じたもう一つの理由として、福島原発事故後の健康影響を把握する上で、科学的な根拠では説明できないことがある。それは、低線量率の慢性被ばくによる健康影響の実態である。1978年にアメリカの核物理学者であるアルビン・ワインバーグは「トランス・サイエンス」という概念を提唱している。トランス・サイエンスとは、「科学に問いかけることはできるが、科学では答えることのできない問題」(Questions which can be asked of science and yet which cannot be answered by science)である。ワインバーグは、低線量の放射線による健康影響を立証するには、非現実的なコストや時間がかかるため、科学が十分にその役割を果たせないこともあるとしている<sup>26)</sup>。

ここで、低線量の放射線による健康リスクを考える上で必要な知識である、放射線の生物学的影響について述べる。ICRPは生物学的影響を「確定的影響(組織反応)」と「確率的影響(がんや遺伝的影響)」の2種類に分類している<sup>27)</sup>。「確定的影響」にはしきい線量があり、線量の増加に伴って症状が悪化する(図1参照)<sup>28)</sup>。ICRPによれば「しきい線量」は、同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、全体の1%の人に影響が現れる線量としている。ある線量以上被ばくすることで

影響が表れるが、しきい値を越えない限り影響はない。確定的影響の症状としては、皮膚障害、脱毛、白内障などが挙げられる。「確率的影響」にはしきい線量がないと仮定されており、線量増加により発生確率が増加する(図1参照)<sup>28)</sup>。確率的影響の症状としては、がんや遺伝的影響がある。がんの発生に関しては100 mSv被ばくしたときに、1,000人に5人の割合で、一生の間がんに増える人とされている<sup>27)</sup>。しかし、100 mSv程度以下の低線量被ばくの影響を検出することは困難であるとされている。その理由は、線量が少なくなると過剰がんリスクが低下して、自然に発生するがん死亡率の統計的な変動の中に収まってしまうことがあり、低線量のリスク推定は直接測定することが難しいとされている<sup>29)</sup>。よって、現段階では低線量・低線量率被ばくのリスクは、原爆被爆者の線量が判明している人のデータから低線量のリスクを、低線量・低線量率被ばくの単位線量あたりのリスクに対する高線量・高線量率被ばくのリスク比として使用し(線量・線量率効果係数 DDREF: 2)モデルによる外挿で推定するしか方法がない<sup>29)</sup>。これが、しきい値のない直線(LNT: Linear Non Threshold)モデルである。ただし、原爆被爆者も生活習慣など様々な発がん要因にばく露されており、純粋な放射線被ばく単独による影響を推定することは難しい<sup>29)</sup>。LNTモデルでは、少しの被ばく線量でもリスクが存在すると仮定し、線量に応じた放射線防護対策が行われる。

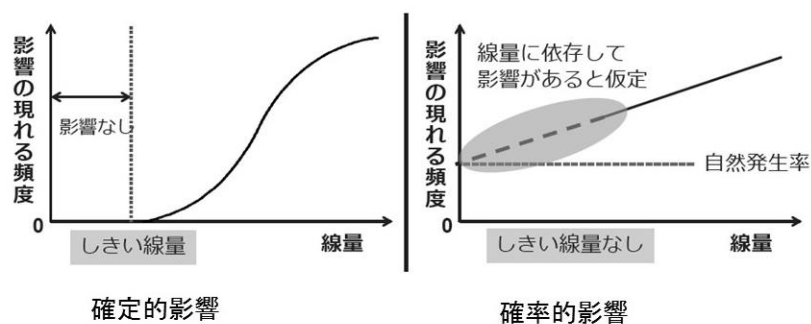


図1 確定的影響と確率的影響<sup>28)</sup>

低線量率の慢性被ばくによる健康影響の科学的な根拠については、自然放射線源による被ばくに着目する必要がある。UNSCEAR の報告書によれば、自然放射線による被ばくは世界平均で年間約 2.4 mSv であり、ラドンとトロンによる被ばく線量が 1.26 mSv と約半分の割合を占めている<sup>30)</sup>。他には、地殻ガンマ線が 0.48 mSv、宇宙線が 0.39 mSv、食物の経口摂取が 0.29 mSv である。一方、日本における自然放射線源による被ばく線量は年間約 2.1 mSv である<sup>31)</sup>。その内訳はラドンとトロンによる被ばく線量が 0.48 mSv、地殻ガンマ線が 0.33 mSv、宇宙線が 0.30 mSv、食物の経口摂取が約 0.99 mSv である(図 2 参照)。日本の平均値は世界の平均値に比べるとラドンとトロンの吸入による被ばく線量は低い一方で、食物の経口摂取による被ばくが 2 倍以上高くなっている。この背景には、日本人は魚介類を多く摂取する傾向にあり、魚介類に含まれるポロニウム 210 による内部被ばく線量が 0.64 mSv となるため、経口摂取による被ばく線量の寄与が高くなる<sup>32)</sup>。

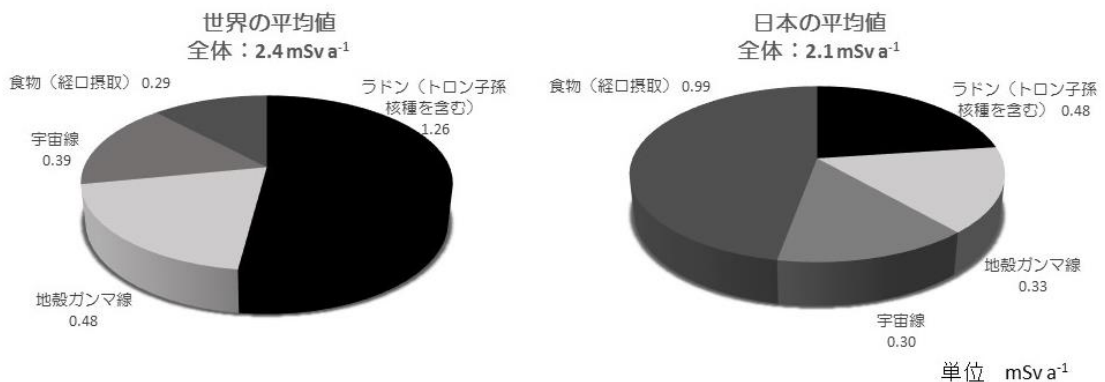


図 2 自然放射線源からの被ばくによる 1 年間あたりの実効線量

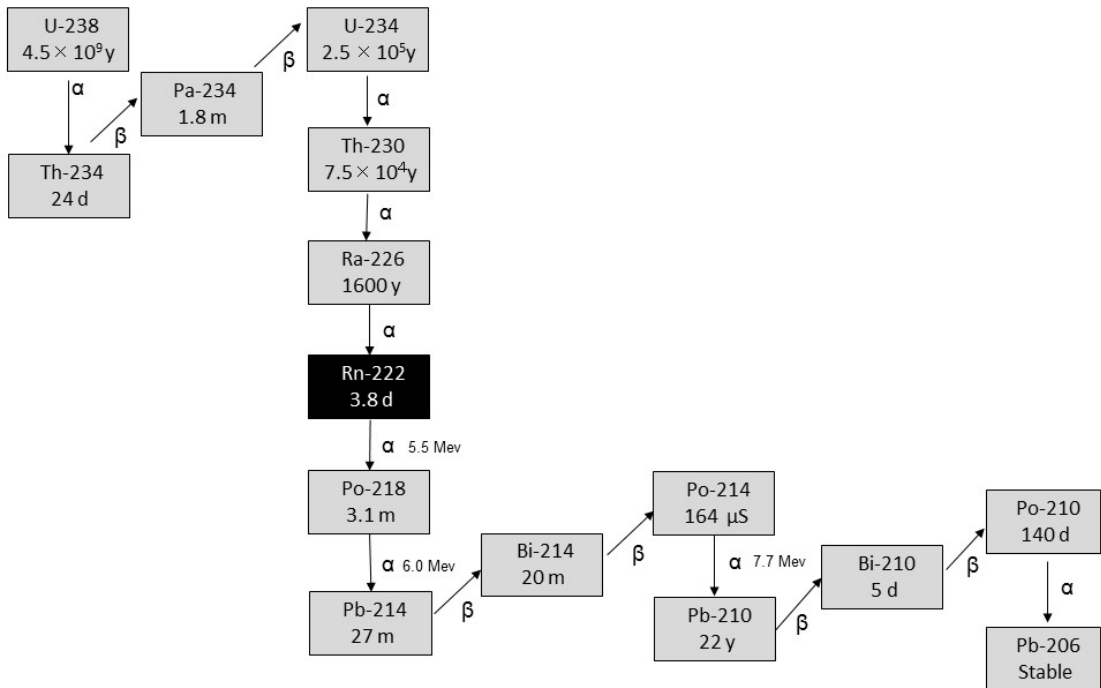
放射性物質であるウランやラジウムは岩石や土壌に含まれ、自然界に広く存在している。そこから発生する気体状のラドン (<sup>222</sup>Rn) は半減期が 3.8 日であり、その同位体のトロン (<sup>220</sup>Rn) は 55.8 秒である。そのため、岩石や土壌から発散して空気中に常に存在する。また、建材や水にもラドンガスやトロンガスは含ま



れる。そこから発生したガスは、壁や床、ひび割れなどの間隙を通して屋内に侵入するため、密閉された空間でその濃度が高くなるとされている<sup>33-36)</sup>。

以上のことから、ラドンとトロン及びそれらの子孫核種は自然放射線由来の被ばく線量の主な要因であると考えられている。ラドンは、ウラン( $^{238}\text{U}$ )壊変系列の放射性核種の一つであり、ラジウム( $^{226}\text{Ra}$ )の $\alpha$ 壊変により生じる。また、ウランの他の子孫核種の中には同位元素のトロンがある。トロンはトリウム( $^{232}\text{Th}$ )壊変系列の一つであり、ラジウム( $^{224}\text{Ra}$ )の $\alpha$ 壊変により生じる(図3参照)。ラドンとトロンはラジウムを親核種として生成される希ガスである。ラドン及びトロンは壊変すると固体の粒子に変わるが、半減期が短く安定しないため、さらに次々と壊変が進んでいく。この過程で $\alpha$ 線を放出しながら壊変していく核種が重要となる。なぜなら、高密度に電離作用を引き起こすため、肺の生体組織にDNA損傷を引き起こす可能性があるためである。つまり、大気中に存在している放射性の希ガスであるラドン及びトロンから壊変して生成された子孫核種が呼吸により体内に取り込まれると、その子孫核種は固体粒子であるため、呼吸気道内に沈着し肺組織に対して $\alpha$ 線を放出し、内部被ばくを引き起こすのである。このような経過で肺がんを引き起こすとされており、ラドン及びトロンによる内部被ばくの健康影響が懸念されている。

### ウラン壊変系列



### トリウム壊変系列

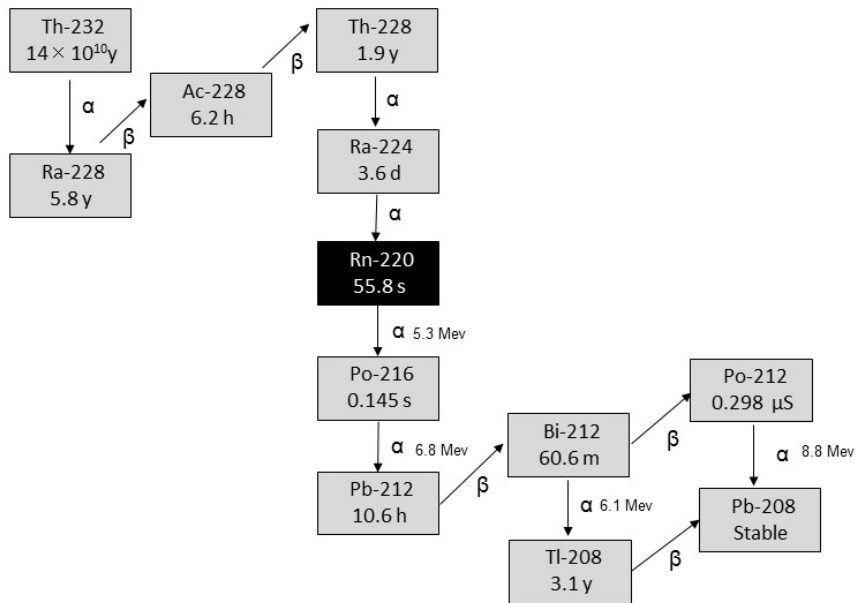


図3 ウラン壊変系列及びトリウム壊変系列

つまり、事故以前にも一般公衆は無意識に低線量率の長期間にわたる内部被ばくを受けていることになる。日本ではラドンは温泉等でよく耳にし、健康に良いと認識されている。一方、ヨーロッパ、北米アメリカ、アジアにおける屋内ラドンと肺がんに関する最近の研究では、一般公衆の肺がんの原因となっているという強い根拠がある<sup>37-39)</sup>。一般公衆のラドンに起因する肺がんの割合は平均して3-14%であり、ラドン濃度 100 Bq m<sup>-3</sup>あたり肺がんが16%増える傾向であるということを示している<sup>37)</sup>。今では、ラドンは喫煙に次ぐ2番目の肺がんの要因として認識されている。2009年にWHOは屋内ラドンに対するガイドラインを発表し、屋内のラドン濃度の低減をすることを推奨している<sup>36)</sup>。

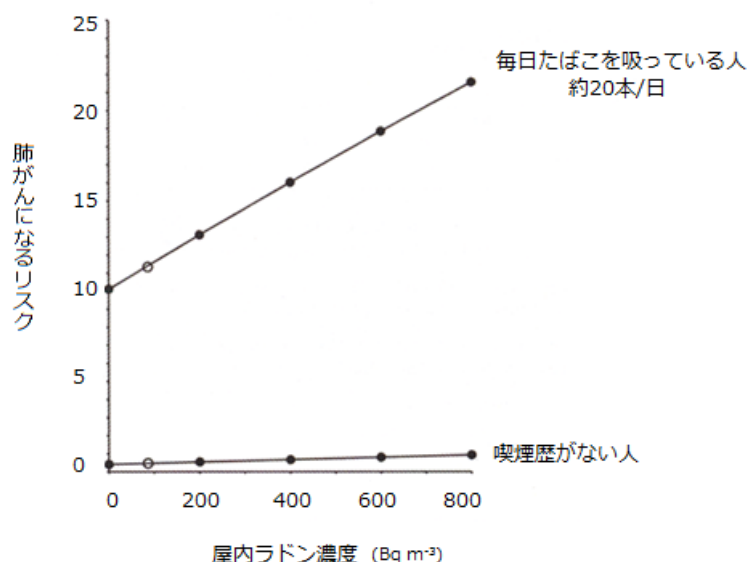


図4 肺がんの相対リスクに対する長期平均屋内ラドン濃度<sup>37)</sup>

ところで、福島県民健康調査では、事故後4ヶ月間における外部被ばく実効線量の推計を実施している。平成28年9月末現在で調査を行っている対象者のうち、最高値は25 mSvであり、62.1%が1 mSv未満、93.8%が2 mSv未満、99.8%が5 mSv未満であるとしている<sup>40)</sup>。つまり、検査を受けた大多数の一般公衆の被ばく線量は、極低線量である。ここで、線量と健康影響の関連について、これまでに解明していることを整理する。広島・長崎の原爆被爆者に対する調査によると、1回きりの急性の高線量被ばくがもたらす人体への影響では1 Svの

被ばくで5%のがんのリスクが高まるとされている。LNTモデルに基づくと、100 mSv以上で被ばく線量が高くなれば、がんのリスクが0.5%高まるという関係が見出されている。しかし、100 mSv以下の低線量域の放射線による人体への影響については統計的に有意な結論は導かれていない。

世界にはいくつかの高自然放射線地域が存在しており、そこに住む人々は何世代にも渡って慢性的に低線量率の放射線被ばくを受けている。高自然放射線地域での外部被ばくの線量と健康リスクの関係については明らかになりつつある<sup>41)</sup>。例えば、長期にわたる低線量放射線被ばくによる人体への影響に関する数少ない研究であるインド・ケララ州での疫学調査結果では、生涯に受ける線量が100 mSvを超えてもがんのリスクは高くないという結果が示された<sup>42)</sup>。この結果からも、低線量率放射線による慢性被ばくと高線量率放射線による急性被ばくでは、被ばく線量が同じであっても健康影響の現れ方は違うと考えられている。図5は環境省の統一的資料から抜粋したものである<sup>28)</sup>。原爆被爆者のデータとケララ（インド）の高自然放射線地域住民のリスクを比較すると、ケララでは積算線量が数百ミリシーベルトになってもがんの相対リスクの増加はみられない。また、慢性被ばくの場合、急性被ばくよりもリスクが小さくなることを示唆されている。

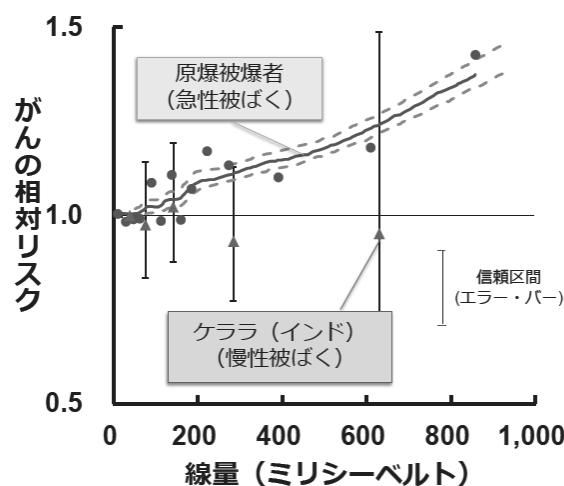


図5 生涯線量と発がんリスクの関係<sup>28)</sup>

一方で、吸入による内部被ばくの実態は不十分なままである。特に、高自然放射線地域の住民を対象としたラドン及びトロンから受ける被ばく線量に関しては、わずかな情報しか存在しない。よって、内部被ばくの観点から正確な線量評価を行うべきである。

