

令和6年度放射線対策委託費

(我が国の職業上のラドン対応に関する検討のための調査) 事業

成果報告書

令和7年3月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

本報告書は、原子力規制委員会令和 6 年度放射線対策委託費（我が国の職業上のラドン対応に関する検討のための調査）事業による委託業務の成果を、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構が、とりまとめたものである。

目次

1. 緒言	1
2. 事業内容	2
2.1. 委託事業の目的	2
2.2. 委託事業の内容	2
3. 我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る研究に関する調査	5
3.1. 文献等調査実施に際しての事前の国内専門家への聞き取り調査	5
3.2. 文献調査	7
4. 諸外国において実施されている対策・措置に関する調査	19
5. 我が国の専門家との意見交換会による情報収集	32
6. まとめ	35
参考文献	36
【別添】各国の職場でのラドン対策に関する比較表	38

1. 緒言

地上に存在する自然放射線の主な発生源は放射性ガスであるラドン（Rn-222）やトロン（Rn-220）であり、環境中のウランやトリウム放射性崩壊によって生成される。ラドンやトロンはアルファ崩壊しながら、さまざまな放射性の子孫核種を生成するが、これらの多くもアルファ線を放出する。屋内環境においては、人々が呼吸する際に放射性ガスが肺へ侵入し、肺組織に放射線被ばくを与え、最終的には肺がんを引き起こす。ラドンによる被ばくは、喫煙に次ぐ肺がんリスク因子であることが知られており、ラドンへの対策や規制が実施されている諸外国も少なくない。ラドンの半減期は約 3.8 日と比較的長いいため、換気されていない屋内では滞留する。ラドン濃度は発生源である地質的特徴に依存しているほか、家屋構造や建材、気象条件、さらには屋内での人々の活動に依存する。屋内のラドン濃度はエアロゾルとの結合や部屋表面への付着、建材からの発生、換気の種類等のさまざまな条件で変化する。職場は職種や職場環境によって多種多様である。例えば、高層ビル内のオフィスワークのようなラドン濃度が高くなりやすい環境から、地下作業場などのラドン濃度が高くなる可能性がある環境など、さまざまである。また、被ばく状況は労働時間によっても変化する。

諸外国では一般家屋や職場を含む大規模な屋内ラドン調査が実施されている例があり、それらの大規模データに基づいて、高リスク地域の特定やラドン濃度のリファレンスレベルの設定やラドン行動計画が策定されている。各国で実施された屋内ラドンの疫学調査では、100 Bq/m³ 程度のラドン濃度でも有意な肺がんリスクの増加が観察されており、WHO（世界保健機関）では 100 Bq/m³ をリファレンスレベルとして勧告している。IAEA（国際原子力機関）では、一般家屋でのリファレンスレベルとして 300 Bq/m³ を勧告しているが、職場では滞在時間の違いを考慮して 1000 Bq/m³ としている。特にラドン被ばくに対する作業者の防護については、IAEA では、IAEA GSR part3(2014)[1]で要件を定め、その後 IAEA GSG-7(2018)[2]で具体的な内容を提供しており、2024 年 11 月に IAEA SSG-91[3]が発刊されたところである。

こうした状況を踏まえ、諸外国においてはラドンに係る対策が行われている。英国や米国等ではラドン行動計画が示されており、定期的な見直しが行われている。ラドン濃度の測定技術は確立されており、その国の状況や目的に応じた測定技術が用いられている。ラドン濃度が高くなる可能性のある家屋の特定には、ラドン濃度の大規模調査の結果や地質学的特徴によって作成されるラドンマップあるいはラドンポテンシャルマップが活用されている。

一方、我が国では、これまでに実施された全国規模の屋内ラドン調査の結果等を参照しつつ、公衆に対する追加的な放射線防護対策の必要性が放射線審議会において議論されているが、職業被ばくとして受けるラドンへの対応については、諸外国の状況も参考にしながら今後検討されてゆくものと思われる。本事業では、国際的な状況や我が国のラドンの検討状況を踏まえ、我が国でのラドンやトロンによる職業上の放射線防護に係る研究の文献調査により情報を整理するとともに、諸外国での対応状況を参考とするために担当部局へのヒアリング調査を行ったうえで、我が国におけるラドンや放射線防護研究の専門家の知見を収集した。

2. 事業内容

2.1. 委託事業の目的

ラドンは自然界に存在する放射性の貴ガスで、主な核種は、ウラン 238 を親とするウラン系列のラジウム 226 の壊変生成核種であるラドン 222 である。ウランやラジウムは、もともと自然にある土壌等に含まれているため、これから発生するラドンが常に我々の身のまわりの空気中に存在する。空気中に存在する高い濃度のラドン壊変生成核種を吸入し続けると、それらの核種が肺に沈着し、放出するアルファ線等による被ばくに起因して肺がんのリスクが増加することが示されている。ラドンに係る対応については、ICRP（国際放射線防護委員会）、IAEA（国際原子力機関）等の国際機関から勧告や要件等が示されており、こうした状況を踏まえ、一部の諸外国においてはラドンの取扱いについて検討が行われており、米国や英国等ではラドン行動計画が示されている。特にラドン被ばくに対する作業者の防護については、IAEA では、IAEA GSR part3(2014)で要件を定め、その後 IAEA GSG-7(2018)で具体的な内容を提供しており、2024 年 11 月に IAEA SSG-91 が発刊されたところである。我が国におけるラドンに係る検討については、公衆の放射線防護に関しては放射線審議会において議論されているが、職業上の放射線防護に係る検討は IAEA SSG-91 等の国際文書類を参照しつつ今後検討されていくものと思われる。そこで本事業では、我が国でのラドン（トロンを含む）の職業上の放射線防護に係る研究の状況及び諸外国の対応状況を中心に調査し、我が国における今後の検討に資することを目的とした。

2.2. 委託事業の内容

(1) 文献等調査実施に際しての事前の国内専門家への聞き取り調査（本報告書第 3 章 3.1.）

過去の我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る文献等を調査・整理を実施するにあたり、収集すべき情報及びその情報源等について明確にするため、国内専門家^{※1}への聞き取り調査を実施した。

※1 5 名程度（一人 1 回、原則オンラインとするが、面談形式を妨げるものではない。）を想定。専門家の選定は原子力規制庁と協議のうえで決定した。

(2) 我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る研究に関する文献等調査（本報告書第 3 章 3.2.）

過去に行われた我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る研究等を調査し、我が国の作業場でのラドンの状況を把握するための情報を収集した。具体的には地上・地下作業場等^{※2}で実

施されたラドンの研究等について調査し、情報を整理して取りまとめた^{※3}。その際、引用した文献等は明記した。

※2 地上作業場の例：閉鎖型建物、地質条件や換気制限のためにラドン濃度が上昇する可能性のある作業場、公衆の構成員の滞在係数が高い作業場（例：学校、保育所、病院）、閉鎖型原材料製造施設（例：NORM 関連処理施設）、水処理施設、魚類孵化場の建物、温泉地下作業場の例：地下鉱山、トンネル、地下室、地下の研究所、観光洞窟、食品貯蔵庫（例：ワインやチーズの製造の熟成、キノコの栽培）

※3 （1）の聞き取り調査の内容を踏まえ、各作業場の空気中のラドン濃度（ラドン壊変生成物の濃度、平衡係数、粒径分布等のより詳細な情報があればこれらを含む）、作業者の滞在時間、換気等による濃度低減策の効果、一般的な作業場の空気質（酸素濃度、人間・人為活動で発生する二酸化炭素・一酸化炭素濃度、硫化水素などの自然発生する有毒ガスの濃度、粉塵・エアロゾル濃度等）の維持や立ち入り時間制限に関する法規制（JIS などの技術標準、業界自主規制等）の情報を想定。具体的な情報収集内容は原子力規制庁と協議のうえで決定した。

（3）諸外国において実施されている対策・措置に関する調査（**本報告書第4章**）

職業上のラドン対策を実施している諸外国^{※4}について、関連項目^{※5}に係る情報を公開情報に基づき収集・整理し、国ごと^{※6}に要約した。その際、引用した文献等は明記した。

※4 3.（2）の調査結果を踏まえ、我が国におけるラドンの職業上の放射線防護を検討する上で参考になりうる諸外国5カ国程度を選定した。諸外国の選定は原子力規制庁と協議のうえで決定した。

※5 下記の項目を想定。

- ①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容
- ②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト
- ③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト
- ④規制当局が実施した上記②、③以外の対策
- ⑤上記②、③及び④の決定に係る検討経緯

※6 ※4で決定した諸外国を想定。各国1回程度、原則対面での聞き取り調査とするが、オンライン形式を妨げるものではない。(なお、諸外国への規制当局への最初の連絡は、原子力規制庁が全面的に協力。)

(4) 国内専門家を集めた意見交換会 (**本報告書第5章**)

3.(1)～(3)の調査を踏まえ、今後の我が国でのラドンの職業上の放射線防護の在り方を検討するため、国内専門家^{※7}を集めた意見交換会^{※8}を1回程度実施し、その検討内容を整理しまとめた。

※7 3.(1)※1で選定した5名程度を想定。調査結果により変更可能。

※8 下記の内容の検討及びまとめを想定。

①国際機関が示す参考レベルも参考に、我が国で曝露量(濃度×滞在時間)や線量が高くなる可能性がある作業場、対策をとる必要がある可能性がある作業場の抽出及び評価

②①を踏まえた我が国での職業上のラドン被ばくの一般的な傾向のまとめ及び今後の対応の在り方について

(5) 本委託業務に関する成果のまとめ (**本報告書**)