福島原発事故から 5 年が経過し、一般公衆の放射線に対する健康影響への不安や混乱は落ち着いているように見える。しかし、被災した地域の住民の混乱や関心は未だ続いていると考えられる。浪江町は、福島原発の事故以降、町内全域が避難指示区域となっており、誰も住むことができない状況にある。現在もなお 21,000 人の町民が避難生活をしている<sup>43)</sup>。このような社会的背景により、住民は放射線被ばくによる健康リスクについての不安を抱えている。住民が町へ帰還した後も日常生活の中で放射線による被ばくの健康リスクを認識しなければならない。よって、今後も多くの浪江町民は、放射線のリスクと向き合う必要がある。

現実には、福島原発事故由来の放射線被ばくだけではなく、事故以前より自然放射線による被ばくを受けており、その実態は十分に理解されていなかった。自然放射線による内部被ばくの線量寄与が高いラドンは、呼吸によって無意識に被ばくをし、その被ばく線量によっては肺がんのリスクが有意に上昇することが報告された。Darby らによれば、 $100 \text{ Bq m}^{-3}$  (約 3 mSv) あたり 16%の肺がんが増加するとされている<sup>37)</sup>。LNT モデルに基づくと単純に  $10 \text{ Bq m}^{-3}$  (約 0.3 mSv) では 1.6%肺がんが増加することになる。一方、急性被ばくでは 100 mSv で 0.5%肺がんが増加する。つまり、ラドンの慢性被ばくによる影響の方が 100 mSv の急性被ばくと比べてリスクが大きくなる。しかしながら、日本の一般公衆は、呼吸によって無意識にラドンを体内に取り込むことで被ばくをしているという事実を十分に認識していない。そこで、一般公衆にとって、低線量・低線量率被ばくによる健康影響のリスクを説明するツールの一つとして自然放射線に関する情報が有効ではないかと考えた。

本研究では、調査 1 において一般市民を対象としてアンケート調査を通じて放射線に対するリスク認知の傾向を把握した。調査 2 では、高自然放射線地域

として代表的な中国広東省陽江市を対象とした、住民の内部被ばく (特にラドンとトロンの吸入による被ばく) の線量を評価して彼らの被ばくの実態を明らかにした。

## 第二章：

### 一般市民を対象とした自然放射線に対するリスク認知のアンケート調査

#### 方 法

##### 1. 浪江町の概要：

浪江町の総面積は 223.10 km<sup>2</sup> であり、町の東部は太平洋、西部は阿武隈山系に面しており、請戸川と高瀬川という 2 つの大きな川が流れている。福島原発事故以前の町民は 21,400 名であったが、2016 年 7 月現在では 20,851 名であり、すべての町民が町から避難している。そのうち福島県内の避難者は 14,473 名 (30%)、県外では 6,378 名 (70%) である<sup>43)</sup>。福島原発と浪江町は近いところで 4 km である。福島原発の事故以降、町全体が避難区域に指定されている。避難指示命令は現在も継続中である。現在、浪江町は空間線量率が低い順に避難指示解除準備区域 (Area 1)、居住制限区域 (Area 2) 及び帰還困難区域 (Area 3) としている(図 6)<sup>44)</sup>。さらに、2017 年 3 月には避難指示の解除を計画している<sup>43)</sup>。

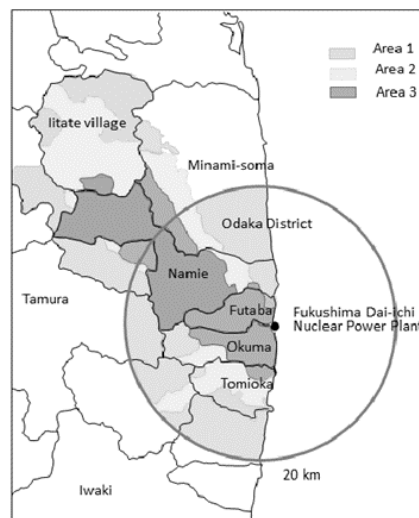


図 6 浪江町の避難区域の概要<sup>44)</sup>

Area 1: 避難指示解除準備区域

Area 2: 居住制限区域

Area 3: 帰還困難区域

## 2. 質問紙の概要：

調査は無記名の自記式質問紙を用いて行った。質問紙の内容は属性として、年齢、性別、職業、放射線に関する講演会の受講経験の有無とその回数について尋ねた。また、放射線に関する基礎知識を問う内容として、下記に示す 6 つの質問を行った。なお、これらの質問項目は次に示す現状を考慮して決定した。今まで放射線の専門家が福島原発の事故後、一般公衆に対して放射線の影響を説明する際、自然放射線を引き合いに出して説明することが多かった。しかし、一般公衆が自然放射線に対してどのように認識しているのかを把握する調査報告は見当たらなかった。事故以前に一般公衆は自然放射線に関して学ぶ機会も少なく、その認識の程度を把握しているものがないのが現状である。さらに先行研究や放射線に関する Q&A の書籍及びインターネットで一般公衆が抱く放射線に対する不安として多く取り上げられていたためそれらを参考とした<sup>20-24</sup>。

- Q1) 日本人は1年間の平均で自然界からの放射線に1 mSv以上被ばくしていると思うか?
- Q2) 人工の放射線と自然界にある放射線では体に与える影響の大きさは違うと思うか?
- Q3) 内部被ばくと外部被ばくでは同じ線量でも体に与える影響の大きさは違うと思うか?
- Q4) 放射線による健康影響とは具体的にどのような症状であると思うか?
- Q5) 放射線の被ばくにより健康に影響が出るのはどれくらいだと思うか?
- Q6) 日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?

これらの回答は、Q1、2、3、6に関しては「はい」もしくは「いいえ」の二者択一とし、Q4に関しては自由記述で回答させた。Q5に関してはカッコ内に具体的な数値を記入させた。また、Q6に関して「はい」と回答した人にはその内容を自由記述で回答させた。回答は放射線の基礎知識の講演前に実施し、講演終了後にその場でアンケート用紙を回収した。



### 3. 統計解析:

統計解析ソフトである IBM SPSS Statistics 21for Windows を使用し、基礎集計を行った。また、Q1、Q2、Q3、Q6 に関しては属性ごと (性別、年齢、所属、受講経験、受講回数) の回答割合の比較のために  $\chi^2$  検定を行った。なお有意水準は 5%未満とした。Q4、Q6 の自由記述に関してはカテゴリー化を行い、キーワードを数えた。Q5 に関しては単純集計を行った。

### 4. 倫理的配慮:

対象者には、アンケート調査の実施前に口頭にて調査の目的、方法、回答の任意性、プライバシーの保護、匿名性について説明した。また、回答は無記名とし、アンケート用紙の回収をもって研究参加への同意を得たものとした。

なお、本研究は弘前大学大学院医学研究科倫理委員会の承認を得た (承認番号: 2012-12)。

### 5. 調査対象者:

本研究の対象者は、福島県浪江町の町民及び町役場の職員 (以下、職員) と青森県民であり、放射線の基礎知識の講演会に参加した者である。浪江町民は平成 26 年 2 月 8 日に実施した福島中央浪江自治会員と平成 26 年 2 月 23 日に実施した元気つく場会 (いい仲間つく浪会) の会員を対象とした放射線に関する知識の講演会の参加者であった。職員は、平成 26 年 1 月 22 日から 24 日に実施した全職員を対象とした放射線の基礎知識に関する研修会の参加者である。青森県民は、弘前市、青森市及び八戸市の 3 市の住民で、青森県の健康福祉部医療薬務課主催の放射線に関する講演会の参加者 (一般市民) を対象とした。これらの講演会は平成 26 年 1 月 30 日に弘前市、2 月 19 日に青森市、3 月 9 日に八戸市で開催された。

分析に当たり、浪江町民と比較対象として青森県民の回答傾向の比較を行った。以降調査 1-1 と表記する。この理由として、福島原発事故の被災者である対象と被災してない対象では、放射線の基礎知識やリスク認知について回答の

傾向が異なることが予測され、両群の傾向を明らかにするためである。比較対象として青森県民を選定した理由は、青森県には、東通原子力発電所、六ヶ所村の使用済み核燃料サイクル工場などの原子力関連施設が存在する。このような環境下において、弘前大学では 2007 年より被ばく医療人材育成プロジェクトが始まった。このプロジェクトの目的は、緊急被ばく事故への対応策の一つとしてバックアップ体制を確立し、高度医療専門職の教育や現職者に対するシミュレーション訓練を通して、緊急被ばく医療の基盤体制の整備を図ることであった<sup>45)</sup>。このプロジェクトの取り組みとして、学部学生や大学院生及び一般市民を対象とした市民公開講座など様々な形で放射線教育の普及を行ってきている背景がある。よって、青森県民の放射線や被ばくに関する知識の普及は福島県民と同様に比較的浸透しているものと思われ、この 2 つの地域の一般市民を対象とし、質問紙調査を行った。これを調査 1-1 と表記する。次に浪江町民と浪江町役場の職員を対象とした分析を行った。これを以降調査 1-2 と表記する。

## 結 果

### 調査 1-1：浪江町の避難住民と青森県民を対象とした調査

#### 1. 対象者の属性：

調査 1-1 における対象者の属性を表 1 に示す。アンケートの分析対象者の人数は 242 名であった。そのうち浪江町民が 125 名 (51.7%) であり、その内訳は福島中央浪江自治会員の講演会の参加者で回答が得られた 95 名、元気つく場会 (いい仲間つく浪会) の講演会の参加者で回答が得られた 30 名であった。青森県民は 117 名 (48.3%) であり、その内訳は弘前市 31 名、青森市 50 名、八戸市 36 名であった。浪江町民の平均年齢は  $69.3 \pm 11.6$  歳であり、男性が 49 名 (39.2%)、女性が 76 名 (60.8%) であった。一方、青森県民の平均年齢は  $42.9 \pm 15.2$  歳であり、男性が 82 名 (70.1%)、女性が 33 名 (28.2%) であった。また、浪江町民の職業は多い順に「その他 (無職を含む)」が 51 名 (40.8%)、「専業主婦」が 47 名 (37.6%)、「技術職」が 10 名 (8.0%) であった。青森県民では、「事務職」が 62 名 (53.0%)、「技術職」が 23 名 (19.7%)、「その他(無職を含む)」が 21 名 (17.9%) であった。浪江町民の方が青森県民に比べて高齢者の割合及び女性の割合が大きく、職業を持たない者が大多数を占めた。

対象者全体では、放射線に関する基礎知識に関して、これまでの受講経験が「あり」と回答した人数が 71 名 (29.3%)、「なし」と回答した人数は 165 名 (68.2%) であった。また、「あり」と回答した人数の平均受講回数  $\pm$  標準偏差は  $2.3 \pm 2.1$  回であった。「あり」と回答した人数及び受講回数  $\pm$  標準偏差は、浪江町民では 41 名 (32.8%)、 $2.2 \pm 1.4$  回、青森県民では 30 名 (25.6%)、 $2.4 \pm 2.7$  回であり、両群において受講経験者数の割合、受講回数に有意差はみられなかった。総じて本研究における対象者は、受講経験が少ない傾向にあった。

表 1 対象者の属性

対象者の地域		浪江町民	青森県民
対象者数		125 (51.7%)	117 (48.3%)
年齢		69.3 ± 11.6	42.9 ± 15.2
性別	男性	49 (39.2%)	82 (70.1%)
	女性	76 (60.8%)	33 (28.2%)
講演会の受講経験	あり	41 (32.8%)	30 (25.6%)
	なし	78 (62.4%)	87 (74.4%)

## 2. 対象者全体の放射線に関する基礎知識：

Q1 日本人は1年間の平均で自然界からの放射線に1 mSv以上被ばくしていると思うか? について対象者全体で「はい」と回答した人数は155名(64.0%)であり、「いいえ」と回答した人数は68名(28.1%)であった。続いて浪江町民及び青森県民の回答結果を表2に示す。浪江町民と青森県民を比較したところ「はい」と回答した人数は、浪江町民では78名(62.4%)、青森県民では77名(65.8%)であり、両群の正答者数に有意差は認められなかった。対象者の半数以上の人々が自然放射線について正しく認識していたことが分かった。

次に、Q2 人工の放射線と自然界にある放射線では体に与える影響の大きさは違うと思うか? について、対象者全体で「はい」と回答した人数は122名(50.4%)であり、「いいえ」と回答した人数は104名(43.0%)であった。浪江町民では「はい」と回答した人数は76名(60.8%)、青森県民では46名(39.3%)であった。浪江町民の中で「はい」と回答した割合が「いいえ」と回答した人数と比べて有意に多かった。浪江町民は、人工の放射性物質に対しては負のイメージを抱き、天然の放射線と人工の放射性物質では体に与える影響が異なるというイメージを強く抱いているものと思われる。

Q3 内部被ばくと外部被ばくでは同じ線量でも体に与える影響の大きさは違うと思うか? について、対象者全体で「はい」と回答した人数は190名(78.5%)であり、「いいえ」と回答した人数は39名(16.1%)であった。浪江町民では「はい」と回答した人数は95名(76.0%)、青森県民では95名(81.2%)であった。両群に

において「はい」と回答した人の割合に有意差はみられなかった。回答者の大多数が外部被ばくと内部被ばくでは同じ線量の場合、体に与える影響は異なるものと認識していた。

Q4 放射線による健康影響とは具体的にどのような症状であると思うか? について、自由記述の回答件数は対象者全体で 278 件あった。対象者全体に着目すると「がん・発がん」の回答が最も多く、85 件 (30.6%) であった。それに次いで、「甲状腺がん・甲状腺への影響」が 34 件 (12.2%)、「白血病」が 28 件 (10.1%)、「白内障」が 10 件 (3.6%) の順に多かった。また、「遺伝」、「嘔吐・吐き気」、「心理的ストレス」、「子どもたちへの影響」、「脱毛」及び「不妊症」といった回答もあった。浪江町民の自由記述の回答件数は 102 件であった。多かった回答は順に「がん・発がん」が 41 件 (40.2%)、「甲状腺がん・甲状腺の異常」が 20 件 (19.6%)、「白血病」が 9 件 (8.8%) 及び「白内障」が 5 件 (4.9%) であった。一方、青森県民の自由記述の回答件数は 176 件であった。多かった回答は順に「がん・発がん」が 51 件 (29.0%)、「白血病」が 19 件 (10.8%)、「甲状腺・甲状腺癌」が 14 件 (8.0%) であった。両群ともに健康影響として「がん・発がん」が最も多かった。

Q5 放射線の被ばくにより健康に影響が出るのはどれくらいだと思うか? について、対象者全体で多かった回答は順に、1 mSv が 35 名 (14.5%)、100 mSv が 33 名 (13.6%)、20 mSv が 17 名 (7.0%) であった。なお、「よく分からない」、「?」または「現時点では不明」と回答した人数は 23 名 (9.5%) であり、未記入の人数は 56 名 (23.1%) であった。浪江町民で多かった回答は順に、1 mSv が 27 名 (21.6%)、20 mSv が 15 名 (12.0%)、無回答が 42 名 (33.6%) であった。一方、青森県民では 100 mSv が 29 名 (24.8%)、10 mSv が 11 名 (9.4%)、1000 mSv が 9 名 (7.7%) であった。無回答は 14 名 (12.0%) であった。具体的な数値を記入した回答者の中では、浪江町民の方が青森県民よりも低い線量を回答していた。また回答欄には数値を記載せずに無回答としている人も多くいたため、具体的には分からないと認識している人が多いと思われる。また、自然放射線による被ばくの知識の有無が個人の判断する放射線の閾値のようなものに影響を及ぼすのではないかと考え、Q1 と Q5 の回答の関連を分析した。Q1 に対して「はい」と回答した 155 名

のうち、Q5に対して100 mSvと回答した人数が23名(14.8%)と最も多かった。続いて多かったのは1 mSvで、その人数は18名(11.6%)であった。一方、Q1に対して「いいえ」と回答した68名のうち、Q5に対して1 mSvと回答した人数が14名(20.6%)と最も多かった。

Q6日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか? について対象者全体で「はい」と回答した人数が117名(48.3%)であり、「いいえ」と回答した人数が98名(40.5%)であった。「はい」と回答した人数は、浪江町民では77名(61.6%)、青森県民では40名(34.2%)であり、浪江町民の方が青森県民と比べて不安や疑問を持っている割合が有意に高かった。