(1)～(4)の成果を成果報告書に取りまとめた。

3. 我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る研究に関する調査

3.1. 文献等調査実施に際しての事前の国内専門家への聞き取り調査

過去の我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る文献等を調査・整理を実施するにあたり、収集すべき情報及びその情報源等について明確にするため、原子力規制庁との協議のうえ、以下の国内専門家 5 名に Microsoft Teams を用いた Web 形式での聞き取り調査を 2024 年 11 月 18 日と 11 月 25 日に実施した。

【我が国の放射線防護・ラドン関連研究の専門家（五十音順）】

東京大学 飯本 武志 教授

日本原子力研究開発機構 石森 有 副所長

弘前大学 床次 眞司 教授

弘前大学 細田 正洋 教授

国立保健医療科学院 山口 一郎 主任研究官

具体的な参考文献や研究者名の情報を収集したほか、聞き取り調査で得られた情報を以下に整理した。

● 職場環境でのラドン測定と評価

- 茨城高専、九州衛生研、島根衛生研などで研究者レベルでの職場測定事例がいくつかある。
- 高層ビル（都庁、新宿ビル）、地下駐車場、宇宙飛行士の訓練施設などで測定例がある。
- 温泉旅館、幼稚園、学校、観光洞窟などで測定が行われている。
- 日本分析センターや金沢大学、神岡鉱山などでデータが存在する可能性がある。
- ラドンによる職業被ばくの線量評価はほとんど行われておらず、概算程度の試算が多い。
- 換気によって一定の低減効果があるが、元の濃度が高い場合は十分ではない可能性がある。
- 2003 年以前の換気対策がない公的建物ではラドン濃度が高くなる可能性がある。

● NORM（天然放射性物質）と関連する職場環境

- NORM の公衆向けデータ（化粧品等）はあるが、職場環境のデータはほぼないと思われる。

- 日本では NORM が低いとされるが、データが不足している可能性がある
- レアメタル関連の産業発展で新たに NORM が問題化する可能性がある。
- 廃棄物で NORM が含まれるケースがある。

- ラドン測定技術と国際動向
 - 国際標準化機構（ISO）でラドン測定技術の標準化が推進されている。
 - 米軍基地では米国環境保護庁（EPA）の指導のもと、低減工事や啓発活動が実施されている。
 - ポーランドの観光洞窟、韓国の地下街などでの海外での測定事例がある。
 - 韓国ではラドンベッド（ホルミシス効果を謳う製品）が問題化した。
 - 鍾乳洞などの観光洞窟での測定データが不足している。
 - 地熱発電のスラッジや浄水場のパイプ堆積物がラドン濃度を上げる可能性がある。

- 今後の対応と課題
 - 労働衛生に係る機関と連携して職場環境のラドン測定を進めた方が良い。
 - 職場・作業場でのラドン対策は省庁連絡会での整理が必要。
 - 航空機被ばくのガイドライン等の類似の指針が参考になる。
 - リスク評価と情報提供が重要である。
 - ラドン温泉ではクレームはないが、風評被害のリスクを考慮する必要がある。
 - 規制は必ずしも必要でないが、リスク低減・情報提供の観点から検討する価値はある。

3.2. 文献調査

我が国で実施された職場環境でのラドン濃度測定や線量評価を試みた文献 17 件について整理を行った。大規模調査としては、2016 年刊行の Oikawa et al. [4]で報告されている他、研究者レベルでのさまざまな職場での測定結果が報告されている[5-20]。表 1 は、文献情報より、測定した場所、職場の種類、期間、測定器、平均ラドン濃度、最低ラドン濃度、最高ラドン濃度、線量評価結果について整理したものであり、最高ラドン濃度の順番に並べている。ただし、測定結果については、部分的な場合がある。なお、表 1 は測定方法の違いにより、A)パッシブ型検出器と B)アクティブ型検出器に分けて整理した。パッシブ型のうち固体飛跡検出器 (SSNTDs) は長期的な測定によって年間ラドン平均値の環境ラドン濃度が評価される一方、アクティブ型検出器は数時間程度の短時間測定であることが多く、測定の実施方法として瞬間最大値の取得にフォーカスされる場合がある。例えば、岡山県人形峠での測定結果では、パッシブ型とアクティブ型の方法によって相当な差が生じているが、測定の実施方法や目的が異なることによると思われる。また、パッシブ型でも Pico-rad detector は、活性炭にラドンを吸着させて数日程度サンプリングし、液体シンチレーションカウンターで計数するため、SSNTDs に比べて短期間の平均値であることや湿度依存性があることに留意する必要がある。表 2 に今回調査した文献[5-20]の概要を示すとともに、それぞれの測定方法の特徴や結果について整理した。

学術論文以外では、2009 年に日本保健物理学会から出されたラドン[21]と NORM[22]の防護に関するガイドラインが本事業に大いに関連するものとして重要である。同ガイドラインによれば、ラドン防護のための介入と免除に関して、これ以下では介入が正当化されそうにないレベルとして 10 mSv/年、介入を免除できるレベルとして 1 mSv/年を提案している。同様に NORM 等に対する防護では、対応のための年線量の目安/規準として 1~10 mSv/年の線量バンドを提案している。

表 1 (A): パッシブ型検出器による職場環境でのラドン測定結果

場所	職場	期間	測定方法	ラドン濃度 (Bq/m ³)			年間線量 (mSv/y)	文献
				平均	最低	最高		
沖縄	鍾乳洞	3年	Activated charcoal		10	3000		[5]
山梨	温泉脱衣所	1日	Pico-rad detector		8	2676		[6]
山梨	温泉浴室	1日	Pico-rad detector		29	1190		[6]
岡山	廃石サイト		SSNTDs		8	694	0.06-2.52	[7]
山梨	温泉ロビー	1日	Pico-rad detector		12	564		[6]
---	学校	1年	SSNTDs	28	6	182		[4]
---	事務所	1年	SSNTDs	23	3	129	0.42-0.52	[4]
---	病院	1年	SSNTDs	20	4	125		[4]
群馬	事務所	1年	SSNTDs	29	12	93	0.47	[8]
---	工場	1年	SSNTDs	10	1	77		[4]
岐阜	温泉	2か月	RAD-POT		30	75	1.5	[9]
東京	高層ビル	3か月	SSNTDs, Ionization chamber*	21	2	68	0.08	[10]
東京	事務所	1年	SSNTDs		21	66	0.15-0.48	[11]
東京	事務所	5年	SSNTDs		21	62	0.07-0.61	[12]
山梨	温泉屋外	1日	Pico-rad detector		5	53		[6]
青森	事務所	1年	SSNTDs	25	20	30		[13]
福岡	地下施設	1.2年	Passive and AlphaGUARD*	7	2	14		[14]
---	学校	5年	SSNTDs and ionization chamber*	63				[15]

*パッシブ型とアクティブ型の両方を使用

表 1 (B): アクティブ型検出器による職場環境でのラドン測定結果

場 所	職 場	期 間	測定 方法	ラドン濃度 (Bq/m ³)			年間線量 (mSv/y)	文献
				平均	最低	最高		
岡山	廃石 サイト		AlphaGUARD 他		5	66300		[7]
沖縄	観光 洞窟	2 か月	AlphaGUARD	568	29	3232		[16]
青森	製造 工場		Active detector		8	151		[13]
東京	大学	11 週	AlphaGUARD, RAD-POT		3	125		[17]
青森	病院		Active detector		6	96		[13]
青森	学校		Active detector		28	79		[13]
青森	公的 事務所		Active detector		21	54	0.01-0.32	[13]
東京	大学	1 週	AB-5		<2	17		[18]
---	材料#		RAD7		4	50	0.43	[19]
茨城	大学	2 日	AlphaGUARD	150				[20]

#ジルコニウム, 耐火植物 (NORM)

表 2: 調査した文献の概要一覧

文献 [4]	
タイトル	A survey of indoor workplace radon concentration in Japan
著者	Oikawa, S., Kanno, N., Sanada, T., Abukawa, J., & Higuchi, H.
論文誌	Journal of Environmental Radioactivity, 87(3) (2006) 239–245 https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2005.12.001
要旨	日本の職場における職業被ばく評価を調査した。2000 年から 2003 年にかけて、日本の 705 か所でラドンガスを測定した。ラドン濃度の測定には、2 枚のポリカーボネート薄膜を備えたパッシブラドンモニターを使用した。調査した屋内は、事務所、工場、学校、病院であった。これらの屋内での測定期間は、それぞれ 1 年、2 年、3 年、4 年であった。全サイトの年間平均ラドン濃度の範囲は 1 Bq/m ³ ~182 Bq/m ³ で、算術平均と標準偏差は 11 Bq/m ³ と 20 Bq/m ³ であった。事務所、工場、学校、病院で観測された年間平均ラドン濃度は、それぞれ 23 Bq/m ³ 、10 Bq/m ³ 、28 Bq/m ³ 、20 Bq/m ³ であった。ラドンの吸入による職業被ばく線量は、約 0.42 mSv/y~0.52 mSv/y の範囲であった。
文献 [5]	
タイトル	Radon distribution and the ventilation of a limestone cave on Okinawa
著者	Tanahara, A., Taira, H., & Takemura, M.
論文誌	Geochemical Journal, 31(1) (1997) 49–56 https://doi.org/10.2343/geochemj.31.49
要旨	沖縄の玉泉洞において 3 年間にわたりラドン濃度が測定された。その結果、最大 3,000 Bq/m ³ に達する高濃度のラドンが確認され、特に夏季に濃度が上昇する季節変動が明らかになった。洞窟内外の空気交換がラドン濃度の変動を支配していることが示され、洞窟の微気象学的パラメータを基にした調査も実施された。31 か月間の連続測定では、活性炭を用いてラドン濃度を測定し、10 Bq/m ³ から 3,000 Bq/m ³ の範囲で変動することが確認された。夏季に高濃度となる要因として、洞窟内の気象条件や台風による風の影響が挙げられる。また、本研究では洞窟内の水の流れや洞壁からのラドン放出が、ラドンの主要な発生源であると結論付けた。

文献 [6]	
タイトル	Effect of spring water on the radon concentration in the air at Masutomi spa in Yamanashi Prefecture, Japan
著者	Inagaki, M., Koga, T., Morishima, H., Kimura, S., & Ohta, M.
論文誌	Journal of Nuclear Science and Technology, 49(5) (2012) 531–534 https://doi.org/10.1080/00223131.2012.677125
要旨	<p>ピコラッド検出器システムを使用して、山梨県増富温泉のラドン濃度を推定した。測定は、2000年の冬、1999年と2005年の夏に屋内と屋外の両方の環境で行われた。全体的に、温泉エリアの推定ラドン濃度は $5 \text{ Bq/m}^3 \sim 2676 \text{ Bq/m}^3$ の範囲で高いことがわかった。温泉の特定のエリアでは、浴室：$29 \pm 2 \sim 1190 \pm 10 \text{ Bq/m}^3$、脱衣所：$8 \pm 2 \text{ Bq/m}^3 \sim 2676 \pm 946 \text{ Bq/m}^3$、ロビー：$12 \pm 2 \text{ Bq/m}^3 \sim 564 \pm 7 \text{ Bq/m}^3$、屋外：$5 \pm 1 \text{ Bq/m}^3 \sim 53 \text{ Bq/m}^3$と、多様なラドン濃度が得られた。浴室のラドンガスの潜在的な発生源については、土壌よりも湧水の影響の方が大きかった。湧水はラドンガスを大気中に放出する。本研究では、機械によるサンプリング位置における屋外空気と湧水中のラドン濃度の間に強い相関関係が得られた。屋外空気中のラドン濃度は湧水中のラドン濃度に比例することが判明した。最終的に、本研究では、調査対象地域の空気中のラドンガスは主に湧水中のラドンから移行したと結論付けられた。したがって、局所的に高濃度の発生源があった。</p>
文献 [7]	
タイトル	Measurements of radon around closed uranium mines
著者	Furuta, S., Ito, K., & Ishimori, Y.
論文誌	Journal of Environmental Radioactivity, 62(1) (2002) 97–114 https://doi.org/10.1016/S0265-931X(01)00154-0
要旨	<p>岡山県および鳥取県の人形峠周辺の閉鎖されたウラン鉱山の廃石置場において、ラドン濃度およびそれに伴う線量評価が行われた。測定には、受動的測定法とサンプリング法の両方が用いられ、通常の測定において比較的高いラドン濃度が観測された。ただし、廃石置場からのラドン放出による居住地域およびその周辺への影響は、自然の背景レベルと比較して小さいことが確認された。ウランの探査および採掘活動が20年間行われた結果、坑道入口付近に廃石置場が形成された。長期測定には、静電収集システムを備えた高感度受動型ラドンモニターが使用された。測定結果は、長期</p>

	測定では 8 Bq/m ³ から 694 Bq/m ³ の範囲、短期測定では 5 Bq/m ³ から 66,300 Bq/m ³ の範囲であった。廃石置場内では比較的高いラドン濃度が確認されたが、長期的な子孫核種の評価により、環境への影響は小さいことが示された。本研究における連続測定の結果、廃石置場の敷地境界における実効線量は、一般公衆の線量限度である 1 mSv/年を下回ることが確認された。
文献 [8]	
タイトル	Radon and thoron concentrations in offices and dwellings of the Gunma prefecture, Japan
著者	Sugino, M., Tokonami, S., & Zhuo, W.
論文誌	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 266(2) (2005) 205-209 https://doi.org/10.1007/s10967-005-0893-4
要旨	群馬県のオフィスにおける年間ラドン濃度と線量計算を受動型 CR-39 ベースの積分型識別検出器を使用して行った。住宅と比較した結果、オフィスのラドン濃度は高く、平均ラドン濃度は 29±17 Bq/m ³ であり、範囲は 12～93 Bq/m ³ であった。春と冬のラドン濃度は、夏と秋よりも高くなるという季節変動が見られた。本研究では年間実効線量を 0.47 mSv/y と測定した。
文献 [9]	
タイトル	岐阜県の一温泉施設のラドン濃度と被曝線量試算
著者	下 道國, 小柳 津東, 床次 眞司, 北村 香織, 江尻 和隆, 南 一幸
論文誌	温泉科学, 第 55 巻第 4 号 (2006) 177-187 http://www.jhss.org/journal/back_number/vol55_pdf/vol55no4_177_187.pdf
要旨	岐阜県の温泉ホテルで、2 か月間、RADOPOT 検出器を使用して室内ラドン測定が行われた。ラドン濃度は 30～75 Bq/m ³ の範囲で測定された。しかし、ラドンと比較して、この研究ではいくつかの客室で非常に高いレベルのトロンガスが得られた。客室、ダイニングルーム、脱衣所、浴室、屋外環境のさまざまな測定位置で得られた同じラドン濃度を使用して、宿泊者とホテルスタッフの両方に対する線量計算が行われた。線量パラメータのうち、時間の昼間占有係数が変更された。昼間の線量から暫定的な年間線量を計算したところ、宿泊者で 60 mSv、ホテルスタッフで 2 mSv になっ

	た。確認された線量は、ラドン被ばくによる世界の平均線量の約 2 倍であった。
文献 [10]	
タイトル	Investigation of radon and thoron concentrations in a landmark skyscraper in Tokyo
著者	Inoue, K., Hosoda, M., Tokonami, S., Ishikawa, T., & Fukushi, M.
論文誌	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 298(3) (2013) 2009–2015. https://doi.org/10.1007/s10967-013-2661-1
要旨	AlphaGUARD および RADOPOT を用いた短期（6 週間）および長期（1 年間）の測定により、東京都庁舎のラドン濃度を調査した。ラドンガスの時間的変動の要因として大気パラメータも測定したが、長期測定ではラドンと同時にトロンに着目した。結果として、短期測定では平均ラドン濃度が 21 ± 13 Bq/m ³ で、範囲は 2～68 Bq/m ³ であった。一方、年間平均ラドン濃度は 16 ± 8 Bq/m ³ であることが判明した。短期測定では、機械換気システムの稼働とオフィスワーカーの活動をラドンの指標パラメータとして決定した。ラドン濃度は気温と正の相関関係にあることが判明した。長期推定では季節変動は見られなかった。さらに、この研究ではラドンとトロンの濃度に相関関係は見られなかった。長期測定データを使用したところ、オフィスワーカーの年間実効線量は 0.08 mSv/y と測定された。
文献 [11]	
タイトル	Radon measurement in indoor workplace
著者	Tokonami, S., Pan, J., Matsumoto, M., Furukawa, M., Fujimoto, K., Fujitaka, K., & Kurosawa, R.
論文誌	Radiation Protection Dosimetry, 67(2), 101 (1996) 143–146 https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a031807
要旨	日本の職場ラドンに関する予備的な研究として、東京の 5 つの建物で 1 年間にわたるラドン濃度の測定を行った。CR-39 および LR-115 検出器を用いて測定し、オフィスにおけるラドン濃度が一般的な日本の室内環境よりも高いことが明らかになった。測定は年間および時間単位で行われ、トロンの影響を排除するために空気交換の少ない特別な環境条件が設定された。ラドン濃度の上昇には、建材中のラジウム含有量

	<p>や建物の気密性が影響を与えていることが確認された。また、季節変動が明確に認められ、家庭用電化製品の使用も労働時間中のラドン濃度に影響を与えることが判明した。年間のラドン濃度は $21 \pm 3 \sim 66 \pm 6$ Bq/m³ の範囲であった。労働時間中のラドン濃度は比較的低くなり、労働時間中の測定がより正確な線量評価につながることを示唆された。年間 2,000 時間の労働時間を基準とすると、職場での年間平均実効線量は 0.23 mSv/年（範囲: 0.15~0.48 mSv/年）であった。</p>
文献 [12]	
タイトル	Characteristics of radon and its progeny concentrations in air-conditioned office buildings in Tokyo
著者	Tokonami, S., Furukawa, M., Shicchi, Y., Sanada, T., & Yamada, Y.
論文誌	Radiation Protection Dosimetry, 106(1) (2003) 71–75 https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006338
要旨	<p>東京の空調管理されたオフィスビルにおいて、長期および短期のラドン測定が実施された。長期測定には CR-39 を用いた受動型検出器が使用され、5 年間のデータが収集された。一方、短期測定には AlphaGUARD が使用された。測定結果によると、室内ラドン調査で得られた平均値（算術平均 16 Bq/m³）と比較して、高いラドン濃度が確認された。観測期間全体の平均ラドン濃度は 63 Bq/m³ であった。ラドン濃度が高い要因として、建物の高い気密性や建材として使用されているコンクリートが影響していると考えられる。時間的変動を観察すると、空調が停止した後ラドン濃度が 100 Bq/m³ を超えることがあった。CR-39 を用いた長期測定の結果、オフィスごとの平均ラドン濃度は 21 ± 3 から 62 ± 8 Bq/m³ の範囲であった。年間実効線量は 0.07 から 0.61 mSv/年の範囲で評価された。</p>
文献 [13]	
タイトル	Radon concentration in indoor occupational environments in Aomori Prefecture, Japan
著者	Iyogi, T., Ueda, S., Hisamatsu, S., Kondo, K., Sakurai, N., & Inaba, J.
論文誌	Journal of Environmental Radioactivity, 67(2) (2003) 91–108 https://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00162-5
要旨	<p>日本初の核燃料サイクル施設が設立された青森県において、自然放射線のバックグラウンド線量率測定プログラムの一環として、屋内職場のラドン濃度が測定された。長</p>