表 2 浪江町民と青森県民の各質問項目に対する回答割合の比較

質問項目	回答	浪江町住民	青森県民	p 値
Q1:日本人は 1 年間の平均で自然界からの放射線に 1 mSv 以上被ばくしていると思うか?	<u>はい</u> いいえ	78 (62.4%)	77 (68.5%)	1.000
Q2:人工の放射線と自然界にある放射線では体に与える影響の大きさは違うと思うか?	<u>はい</u> いいえ	76 (60.8%)	46 (39.3%)	p = 0.0001
Q3:内部被ばくと外部被ばくでは同じ線量でも体に与える影響の大きさは違うと思うか?	<u>はい</u> いいえ	95 (76.0%)	95 (81.2%)	1.000
Q4:放射線による健康影響とは具体的にどのような症状であると思うか?	自由記述	がん/発がん 41(40.2%) 甲状腺/甲状腺がん 20 (19.6%) 白血病 9 (8.8%)	がん/発がん 51 (29.0%) 白血病 19 (10.8%) 甲状腺/甲状腺がん 14 (8.0%)	N.A
Q5:放射線の被ばくにより健康に影響が出るのはどれくらいだと思うか?	( ) mSv	1 mSv 27 (21.6%) 20 mSv 15 (12.0%) 無回答 42 (33.6%)	100 mSv 29 (24.8%) 10 mSv 11 (9.4%) 無回答 14 (12.0%)	N.A
Q6:日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?	<u>はい</u> いいえ	77 (61.6%)	40 (34.2%)	p < 0.001

N.A = Not available

\*人数 (%)

本調査では各質問項目において属性による比較も行った。その結果、受講経験が「あり」と回答した人のうち、Q2 において「はい」と回答した人数は 27 名 (40.3%)、「いいえ」と回答した人数は 40 名 (59.7%) であり、受講経験がある人は人工と自然界からの放射線の影響に差はないと考えている人が有意に多かった。これは受講経験が正しい知識の普及につながっているとも考えられるが、

その他の質問項目については特に有意差はなかったため、今後慎重に検討していく必要がある。なお、性別、年齢層及び職種による回答への影響についてはデータ数に偏りが見られたため本研究では検討をしなかった。

本調査の対象となった浪江町民と青森県民では自然界からの放射線に年間1 mSv以上被ばくしていると認識している人が多いことが分かった。しかしながら、1 mSvの線量で健康影響が出ると認識している一般市民もおり、特に、浪江町民ではその傾向が顕著であった。また、浪江町民は人工の放射線と自然の放射線の健康影響に違いがあると認識していた。さらに、事故後の不安や心配事なども青森県民と比べて浪江町民の方が多かった。浪江町も青森県も原子力発電所関連の施設が存在するという状況は同様であるが、事故後に生活環境の変容等を余儀なくされている浪江町民にとって放射線に対する認識に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。



## 調査 1-2：福島県浪江町の住民と浪江町役場の職員を対象とした調査:

調査 1-1 の結果から、福島原発事故の被災者である浪江町民の放射線に対するリスク認知の傾向が明らかとなったが、性別、年齢層及び職種による回答への影響については、データ数に偏りが見られたため分析に至らなかった。そこで、調査 1-2 では浪江町民の中でも属性による回答傾向を詳細に分析し、リスク認知の傾向を明らかにすることを目的とした。対象者は調査 1-1 の対象である浪江町民に加え、浪江町役場の職員も対象とした。

### 1. 対象者の属性：

本研究における対象者の属性を表 3 に示す。アンケートの分析対象者の人数は 280 名であった。そのうち男性が 138 名 (49.3%)、女性は 142 名 (50.7%) であり、対象者の性別割合に有意差はなかった。対象者全体の平均年齢 ± 標準偏差は  $55.2 \pm 17.4$  歳 (最小: 19 歳、最高: 90 歳) であった。男性の平均年齢は  $53.4 \pm 18.0$  歳、女性は  $56.7 \pm 16.6$  歳であり、性別における年齢の有意差はなかった。ここで、対象者の年齢層を 19-49 歳、50-64 歳、65-90 歳の 3 段階に区分した。この区分にした理由は、国政調査による年齢 3 区分 (15 歳未満、15-64 歳、65 歳以上)<sup>46)</sup>に基づく。さらに、15 歳から 64 歳の年齢層のうち、回答傾向に関して女性では特に妊娠や出産、育児に関連した影響があると考え、厚生労働省の定義する合計特殊出生率 (15 歳から 49 歳までの女性の年齢別出生率を合計したもの) を算出する際に妊娠可能とする年齢<sup>47)</sup>を参照とし、本研究の対象者の年齢区分の参考とした。年齢層の内訳は 19-49 歳が 99 名 (35.4%)、50-64 歳が 87 名 (31.1%)、65-90 歳は 89 名 (31.8%) であった。対象者の職業は、155 人は浪江町の役場に勤務する職員であり、主な内訳は事務職が 111 名 (71.6%)、臨時職員が 28 名 (18.1%) であった。一方、浪江町民の 125 人のうち、48 名 (38.4%) が専業主婦であった。また、その他は 51 名 (40.8%) であり、その他の内訳として多かったのは、無職 13 名 (25.4%) などであった (表 4)。

対象者全体では、これまでの放射線に関する基礎知識の受講経験は「あり」と回答した人数が 108 名 (38.6%) であり、「なし」と回答した 164 名 (58.6%) に比

べて有意に少なかった ( $p = 0.001$ 、表 3)。また、「あり」とした人の受講回数を尋ねたところ 1 回とした人は 44 名 (44.4%)、2 回とした人は 28 名 (28.3%)、3 回以上では 27 名 (27.3%) であった。ただし、1 名は元電力関係社員としており、150 回程度と回答していたが、それ以外は 3–12 回と回答した。性別、年齢、職員か町民による受講経験の有無では有意差はなかった。

表 3 対象者の属性

性別 $n = 280$	男性 138 (49.3%)	女性 142 (50.7%)	$\chi^2 = 0.57$ ( $p = 0.811$ )
年齢 対象者全体の 平均年齢： $55.2 \pm 17.4$ $n = 275$	男性 $53.4 \pm 18.0$ $n = 138$	女性 $56.7 \pm 16.6$ $n = 137$	$t = -1.706$ ( $p = 0.089$ )
所属 $n = 280$	職員 155 (55.4%)	町民 125 (44.6%)	
受講経験 $n = 272$	はい 108 (38.6%)	いいえ 164 (58.6%)	$\chi^2 = 11.53$ ( $p = 0.001$ )
受講回数 $n = 99$	1 回 44 (44.4%)	2 回 28 (28.3%)	3 回以上 > 27 (27.3%)

※ 3–12 回  ただし 1 名 150 回 (元電力関係社員)

表 4 対象者の職種・職業

職員 $n = 155$	町民 $n = 125$
事務職 111 (71.6%)	主婦 48 (38.4%)
臨時職員 28 (18.1%)	技術職 10 (8.0%)
医療職 8 (5.2%)	事務職 7 (5.6%)
技術職 3 (1.9%)	教育職 1 (0.8%)
教育職 1 (0.6%)	その他 51 (40.8%)
その他 1 (0.6%)	無回答 8 (6.4%)
無回答 3 (1.9%)	

## 2. 対象者全体の放射線に関する基礎知識

表5に放射線の基礎知識に関する結果を示した。Q1に関して対象者全体で「はい」と回答した人数は163名(58.2%)であり、約6割の方が正しい回答を選択していた。性別、年齢、受講経験の有無、受講回数の相違においても回答割合に有意差はみられなかった。また、職員と町民では職員の方が「いいえ」と回答している割合が有意に多かった( $p = 0.033$ )。Q6の不安や疑問の有無とQ1での回答割合について関連をみたが、有意差はみられなかった。

表5 質問1の回答と属性の関連

Q1: 日本人は1年間の平均で自然界からの放射線に1 mSv以上被ばくしていると思うか?					
属性	項目	はい	いいえ	$\chi^2$ 値	$p$ 値
性別	男性	81 (30.5%)	51 (19.2%)	0.001	0.977
	女性	82 (30.8%)	52 (19.5%)		
	合計	163 (61.3%)	103 (38.7%)		
$n = 266$					
年齢	19-49歳	56 (21.5%)	42 (16.1%)	3.527	0.171
	50-64歳	51 (19.5%)	34 (13.0%)		
	65歳以上	55 (21.2%)	23 (8.8%)		
$n = 261$	合計	162 (62.1%)	99 (37.9%)		
受講経験	あり	70 (26.8%)	35 (13.4%)	2.131	0.144
	なし	90 (34.5%)	66 (25.3%)		
	合計	160 (61.3%)	101 (38.7%)		
$n = 261$					
受講回数	1回	26 (27.1%)	17 (17.7%)	1.875	0.392
	2回	19 (19.8%)	7 (7.3%)		
	3回以上	20 (20.8%)	7 (7.3%)		
$n = 95$	合計	65 (67.7%)	31 (32.3%)		
所属	職員	86 (32.3%)	68 (25.6%)	4.455	0.033
	町民	77 (28.9%)	35 (13.2%)		
	合計	163 (61.2%)	103 (38.8%)		
$n = 266$					
Q6: 日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?					
	はい	78 (33.5%)	59 (25.3%)	1.024	0.312
	いいえ	61 (26.2%)	35 (15.0%)		
	合計	139 (59.7%)	94 (40.3%)		
$n = 233$					

Q2に関して、対象者全体では152名(54.3%)が「はい」と回答していた。性別では女性の方が男性に比べて「はい」と回答した人の割合が有意に多かった( $p = 0.007$ )。また年齢層別でみると19-49歳の方で「はい」と回答した人は他の年齢層に比べて有意に少なかった( $p = 0.005$ )。受講経験の有無では有意差はみられなかったが、受講回数3回以上の人では「はい」と回答している人の割合が「いいえ」と回答している人に比べて有意に多かった( $p = 0.048$ )。また、町民の方が「はい」と回答した人の割合が「いいえ」と回答した人の比べて有意に多かった( $p = 0.001$ )。さらに、Q6の放射線に対する不安や疑問があるという問いに対して「はい」と回答した人で、Q2においても「はい」と回答している人は、「いいえ」と回答している人に比べて有意に多かった( $p = 0.002$ )。

表 6 質問 2 の回答と属性の関連

Q2: 人工の放射線と自然界にある放射線では体に与える影響の大きさは違うと思うか?					
属性	項目	はい	いいえ	$\chi^2$ 値	p 値
性別	男性	65 (24.3%)	69 (25.7%)	7.357	0.007
	女性	87 (32.5%)	47 (17.5%)		
<i>n</i> = 268	合計	152 (56.7%)	116 (43.3%)		
年齢	19-49 歳	44 (16.7%)	55 (20.9%)	10.766	0.005
	50-64 歳	54 (20.5%)	33 (12.5%)		
	65 歳以上	52 (19.8%)	25 (9.5%)		
<i>n</i> = 263	合計	150 (57.0%)	113 (43.0%)		
受講経験	あり	54 (20.7%)	50 (19.2%)	1.360	0.244
	なし	93 (35.6%)	64 (24.5%)		
<i>n</i> = 261	合計	147 (56.3%)	114 (43.7%)		
受講回数	1 回	19 (19.8%)	23 (24.0%)	6.053	0.048
	2 回	13 (13.5%)	14 (14.6%)		
	3 回以上	20 (20.8%)	7 (7.3%)		
<i>n</i> = 95	合計	52 (54.2%)	44 (45.8%)		
所属	職員	75 (28.0%)	80 (29.9%)	10.389	0.001
	町民	77 (28.7%)	36 (13.4%)		
<i>n</i> = 268	合計	152 (56.7%)	116 (43.3%)		
Q6: 日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?					
	はい	89 (37.7%)	52 (22.0%)	9.142	0.002
	いいえ	41 (17.4%)	54 (22.9%)		
<i>n</i> = 236	合計	130 (55.1%)	106 (44.9%)		

質問 3 について、対象者全体では 219 名 (78.2%) の方が「はい」と回答していた。性別、年齢、受講経験の有無、受講回数の相違、職員と町民による相違においても回答割合に有意差はみられなかった。Q6 の放射線に対する不安や疑問があるという問いに対して「はい」と回答した人で、Q3 でも「はい」と回答している人は、Q6 で「いいえ」と回答している人 69 名 (29.5%) に比べて有意に多かった ( $p = 0.012$ 、表 7)。

表7 質問3の回答と属性の関連

Q3:内部被ばくと外部被ばくでは同じ線量でも体に与える影響の大きさは違うと思うか?					
属性	項目	はい	いいえ	$\chi^2$ 値	p 値
性別 <i>n</i> = 266	男性	111 (41.7%)	24 (9.0%)	0.002	0.962
	女性	108 (40.6%)	23 (8.7%)		
	合計	219 (82.3%)	47 (17.7%)		
年齢 <i>n</i> = 261	19-49 歳	80 (30.7%)	19 (7.3%)	2.771	0.250
	50-64 歳	73 (28.0%)	10 (3.8%)		
	65 歳以上	62 (23.8%)	17 (6.5%)		
	合計	215 (82.4%)	46 (17.6%)		
受講経験 <i>n</i> = 259	あり	84 (32.4%)	17 (6.6%)	0.003	0.957
	なし	131 (50.6%)	27 (10.4%)		
	合計	215 (83.0%)	44 (17.0%)		
受講回数 <i>n</i> = 93	1 回	30 (32.3%)	11 (11.8%)	3.992	0.136
	2 回	23 (24.7%)	2 (2.2%)		
	3 回以上	23 (24.7%)	4 (4.3%)		
	合計	76 (81.7%)	17 (18.3%)		
所属 <i>n</i> = 266	職員	125 (47.0%)	27 (10.2%)	0.002	0.963
	町民	94 (35.3%)	20 (7.5%)		
	合計	219 (82.3%)	47 (17.7%)		
Q6: 日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?					
<i>n</i> = 234	はい	121 (51.7%)	19 (8.1%)	6.248	0.012
	いいえ	69 (29.5%)	25 (10.7%)		
	合計	190 (81.2%)	44 (18.8%)		

次に、上記の Q1 から Q3 の項目の正解数と属性の関連をみると、Q6 の不安や疑問があると回答している人が 39 名 (16.3%) であり、いいえと回答している人に比べて有意に多かった ( $p = 0.019$ )。性別、年齢、受講経験の有無、受講回数の相違、町民と職員の相違では回答の傾向に有意差はみられなかった。Q1 から Q3 の正解数が 0 の人の不安や疑問の内容は、「テレビなどの報道が信じられないこと」、「漠然とした不安」などが挙げられている。また、質問毎の正答率をみると、Q1 から 3 の 3 問のうち 1 問のみ正解している人は、Q1 の正答率が高かった。これは、自然放射線からの年間の被ばく線量についての情報は

報道や講演会等どこかで耳にしたことがあり、他の 2 問に比べて正答率が高くなったものと思われる。また、2 問正解している人は Q1 及び Q2 の正答率が Q3 の正答率よりも高かった (表 8、9)。

表 8 Q1~3 の回答の正答率と属性の関連

属性	項目	正解数 0	正解数 1~3	$\chi^2$ 値	p 値
性別	男性	28 (10.0%)	110 (39.3%)	0.210	0.647
	女性	32 (11.4%)	110 (39.3%)		
<i>n</i> = 266	合計	60 (21.4%)	220 (78.6%)		
年齢	19-49 歳	19 (6.9%)	80 (29.1%)	3.380	0.185
	50-64 歳	24 (8.7%)	63 (22.1%)		
	65 歳以上	15 (5.5%)	74 (26.9%)		
<i>n</i> = 261	合計	58 (21.1%)	217 (78.9%)		
受講経験	あり	19 (7.0%)	89 (32.7%)	1.486	0.223
	なし	39 (14.3%)	125 (46.0%)		
<i>n</i> = 272	合計	58 (21.3%)	214 (78.7%)		
受講回数	1 回	8 (8.1%)	36 (36.4%)	2.138	0.343
	2 回	3 (3.0%)	25 (25.3%)		
	3 回以上	7 (7.1%)	20 (20.2%)		
<i>n</i> = 99	合計	18 (18.2%)	81 (81.8%)		
所属	職員	34 (12.1%)	121 (43.2%)	0.053	0.818
	町民	26 (9.3%)	99 (35.4%)		
<i>n</i> = 280	合計	60 (21.4%)	220 (78.6%)		
Q6:日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?					
	はい	39 (16.3%)	104 (43.3%)	5.538	0.019
	いいえ	14 (5.8%)	83 (34.6%)		
<i>n</i> = 240	合計	53 (22.1%)	187 (77.9%)		

表 9 正答数 1 問・2 問の人に対する各質問項目の正答率

		正解数 1 問 (n = 124)	正解数 2 問 (n = 69)
正解の質問 項目	Q1 (n = 265)	84 (67.7%)	57 (82.6%)
	Q2 (n = 268)	36 (29.0%)	59 (85.5%)
	Q3 (n = 266)	4 (3.3%)	22 (31.9%)

\*ただし無回答の人数は差し引いている

Q4 に関して、自由記述の回答件数は対象者全体で 263 件であった。対象者全体の回答のうち最も多くみられたのは、「がん・発がん」についてであり、119 件 (45.2%) であった。次いで、「白血病」及び「甲状腺・甲状腺がん」が共に 29 件 (11.0%) と多かった。また、「白内障」、「嘔吐・吐き気」、「心理的ストレス」、「子どもたちへの影響」、「脱毛」「不妊症」「わからない」「体がだるくなる」といった回答もあった。性別でみてみると、男性では 129 件の回答があり、そのうち「がん・発がん」は 72 件 (55.8%) であり、次いで甲状腺がんが 9 件 (7.0%) であった。一方女性では 126 件の回答があり、「がん・発がん」は 46 件 (36.5%) 次いで「甲状腺・甲状腺がん」が 20 件 (15.9%) であった。「甲状腺・甲状腺がん」と回答している人のうち、女性が多く回答していた。年齢層別でみてみると、19 歳–49 歳代では 118 件回答があり、多かった回答は「がん・発がん」54 件 (45.8%)、「白血病」12 件 (10.2%)、「甲状腺・甲状腺がん」9 件 (7.6%) であった。50 歳–64 歳代では、85 件の回答があり「がん・発がん」は 39 件 (45.9%)、次いで「白血病」及び「甲状腺・甲状腺がん」が 10 件 (11.8%) 順であった。65 歳以上では 57 件の回答があり、「がん・発がん」は 24 件 (42.1%)、次いで「甲状腺・甲状腺がん」が 11 件 (19.3%) であった。「白血病」も 7 件 (12.3%) みられた。年齢層別の回答でも、「がん・発がん」は最も多くみられた。2 番目に多いものとして、他の年齢層では「白血病」が挙げられていたが、65 歳以上では「甲状腺・甲状腺がん」であった。受講経験ありとした人の回答件数は 114 件であり、その内、「がん・発がん」が 50 件 (43.9%) であった。次いで「白血病」15 件 (13.2%) であった。受講経験なしとした人は 148 件であり、その内「がん・発がん」が 68 件 (45.9%) であった。次いで「甲状腺・甲状腺がん」が 16 件 (10.8%) であった。受講経験