	<p>期（1年間）のラドン測定は、ポリカーボネートフィルムを使用したパッシブ検出器を用いて107カ所の職場で実施した。時間変動の推定にはAlphaGUARD(アクティブ検出器)を採用した。長期測定による平均ラドン濃度は25 ± 17 Bq/m³であり、その範囲は$20 \pm 15 \sim 30 \pm 24$ Bq/m³であった。職場の種類ごとのラドン濃度の範囲は、病院:$21 \pm 11 \sim 54 \pm 13$ Bq/m³、学校:$6 \pm 3 \sim 96 \pm 14$ Bq/m³、製造工場:$28 \pm 15 \sim 79 \pm 22$ Bq/m³、卸売・小売業の建物:$8 \pm 4 \sim 151 \pm 73$ Bq/m³であった。年間実効線量は$0.011 \sim 0.32$ mSv/年と推定した。</p>
文献 [14]	
タイトル	Measurement of the Radon Concentration in an Underground Public Facility and Dose Assessment. Fukuoka Tenjin Shopping Center
著者	Narazaki, Y., Tokonami, S., Sanada, T., Kanno, N., & Yamada, Y.
論文誌	Japanese Journal of Health Physics, 35(4) (2000) 435-442 https://doi.org/10.5453/jhps.35.435
要旨	<p>パッシブタイプの測定方法を使用して、福岡天神地下街で1年2か月間ラドン濃度を測定した。平均測定ラドン濃度は7 ± 2 Bq/m³で、範囲は2 Bq/m³から14 Bq/m³であった。この研究では空間分布は得られなかった。時間変化の観測については、AlphaGUARD モニターを使用して連続ラドン濃度を測定した。ラドン濃度は真夜中から正午にかけて高く、午後には低くなった。また、季節変動は得られなかった。この研究では、労働者の年間実効線量を計算するための線量パラメータにも焦点を当てている。その結果、天神センターの労働者の年間実効線量は0.024 mSv/yと算出された。</p>
文献 [15]	
タイトル	Radon in Workplaces and Schools in Hungary and Japan
著者	Nemeth, C., Tokonami, S., & Ishikawa, T.
論文誌	Japanese Journal of Health Physics, 40(3) (2005) 295-301 https://doi.org/10.5453/jhps.40.295
要旨	<p>オフィスビルにおいてSSNTDと電離箱をそれぞれ5年間と数か月間の測定期間にわたって使用し、平均ラドン濃度が63 Bq/m³であることを明らかにした。</p>
文献 [16]	

タイトル	A Preliminary Study of Radon Equilibrium Factor at a Tourist Cave in Okinawa, Japan
著者	Yamada, R., Tamakuma, Y., Suzuki, T., Nakasone, S., Shiroma, Y., Furukawa, M., Hashimoto, H., Hosoda, M., Akata, N. & Tokonami, S.
論文誌	Atmosphere, 12 (2021) 1648 https://doi.org/10.3390/atmos12121648
要旨	沖縄県玉泉洞の観光洞窟でラドン濃度と気象パラメータを調査した。ラドンガス濃度の測定には AlphaGUARD を使用した。得られたラドン濃度は冬季に低く、夏季に高かった。2017 年 1 月の測定では、洞窟内のラドン濃度は 32 Bq/m ³ ~118 Bq/m ³ の範囲で得られ、算術平均は 51 Bq/m ³ であった。一方、2017 年 7 月の測定では、ラドン濃度は 29 Bq/m ³ ~118 Bq/m ³ の範囲であり、最高値は 3232 Bq/m ³ で、算術平均は 568 Bq/m ³ であった。得られたラドン濃度の顕著な増減は、洞窟の空気換気によるものであることがわかった。ラドン濃度は、冬季の相対湿度の上昇とともに増加し、その後、気温が下がるとラドン濃度は増加した。
文献 [17]	
タイトル	Measurement of radon and thoron concentrations in the Tokyo Metropolitan University Arakawa Campus building
著者	Tsuruoka, H., Inoue, K., Hosokawa, S., Fukushi, M.
論文誌	The Journal of Japan Academy of Health Sciences, 19(1) (2016) 40-48 https://doi.org/10.24531/jhsaiih.19.1_40
要旨	首都大学東京では、アクティブ検出器とパッシブ検出器を用いてラドン測定が行われた。11 週間のラドン濃度の連続測定には AlphaGUARD が使用され、1 年間の測定には RADPOT が使用された。平均ラドン濃度は 20±14 Bq/m ³ と測定された。トロン検出器の識別特性を使用すると、ラドンとトロンの濃度の間に季節変化や相関は得られなかった。電離箱法による時間的変化の推定を使用すると、ラドン濃度は建物内の人の出入りによる換気量と空調の運転状況に依存することがわかった。最終的に、観察された建物でのラドン吸入の年間実効線量は 0.15 mSv/y であった。
文献 [18]	

タイトル	Parameter research and international strategy comparison on radioactive waste management
著者	Ma, X., Hasan, M., Igarashi, Y. & Iimoto, T.
論文誌	Proceedings of the 19th Workshop on Environmental Radioactivity (pp. 309–315). High Energy Accelerator Research Organization (2018)
要旨	AB-5 検出器を使用して、東京大学本郷キャンパスの事務室でラドン測定が行われた。パラメータ調査を適用して、コンクリートの建物で研究が行われた。ラドン推定の結果、屋内のラドン濃度は <2 Bq/m ³ から 17 Bq/m ³ の範囲であった。実験は 1 週間の短期調査として実施された。Pylon AB-5 モニターの感度が低いため、環境パラメータと適用された人間のライフスタイルパラメータによって影響を受けるラドンの時間変動の特性が損なわれたと考えられる。全体的に、この研究では比較的低い濃度が達成された。

文献 [19]

タイトル	Occupational Exposure to Natural Radiation in Zirconium Refractory Plants in Japan
著者	Iwaoka, K., Tabe, H., Suzuki, T., & Yonehara, H.
論文誌	Health Physics, 104(2) (2013) 151–157 https://doi.org/10.1097/HP.0b013e31826f55f8
要旨	ラドン・トロン分別検出器である RAD7 を使用して、工場でのラドン濃度の推定を行った。そこで得られたラドン濃度は 4 Bq/m ³ から 50 Bq/m ³ の範囲であった。さらに、線量計算の結果は 0.43 mSv/y であった。

文献 [20]

タイトル	Changes of Indoor Aerosol Characteristics and Their Associated Variation on the Dose Conversion Factor Due to Radon Progeny Inhalation
著者	Tokonami, S., Matsuzawa, T., Ishikawa, T., Iimoto, T., Yonehara, H., & Yamada, Y.

論文誌	RADIOISOTOPES, 52(6) (2003) 285-292 https://doi.org/10.3769/radioisotopes.52.285
要旨	<p>室内の空調、空気清浄機、換気といった人間の活動下での、室内ラドンと関連する線量パラメータの時間的変動を調査した。AlphaGuard を使用して、茨城県の大学のコンピュータ室で連続ラドン測定を行った。測定は 2 日間実施された。測定条件は、空調 (AC) オン - 換気 (VENT) オフ、空調オフ - VENT オフ、空調オン - VEN オン、空気清浄機のみオンと設定された。人間の活動がなく、AC オフ - VENT オフの条件で、平均ラドン濃度は約 150 Bq/m³であることが判明した。エアコンの動作により、室内のラドン濃度は変化しなかった。</p>

4. 諸外国において実施されている対策・措置に関する調査

ラドン濃度は地質学的特徴に依存しており、濃度レベルの高い地域（北欧諸国等）や低い地域（オーストラリア等）、また濃度レベルが広く分布している地域（英国等）がある。WHO データベース（2019 年データ）[23]において、世界各国のラドンによる職業被ばくに係る対応の状況を整理した。図 1 に、58 か国の職場ラドン対応に係るガイドラインや法規制の有無に関する状況を示している。2019 年のデータによれば、ガイドラインが有る国は 9 개국、法規制が有る国は 35 개국、規制・ガイドライン共に無い国は 14 개국である。ただし、2024 年 3 月にオーストラリアではガイドラインの設定がなされた[24]。図 2 は WHO から報告されている最新の各国のリファレンスレベルを図示したものである[25]。

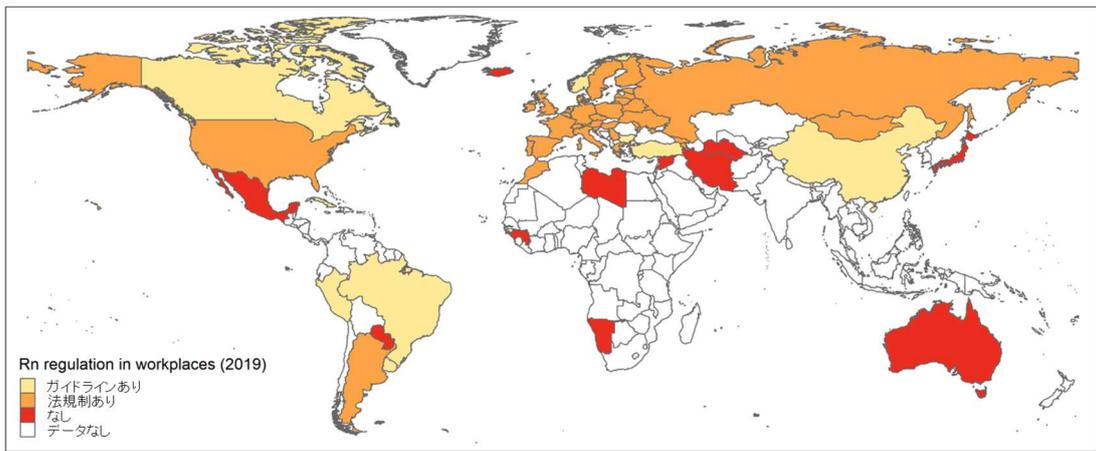


図 1. 世界各国の職場ラドンの対応状況（WHO データベース(2019) [23]）

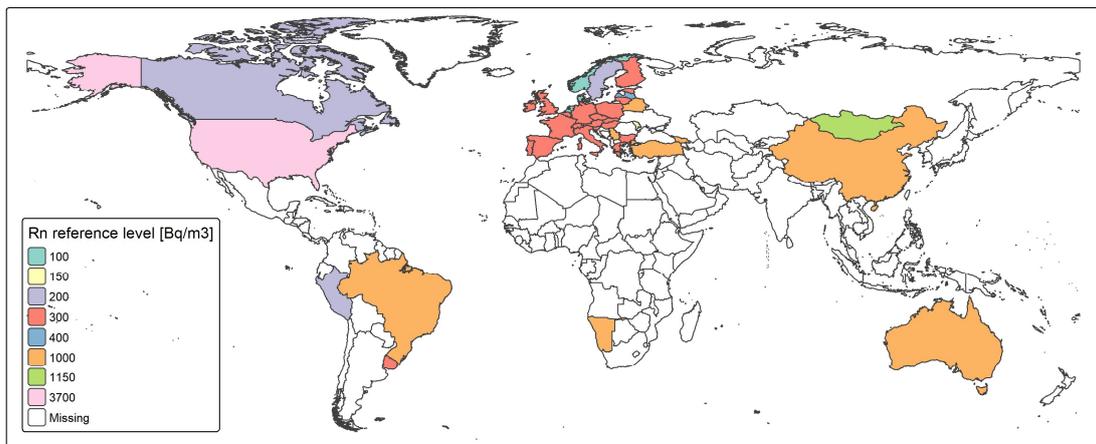


図 2. 世界各国の職場ラドン濃度のリファレンスレベル[25]

本調査では、ラドン対策に先進的で、濃度レベルがさまざまな諸外国を対象とし、原子力規制庁と協議のうえ、オーストリア、スイス、英国、オーストラリア、米国の 5 か国を選定し、以下の 4 か国の職場におけるラドン対応に係る対応状況と、国際機関 2 機関における取り組みについて、対面あるいは Web 会議での聞き取り調査により収集した。なお、選定した米国の Environmental Protection Agency (EPA; 環境保護庁) については、EPA 担当者とはヒアリング日程を 2025 年 2 月中旬に実施することで同意・調整をしていたが、米国政府の方針転換により、対外機関との会議等（本件では量子科学技術研究開発機構）について許可が必要となり、EPA 内で許可申請を継続していたものの、本報告書の提出時点で許可が下りていない状況であったため、米国へのヒアリング実施とそれに基づく本報告書への記載は断念せざるを得なかった。

【調査した 4 か国と担当機関】

- 【ラドン濃度が高い EU 加盟国】 オーストリア
Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES; 保健・食品安全局)
- 【ラドン濃度が高い非 EU 加盟国】 スイス
Federal Office of Public Health (BAG; 連邦公衆衛生局)
- 【ラドン濃度が分散している非 EU 加盟国】 英国
UK Health Security Agency (UKHSA; 健康安全保障局)
- 【ラドン濃度が低いオセアニア諸国】 オーストラリア
Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA; 放射線防護・原子力安全庁)

【関連する国際機関】

- International Atomic Energy Agency (IAEA; 国際原子力機関) [所在地: オーストラリア]
- World Health Organization (WHO; 世界保健機関) [所在地: スイス]

2025 年 1 月 27 日～31 日にかけて、オーストリア AGES、スイス BAG、英国 UKUKHSA、IAEA ならびに WHO の 3 か国 5 機関で現地調査を行った。2025 年 2 月 17 日にオーストラリア ARPANSA に Microsoft Teams による Web 聞き取り調査を行った。

各国における、①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容、②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実

施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト、③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト、④規制当局が実施した上記②、③以外の対策、⑤上記②、③及び④の決定に係る検討経緯、について聞き取りを行い、各機関から聴取した主要な内容を以下にまとめる。また、各国の職場でのラドン対策に関して整理した比較表を別添に示す。

● オーストリア

①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容

職場におけるラドン保護に関する規制は、主に「放射線保護法（Strahlenschutzgesetz - StrSchG）」および「ラドン保護条例（Radon Schutz Verordnung - RnV）」に基づいており、EU 指令（2013/59/Euratom）と一致している。ラドン規制の主な責任は、気候変動・環境・エネルギー・交通・イノベーション技術省（BMK）にあり、これらの規制の実施を担当している。BMK は環境保護および放射線安全の主要な省庁であり、ラドン防護に関する法的枠組みを設定し、職場向けの規制も担当している。また、連邦国家（Länder）も規制の実施に関与しており、鉱山のラドン規制に関しては鉱山当局（銅鉱や塩鉱を含む）が特別な管轄権を持つ。AGES は、ラドンのテストや評価などのサポート業務を行っているが、主要な規制機関ではない。EU 指令が基本的な枠組みとなっており、ラドン濃度のリファレンスレベルとして 300 Bq/m³が設定されている。職場環境におけるラドンと NORM の重複については、放射線保護法で規制されているが、NORM は計画的曝露状況として扱われ、ラドンは 6mSv/年、NORM は 1mSv/年と、別々に規制される。

②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

ラドンマップに基づいて、ラドン濃度が高い地域や職場（地下水の取水施設や鉱山など）が優先的に測定される。AGES の主な任務は情報提供と当局とのコミュニケーションであり、雇用主が自社の職場におけるラドン安全を確保する主な責任を負い、以下の実施義務がある。なお、その測定のコストは企業が負担する。

- i) ラドン保護区域に位置する職場でのラドン測定の実施
- ii) 測定のために認定されたラドン監視機関への委託
- iii) 参考値を超える結果の所管する州当局への報告
- iv) 必要に応じてラドン濃度の低減措置の実施

測定プロトコールは ICRP Publication 137 に従い、受動型検出器を用いて実施されている。高ラドン濃度地域に約 20,000 の職場があり、ラドン監視のために～35 ユーロ/検出器を認定企業がサービスを提供している。

③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

ラドン防護条例に従ってラドン濃度を測定した後、測定結果の評価が行われる。もし 300 Bq/m³を超えた場合、ラドン濃度を低減するための最適化措置を講じる必要がある。措置を講じ

たにもかかわらず、再測定でラドン濃度が 300 Bq/m³を超えている場合、線量評価を実施する必要があり、年間被ばく量が 6 mSv/年を超える可能性が示された場合、該当する従業員に対して正確な線量評価を行うことを規定している。通常、低減措置方法として換気が効果的な方法として推奨されるが、建物の種類により異なる。地面からラドンを排出するパイプを設置する方法も有効である。低減措置は認定企業がサービスを提供しており、そのコストは企業が負担する。低減措置を実施する前後で、6 カ月間の測定を行い、その効果を確認し、ラドンデータベースへ登録する必要がある。

④規制当局が実施した上記②、③以外の対策

AGES はラドン関連の問題に関する技術的な専門知識と指針を提供する重要な役割を果たし、下記の対応を実施している。

- i) ラドン測定と低減に関する情報提供、アドバイス、訓練を行うラドンコンピテンスセンターの運営
- ii) ラドンアクションプランの開発と実施
- iii) ラドン監視機関の認定を行い、測定と評価を実施させること

また、AGES は雇用主に対してラドンに関するコミュニケーションのガイダンスとサポートを提供する重要な役割をになっており、下記を実施している。

- i) 雇用主が使用できるコミュニケーション資料やリソースを提供
- ii) ラドンリスクおよび低減措置を効果的に伝える方法についての専門的アドバイスを提供
- iii) 一般の人々にラドンについて教育するための啓発キャンペーンを実施

高ラドン濃度地域にあり年間 6 mSv を超える作業場の雇用主は当局への通知と報告の義務ならびに従業員への指示の義務があり、ラドン防護事務局 (Radon Protection Officer: RPO) を設置する必要がある。RPO は従業員に対するトレーニングコースを開設し、定期的なトレーニングを実施する必要がある。なお、対策計画については 5 年毎に評価と更新を行う。

⑤上記②、③及び④の決定に係る検討経緯

EU 指令により規制の基本的な枠組みの導入は簡素化されたが、内部の議論や関係機関との調整には課題があった。特に、ラドンの潜在的リスク地域を特定するためのラドンポテンシャルマップが当初無かったため、数多くある職場の中でラドン濃度が高い職場を判断することが難しく、優先順位の設定が困難であった。このため、全体的な傾向を把握するためのパイロット調査を実施した。

- スイス

- ①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容

ラドン防護の原則は 2017 年の放射線防護条例（RPO）に定められており、2018 年以降、新たな規定が適用されている。これは EURATOM、ICRP Publication 137、IAEA GSR Part 3 に従っている。一般的な職場でのラドン濃度のリファレンスレベルは 300 Bq/m³としている。ただし、ラドン曝露のある職場の閾値は 1000 Bq/m³と設定しており、年間被ばく線量が 10 mSv を超える場合は職業被ばくとして管理している。連邦公衆衛生局（FOPH）と BAG はラドン規制の策定や実施に係る主要機関であり、監視・防護策を策定し、スイス国家労災保険機関（Suva）は労働安全規制の実施および職業被ばく防護を担当、スイス連邦原子力安全監督局（ENSI）は放射線防護の監視（特に原子力発電所に関するもの）し、州当局は各州がラドン規制の実施と監督を担当している。スイス国内には NORM 関連の産業は存在しないが、輸入やリサイクル施設にリスクの可能性がある。