の有無で 2 番目に多く挙げられた回答には相違がみられた。職員と町民の比較では、職員は 165 件の回答があり、その内「がん・発がん」は 78 件 (47.3%) であった。次いで「白血病」が 19 件 (11.5%) であった。一方町民では 100 件の回答があり、「がん・発がん」は 40 件 (40.0%)、次いで「甲状腺・甲状腺がん」が 19 件 (19.0%) であった。職員と町民の間でも、2 番目に多かった回答には相違がみられた。

Q5 に関して、具体的な数値を記載している 275 件の回答のうち最も多くみられた回答は 100 mSv であり 41 名 (14.9%) が回答していた。100 mSv と回答している 41 名のうち、性別では 33 名が男性であった。年齢層別では 19-49 歳代が 29 名、50-65 歳が 10 名と多かった。受講経験の有無では、ありとした人が 23 名、なしとした人が 18 名であった。そのうち、受講回数では、1 回受講者は 5 名、2 回 9 名、3 回以上は 7 名であった。また所属では、職員は 37 名に対し、町民は 4 名であり、職員の方が 100 mSv と回答している人が多かった。

2 番目に多かった回答は 1 mSv であり 39 名 (14.2%) が回答していた。39 名のうち性別では 25 名が女性であった。年齢層別では 65 歳以上が 23 名、50-64 歳が 12 名であった。受講経験の有無では、なしとした人が 25 名、ありとした人が 12 名であり、なしとした人の方が多かった。受講回数では、1 回受講者は 3 名、2 回 2 名、3 回以上では 7 名であった。所属では、町民が 27 名に対し、職員は 12 名であり、町民の方が多かった。

3 番目に多かった回答は 20 mSv であり、31 名 (11.3%) が回答していた。31 人のうち性別では男性 19 名、女性 12 名であった。年齢層別では 50-64 歳が 14 名、19-49 歳が 9 名、65 歳以上が 8 名であった。受講経験の有無では、ありとした人が 7 名、なしとした人が 23 名であった。受講回数では 1 回とした人が 4 名、2 回、3 回以上の人がそれぞれ 1 名ずつであった。所属では、職員は 16 名、町民は 15 名であった。

無回答は全体で 66 名 (24.0%) であり最も多くみられた。また、回答の中には 0 mSv としている人も数名いた。さらに、「分からない」、「未知の世界」、「5 mSv までなら我慢する」といった回答もみられた。

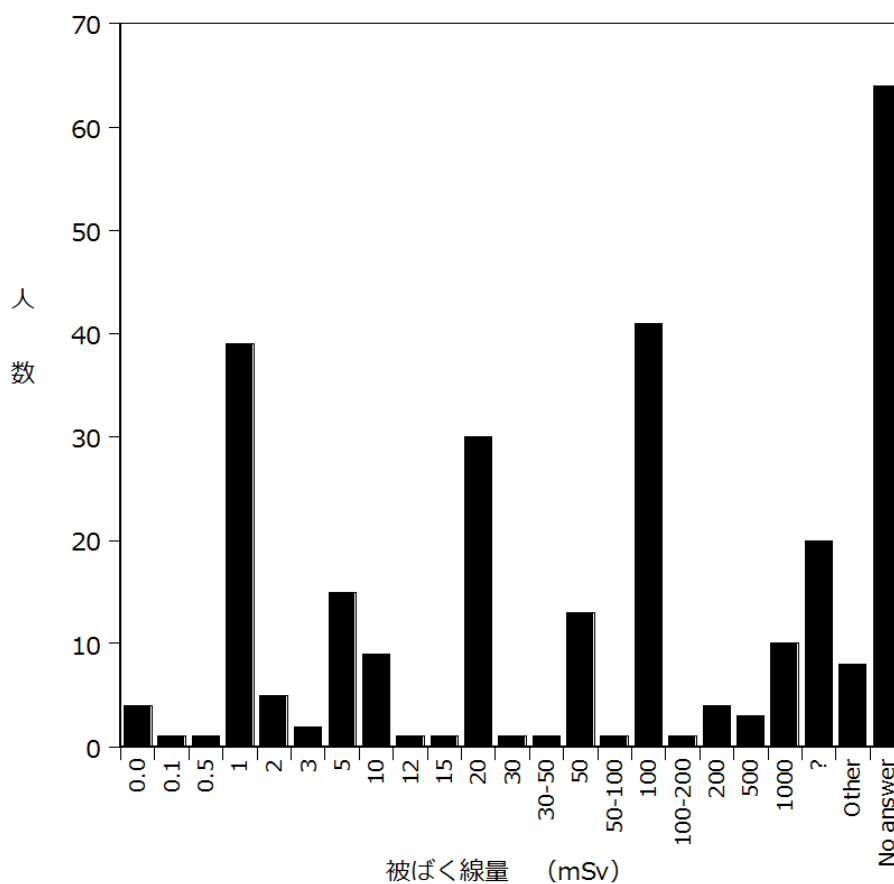


図 7 Q5 に対する対象者全体の回答傾向

また、Q1で「はい」と回答しており、Q5において具体的な線量を記載している108名の内、0 mSvと回答している人は6名、1 mSvとしている人は20名であり、1 mSv以下の合計は26名(24.1%)であった。100 mSvは26名(24.1%)であった。次に多かった回答は、20 mSvであり19名(17.6%)であった。またQ1において「いいえ」と回答しており、Q5において具体的な線量を記載している人数は71名であった。その内、0 mSvと回答している人数は1名、1 mSvと回答している人数は17名であり、1 mSv以下の回答の合計は18名(26.8%)であった。次に多かったのは、100 mSvは15名(16.9%)、20 mSvは12名(21.1%)であった。

Q6について、143名(59.6%)が「はい」と回答していた。男性で「はい」と回答した人は60名(25.0%)であり、女性では83名(34.6%)であった。女性の方が男性に比べて「はい」と回答した人数の割合が有意に多かった( $p = 0.001$ )。女性は男性に比べて日常生活において放射線に関して不安や疑問を抱いている人が多いと言える。年齢層別では、65歳以上では「はい」と回答した人は54名(23.0%)、「いいえ」と回答した人14名(6.0%)であり、他の年齢層に比べて「はい」と回答した人が「いいえ」と回答した人数に比べて有意に多かった( $p = 0.001$ )。また町民では「はい」と回答した人は77名(32.1%)、「いいえ」と回答した人は24名(10.4%)であり、「はい」と回答した人数が有意に多かった( $p = 0.000007$ 、表10)。受講経験の有無、受講回数の相違では回答割合に有意差はみられなかった。

表10 質問6の回答と属性の関連

Q6: 日常生活において放射線に関して不安や疑問に思っていることがあるか?					
属性	項目	はい	いいえ	$\chi^2$ value	p value
性別	男性	60 (25.0%)	62 (25.8%)	11.151	0.001
	女性	83 (34.6%)	35 (14.6%)		
	合計	143 (59.6%)	97 (40.4%)		
$n = 240$					
年齢	19-49歳	40 (17.0%)	48 (20.4%)	18.442	0.0001
	50-64歳	47 (20.0%)	32 (13.6%)		
	65歳以上	54 (23.0%)	14 (6.0%)		
$n = 235$	合計	141(60.0%)	94 (40.0%)		
受講経験	あり	54 (23.1%)	41 (17.5%)	0.434	0.510
	なし	85 (36.3%)	54 (23.1%)		
$n = 234$	合計	139 (59.4%)	95 (40.6%)		
受講回数	1回	20 (23.0%)	19 (21.8%)	3.114	0.211
	2回	10 (11.5%)	13 (14.9%)		
	3回以上	17 (19.5%)	8 (9.2%)		
$n = 87$	合計	47 (54.0%)	40 (46.0%)		
所属	職員	66 (27.5%)	73 (30.4%)	20.863	0.000007
	町民	77 (32.1%)	24 (10.4%)		
$n = 240$					

続いて自由記述の回答をカテゴリーにまとめ分析したところ、125件の記述があった。特に多くみられた内容は、「食品・水(飲料水)」についてであり、21件(16.8%)みられた。次に「子ども(妊娠や生まれてくる子供も含む)・孫」への影響に関する記述も15件(12.0%)みられた。さらに「低線量被ばくに関する健康影響」について11件(8.8%)みられた。属性ごとに回答の傾向をみると、「食品・水(飲料水)」に関する記述21件のうち、17件が女性の回答であった。また「子ども(妊娠や生まれてくる子供も含む)・孫への影響」に関する記述についても女性が12件回答していた。そのうち11件は受講経験がなしとした人の回答であった。その他の属性では回答の傾向にばらつきがあり、特徴はみられなかった。

## 考 察

Q1 の自然放射線に関する認識について、調査 1-1 及び 1-2 の双方において、約 6 割が正しい回答を選択していた。事故以前に行っている一般公衆を対象とした調査では、調査対象者の 5 割が自然放射線の存在を知っていると報告している<sup>48)</sup>。また、福島原発事故後に関西地区に住む一般公衆を対象としたアンケート調査の結果においても、宇宙や大地、自然界から放射線を受けているという質問に関して調査対象者の 8 割が正解であったとしている<sup>49)</sup>。これらのことから、一般公衆は福島原発事故以前から自然放射線の存在に対する認識はある程度あり、さらに福島原発事故による健康影響に関する説明を行う上で、自然放射線の情報について発信されていたためか、自然放射線の存在は公衆に徐々に知れ渡ってきていると思われる。しかし、残り約 4 割の対象者に関しては年間 1 mSv 以上の被ばくをしているという認識を持っていないことが分かった。UNSCEAR の報告書によれば、自然界の放射線源から受ける年間実効線量の世界平均は約 2.4 mSv とされている<sup>30)</sup>。Q5 の健康に影響が出る線量として、0 mSv や 1 mSv という回答もみられたことを併せて考察すると、自然放射線の存在について知らない、もしくは知っていても、その実効線量の値までは明確に把握していない可能性があると考えられる。また、自然界からの放射線による被ばく線量は少ないと認識している可能性もあり、極低線量でも健康に影響が生じると考えていることも推察される。職員は町民に比べて「いいえ」と回答した人の割合が有意に多く、Q5 の健康に影響が出る線量では 100 mSv と回答している人が多かった。このことから、職員においても自然放射線の年間の実効線量と健康に影響が出る線量の関連については把握しておらず、断片的な知識として記憶しているものと思われる。

Q2 の人工放射線と自然放射線に関する認識について、調査 1-1 及び 1-2 の結果から、対象者全体では約 5 割の人が、人工と自然放射線では体に与える影響は異なるとしていた。村井の調査<sup>49)</sup>においても、「人工放射線と自然放射線では影響が異なる」という問いの正答率は 15%であったと報告している。一般に、リスク認知の傾向として、人工物は天然由来のものに比べて危険であると認知

する傾向があると報告されている<sup>50)</sup>。食品に関するリスク認知では、化学的に合成された食品添加物は不安が高いとしているが、同じ食品添加物でも天然成分由来では不安は低くなったとしている。食品添加物そのものがネガティブに受けとめられているのではなく、成分が人工的に合成されているという認知が不安感を規定している<sup>51)</sup>としている。よって、放射線の影響に関しても福島原発事故の人工由来の放射線に対し、負のイメージを抱いているのではないかと考える。

また、辻ら<sup>52)</sup>が行った一般公衆を対象とした調査では、事故以前にも対象者の40%近くが原子力施設からの放射線に日常的に被ばくしていると誤解していることが明らかになったとしており、原子力発電所から出る人工の放射線は体に与える影響が大きいと考えているのではないかとと思われる。

調査 1-1 から、浪江町民は青森県民に比べて人工放射線と自然放射線では体に与える影響は異なると認識している人が多かった。また、調査 1-2 では女性や50歳以上の男女が、また、職員よりも町民の方が、人工放射線と自然放射線による健康影響に違いがあると認識していた。受講経験の有無では有意差はみられなかったが、受講回数3回以上の人では、人工放射線と自然放射線による健康影響に違いがあると認識していた。福島原発事故により、環境中に放出した人工の放射線物質により、浪江町民は生活場所や生活習慣、職業などあらゆるものを変えなければならない状況となった。原発事故が原因で様々な困難を強いられことで、浪江町民は青森県民に比べて人工の放射性物質に対しては負のイメージを抱き、自然と人工の放射性物質では体に与える影響が異なるというイメージを強く抱いているものと思われる。また、一般にリスク認知は、年齢差に関しては、若者よりも高齢者、男性よりも女性が大きく評価するとされ<sup>50)</sup>、本研究においても浪江町民の中でも特に、女性や年齢層が高い人は、自然放射線と人工放射線では影響が異なると認識したと思われる。また、職員と町民では町民の方が人工放射線と自然放射線では影響が異なると回答していた。これは、職員も町民の原発の被災者という立場であることは同様であるが、原発事故後から職員は町の除染に関することや町民からの放射線に関する疑問等につ

いて真摯に対応してきたと思われる。よって、人工放射線と自然放射線に関する影響について特別視はしていないものと考ええる。受講回数が3回以上の人で有意差がみられたことは、今回の福島原発事故後、様々な講演会に参加し、多くの情報を得たものと推察される。しかしながらその情報を断片的に理解しているため「自然放射線」と「人工放射線」の放射線が身体に与える影響が異なると考えたと推察される。

Q3に関して、調査1-1及び1-2の回答者の大多数が外部被ばくと内部被ばくでは同じ線量の場合、体に与える影響は異なると認識していた。福島原発事故後、環境中に放出された放射性ヨウ素は、呼吸や食物の摂取により血中に取り込まれ甲状腺に蓄積し内部被ばくが起こり、甲状腺がんを引き起こす。1986年に起きたチェルノブイリ原子力発電所の事故では、一般公衆に対する甲状腺の高い線量は、事故後数週間で放射性ヨウ素を含む牛乳を摂取したことが原因とされている<sup>6)</sup>。今回の福島原発事故後にも、ヨウ素の取り込みによる内部被ばくの影響について様々な情報が発信され<sup>15)</sup>、福島県民健康調査でも常に取り上げられている課題であることから、放射性ヨウ素による内部被ばくの影響を心配しているものと思われる。また、放射性セシウム134及び放射性セシウム137の物理学的半減期がそれぞれ2年及び30年と比較的長い放射性物質であり、大気中や海洋に放出後、土壤に沈着し、環境中から農作物へと移行し、食品を経口摂取することで内部被ばくが生じる。Q6の自由記述の分析からも、多く挙げられたキーワードは「水・食べ物」に関する内容であり、このワードから人々は食物や水の摂取によって引き起こされる内部被ばくによる健康影響について心配しているということが推察される。また、福島県民は東京都民と比べて食べ物からの放射線について関心を持っている人が多いとの報告がある<sup>53)</sup>。したがって、食物摂取を通じて起こる内部被ばくに対する健康影響を気にしている人が多いと考えられる。福島市民を対象とした福島原発事故の約1年後の調査では、外部被ばくの健康影響に対して大いに不安であったとした人は37%、小さくなったとしている人は9%であるのに対し、内部被ばくでは大いに不安としている人は45%、小さくなったとしている人は5%としており内部被ばくに対する

不安が深まっているとしている<sup>54)</sup>。身体の外側から受ける外部被ばくに比べて、内部被ばくは放射性物質が一定期間体内に蓄積するため、一般公衆にとっては内部被ばくと外部被ばくでは身体に与える影響が異なるものと感じており、内部被ばくによる健康影響が外部被ばくよりも強いと感じていることが推察される。日常生活において不安や疑問がある人ほど Q3 で「はい」と回答している人の割合が有意に多かった。内部被ばくと外部被ばくの体を与える影響について正しく理解ができていないため、不安や疑問が生じていると思われる。

次に、上記の Q1～3 の項目の正答率と属性の関連をみると、正答数が 0 の人は、Q6 の日常生活において不安や疑問があると回答している人の割合が有意に多かった。性別、年齢層、受講経験の有無、受講回数、町民と職員の違いでは回答の傾向に有意差はみられなかった。また、正答数が 0 であった人の不安や疑問の内容は、「テレビなどの報道が信じられないこと」、「漠然とした不安」などが挙げられている。このことから、放射線の基礎知識に関する理解が不十分である人ほど、適切な情報の選択及び理解が難しく不信感を抱き、知識が乏しい故に漠然とした不安を抱くものと思われる。放射線に関する基礎知識を身に着けることで不安や疑問を軽減することにつながるのではないかということが示唆された。また、質問毎の正答率をみると、1 問のみ正解している人は、Q1 の正答率が高かった。よって、自然放射線源からの年間実効線量に関する情報は、他の 2 問に比べて認知度が高いと言える。2 問正解している人は Q1 及び Q2 の正答率が Q3 の正答率よりも高かったことから、Q3 の内部被ばくと外部被ばくの身体に与える影響についての知識は、一般公衆には浸透していない情報であると言える。