- ②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

ラドンマップに基づいて、ラドン濃度が高い地域や職場（地下水の取水施設や地下施設（ワインセラー、きのこ栽培施設など））が優先的に測定される。例えば、スイス国内には 192 の水道施設があり、年間平均ラドン濃度は 5000 Bq/m³ を超えている。雇用主は自社の職場におけるラドン安全を確保する主な責任を負っており、測定コストはその企業が負担する。なお、軍は独自のプロトコールとデータベースを有しているが、非公開である。Suva がラドン濃度測定と監査を行っており、企業が適切に実施していない場合、罰則が科され、保険料のコストが増加する仕組みが取られている。一般には受動型検出器を用いてラドン濃度測定が実施されている。BAG は出版物やプレゼンテーションなどを通じて、関係者のグループに情報を提供している。また、BAG はラドン測定のための企業を認定している。スイスにおけるラドン濃度測定と低減措置の実施に責任を持つ主要な利害関係者は FOPH である。スイスの各州は連邦ラドン規制の施行を担当し、検査の実施や雇用主へ追加指針の提供をすることがある。

- ③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

低減措置の方法として、換気や防護膜の設置、排気システムの導入等が用いられ、そのコストは企業が負担する。FOPH がラドン防護措置の実施を監督する。

④規制当局が実施した上記②、③以外の対策

FOPH の承認を受けた研修を修了したラドンコンサルタントは、建物におけるラドン対策についてのアドバイスを提供する。BAG はラドン専門家への技術的支援を確保し、研修や継続教育を組織するラドンセンターを運営するために 3 つの応用科学大学を指定し、ラドン担当者を任命している。BAG のラドン行動計画下での測定キャンペーンやラドンデータベースの作成等は国によって支援されている。費用対効果（肺がん治療とラドンの予防・低減の比較など）の評価は実施されていない。

⑤上記②、③及び④の決定に係る検討経緯

WHO のリファレンスレベル（100 Bq/m³）をそのまま実際に適用すると半数以上の建物が規制対象になる可能性があり、コストとのバランスが考慮された。スイスの連邦制度として、連邦および州の管轄が異なるため、一貫した基準の策定が困難であった。

● 英国

①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容

放射線規制 2017 年（IRR17）では、ラドン濃度が 300 Bq/m³を超える場合に発効し、雇用主はラドン濃度を低減するための対応を講じる法的義務がある。これは IAEA や ICRP、EU 指令とおおむね一致している。安全衛生庁（HSE）は職場におけるラドン曝露に関する規則を実施する主な機関であり、雇用主がラドンなどの電離放射線曝露をできるだけ低く保つことを義務付ける「放射線規制 2017 年（IRR17）」の遵守を確保している。UKHSA は放射線防護に関するガイドランスを提供し、ラドンの測定や軽減戦略に関するリソースを提供している。地方自治体の環境衛生部門は HSE と連携し、ラドンに関する規制を遵守させ、地域内のラドンリスクの監視と管理に重要な役割を果たしている。NORM は放射線規制の一部であり、線量評価はすべての被ばくを考慮に入れている。

②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

ラドンマップに基づいて、高ラドン濃度地域の職場を特定する。当該職場や学校での対応が義務付けられている。雇用主は自社の職場におけるラドン安全を確保する主な責任を負っており、測定コストはその企業が負担する。測定は主にパンプ型検出器が用いられる。認証を受けた民間サービス会社が建物における測定と低減を行うが、利益相反のため、測定と低減措置は別の会社が行う必要がある。HSE は IRR17 の施行に従って下記の対応を実施する。

- i) 職場を訪問し、ラドン規制の遵守状況の確認
- ii) 雇用主にラドン測定を実施し、必要に応じて低減措置を講じることを要求する
- iii) 雇用主が規則を遵守しない場合、改善命令や禁止命令を発行するなどの施行措置を取る

地方自治体も役割を果たしており、特にオフィスや店舗などの特定の種類の職場に対して関与している。ラドン規制に従わない場合、罰金や深刻な場合には起訴などの施行措置が取られることがある。

③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

低減措置の方法として、防護膜や排気ポンプの設置が行われる。低減措置の実施後、複数の時間間隔でモニタリングが推奨される。コストはその企業が負担する。

④規制当局が実施した上記②、③以外の対策

UK Radon Web サービス による企業や従業員への情報提供されている。HSE のウェブサイトではガイドラインを公開している。UKHSA はラドンに関する情報から測定、さらには低減対策に至るまで、職場におけるラドンに関する情報を提供している:

<https://www.ukradon.org/sectors/employers>

HSE は、ラドン濃度と曝露時間の両方を考慮して、労働者全体のリスクを評価する。たとえラドン濃度が 300 Bq/m³未満であっても、雇用主はラドン曝露を「合理的に実行可能な限り低く」抑える義務があるとしている。

⑤ 上記②、③及び④の決定に係る検討経緯

雇用主等に、なぜラドンを測定や低減したりする必要があるのかを説得するのが困難であった。ラドンに関する知識に加えて、義務的に対応する必要性を説明する必要があった。

● オーストラリア

①ラドンの職業上の放射線防護に係る法令、ガイドライン、行動計画等の作成状況及びその内容

ICRP Publication 115 を参考に、週 40 時間・年間 50 週間のラドン曝露を想定し、リファレンスレベルとして 1000 Bq/m³を設定している。放射線安全や産業、職場安全などの約 20 の独立した異なる機関や団体が関連しており特定の責任・意思決定機関が一つあるわけではない。ARPANSA は以下の主要な役割を担っており、放射線防護に関する全国的な指針を提供し、国際的な勧告に基づいて安全基準を設定している。

- i) ラドンの測定と緩和に関するガイドラインの提供
- ii) 住宅や職場におけるラドンの推奨アクションレベルの設定
- iii) ラドンレベルの研究とモニタリング
- iv) 技術的な基準やプロトコルの策定

また、州および準州の放射線保護当局も、以下の役割を担っている。

- i) ラドンに関する規定を含む放射線保護規制の実施
- ii) 必要に応じた検査と措置の実施
- iii) ラドンリスクに関する情報の提供

Safe Work Australia (SWA) は職場の労働安全衛生に関する全国的なモデル法やガイドラインを策定しており、州・準州レベルで実施している。鉱業関連の規制機関ではウラン採掘など、ラドン被ばくリスクの高い産業では追加の規制が適用される。タスマニア州では、放射線防護規則 2016 により、職場の責任者は 12 か月間の平均ラドン濃度が 1000 Bq/m³ を超えた場合、公衆衛生局長に通知する必要がある。なお、ラドンと NORM は別々に評価されており、相互に対応付けられていない。

②作業場でのラドン濃度測定を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

ラドンマップを活用しているほか、特にウラン鉱山や観光洞窟はラドン濃度が高いと認識されている。雇用主は自社の職場におけるラドン安全を確保する主な責任を負っており、測定コストはその企業が負担する。測定は主にパッシブ型検出器が用いられる。いくつかの小規模な企業がモニタリング装置を提供している。ARPANSA では測定を含むラドン対策に係る活動に国からの資金提供がある。ラドン濃度が基準を超えた場合、適切な州、準州、または連邦の放射線健康当局に相談する必要がある。

③作業場でのラドン濃度の低減措置を実施するに当たっての、対象の選定方法、実施方法、実施主体、実施に係る政策・事業コスト

これまでに緩和措置で対処すべき深刻な問題はない。換気（鉱山や観光洞窟）が有効である。観光洞窟での調査研究で、従業員の作業場所と勤務時間の変更などの対応により低減された事例がある。

④規制当局が実施した上記②、③以外の対策

ARPANSA はウェブサイトで自主的なガイドラインを提供している。鉱業や洞窟産業は、職場の安全を確保するために法律で規制されている。雇用主（特に観光洞窟の管理者）については、ラドンの監視と管理が重要な課題となるが、ウラン鉱山の場合は、ラドン濃度の高い環境が特に危険視され、法的な規制や対策が厳格に求められるため、取り組むべき内容が異なる。

⑤上記②、③及び④の決定に係る検討経緯

連邦制のため規制環境が複雑で、多くの管轄機関が関与する必要があり、一貫した執行が難しい。また、規制機関間での知識や専門性に差がある。従業員の意識向上も重要な要素となる。特に観光洞窟やウラン鉱山では、ラドン曝露のリスクを理解し、適切な安全対策を講じるために従業員教育が必要とされる。一部のウラン鉱山などを除き、ラドンレベルは全体的に低いため、危険性を認識しにくく、対策の優先度が低くなりがちである。

- IAEA

- IAEA では、ラドン曝露の管理に関する包括的な指針を、いくつかの主要な規制文書を通じて確立している。General Safety Requirements (GSR) Part 3 では、放射線防護対策に関する具体的な要件（47、48、50、51、52）を規定しており、これらは Specific Safety Guide SSG-91 において、既存の曝露状況と計画的な曝露状況の両方にさらされる作業者向けに詳述されている。また、現在 IAEA では Draft Safety Guide DS544 を開発中であり、これは GSR Part 3 の第 5 章で定義されるすべての既存の曝露状況に適用可能な包括的な勧告を提供するものとなる。このガイドでは、公衆、作業者、および環境の防護措置についても言及される予定である。
- 曝露レベルに関しては、重要な規制上の区分が存在する。除染措置が効果を示さない、あるいは曝露が年間 6 mSv を超える場合、既存の曝露状況から計画的な曝露状況へと分類が変更され、より厳格な管理が求められる。この 6 mSv/年という基準値は、ICRP103 勧告に基づくものであり、EU 諸国では、より新しい ICRP Publication 137 を規制の基盤として採用している。なお、ラドン曝露の基準値は絶対的な上限値ではないことに留意すべきである。IAEA は、適切な基準値を設定することが管理の第一歩であると強調している。代表的な測定地点を特定する際には、特にトリウム曝露にも配慮する必要がある。例えば、ラドン温泉のような環境では、これらの規制が主として労働者向けに設計されたものではないことから、曝露リスクを公衆に理解させることが課題となる。
- 高リスク地域を特定するための包括的なラドンマップの作成が、重点的な監視と低減対策の基盤となる。
- 優先的に測定すべき対象として、地下鉄、ワインセラー、キノコ栽培施設など、地質的にリスクの高い地下作業場が挙げられる。高い占有率を持つ建築物に対しては特別な注意が求められる。IAEA は、屋外におけるトリウム測定キャンペーンを実施しており、50 か所のモニタリングポイントに受動型線量計を設置し、1 年間の曝露期間を通じた測定を行っている。
- 除染対策としては、新築建築物向けの熱バランスシステム、圧力管理、換気ファンの導入など、複数のアプローチが検討されている。
- 効果的なラドン管理には、適切な情報伝達の戦略が不可欠である。IAEA は、測定プロトコル、調査手法、低減技術、建築基準といったトピックごとに 1 ページ程度の簡潔かつ明確な説明資料をウェブサイトに掲載することを推奨している。
- 眼の水晶体防護や医療曝露に関する規制の策定は、ラドン規制と同様のプロセスを経ている。ラドン低減対策のコストと肺がん治療費を比較する費用対効果分析は、予防措置の正当性を裏付ける有力な根拠となる。

- WHO

- ラドン曝露が重大な疾患に及ぼす影響は、地理的地域によって大きく異なる。西ヨーロッパでは、ラドンに起因する肺がんの発生率が比較的高い一方、南アフリカでは、ラドン曝露に関連する職業病の負担は最小限にとどまっている。
- ラドン曝露に関する国際的な指針は、主に 2009 年の WHO ラドンハンドブックおよびその後の刊行物によって確立されている。規制の枠組みとしては、国際基本安全基準（BSS）が職業曝露限度を 1000 Bq/m³に設定しているのに対し、ICRP Publication 126 勧告では、より厳格な 300 Bq/m³を労働者向けの指標として推奨している。
- WHO のデータベースによると、43 か国が職場におけるラドン測定の実施を導入している。すべての職場がラドンリスクを包括的に理解し、適切な予防措置を講じることが重要である。また、飲料水の水質ガイドラインにおいてもラドンが考慮されており、ラドンを含む水は脱気処理を行うべきであるとされている。
- 国家レベルでは、20 か国がラドン管理戦略を国のがん対策プログラムに統合している。これらの取り組みは、がん対策全般の政策および管理戦略に貢献し、継続的な研究やモニタリングのための貴重なデータベースを構築している。昨年の米国環境保護庁（EPA）の報告書では、大気汚染と肺がん発生率の関連性が特に強調された。
- WHO は屋内空気の品質と大気汚染曝露に関する会議を計画しており、公衆衛生政策の一環としてラドンの監視および低減対策に関する課題をより深く議論する予定である。

5. 我が国の専門家との意見交換会による情報収集

3.の我が国でのラドンの職業上の放射線防護に係る研究に関する文献等調査ならびに 4.の諸外国において実施されている対策・措置に関する調査で得られた情報を踏まえ、今後の我が国でのラドンの職業上の放射線防護の在り方を検討するため、我が国のラドン研究や放射線防護の専門家を集めた意見交換会を開催した。原子力規制庁との協議のうえ、3.の聞き取り調査で協力を要請した 6 名とした。対面（実施場所：量子科学技術研究開発機構千葉地区）と Microsoft Teams によるハイブリッド方式で 2025 年 2 月 26 日に実施した（ただし、1 名はやむを得ない事情により意見交換会を欠席したが、意見交換会前の 2 月 21 日に Web 会議で意見を事前に聴取し、意見交換会において事務局より共有した）。聴取した専門家の意見をとりまとめ、下記の項目別に整理した。

● ラドンが高濃度となる職場環境

- 十分な換気設備がない観光洞窟や地下駐車場、トンネル工事現場、地下鉄といった職場などではラドンの蓄積が想定される。
- 換気がされている場所ではラドン濃度が低いが、行き止まりの場所では高くなる傾向にある。
- 沖縄では地質の影響により高ラドン濃度の地域が多い。
- 季節による変動も考慮。

● 参考レベルの設定と対応の必要性

- 適切な基準の設定（参考レベルの様な目安値）が必要。参考レベルがないと、低減対策の必要性の判断ができないほか、対応を行う根拠がないため混乱を招く恐れがある。
- ガイドラインの設定や情報提供、啓蒙活動が重要である。
- 参考レベルの設定は諸外国で多く採用されているリファレンスレベルである 300 Bq/m³ 以下が推奨されるが、対応の決定は国の方針や事情に従ってなされるべきで意志決定のプロセスのあり方も課題である。

● ガイドラインと対応フロー

- 各国がラドン対策を開始した背景を理解し、日本に適したアプローチを検討すべき。
- 我が国の特性に配慮した手順書やフローマップの作成が望ましい。
- ガイドラインの活用方法を検討し、リスクマネジメントのための適切な手順を作成するべきである。

- 具体的な対応フローには、調査・測定、低減対策、関係機関との連携などを含めるべきである。
- 高濃度が確認された場合の対応フローを明確にするべきである。
- 職業被ばくとしてのラドン対策は多岐に及び、関係する省庁もさまざまであるため、省庁間の役割分担を明確化することと、それを主導的に取りまとめる省庁が必要である。
- リソース不足が限られた状況での検討では発展途上国でのラドン対策の議論も参考になるのではないか。

● 職業被ばくとしての考え方

- 従業員の働き方や滞在時間によってリスクが変わるため、濃度のみで判断するのは難しい。
- ラドンによる職業被ばくの管理の観点では、人により呼吸量や滞在時間等が異なるため一概には難しいが、ラドン濃度 (Bq/m³) ではなく、曝露した放射線の線量値 (Sv) で表現すべきである。
- 職業被ばくではトロン¹の線量寄与も考慮されるべきであるが、トロンの影響については不明確であるため今後の課題である。
- 日本国内では、海外で着目されている地下水源を用いた浄水場については顕在化していないが、2011年の事故以降に偶発的に見つかった事例がある。

● ラドン対策のリスクマネジメント

- ラドン濃度が高い地域で暮らす方々への配慮が必要。地域の文化に対して誇りが持たれていることがある。価値観が衝突しうるために不当に不利益を与えないようにする必要がある。
- 他の健康リスクと比較し、ラドンのみを出して対策することの妥当性を検討すべき。その一方でラドンのリスクへの対応も必要。
- 日本でラドン対策を導入することで、どのようなリスクマネジメントが可能かを、日本独自の考え方 (例: ラドン温泉) を踏まえたうえで、地域の関係者と検討していく必要がある。
- ラドン対策のベースとなる新しい測定データやラドンマップが必要である。
- 既存のデータや試料の活用の考えられるのではないか。RI 施設ではラドン濃度の変動を日常のモニタリングで捉えている例がある。食品モニタリングでのブランク試料の測定でバックグラウンド線量率の増加が気づかれた例もある。
- 国内の米軍基地では 20 年以上の対策の歴史がある。この対策では米国 EPA の支援を受けている模様である。米軍などを通じて、これらの工事関係者からも情報を得てはどうか。

● 今後の対応の在り方

- 施設の管理の理解を得てラドンの測定を行うのは容易ではなく、一大学・一研究機関の研究レベルでの取り組みには限界があり、国主導での対応（基準設定やガイドラインの策定、適切な情報提供等）を進めることが重要である。
- 限られたリソースではあり、優先順位付けも容易ではないが、労働者防護にできる範囲でベストを尽くす必要がある。
- 航空機乗務員に対する宇宙線被ばくのガイドライン作成時の当事者とのコミュニケーションも参考になるのではないか。
- 「存在するかもしれない高リスク者」に対するラドン対策の導入について、日本国として施策的意義を明確化し、リスクマネジメントの観点から国民の利益を考慮して対応する必要がある。