Q4 に関して、調査 1-1、1-2 を通じて最も多くみられた回答は、「がん・発がん」であった。人体における放射線の健康影響についての科学的知見は、これまでに広島・長崎の原爆被爆者の疫学調査のデータ、過去の放射線関連の事故を元に整理されている<sup>29)</sup>。原爆被爆者では「がん」のリスクが高いという情報は、一般公衆にもよく知られている。原爆被爆者の症状は、高線量率の放射線被ばくによるものであり、低線量・低線量率の放射線による健康影響とは異な



る。しかし、日本は世界で唯一の原爆被ばく国であり、一般公衆の多くが原爆被爆による身体への影響を想定し、放射線による健康影響は「がん」と認識していると推察され、「がん・発がん」と回答している人が多かったと考える。

2 番目に多かった回答は、「甲状腺・甲状腺がん」であった。これは福島原発事故後、報道等で事故の影響の比較対象として、チェルノブイリ原発事故が挙げられており<sup>15)</sup>、チェルノブイリ原発事故後に小児の甲状腺がんの患者が増えたという情報<sup>6)</sup>があった。その結果、これらのワードを想起したと思われ、福島原発事故後も甲状腺がんを心配する人が多かったと考えられる。また、福島県県民健康調査でも小児の甲状腺がんが発見されると、被ばくによる影響があるのではないかという報道をされ、一般公衆の間では、放射線による健康影響として認識されていると考える。ICRPによると確定的影響の症状としては、白内障や脱毛、皮膚障害など様々な症状が挙げられる。確率的影響では、100 mSv よりも多い被ばく線量では、がんの発症率が増加することが確認されている<sup>27)</sup>。これらの情報に関しても一般公衆は断片的に耳にしており、被ばくによる健康影響の症状として認識していると思われる。

Q5 に関して、調査 1-1 において具体的な数値を記入した回答者の中では、浪江町民の方が青森県民よりも低い線量を回答していた。また回答欄には数値を記載せず、無回答としている人も多くいたため、具体的には分からない人が多いと思われる。浪江町民は青森県民に比べて事故を身近に体験しているため、健康に影響が出る線量も自ずと低めに回答しているものと考えられる。また、調査 1-2 でも具体的な数値を記載している回答者のうち最も多くみられた回答は 100 mSv であり 41 名 (14.9%) が回答していた。100 mSv と回答している 41 名のうち、男性や若い年齢層及び、職員が 100 mSv と回答していた。2 番目に多かった回答である 1 mSv では、女性、年齢層別では 65 歳以上、受講経験がない人ほど多く、所属では町民の方が職員と比較して多かった。3 番目に多かった回答である 20 mSv では、受講経験がないとした回答者が多かった。これらの結果からもリスク認知の傾向として、女性や高齢者の方がリスクを高めに評価する傾向にあるということが言える。また、受講経験が少ない人ほど 1 mSv と低く回

答する傾向にあり、受講経験を通じて基礎知識を得ることもリスクを評価する上で重要であることが示唆された。回答の中で 100 mSv や 1 mSv、20 mSv という数字が比較的多く見られたことは、ICRP の勧告<sup>55)</sup>に基づく数値をメディアなどの媒体を通じて知ることにより、健康影響に及ぼす線量の数値として記憶しているのではないかと思われる。ここで、ICRP によく頻出する線量基準の基準について述べる。100 mSv とは、それよりも高い線量では確率的影響とがんの有意なリスクの可能性が高くなる。よって、参考レベルの最大値は急性もしくは年間を通じて 100 mSv であるとしている。1 mSv とは計画被ばく状況における公衆に対して設定された値で事業者が一般公衆に対して遵守すべき基準値である。ただしこれは、自然から受ける放射線の影響を除くとされている。上記の回答傾向の中で 1 mSv と回答している人は、健康影響の出現の閾値を 1 mSv と認識していると思われる。20 mSv とは緊急時状況に置いて計画される線量でありその範囲は 20 から 100 mSv とされている。事故後、福島県内の学校再開の判断基準として文科省は校庭の利用制限として空間線量率  $3.8 \mu\text{Sv h}^{-1}$  (年間 20 mSv) という基準を設定した<sup>2)</sup>。これに対し、子どもを守る目安の線量が高すぎるのではないかという世論の反発を受け論争となったこと等も記憶に残っているのではないかと考える。また、20 mSv は職業被ばくの目安とされていること<sup>27)</sup>、さらに、計画的避難区域として定められた区域は、居住し続けた場合の年間の積算線量が 20 mSv に達するとして定められたことにより、この値も健康影響の出現に関する安全と危険の境界値として認識しているのではないかと考える。

Q6 に関して、調査 1-1 では、浪江町民の方が青森県民と比べて不安や疑問を持っている割合が有意に高かった。岡崎ら<sup>56)</sup>は、福島原発事故後、放射線影響などの不安を調査し、「不安である」「かなり不安である」と回答した人は福島県内の一般市民では 7 割であり、福島県外の 4 割であったとしており、本研究と同様の結果が得られた。これについては、浪江町民は福島原発事故の当事者であるため、不安や疑問も多く抱いていると考える。また、調査 1-2 では、女性や 65 歳以上では「はい」と回答した割合が有意に多かった。このことから、女性や高齢者ほど不安や疑問を抱く傾向にあることが言える。

Q3 における考察でも述べたが、自由記述の分析から、1 番多く挙げられたキーワードは「水・食べ物」に関してであり、このワードから人々は食物摂取による内部被ばくによる健康影響について心配しているということが推察される。福島原発事故の 6 日後、厚生労働省は「飲食物摂取制限に関する指標」に基づき、食品衛生法の放射性物質に関する暫定規制値を設定した。これを受けて 3 月 21 日以降各都道府県の行う検査により暫定規制値を超えた食品は発見された場合食品の出荷制限を行うという対策が行われたが、暫定規制値をはるかに超える食品が発見され、4 月 1 日に暫定規制値より 5 倍厳しい新基準が設けられた<sup>2)</sup>。しかし、この対策は、暫定規制値という言葉が国民にとって馴染みがなく、さらに短期間内に規制値が引き上げられたことにより国民に不信感が生じたものと思われる。平成 23 年 5 月に消費者庁が行った調査では、食品の産地が気になる理由として、男性では産地によって味が違うという理由が多かったのに対し、女性では放射性物質が含まれていない食品を買いたいという理由が多かったとしている<sup>57)</sup>。このことから、特に女性は食品や水に含まれる放射性物質に関して不安が生じているものと思われる。

2 番目に多かった「子ども (妊娠や生まれてくる子どもを含む) や孫への影響」について、折田らの川内村の住民を対象とした調査では、「震災後から現在までの放射線被ばくで子どもに健康影響があると思うか」という問いに対し、約 5 割が「起こる、たぶん起こる」と回答し、「将来生まれてくる子や孫に健康影響が起こると思うか」という問いにおいても、約 5 割が「起こる、たぶん起こる」と回答したとの報告がある<sup>58)</sup>。本研究でも同様に「子ども (妊娠や生まれてくる子どもを含む) や孫への影響」を心配する記述が多くみられた。また、チェルノブイリ原子力発電所の事故では特に 10 歳未満の小児において甲状腺がんの罹患率が事故後約 5 年から増加していることが報告されている<sup>6)</sup>。また放射性ヨウ素の実効半減期は成人では 8 日、乳幼児・小児では 5-7 日程度とされ、放射性ヨウ素による被ばくの実態を調査するには早い段階での内部被ばくの調査を行うことが有効である。福島県災害対策本部では 3 月 26 日から 30 日にかけて 1080 人の小児 (0 歳か 15 歳) を対象に甲状腺被ばく検査を行っている。しかし、その

後の詳細な調査は行われず、結局初期の内部被ばくの実態は未解明のままである<sup>7)</sup>。このような小児における初期被ばくの実態が未解明ということが子ども及び孫の甲状腺がんに関する心配へとつながっていると思われる。特に回答者に女性が多かったことは、妊娠、出産、育児などを主に担う立場にあるためか、上記の内容について不安や心配を抱いていると思われる。

以上の結果から調査 1 では、福島原発事故により被災した浪江町民を含む一般市民の放射線に対する基礎知識のおおよその傾向が分かった。自然放射線からの被ばく線量として年間 1 mSv 以上被ばくしていると認識している人は調査全体を通じて 6 割であったことから、比較的認知度が高いと言える。しかし、健康影響が出る線量として 1 mSv と回答している人も多くみられ、線量による健康影響についての知識が確立していないことも示唆された。また、浪江町民は福島原発事故後も放射線に関する健康影響について心配し、特に福島原発事故による「人工」の放射性物質により汚染された「食べ物・水」を摂取することで起こる「内部被ばく」や長期にわたる慢性の「低線量被ばく」による健康影響について心配していることが明らかとなった。特に女性では健康影響について「食べ物・水」「子ども（孫）の健康影響」について心配する声が挙げられていた。

また、年齢層、職員と町民などの立場の違いなどによって放射線に対するリスク認知の傾向が異なることが分かった。よって対象や個人の考え方に合ったリスクコミュニケーションの方法を構築していく必要があり、今後も個人の線量や生活様式を考慮した解析が必要であることが示唆された。

## 調査 2 :

### 高自然放射線地域の中国広東省陽江市における内部被ばくの実態

調査 1 の結果から、福島原発事故の被災者である浪江町民は、事故後の「低線量の慢性被ばく」による健康影響について不安を抱いていることが分かった。さらに、外部被ばくと内部被ばくでは健康に与える影響が異なると考えている傾向がみられ、「食べ物」や「水」を通じて起こる経口摂取による内部被ばくについて不安を抱いていることが明らかとなった。しかし、内部被ばくには、経口摂取以外にも吸入摂取による被ばくもある。一般公衆にとって吸入摂取による被ばくはラドン及びトロンが主な要因となっている。一般講演会等で放射線による人体への影響を示唆する素材として用いられる高自然放射線地域での被ばくの実態を明確に説明することは、一般公衆にとって放射線のリスクを考える上で重要な判断材料となる。そこで、高自然放射線地域におけるラドンとトロンの吸入による内部被ばくの実態を解明し、科学的に明らかになっていることを情報発信することで、福島原発事故後の一般公衆の不安の軽減につながるのではないかと考えた。

世界にはいくつかの高自然放射線地域が存在する。中国広東省の陽江、インドのケララ、ブラジルのガラパリ、イランのラムサールなどが代表的な高自然放射線地域として挙げられる<sup>59)</sup>。高自然放射線地域の一つである中国の広東省陽江市は、江城区、陽春市、陽西県および陽東区の4つの地区に分かれている。総面積は7,955 km<sup>2</sup>であり、その内訳は丘陵地帯26%、山岳地帯42.7%、平野22.2%である。人口は262万人であり、住民の大半は10代世代以上に渡りその地に住んでいる<sup>60)</sup>。この地域は花崗岩が豊富な山々に囲まれている盆地であり、雨や風によって山から流されてきた土壌が堆積するため、放射線量が高くなると言われている。また、建材に使用する煉瓦や粘土などにその土壌を用いるため、そこに含まれる<sup>238</sup>Uや<sup>232</sup>Thの壊変によりラドンやトロンが発生し、屋内での放射線量が高くなるとされている<sup>59)</sup>。

これまでの研究では、陽江地域での平均年間実効線量は6.4 mSvであり、その

うち外部被ばくによる線量が 1–3 mSv (平均 2.1 mSv)、内部被ばくによる線量が 4.3 mSv であるとされている<sup>61)</sup>。被ばく線量と健康影響の関連をみた調査は Tao から疫学的調査がある。この研究において、高自然放射線地域と対照地域の住民の調査対象期間の外部被ばくによる累積被ばく線量は、それぞれ 84.8 mGy 及び 21.6 mGy と推定され、陽江市の高自然放射線地域ではコントロール地区と比較して、がんまたはすべてのがん以外の疾患は増加しなかったと報告している<sup>41)</sup>。しかしながら、この研究では内部被ばくの正確な評価されていなかったため、総被ばく線量はさらに高い可能性が考えられた。そこで、本研究では中国の高自然放射線地域の一つである陽江市で、内部被ばく的主要要因であるラドンとトロンに焦点を当て、人体への被ばく影響を明らかにした。この研究を通じて、慢性的な低線量率放射線の被ばくによる健康影響への実態を解明することが期待される。今回の調査では、陽江市の陽東区と陽西県の合計 60 軒の一般家屋を対象とした。60 軒の内訳は陽東区 50 軒、陽西県 10 軒とした (図 8)。

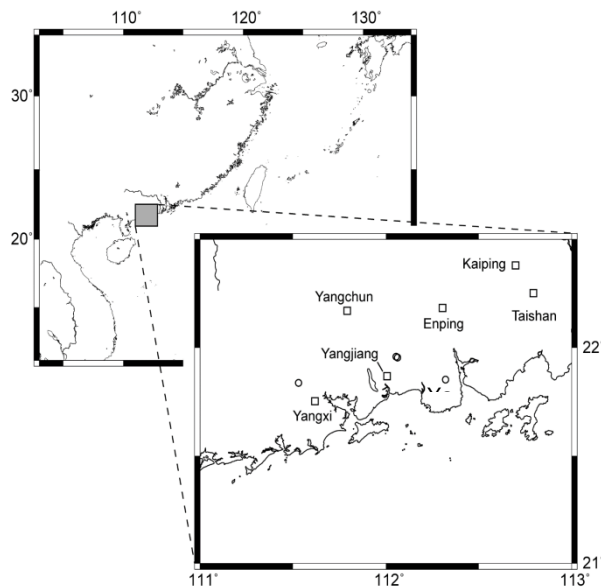


図 8 陽江市の位置

## 方 法

ラドン及びトロンの測定方法は一般にアクティブ法とパッシブ法に分類することができる。アクティブ法とは、ポンプなどの動力を使って空気を捕集する方法であり、短時間・短期間の測定に適しており、家屋の長期のラドン濃度の目安を出すために用いられることが多い。一方、パッシブ法はポンプなどの動力を使わず、長期間設置し固体飛跡検出器に $\alpha$ 線の飛跡を検出させて使用する。

ここで、固体飛跡検出器について述べる。固体飛跡検出器とは放射線の検出器の一つである。固体飛跡検出器に重荷電粒子が通過するとその経路に沿って放射線損傷が残され潜在飛跡が生じる。損傷がある程度以上になると強アルカリ溶液などによる化学的処理により、損傷を受けた部分は受けていない部分に比べて飛跡が拡大し、エッチピットと呼ばれる円錐状の穴が生じる。固体飛跡検出器の一つに CR-39 (Polly Ally Diglicol Carbonate) がある<sup>62)</sup>。CR-39 は $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、X線などの低エネルギーの放射線に対しては不感であるという特徴がある。

一般家屋におけるラドン・トロン濃度の調査では、対象者の負担の軽減や費用の面からパッシブ法を用いて長期に設置する手法がとられている。また、これまでの屋内ラドンに関する調査では、トロンの存在を無視して評価を行ってきた背景がある。トロンの線量評価が行われてこなかった背景には、測定方法や校正の難しさ、トロンの被ばくによる疫学データが存在しないこと、トロンのリスクは無視できるであろうと考えられていたことによる<sup>63)</sup>。しかし、トロンは空気中にラドンとともに常に存在している。今回の調査では、トロンによる内部被ばくの実態を調査し、吸入による内部被ばくの実態を明らかにするために、長期間設置型 (パッシブ型) のラドン・トロンの弁別モニタ及びトロン子孫核種モニタを用いて室内のラドン及びトロン、トロン子孫核種濃度を測定した。本調査は 2013 年 7 月に開始され、2014 年 1 月に終了した。

今回の調査では、ラドン計測におけるトロンの寄与を取り除くため、ラドン・トロン弁別モニタを用いた。ラドン・トロン弁別モニタは RADUET (Radosys 社、ハンガリー) として市販されている<sup>64)</sup>。図 9 は、RADUET の詳細な図である。このモニタは、高換気率と低換気率の換気率が異なる 2 つの容器を組み合わせて

使用して構成されている。各々の容器は、導電性のプラスチックで作られており、形は円筒形で内部の体積は約  $30 \text{ cm}^3$  である。CR-39 (長瀬ランダウア、日本) を  $\alpha$  線の飛跡検出として使用し、粘着性粘土を用いて容器の底部に取り付けている。空気中のラドンは容器と蓋との間を介して容器へと侵入拡散し容器の底部へと拡散することができる。トロン半減期は 55.6 秒であり、ラドンの半減期である 3.82 日と比べると短いため、この隙間を通過することができない。トロンを検出するために容器の側面に直径 6 mm の 6 つの穴を開け、各穴に導電性のスポンジが設置されている。その結果、空気中のトロンは容易に容器内に侵入することができる。よって、低換気率容器からはラドンのみが、高換気率容器からはラドン及びトロンが検出される仕組みとなっている。