6. まとめ

諸外国での職場でのラドン対策は職業被ばくの放射線防護の目的のために規制されていることが多い。諸外国では職場でのラドン濃度のリファレンスレベルの設定やラドン行動計画が策定されている。WHO では 100 Bq/m³ をリファレンスレベルとして勧告しているほか、IAEA では、一般家屋でのリファレンスレベルとして 300 Bq/m³ を勧告しているが、職場では滞在時間の違いを考慮して 1000 Bq/m³ としている。特にラドン被ばくに対する作業者の防護に関するガイドラインとして、2024 年 11 月に IAEA SSG-91 が発刊されたところである。諸外国では一般家屋を含む大規模なラドン調査が行われており、高ラドン濃度地域でリスクが高くなる職場を特定するためにラドンマップが活用されている。また職場は職種や職場環境により多種多様である。例えば、高層ビル内のオフィスワークのように、ラドン濃度が高くなりにくい環境から、地下作業場などのラドン濃度が高くなる可能性がある環境など、さまざまである。また被ばく状況は労働時間によっても変化する。ラドン濃度が高くなる職場あるいは作業場として、水道施設や観光洞窟、地下施設があげられる。特に欧州では、地下水を利用することが多いため、水道施設でのラドン濃度は非常に高くなる傾向にある。例えばスイスでは、192 の水道施設があり、年間平均ラドン濃度は 5000 Bq/m³ を超えている。オーストラリアでは一般家屋でのラドン濃度は低いが、多数の観光洞窟やウラン鉱山を有しており、そこを職場とする従業員に対するラドン対策のためのガイドラインが 2024 年に発刊されたところである。ラドンによる職業被ばくが懸念される職場では、ラドン濃度の測定が義務付けられていることが多く、主にパッシブ型検出器が利用されている。リファレンスレベルを超える高ラドン濃度が検出された場合は、換気や排気システム等の設置等の低減措置が取られる。測定や低減措置に係る費用は職場の雇用主が責任をもって負担することとなっている場合が多い。さらには従業員への教育や規制当局への報告などが義務付けられている場合が多い。諸外国の規制当局では、自国で策定されたラドン対策プログラムに基づいて、職場や従業員に向けた教育や情報コンテンツを提供したり、測定や低減措置を請け負う業者の認証等を実施している。

我が国は平均ラドン濃度が低い国である。一方で、ラドン温泉や観光洞窟等のラドン濃度が高い可能性がある職場が存在している。今回実施した文献調査の限りでは、職場での大規模ラドン濃度調査は過去に 1 回実施されたのみであり、他は研究者個別の測定結果が公表されているにとどまる。地質学的に花崗岩や流紋岩が多い地域や島尻マージのある沖縄ではラドン濃度が高い傾向にあることが知られている。また、地下室のある建屋や、2003 年の建築基準法の改正で義務付けられた換気システムが備わっていない古い建屋ではラドン濃度が高くなる恐れがある。他方で、我が国ではラドンや NORM の対策として基準となる数値設定がなされていないため、高濃度が発見された場合の対応が困難な状況にある。参考レベルの導入は、低減措置を実施するか否か、職業被ばくとして管理すべきか否か、等について判断する上で必須であり、ガイドラインや手引き等による対応方法の公表も重要である。今後、日本におけるラドン対策に関する検討を具体化する際には、諸外国の状況や国際機関の取り組みや勧告を参考にしつつ、日本国としての施策的意義を明確化し、リスクマネジメントの観点から国民全体の利益を考慮する必要がある。

参考文献

- [1] IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf
- [2] IAEA Safety Standards Series No. GSG-7 Occupational Radiation Protection
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf
- [3] IAEA Safety Standards Series No. SSG-91 Protection of Workers Against Exposure Due to Radon
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1510_web.pdf
- [4] Oikawa, S., Kanno, N., Sanada, T., Abukawa, J., & Higuchi, H., *Journal of Environmental Radioactivity*, 87(3) (2006) 239–245.
- [5] Tanahara, A., Taira, H., & Takemura, M., *Geochemical Journal*, 31(1) (1997) 49–56.
- [6] Inagaki, M., Koga, T., Morishima, H., Kimura, S., & Ohta, M., *Journal of Nuclear Science and Technology*, 49(5) (2012) 531–534.
- [7] Furuta, S., Ito, K., & Ishimori, Y., *Journal of Environmental Radioactivity*, 62(1) (2002) 97–114.
- [8] Sugino, M., Tokonami, S., & Zhuo, W., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 266(2) (2005) 205–209.
- [9] 下道國, 小柳 津東, 床次 眞司, 北村 香織, 江尻 和隆, 南 一幸, *温泉科学*, 第 55 卷第 4 号 (2006) 177-187.
- [10] Inoue, K., Hosoda, M., Tokonami, S., Ishikawa, T., & Fukushi, M., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 298(3) (2013) 2009–2015.
- [11] Tokonami, S., Pan, J., Matsumoto, M., Furukawa, M., Fujimoto, K., Fujitaka, K., & Kurosawa, R., *Radiation Protection Dosimetry*, 67(2), 101 (1996) 143–146.
- [12] Tokonami, S., Furukawa, M., Shicchi, Y., Sanada, T., & Yamada, Y., *Radiation Protection Dosimetry*, 106(1) (2003) 71–75.
- [13] Iyogi, T., Ueda, S., Hisamatsu, S., Kondo, K., Sakurai, N., & Inaba, J., *Journal of Environmental Radioactivity*, 67(2) (2003) 91–108.
- [14] Narazaki, Y., Tokonami, S., Sanada, T., Kanno, N., & Yamada, Y., *Japanese Journal of Health Physics*, 35(4) (2000) 435–442.
- [15] Nemeth, C., Tokonami, S., & Ishikawa, T., *Japanese Journal of Health*

- Physics, 40(3) (2005) 295–301.
- [16] Yamada, R., Tamakuma, Y., Suzuki, T., Nakasone, S., Shiroma, Y., Furukawa, M., Hashimoto, H., Hosoda, M., Akata, N. & Tokonami, S., Atmosphere, 12 (2021) 1648.
- [17] Tsuruoka, H., Inoue, K., Hosokawa, S., Fukushi, M., The Journal of Japan Academy of Health Sciences, 19(1) (2016) 40–48.
- [18] Ma, X., Hasan, M., Igarashi, Y. & Iimoto, T., Proceedings of the 19th Workshop on Environmental Radioactivity (pp. 309–315). High Energy Accelerator Research Organization (2018).
- [19] Iwaoka, K., Tabe, H., Suzuki, T., & Yonehara, H., Health Physics, 104(2) (2013) 151–157.
- [20] Tokonami, S., Matsuzawa, T., Ishikawa, T., Iimoto, T., Yonehara, H., & Yamada, Y., RADIOISOTOPES, 52(6) (2003) 285–292.
- [21] 日本保健物理学会, ラドンに関する防護のガイドライン
<https://www.jhps.or.jp/upimg/files/radon-guideline.pdf>
- [22] 日本保健物理学会, NORM 等に対する防護のガイドライン
<https://www.jhps.or.jp/upimg/files/NORM-guideline.pdf>
- [23] WHO National radon concentration levels
<https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/gho-phe-radon-database-national-radon-concentration-levels>
- [24] Advisory Note - Exposure to Naturally Occurring Radon in the Workplace
<https://www.arpansa.gov.au/regulation-and-licensing/regulatory-publications/radiation-protection-series/guides-and-recommendations/guide-radiation-protection-existing-exposure-situations-rps-g-2/advisory-note-exposure-naturally-occurring-radon-workplace>
- [25] WHO Reference level for workplaces
<https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/gho-phe-radon-database-reference-level-for-workplaces-bq-m3>

【別添】各国の職場でのラドン対策に関する比較表

	オーストリア (AGES)	スイス (BAG)	英国 (UKHSA)	オーストラリア (ARPANSA)
リファレンスレベル	・300 Bq/m ³	・一般的な職場: 300 Bq/m ³ ・ラドン曝露の職場: 1000 Bq/m ³	・300 Bq/m ³	・1000 Bq/m ³
責任・意思決定機関	・気候変動・環境・エネルギー・交通・イノベーション技術省 (BMK)	・連邦公衆衛生局 (FOPH)	・安全衛生庁 (HSE)	・多数の機関等が関連しているため特定の責任・意思決定機関が一つあるわけではない
規制の根拠	・EU指令	・放射線防護条例 ・EURATOM、ICRP137、IAEA GSR Part 3	・放射線規制 (IRR17) ・IAEA、ICRP、EU指令	ICRP115
政府機関の役割	・ガイドラインの提供 ・トレーニングプログラム等の提供 ・測定・低減措置の実施する業者の認定 ・ラドンリスクに関する情報提供	・ガイドラインの提供 ・測定・低減措置の実施する業者の認定	・ガイドラインの提供 ・職場巡視による遵守状況の確認 (改善や禁止命令等の措置含)	・ガイドラインの提供 ・必要に応じた検査と措置 ・ラドンリスクに関する情報提供
民間の役割	・測定と低減措置の提供	・測定と低減措置の提供 ・ラドン対策のアドバイス提供	・測定と低減措置の提供	・測定と低減措置の提供
対応が優先される職場	・水道施設や地下施設等	・水道施設や地下施設等	・高濃度地域の職場や学校	・ウラン鉱山や観光洞窟
高リスク職場の特定方法	・ラドンマップ	・ラドンマップ	・ラドンマップ	・ラドンマップ
測定の方法	・パッシブ型検出器	・パッシブ型検出器	・パッシブ型検出器	・パッシブ型検出器
低減措置の方法	・換気や排気システムの設置	・換気や防護膜、排気システムの設置	・防護膜や排気システムの設置	・換気 (鉱山や観光洞窟)
測定・低減措置の責任者	雇用主	雇用主	雇用主	雇用主
測定・低減措置に対する国の財政支援	なし	なし	なし (1996年以前はあり)	なし
ガイドライン遵守の確認方法	国のラドンデータベース	民間企業による検査	政府機関の検査	州レベルでの検査
策定の過程での困難な課題	・関係機関との調整 ・ラドンポテンシャルマップが当初なかったため、優先順位の設定	・リファレンスレベルの決定に係るコストとのバランスの検討 ・管轄の違いによる一貫した基準の策定	・雇用主等への理解の促進	・管轄の違いによる一貫した基準の策定 ・雇用主等への理解の促進
ラドンとNORMの取り扱い	・別々に規制	・NORM企業は存在しないとの認識	・線量評価はすべての被ばくを考慮	・別々に評価されており、相互に対応付けられていない