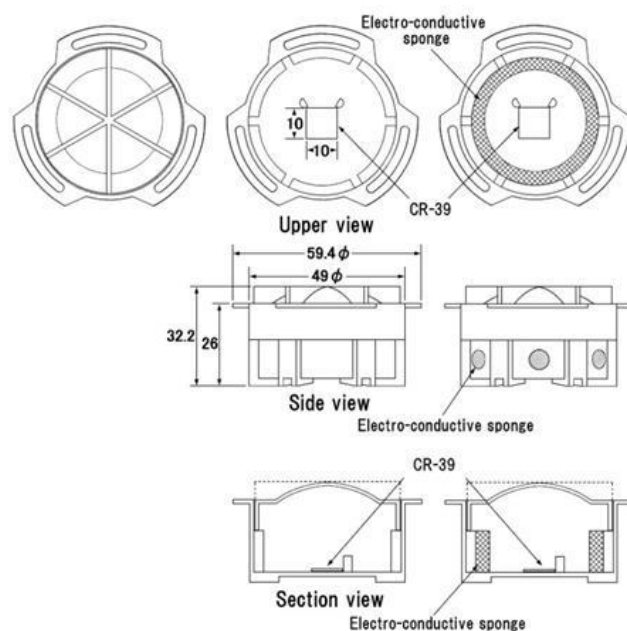


図 9 RADUET の概要

一方で、長期間のトロン子孫核種濃度の測定は、トロン子孫核種の物質への沈着率を用いて測定できる。トロン子孫核種モニタは Zhuo と Iida により開発され<sup>65)</sup>その技術は、Tokonami ら<sup>63)</sup>によって改良された。図 10 はトロン子孫核種モニタの概要である。この検出器の本体はステンレス製であり、CR-39 は空気換算で厚さ 71 mm のアルミニウム蒸着膜とポリエステル製のマイラーフィルムに



覆われている。ポリエステル製のマイラーフィルム膜は、トロン子孫核種の中で最もエネルギーの高い 8.8 MeV ( $^{212}\text{Po}$ ) の  $\alpha$  粒子のみの検出を可能にする。屋内の空気中に存在するトロン子孫核種は、時間の経過とともに壁および床に沈着するため、このモニタは壁に掛けて使用することが前提である。

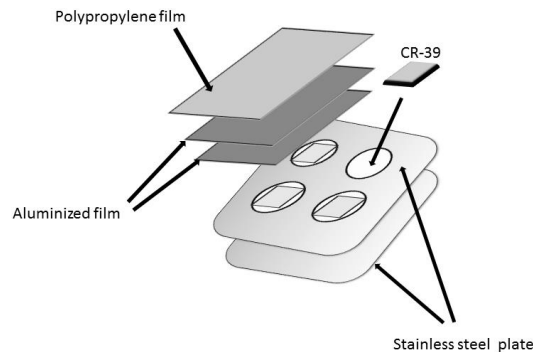


図 10 トロン沈着モニタの概要

ところで、ラドンやトロンによる肺への線量の大部分は、それらの短寿命の子孫核種の被ばくにより発生する。短寿命子孫核種の濃度は、親核種と短寿命子孫核種の間で平衡状態とみなされている。平衡等価濃度とは、親核種とその短寿命子孫核種が平衡にあると仮定した時の濃度である。よって、ラドンに関しては親核種の濃度を測定することで子孫核種の濃度を推定することができる。なぜなら、これまでに多くのラドンの子孫核種の測定が報告されており、その平衡係数は 0.1–0.9 を示しているが、大部分は 0.4 という代表値にあることが分かっている<sup>30)</sup>。したがって、一般に屋内ラドンについては、RADUET で測定されたラドン濃度に平衡係数として代表値である 0.4 を掛けることにより、平衡等価ラドン濃度を評価することができる。

一方、トロンは半減期が短いため、空気中で十分に混和されていない可能性があること、建材表面の近くと部屋の中央では濃度が異なるなど、空間的な変動がみられることが知られている。そのため、平衡係数はラドンとは異なり不

確かさを持つため、トロン濃度に平衡係数を掛けて平衡等価トロン濃度を算出することは難しいとされている<sup>66)</sup>。よって、トロン子孫核種濃度を直接測定する必要があり、本研究では線量評価のためにトロン沈着モニタを使用して直接的にトロン子孫核種を評価した。

RADUET の回収後は化学的処理を行い、 $\alpha$  線による飛跡を読み取る。化学的処理として、CR-39 を 60°C に調整された、6 モルの水酸化ナトリウム溶液に 24 時間浸漬した。化学処理を終えた CR-39 は、光学顕微鏡を用いてトラック密度を ( $\alpha$  線飛跡密度) 算出した。1 視野あたり 1 mm × 1 mm とし 10 視野を目視により算出した。トロン沈着モニタの回収後も RADUET と同様に化学的処理、トラック密度の読み取りを行った。なお、本研究で使用したモニタは放射線医学総合研究所のラドンとトロン校正場において校正されたものを使用した。

得られたトラック密度から濃度への換算は (1) 式及び (2) 式を用いた。

$$\begin{aligned} (\overline{C_{Rn}}) = (d_L - \bar{b}) \times \frac{f_{Tn2}}{t \times (f_{Rn1} \times f_{Tn2} - f_{Rn2} \times f_{Tn1})} - (d_H - \bar{b}) \times \\ \frac{f_{Tn1}}{t \times (f_{Rn1} \times f_{Tn2} - f_{Rn2} \times f_{Tn1})} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (\overline{C_{Tn}}) = (d_H - \bar{b}) \times \frac{f_{Rn1}}{t \times (f_{Rn1} \times f_{Tn2} - f_{Rn2} \times f_{Tn1})} - (d_L - \bar{b}) \times \\ \frac{f_{Rn2}}{t \times (f_{Rn1} \times f_{Tn2} - f_{Rn2} \times f_{Tn1})} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $\overline{C_{Rn}}$  は平均ラドン濃度、 $\overline{C_{Tn}}$  は平均トロン濃度であり、単位は  $\text{Bq m}^{-3}$  となる。 $d_L$  低換気率容器のトラック密度 ( $\text{tracks cm}^{-2}$ ) 及び  $d_H$  は高換気率容器のトラック密度 ( $\text{tracks cm}^{-2}$ )、 $\bar{b}$  はバックグラウンドのトラック密度 ( $\text{tracks cm}^{-2}$ ) である。 $t$  は時間 (h)、 $f_{Rn1}$ 、 $f_{Rn2}$ 、 $f_{Tn1}$ 、及び  $f_{Tn2}$  は、それぞれ低換気率容器及び高換気率容器におけるラドン及びトロンに対する換算係数である ( $(\text{tracks cm}^{-2} \text{ h}^{-1})/(\text{Bq m}^{-3})$ )。また、トロン子孫核種モニタは (3) 式を用いて、平衡等価トロン濃度を評価した。

$$EETC = \frac{D}{C \times T} \quad (3)$$

ここで、*EETC*は平衡等価トロン濃度 (Bq m<sup>-3</sup>)、*D*はトラック密度 (tracks mm<sup>-2</sup>)、*C*は校正定数 (tracks/mm<sup>2</sup>/(Bq/m<sup>3</sup> day))、*T*は設置期間 (day) である。*C*は実験値である 0.017 を用いて行った<sup>67)</sup>。

## 結 果

60軒中 59軒からラドン濃度及び平衡等価トロン濃度 (EETC) が得られた。一方、トロン濃度は検出下限値以下のデータを除いた 23軒のデータを用いた。トロン濃度は壁からの距離に依存して、その濃度は減衰することが報告されているため、本来測定器は壁にかけて設置することが望ましい。今回の調査では、RADUET 及びトロン子孫モニタは平均して壁から  $32 \pm 49$  cm (最小値: 0, 最大値: 222 cm)、床から  $183 \pm 40$  cm (最小値: 2, 最大値: 250 cm) の位置に設置された。

表 11 はラドン濃度、トロン濃度及びトロン子孫核種濃度の結果である。ラドン濃度、トロン濃度及びトロン子孫核種濃度の算術平均値  $\pm$  標準偏差はそれぞれ、 $124 \pm 78$  Bq m<sup>-3</sup> (最小: 27 Bq m<sup>-3</sup>, 最大: 476 Bq m<sup>-3</sup>)、 $1247 \pm 1189$  Bq m<sup>-3</sup> (最小: 65 Bq m<sup>-3</sup>, 最大: 3957 Bq m<sup>-3</sup>)、 $7.8 \pm 9.1$  Bq m<sup>-3</sup> (最小: 0.6 Bq m<sup>-3</sup>, 最大: 36.2 Bq m<sup>-3</sup> の範囲) と評価された。また、その分布をみると (図 11 参照)、ラドン濃度が 100 Bq m<sup>-3</sup> を超えていた家屋は 30 軒あった。特に、300 Bq m<sup>-3</sup> を超えていた家屋は 1 軒であった。一方、トロン濃度が 1000 Bq m<sup>-3</sup> を超えていた家屋は 10 軒であり、2000 Bq m<sup>-3</sup> を越えていた家屋は 5 軒、3000 Bq m<sup>-3</sup> を超えていた家屋は 4 軒であった。またトロン濃度の平均値はラドン濃度の平均値の約 10 倍であった。

表 11 ラドン・トロン・トロン子孫核種濃度

放射性核種	平均値 (Bq m <sup>-3</sup> )	中央値 (Bq m <sup>-3</sup> )	範囲 (Bq m <sup>-3</sup> )
ラドン <i>n</i> = 59	$124 \pm 78$	115	27–476
トロン <i>n</i> = 23	$1197 \pm 1217$	825	65–3957
トロン子孫核種 <i>n</i> = 59	$7.8 \pm 9.1$	4.2	0.6–36.2

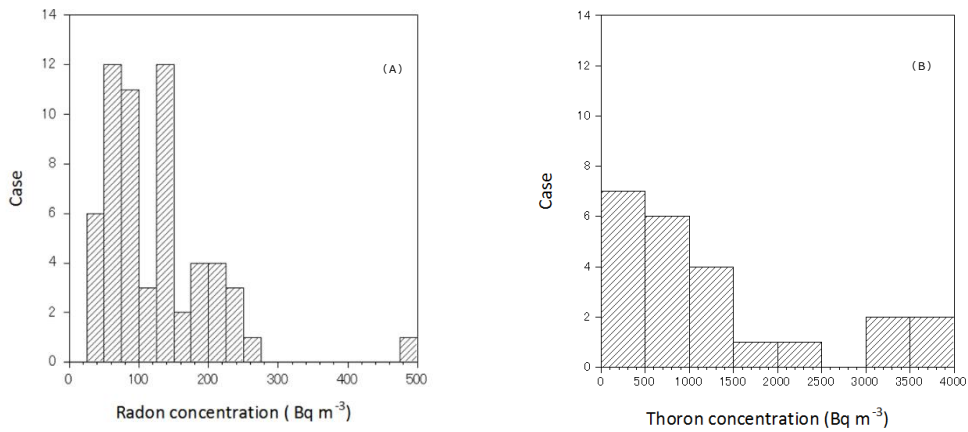


図 11 ラドン濃度の分布 (A) 及びトロン濃度の分布 (B)

得られたラドン濃度とトロン子孫核種濃度から吸入摂取による実効線量は (4) 式及び (5) 式から評価した。

$$E_{Rnp} \text{ (mSv)} = C_{Rn} \text{ (Bq m}^{-3}\text{)} \times 0.4 \times 7000 \text{ (h)} \times DCF_{Rnp} \text{ (nSv (Bq h m}^{-3}\text{)}^{-1}\text{)} \times 10^{-6} \quad (4)$$

$$E_{Tnp} \text{ (mSv)} = EETC \text{ (Bq m}^{-3}\text{)} \times 7000 \text{ (h)} \times DCF_{Tnp} \text{ (nSv (Bq h m}^{-3}\text{)}^{-1}\text{)} \times 10^{-6} \quad (5)$$

ここで、 $E_{Rnp}$  及び  $E_{Tnp}$  は、それぞれラドン及びトロンの吸入摂取に伴う実効線量である。 $C_{Rn}$  は実測されたラドン濃度及びトロン子孫核種濃度である。(4) 式中の 0.4 は、ラドンの平衡係数であり、UNSCEAR が推奨している値を用いた<sup>30)</sup>。屋内滞在時間は 7000 時間 (24 時間  $\times$  365  $\times$  居住係数 0.8 = 7008 を丸めて 7000) 居住することとし、 $DCF_{Rnp}$  と  $DCF_{Tnp}$  はそれぞれラドンの線量換算係数 (9 nSv (Bq h m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup>) 及びトロンの線量換算係数 (40 nSv (Bq h m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup>) である。これらの線量換算係数は UNSCEAR の値を引用した<sup>30)</sup>。

ラドンの線量とラドン及びトロンの総線量の分布を図 12 に示す。ラドンとトロンの吸入摂取による実効線量を評価したところ、ラドンは年間  $3.1 \pm 2.0$  mSv (最小: 0.7、最大: 12)、トロンは年間  $2.2 \pm 2.5$  mSv (最小: 0.2、最大: 10.1) であった。総線量は年間  $5.3 \pm 3.5$  mSv (最小: 1.5、最大: 16.4) であった。今回の調査でラドンの線量はトロンと同程度であったことが明らかとなった。また本研究で

は、UNSCEAR の値<sup>30)</sup>よりもラドンは2倍、トロンは20倍高いことが分かった。さらに合計線量では世界平均の3倍であることが明らかとなった。

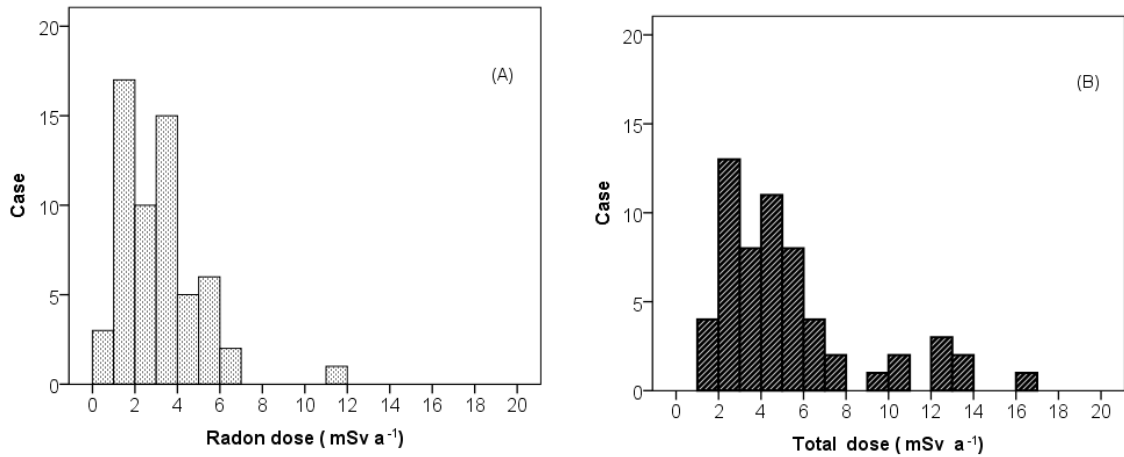


図 12 ラドンの線量分布(A)及びラドンとトロンの合計線量の分布(B)

ラドンおよびトロン線量の相関係数を算出したところ、ラドンとトロン線量の相関は見られなかった (Pearson  $r = 0.172$ : N.S)。よって、ラドンからトロンによる線量を推定することは困難であり、弁別して測定することの重要性が示された (図 13)。

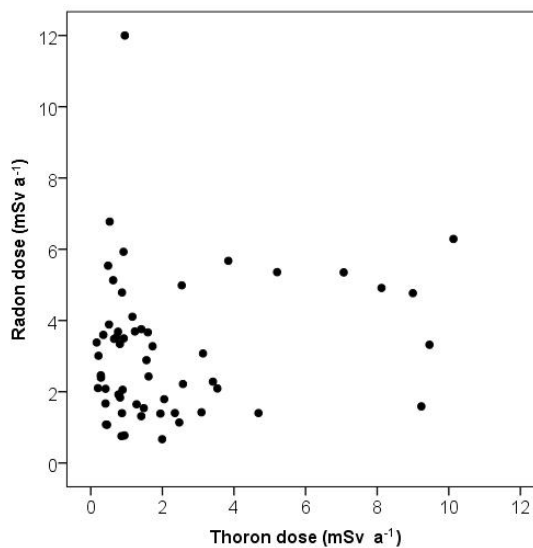


図 13 ラドンの線量とトロンの線量の相関関係

## 考 察

低線量・低線量率被ばくによる健康影響の実態を解明するために、高自然放射線地域の一つである中国陽江市で長期間のラドンとトロン濃度の測定を行った。ラドン濃度の平均は  $124 \pm 78 \text{ Bq m}^{-3}$  であり、ラドン濃度が  $100 \text{ Bq m}^{-3}$  を超えていた家屋は 30 軒あった。特に  $300 \text{ Bq m}^{-3}$  を超えていた家屋は 1 軒であった。WHO は、屋内ラドンの被ばくによる健康影響を最小にするために、 $100 \text{ Bq m}^{-3}$  を参考レベルとして提案している<sup>36)</sup>。しかし、国特有の条件が存在している場合でこの条件が達成できない場合には、ICRP の参考レベルである  $300 \text{ Bq m}^{-3}$  を超えるべきではないとしている<sup>68)</sup>。今回の調査では、調査家屋の半数が WHO の参考レベルを超えていることが明らかとなった。

吸入による内部被ばくの実態を明らかにするため行ったラドンとトロンの線量評価の結果から、ラドン及びトロンの年間被ばく線量はそれぞれ  $3.1 \pm 2.0 \text{ mSv}$ 、及び  $2.2 \pm 2.5 \text{ mSv}$  であった。さらに、ラドンとトロンの合計線量は年間  $5.3 \pm 3.5 \text{ mSv}$  と推定された。この値は UNSCEAR の報告にある自然放射線にからの年間の合計線量の平均値である  $2.4 \text{ mSv}$  の 2 倍以上であり、ラドンおよびトロンの線量は、それぞれ UNSCEAR に示されている値である  $1.15 \text{ mSv}$  及び  $0.1 \text{ mSv}$  よりも高く、特にトロンの線量は UNSCEAR の値よりも大幅に高いことが分かった。これまでの調査ではトロンの線量は過小評価されていたが、本調査の結果から、トロンの線量はラドンの線量と同等であることが明らかとなり、もはやトロンの線量は健康リスク評価の観点からも無視できるレベルではないことが明らかとなった。また、我々の研究チームが行った同地区の外部被ばくの線量は、 $1.2 \text{ mSv}$  であり、内部被ばくの線量は外部被ばくの線量の 4 倍以上の値であった<sup>69)</sup>。以上のことから中国の陽江では外部被ばくに比べてラドン及びトロンの吸入による内部被ばくの寄与が大きいことが分かった。さらに、我々の研究グループによる、高自然放射線地域のインド・ケララ州の最新の内部被ばくの実態調査では、平均ラドン濃度は  $6 \text{ Bq m}^{-3}$ 、平均トロン濃度は  $38 \text{ Bq m}^{-3}$  及び平均トロン子孫核種濃度は  $1.95 \text{ Bq m}^{-3}$  であった<sup>67)</sup>。これらの結果から線量評価を行ったところ、ラドン及びトロンの吸入による被ばくは年間  $0.65 \text{ mSv}$  であった<sup>67)</sup>。また、

この地区において空気カーマ率の走行サーベイを行い外部被ばくによる、年間実効線量を評価したところ 2.1 mSv であり、主に  $^{232}\text{Th}$  系列核種によることが明らかとなった<sup>70)</sup>。また、インドのケララ州では内部被ばくの寄与は極めて小さく、外部被ばくの寄与が大きいということが分かった。つまり、同じ高自然放射線地域においても被ばくの形態が異なることが明らかとなった。ただし、この調査で得られたデータの件数は少ないため、さらにデータ数を増やして慎重に考察していく必要もある。また、今後は肺がんの罹患率の関連性なども併せて検討していくことも求められる。

ところで、高自然放射線地域と比較し、日本の状況について述べる。日本における屋内ラドンの全国調査は 1999 年に Sanada らが行った日本国内 899 家屋を対象としたものがある<sup>71)</sup>。その結果、国内のラドン濃度の算術平均値は  $15.5 \text{ Bq m}^{-3}$  と報告された。これらの値を (4) 式に代入し、線量評価をした結果、ラドンによる実効線量は 0.39 mSv となった。日本におけるラドンの吸入による内部被ばくの線量は、陽江の値に比べて約 1/8 であり、世界平均の約 1/3 とはるかに低いことが分かる。また、この調査では日本各地の屋内ラドンの濃度の調査を行っており、その結果を線量換算すると以下の様になる(表 12)。



表 12 日本国内におけるラドンの年間実効線量

地域	平均値 (Bq m <sup>-3</sup> )	算術平均値 mSv a <sup>-1</sup>
北海道・東北 <i>n</i> = 138	16	0.40
関東 <i>n</i> = 132	12.4	0.31
中部 <i>n</i> = 174	14.1	0.36
近畿 <i>n</i> = 174	17.1	0.43
中国 <i>n</i> = 174	16.7	0.42
四国 <i>n</i> = 78	14.4	0.36
九州・沖縄 <i>n</i> = 148	17.6	0.44

\*Sanada らのラドン濃度の論文結果を引用し、年間実効線量を算出

一番低い関東地方で 0.31 mSv、一番高い九州・沖縄地方でも 0.44 mSv であり、日本国内では総じて世界平均の値よりも低いことが分かる。鈴木ら<sup>72)</sup>が 2007 年から 2010 年にかけて行った全国調査の結果でも屋内ラドン濃度の算術平均は  $15.2 \pm 17.0 \text{ Bq m}^{-3}$  であるとしており、日本国内においては WHO の参考レベルである  $100 \text{ Bq m}^{-3}$  を超える家屋は 0.1% 程度であるとされている<sup>36)</sup>。

世界の屋内ラドンの状況は WHO によって経済開発協力機構 (OECD) 加盟国 29 カ国の屋内ラドン濃度の調査が行われた。その結果、世界平均値として  $39 \text{ Bq m}^{-3}$  と報告した<sup>36)</sup>。これらのラドン濃度を元に、線量評価を行った結果を表 13 に示す。

表 13 世界各国におけるラドンの年間実効線量

国名	平均値 (Bq m <sup>-3</sup> )	平均値 mSv a <sup>-1</sup>	国名	平均値 (Bq m <sup>-3</sup> )	平均値 mSv a <sup>-1</sup>
オーストラリア	11	0.28	メクセンブルク	110	2.77
オーストリア	99	2.49	メキシコ	140	3.53
ベルギー	48	1.21	オランダ	23	0.58
カナダ	28	0.71	ニュージーランド	22	0.55
チェコ	140	3.53	ノルウェー	89	2.24
デンマーク	59	1.49	ポーランド	49	1.23
フィンランド	120	3.02	ポルトガル	62	1.56
フランス	89	2.24	韓国	53	1.34
ドイツ	49	1.23	スロバキア	87	2.19
ギリシャ	55	1.39	スペイン	90	2.27
ハンガリー	82	2.07	スウェーデン	108	2.72
アイスランド	10	0.25	スイス	78	1.97
アイルランド	89	2.24	英国	20	0.50
イタリア	70	1.76	米国	46	1.16
日本	16	0.40			

\*WHO ラドンハンドブックよりラドン濃度の数値を引用し、年間実効線量を算出

世界ではラドン濃度が 100 Bq m<sup>-3</sup> を超す国はチェコ、メキシコ、フィンランドなど多くあり、線量も陽江のラドン濃度 124 Bq m<sup>-3</sup> を超えている国や、ほぼ同等とする国も見られる。多くの国では一般家屋に対して公衆衛生の観点からラドンによる被ばくの低減が行われており、スウェーデンでは 200 Bq m<sup>-3</sup>、スイスでは 1000 Bq m<sup>-3</sup>、チェコでは 4000 Bq m<sup>-3</sup> を上回る場合は、低減しなければならない

いとされており、ラドンの低減措置は建築基準にも組み込まれている<sup>36)</sup>。日本国内におけるラドン濃度は世界各国の値に比べると小さいため、積極的な低減策はとられていないのが現状であり、一般公衆においてもその重要性は認知されていない。福島原発事故後の内部被ばくによる健康影響のリスクを考える上で、日本国民がまず知らなければならない情報として、福島原発事故以前にも、日常生活で呼吸により、無意識にラドン及びトロンの吸入による内部被ばくがもたらされること、そして、その線量は約 0.4 mSv であるということ認識すべきであるとする。また、高自然放射線地域の陽江におけるラドン及びトロンによる被ばく線量は日本の平均値よりもはるかに高いということ、海外では、一般家屋においても高自然放射線地域と同程度のラドンによる内部被ばくがあり、低減策がとられている国もあるということをも基本的な知識として身に付けておくべきであるとする。

また、福島原発事故後に WBC (ホールボディカウンタ) を用いた放射性セシウムによる食物摂取に伴う内部被ばく線量が明らかとなっており、多くの人の預託実効線量は 1 mSv 未満と報告されている<sup>40)</sup>。ここで、預託実効線量とは、食物の摂取によって生じる内部被ばくの実効線量を一生分積算したものである。通常成人は摂取後 50 年、子どもは 70 歳になるまでを計算する<sup>40)</sup>。つまり、食物摂取による内部被ばくは、多くの人が 1 mSv 未満となっており、それに比べて、ラドン及びトロンによる吸入による被ばくの線量が大きいという事実を一般公衆は知るべきであるとする。

表 14 放射性セシウム 134、137 摂取による預託実効線量  
\*(復興庁データより引用 H28 年 5 月まで)

預託実効線量	人数
1 mSv 未満	286,219
1 mSv	14
2 mSv	10
3 mSv	2

以上の結果から調査 2 では、高自然放射線地域の一つである中国の陽江市の自然放射線における吸入摂取による内部被ばく線量を明らかにした。ラドンとトロンの吸入摂取に伴う年間被ばく線量は  $3.1 \pm 2.0$  mSv 及び  $2.2 \pm 2.5$  mSv であり、ラドンとトロンの合計年間線量は  $5.3 \pm 3.5$  mSv と評価された。これは UNSCEAR の報告にある世界の自然放射線量の平均値である 2.4 mSv をはるかに超える値であった<sup>30)</sup>。また、同地区の外部被ばくの線量は、1.2 mSv であり内部被ばくの線量は外部被ばくの線量の 4 倍以上の値であった。また、同調査にて高自然放射線地域のインド・ケララ州では内部被ばくの線量は低く、外部被ばくの線量が高いことが明らかになった。よって、高自然放射線からの低線量の慢性被ばくによる健康影響の実態を解明するには、被ばくの形態についても考慮することが重要であることが示唆された。

また、内部被ばくによる健康影響を考えるにあたって、福島県民健康調査での WBC の結果を参照すると、食物摂取による放射性セシウム 137 と放射性セシウム 134 からの預託実効線量は、大多数の人が 1 mSv 未満と報告されている<sup>40)</sup>。経口摂取に伴う放射性セシウムの内部被ばく線量は高自然放射線地域の陽江市の吸入による内部被ばく線量に比べて極めて低いことが言えよう。

経口摂取に伴う放射性セシウム 134 及び放射性セシウム 137 による内部被ばくは必要に応じて低減することも可能であり、WBC の調査結果から判断しても概して低い値である。ラドン及びトロンの吸入による内部被ばくは、呼吸に伴い無意識に被ばくするため、人々は避けることができず日常的被ばくをしており、陽江地域においてはその被ばく線量が特に高いという結果が得られた。

これらの知見を一般公衆に対する放射線リスクコミュニケーションにおいて活かすためには、単に世界平均における年間実効線量が 2.4 mSv という情報だけではなく、高自然放射線地域における、ラドン及びトロンの内部被ばくの線量の実態についても言及すること、WHO では屋内ラドン濃度の低減策を提言し、世界各国ではすでに建築基準等に取り入れられているという情報等、福島原発事故における被ばく線量の実態と照らし合わせて理解することができるような情報提供が求められると考える。

## 第4章 結 論

本研究では、一般公衆に対する低線量・低線量率被ばくによる健康影響のリスクを説明するツールの開発に向けた基礎データとして、一般市民を対象としたアンケート調査による放射線に対するリスク認知の傾向を把握したとともに、代表的な高自然放射線地域である中国広東省陽江市におけるラドン及びトロンの吸入摂取による住民の内部被ばく線量評価を行った。本研究で得られた知見は以下の通りである。

### 1) アンケート調査による放射線に対するリスク認知の傾向

- ① 自然放射線からの被ばく線量として年間 1 mSv 以上被ばくしていると認識している人が多かった。一方、健康影響が出る線量は 1 mSv と回答している人も多くみられ、線量が与える健康影響についての知識は定着していないことが明らかになった。
- ② 一般公衆でも、特に被災者である浪江町民は青森県民に比べて福島原発事故由来の「人工」の放射性物質による健康影響について心配していることが示唆された。被災者の中でも、女性や 50 歳以上、職員よりも町民にその傾向がみられた。また、放射線に関する不安や疑問がある人ほど「人工」の放射線と「自然」放射線には健康影響に違いがあると考えていることが明らかになった。
- ③ 多くの一般公衆が内部被ばくと外部被ばくとでは健康に与える影響が異なると認識していることが明らかになった。特に、汚染された「食べ物・水」を経口摂取することで起こる「内部被ばく」について不安を抱いていた。さらに、女性では「食べ物・水」について心配する声が挙げられた。
- ④ 高齢者ほど放射線に対する不安や疑問を持つ傾向にあることが明らかになった。
- ⑤ 放射線の基礎知識に関する理解の程度は、講演会の受講回数とは無関係であることが明らかになった。特に、受講回数が 3 回以上の人でも「人工」と「自然」放射線の健康影響は異なると認識していた。

これらのことから、受講者は事故後マスメディア等を通じて、放射線に関する様々な情報を耳にし、情報を明確に解釈することが困難であったため、断片的な知識を持つ傾向にあると示唆された。今後は、対象の属性、不安・心配事などを考慮し、個々の対象者の知りたい情報や対象者の放射線の基礎知識の理解度に合わせたリスクコミュニケーションの方法を構築していく必要があると考える。

## 2) 中国広東省陽江市におけるラドン及びトロンの吸入摂取による住民の内部被ばく線量評価

- ① ラドン及びトロンの吸入摂取による年間実効線量は  $3.1 \pm 2.0$  mSv、及び  $2.2 \pm 2.5$  mSv であり、ラドンとトロンの合計線量は年間で  $5.3 \pm 3.5$  mSv であることを世界で初めて明らかにした。
- ② 福島県民健康調査では、WBC による放射性セシウムからの内部被ばく線量を調査し、多くの住民が 1 mSv 未満であった<sup>40)</sup>。つまり、経口摂取による放射性セシウムの内部被ばく線量は高自然放射線地域の陽江市の吸入による内部被ばくの線量に比べて極めて低いことが明らかになった。

## 3) 本研究結果を活用した放射線リスクコミュニケーション手法の開発に向けた提案

WHO のラドンハンドブックでは、ラドンリスクコミュニケーションとして以下の 5 つのキーメッセージを示している<sup>36)</sup>。

1. ラドンのリスクや予防のメッセージを伝えることは、ラドンが一般には知られていないことや、公衆にとって健康リスクとして認識されていない可能性があるため、重要な課題である。
2. ラドンリスクコミュニケーションの第一目的は、公衆に情報を伝えるだけでなく、ラドンというものが対策の必要な重要な公衆衛生問題であることを政策決定者に納得させる
3. 効果的なリスクコミュニケーションには、組織間の連携、明瞭で調和のと

れたメッセージ、そして社会信頼性のある協力者（放射線科学者や疫学者と社会学者、心理学者など双方が関わる協調的な取り組み）が必要であるとしている。

4. ラドンリスクコミュニケーションの一環として、ターゲット層を狙った一連のコアメッセージを開発することが望ましい。これらのメッセージは単純で、短く、的を得たものでなければならない。
5. ターゲット層のラドンに関する認知や知識レベルの評価を強く推奨する。リスクコミュニケーションキャンペーンの前後において、この評価を行うべきである。

これらを参照に、放射線の基礎知識として一般公衆及びが知っておくべきことは以下の点である。これが、キーメッセージになると考える。

- 「自然放射線」による被ばくは日常的にあり、その線量は1 mSvを越えており、世界平均では2.4 mSvであること。0 mSvという状況は存在しないこと。
- 自然放射線の被ばく線量のうち、約半分は「ラドン」「トリウム」という放射性物質であり空気中に存在している。これらは、呼吸により肺に取り込まれ、内部被ばくするという。呼吸は生命活動を維持するために必要不可欠であるため、無意識に避けられない被ばくをしているということ。
- 「内部被ばく」と「外部被ばく」、「人工放射線」と「自然放射線」では同じ線量であれば体に与える影響の大きさは同じであること。よって福島原発事故由来の放射性セシウムも自然界に存在するラドン及びトリウムも同等に評価することができる。線量評価を行うと、放射性セシウムによる内部被ばくは、ラドン及びトリウムによる被ばく線量と同等、もしくはそれ以下であり、健康影響に関して被害をもたらすという可能性は低い。

上記のキーメッセージを元に対象者となる一般公衆の背景を考えながら、リスクコミュニケーションを進めていくことが望ましい。具体的には、

- ① 放射線専門家のみではなく、心理学やリスク認知の専門家など科学的側面と心理面での双方からアプローチする必要がある。
- ② 専門家のみ任せるとはせず、キーメッセージを正確に伝えることができるような、リスクコミュニケーターの育成を行うことも重要である。リスクコミュニケーターは、放射線に関する知識を正確に習得でき、コミュニケーション力(話し方、傾聴、共感)も備わっている人が望ましいと考える。様々な対象に向けて信頼関係を構築し、リスク認知を醸成していけるような体制作りも求められるであろう。

#### 4) 今後の展望

浪江町は2017年3月に避難指示解除を計画し帰還を予定している。復興庁が行った平成26年度の帰還に対する意識調査結果では、17.6%の町民が「すぐに・いずれ戻りたい」、24.6%が「まだ判断がつかない」、48.4%が「戻らないと決めている」としていた。一方、平成28年度の調査結果では、17.5%が「すぐに・いずれ戻りたい」、28.2%が「まだ判断がつかない」、52.2%が「戻らないと決めている」であった。帰還の意向に関する同調査で戻らないと決めている理由の一つとして、「放射線量が低下せず不安である」ということが挙げられている<sup>43)</sup>。また、帰還を判断する理由として、「放射線量の低下の目途、除染成果の状況」や「放射線の人体への影響に関する情報」も挙げられている<sup>43)</sup>。このような背景から、今もなお住民は帰還後の低線量慢性被ばくによる健康影響に対する不安があり、積極的な帰還が進まないことが予想される。そこで、低線量慢性被ばくによる健康リスクについて、本研究で得られた知見を分かりやすく配信し、浪江町民の帰還後の不安の軽減につながるよう支援することが求められる。その際、リスクコミュニケーションの手法として以下が考えられる。



- ① 一方向の知識の教授ではなく、よろず相談などといった直接対話型コミュニケーション手法を用いること。
- ② 対象者の関心や理解度、年齢や性別などに配慮すること。
- ③ 専門家との間に強い信頼関係を築き、相互の理解を深めながら進めていくこと。
- ④ 対象者、特に福島原発事故の被災者の不安、心配事項は多岐にわたることや、各個人の置かれている状況や事情によりリスク認知は異なることも忘れてはならない。

今後は、放射線専門家と町民の信頼関係の構築を通じて、放射線に対するリスク認知がどのように変化するかを定量的に検討し、自然放射線被ばく研究を活用したリスクコミュニケーション手法の確立に向けて更なる調査を行っていく必要がある。

本研究対象者は、浪江町と青森県内で実施した講演会の参加者に対するアンケート調査に協力が得られた場合に限定されている。したがって、本研究の結果は浪江町民や青森県民の認識を代表するものではない。今後、必要なサンプルサイズを検討し、別途同様のアンケート調査を実施することで各属性の代表的な傾向を分析していく必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、多忙な中、放射線の基本的な知識について一から教えてくださり、多くのご指導を賜りました本学被ばく医療研究所の床次眞司先生、論文の作成にあたり、様々な面でご指導、ご助言を頂きました本学大学院保健学研究科の柏倉幾郎先生、木立るり子先生、細田正洋先生に深く感謝を申し上げます。研究を通じて多くのご助言を頂いた本学被ばく医療総合研究所の岩岡和輝先生に心より感謝を申し上げます。

陽江の調査でご協力いただきました鹿児島大学大学院医歯学総合研究科の秋葉澄伯先生、解析についてご助言をいただきました福島県立医科大学医学部の大森康孝先生に深く感謝いたします。また、測定器の解析においてご指導いただきました研究員の Paitoon Wanabongse さん、Chanis Pornnunpa さん、伊藤悠亮さんに深く感謝申し上げます。論文投稿の際には、福島県立医科大学医学部の石川徹夫先生、反町篤行先生、自然科学研究機構核融合科学研究所の赤田尚史先生、量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所の Sarata K. Sahoo 先生に多くのご助言をいただきました。心より感謝を申し上げます。

アンケートにご協力頂いた福島県浪江町の皆様、青森県の弘前市、青森市、八戸市の皆様に深く感謝申し上げます。

最後に、ここまで応援してくれた家族に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Hosoda, M., Tokonami, S., Sorimachi, A., et al.: The time variation of dose rate artificially increased by the Fukushima nuclear crisis. *Sci Rep*, 1: p. 87. 2011.
- 2) 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会：国会事故調 報告書. pp.328-447, 株式会社徳間書店, 東京, 2012.
- 3) 環境白書, 循環型社会白書, 生物多様性白書： Available at <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h25/html/hj13010101.html>, (2016-12-09).
- 4) Hosoda, M., Tokonami, S., Tazoe, H., et al.: Activity concentrations of environmental samples collected in Fukushima Prefecture immediately after the Fukushima nuclear accident. *Sci Rep*, 3: p. 2283, 2013.
- 5) 福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定： Available at [http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120524j0105.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120524j0105.pdf), (2016-12-09).
- 6) 放射線の線源と影響, 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 UNSCEAR2008 年報告書 [日本語版]：独立行政法人放射線医学総合研究所 監訳, 第2巻:影響, pp.60-64, 白樺写真工芸, 千葉, 2013.
- 7) 小児甲状腺被ばく調査結果に対する評価について： Available at <http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/details/files/hyouka.pdf>, (2016-12-09).
- 8) Tokonami, S., Hosoda, M., Akiba, S., et al.: Thyroid doses for evacuees from the Fukushima nuclear accident. *Sci Rep*, 2: p. 507. 2012.
- 9) 神田玲子, 辻さつき, 米原英典：東電福島第一原発事故関連の放射線に関する新聞記事見出し及びインターネットコンテンツのテキストマイニング解析. *保健物理*, 49(2), 68-78, 2014.
- 10) 佐野和美：福島第一原子力発電所事故後の週刊誌報道の分析と情報の扱われ方, 日本マス・コミュニケーション学会・2014年度春季研究発表会・研究発表論文, 1-6, 2014.
- 11) (株)野村総合研究所：震災に伴うメディア接触動向に関する調査： Available at <http://www.nri.com/jp/news/2011/110329.html>, (2016-10-30).

- 12) 吉野章, 大南絢一 : 食品の放射性物質汚染に関わる消費者の情報収集活動の現状－首都圏と関西圏におけるアンケート調査に基づいて－, 環境情報科学 学術研究論文集 27, 221-226, 2013.
- 13) 戒能一成 : 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う農林水産品の「風評被害」に関する定量的判定・評価について, RIETI Discussion Paper Series 13-J-060, 2013.
- 14) 松田友義 : 風評被害トレーサビリティ, *Agriculture and horticulture* 88 (7): 720-730, 2013.
- 15) 清水一雄, 佐藤英尊, 汲田伸一郎 : 東日本大震災により発生した福島原発事故の実際と風評被害－チェルノブイリ原発事故後の甲状腺癌発症の状況と比較して－, *日医大医学会誌*, 7(3) : 135-137, 2011.
- 16) 井上能行 : 震災・原発報道における新聞報道の在り方, *情報の科学と技術*, 66(1), 21-26, 2015.
- 17) 科学と社会のよりよい関係に向けて－福島原発災害後の信頼喪失を踏まえて－福島原発災害後の科学と社会の在り方を問う分科会 : 日本学術会議, Available at <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t195-6.pdf>, (2016-12-27).
- 18) 渋谷敦司 : リスク認知研究者は原子力事故の何をどのように問題にしてきたのか : 福島第一原発事故をふまえて考えるリスクコミュニケーション研究の新たな課題, *茨城大学政経学会雑誌*, 82, 163-186, 2013.
- 19) Tsuda, T., Tokinobu, A., Yamamoto, E., et al.: Thyroid cancer detection by ultrasound among residents ages 18 years and younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. *Epidemiology*. 27: 316-322, 2016.
- 20) 八島幸子, 千田浩一 : 福島第 1 原子力発電所事故における一般住民に対する電話被ばく相談, *東北大医保健学科紀要*, 23(2) : 95-108, 2014.
- 21) 荻野晴之 : 福島第一発電所事故後 9 か月間の放射線リスクコミュニケーションに関する省察, *保健物理*, 47(1) : 37-43, 2012.

- 22) 国立研究開発法人放射線医学総合研, 放射線被ばくに関する Q&A : Available at <http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php>, (2016-12-09).
- 23) 日本保健物理学会「暮らしの放射線 Q&A 活動委員会」: 赤井茂樹(編) “専門家が答える暮らしの放射線 Q&A”, 株式会社朝日新聞社, 東京, 2013.
- 24) 鈴木元, 神田玲子 : 鈴木元(編) “正しい被曝医療 Q&A50”, 株式会社診断と治療社, 東京, 2012.
- 25) 日本学術会議幹事会声明「東日本大震災からの復興と日本学術会議の責務」: Available at <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-kanji-3.pdf>, (2016-12-27).
- 26) Alvin MW. : Science and Trans-Science, Minerva 10(2): 209-222, 1978.
- 27) ICRP Publication 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告 : 社団法人日本アイソトープ協会, pp.119-166, 丸善, 東京, 2009.
- 28) 環境省 : 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 (平成 26 年度版), Available at: <http://www.env.go.jp/chemi/rhm/h27kisoshiryo.html>, (2016-12-27).
- 29) 佐渡敏彦, 福島昭治, 甲斐倫明: 放射線および環境化学物質による発がん—本当に微量でも危険なのか?—, pp.82-89, 株式会社医療科学社, 東京, 2005.
- 30) 放射線の線源と影響, 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 UNSCEAR2006 年報告書 [日本語版] : 独立行政法人放射線医学総合研究所 監訳, 第 2 巻, pp.213-327, 名取印刷工業, 千葉, 2011.
- 31) 原子力安全研究協会: 新版 生活環境放射線, 国民線量の算定, pp. 155, 東京, 2011.
- 32) 市川龍資 : 日本の国民線量—特に諸外国との比較—, RADIOISOTOPES, 62, 927-938, 2013.
- 33) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiations. United Nations, 2000.
- 34) Kovács, T: Thoron measurements in Hungary. Radiat. Prot. Dosim. 141(4): 328-334, 2010.

- 35) Vaupotić, J., Celiković, I., Smrekar, N., et al.: Concentrations of  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  in indoor air. *Acta Chim. Slov*: 55, 160-165, 2008.
- 36) WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. World Health Organization 2009.
- 37) Darby. S., Hill. D., Auvinen. A., et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies: *BMJ*, 2005.
- 38) Daniel. K., Jay. H., Lubin. H et, al.: Residential Radon and risk of Lung cancer A Combined analysis of 7 North American case-control studies, *Epidemiology*: Vol, 16 No.2, 2005.
- 39) Lubin, J. H., Wang, Z. Y., Boice, J. D. Jr., et al.: Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int. J. Cancer*: 109(1), 132-137, 2004.
- 40) 復興庁, 放射線リスクに関する基礎的情報 平成 28 年 2 月版 : Available at [http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160308Basic\\_InformationRR.pdf](http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160308Basic_InformationRR.pdf), (2016-12-27).
- 41) Tao, Z., Akiba, S., Zha, Y., et al.: Cancer and non-cancer mortality among inhabitants in the high background radiation area of Yangjiang, China (1979–1998). : *Health Phys.* 102(2), 173-181, 2012.
- 42) Nair, R. R., Rajan, B., Akiba, S., et al.: Background radiation and cancer incidence in Kerala, India-Karunagappally cohort study. *Health Phys*: 96(1), 55-66, 2009.
- 43) 浪江町役場 : Available at :<http://www.town.namie.fukushima.jp/soshiki/2/namie-factsheet.html>, (2016-12-09).
- 44) Yoshida-Ohuchi, H., Hosoda, M., Kanagami, T., et al.: Reduction factors for wooden houses due to external gamma-radiation based on in situ measurements after the Fukushima nuclear accident. *SciRep*, 4: p. 7541. 2014.
- 45) 西沢義子 : 被ばく医療における人材育成のこれから, 特集 被ばく医療における看護の人材育成と研究, 弘前大学大学院被ばく医療人材育成プロジェクト, *看護研究*, 46(1), 77-82, 2013.

- 46) 総務省統計局: Available at <http://www.stat.go.jp/library/faq/faq02/faq02a11.htm>, (2016-12-09).
- 47) 厚生労働省, 統計情報白書: Available at <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai11/sankou01.html>, (2016-12-09).
- 48) 福德康雄: 鹿児島県下小・中学校教員の放射線リテラシーと放射線教育の実態調査, 日本放射線安全管理学会誌, 9(2), 158-168, 2010.
- 49) 村井健志: 放射線教育の現状と放射線に関する意識調査, INSS JOURNAL: Vol.20, 28-37, 2013.
- 50) 上市秀雄: リスク社会の心理学 —人間の理解と信頼の構築に受けて—.中谷内一也(編), 第一版, pp.69-85, 有斐閣, 東京, 2012.
- 51) 中谷内一也, 島田貴仁: 日本人のハザードへの不安とその低減: 日本リスク研究学会誌: 20(2), 125-133, 2010.
- 52) 辻さつき, 神田玲子: 日本人の原子力・放射線観に関する調査研究, 日本リスク研究学会誌: 18(2), 33-45, 2008.
- 53) Sugimoto, T., Shinozaki, T., Naruse, T., et al.: Who was concerned about radiation, food safety, and natural disasters after the great East Japan earthquake and Fukushima catastrophe? A nationwide cross-sectional survey in 2012: PLoS ONE, 9(9): p. e106377, 2014.
- 54) 放射能に関する市民意識調査報告書, 福島市: Available at <http://www.city.fukushima.fukushima.jp/uploaded/attachment/13601.pdf>, (2016-12-27).
- 55) ICRP Publication 103 国際放射線防護委員会の2007年勧告, 社団法人日本アイソトープ協会, pp.43-81, 丸善, 東京, 2009.
- 56) 岡崎隆史, 大津山彰, 阿部利明, 他: 福島原発事故後の放射線被爆に対する意識調査, 産業医科大学雑誌: 34(1), 91-105, 2012.
- 57) 消費者庁食の安全に関する消費者の意識調査: Available at <http://www.caa.go.jp/jisin/pdf/110715press.pdf>, (2016-12-27).

- 58) Orita, M., Hayashida, N., Nakayama, Y., et al.: Bipolarization of Risk Perception about the Health Effects of Radiation in Residents after the Accident at Fukushima Nuclear Power Plant: PLoS ONE 10(6): e0129227, 2015.
- 59) 森嶋焔重, 古賀妙子, 藤波直人, 他: 世界の高自然放射線地域の線源、線量測定および線量分布. 近畿大学原子力研究所年報 : 5-20, Vol.42, 2005.
- 60) Yangjiang China. Available on [http://www.yangjiang.gov.cn/english/AboutYangjiang/Geographical\\_Location/201203/t20120314\\_65811.html](http://www.yangjiang.gov.cn/english/AboutYangjiang/Geographical_Location/201203/t20120314_65811.html), (2016-12-19).
- 61) Sohrabi. M.: World high background natural radiation areas: need to protect public radiation exposure. Radiat. Meas. 50, 166-171, 2013.
- 62) 小平聡, 山内知也: 固体飛跡検出器 CR-39 における重イオン飛跡生成メカニズム研究の現状, 放射線化学, 94, 27-40, 2012.
- 63) Tokonami, S: Why  $^{220}\text{Rn}$  (Thoron) measurement important? Radiat.Prot.Dosim :141 : 335-339, 2010.
- 64) Tokonami, S., Takahashi, H., Kobayashi, Y. et al.: Up-to-date radon-thoron discriminative detector for a large scale survey : Rev. Sci. Instrum :76, 113505-1-113505-5 2005.
- 65) Zhuo, W. and Iida, T.: Estimation of thoron progeny concentrations in dwellings with their deposition rate measurements. Jpn J. Health Phys: 35(3), 365-370, 2000.
- 66) Hosoda, M., Kudo, H., Iwaoka, K., et al.: Characteristic of thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) in environment. Appl Radiat and Isot: 120, 7-10, 2017.
- 67) Omori, Y., Tokonami, S., Sahoo, S.K., et, al.: Radiation dose due to radon and thoron progeny inhalation in high-level natural radiation areas of Kerala, India: J. Radiol Prot, Vol (37), No1, 2016.
- 68) ICRP, Radiological Protection against Radon Exposure, ICRP Publication 126, Ann, ICRP, 43(3), pp49-51, 2014.
- 69) Omori, Y., Tokonami S., Ishikawa T., et, al.: A pilot study for dose evaluation in high-level natural radiation areas of Yangjiang, China. J Radioanal Nucl Chem. DOI 10. 1007/s10967-015-4286-Z, 2015.



- 70) Hosoda M, Tokonami S, Omori Y, et al.: Estimation of external dose by car-borne survey in Kerala, India. PLoS ONE, 17; 10(4):e0124433. Doi: 10.1371/journal.pone.0124433, 2015.
- 71) Sanada, T., Fujimoto, k., Miyano K., et al: Measurement of nationwide indoor Rn concentration in Japan: Journal of Environmental Radioactivity 45, 129-137, 1999.
- 72) Suzuki, G., Yamaguchi, I., Ogata, H., et al: A Nation-Wide Survey on Indoor Radon from 2007 to 2010 in Japan: J. Radiat. Res., 51, 683-689, 2010.

## Abstract

Validation of natural radiation exposure studies as a communication tool for understanding of radiation risk communication

Hiromi Kudo

Department of Radiological Life Sciences, Division of Medical Life Science,  
Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

On 11 March 2011, a 9.0 magnitude earthquake, which occurred at Northern Japan, and subsequent tsunami caused serious damage to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS). People living within a radius of 30 km evacuated from their homes. Residents at Namie Town stayed at Tsushima district, which was located in the northwest of the FDNPS. As a highly concentrated radioactive plume passed through this area however, the evacuees were very much worried about their radiation doses and internal exposures. In order to overcome this anxiety, public people should recognize more detailed knowledge about natural radiation exposure. There are several high background radiation areas (HBRAs) in the world. Residents living in these areas have been exposed to low dose radiation over a long term. Chapter 1 mainly describes the aim of the present study. The motivation and background as well. Chapter 2 describes the recognition of radiation among general public in Namie Town and Aomori Prefecture (Hirosaki, Aomori and Hachinohe Cities). The survey was carried out using anonymous questionnaires. According to the data analysis, people recognized that they were exposed to natural radiations of more than 1 mSv. However, people in Namie Town thought even radiation of 1 mSv would cause some biological effects. In addition, many people recognized that there would be differences in health effects between artificial and natural radiations, internal and external exposures, respectively. In particular, residents of Namie Town concerned about their own internal exposures by ingestion of food and water. Chapter 3 focuses on internal exposures caused by inhalation of radon and thoron progeny because the internal exposures have not yet been clarified in HBRAs. For their dose assessment, radon, thoron and thoron progeny concentrations were measured by passive monitors

over a long period. Consequently, annual effective doses are estimated to be  $3.1 \pm 2.0$  mSv for radon and  $2.2 \pm 2.5$  mSv for thoron respectively. Total dose are estimated to be  $5.3 \pm 3.5$  mSv a<sup>-1</sup>. The present study has revealed that the radon dose was comparable than the thoron dose, and the total dose was about 2 times higher than the worldwide average. Chapter 4 summarized the present study. The conclusion is obtained as follows: In order to improve radiation risk communication, it is necessary to explain the health risk due to low dose chronic exposure clearly to general public using new scientific findings in HBRA studies. For instance internal exposures due to inhalation of radon and thoron progeny are unavoidable for general public. It implies that the strategy may be effective for further understanding of radiation risk.