

## ラドンと癌

ラドンは化学的不活性で無色・無味・無臭の自然発生する放射性ガスである。ウラニウムの崩壊系列中のラジウムから生成され、世界中のあらゆる岩石および土壌の中から検出されるが、その量は一定ではない。ラドンガスは、地中から大気中へ容易に漏出し、ラドン娘核種と呼ばれる短命な崩壊生成物を経て崩壊する。短命な娘核種はアルファ粒子と呼ばれる高度にイオン化された放射線を放出しながら崩壊し、帯電して我々が呼吸する大気中のエアロゾル、埃および微粒子に付着する。その結果、ラドン娘核種は気道に存在する細胞に蓄積する可能性がある。気道ではアルファ微粒子がDNAを障害し、肺癌を引き起こす可能性がある。

ラドンガスそのものを吸入した場合、大部分は崩壊する前に排出される。吸入したラドンとその娘核種の一部が肺から血中に運ばれ、最終的に他の器官にたどり着く。しかし、放射線量とそれに関連する癌の発生リスクの関係は、肺癌の危険性と比べると極わずかである。

野外のラドン濃度は大気中で希釈されるため、通常は非常に低い。またラドンは飲料水中にも検出される。濃度は水源により異なり、時には危険な状態を呈する。ラドン濃度は、室内でより高く、炭鉱・洞窟・水道施設内などの場所ではさらに高い濃度が検出される。例えば鉱山労働者では健康への影響が認められてきた。しかしながら、普通の建物や大きな集団が曝露されているような低濃度でも健康被害を与える。ほとんどの人々が、ラドンに最も多量に被曝するのは家庭においてである。

### 家庭におけるラドン

家庭内のラドン濃度は、ラドンの通り道となる経路の存在や外気と内気の交換率はもとより、家の基礎に使われている岩石や土壌の中に含まれているラドンを生成するウラニウムの含有量により異なる。ラドンガスは、コンクリートの床と壁の継ぎ目・床の継ぎ目・空洞のブロック壁の小さな穴・汚水溜め・排出口などの開口部から屋内に入り込む。その結果、通常ラドン濃度は一階や地下室など構造上地面と接している場所で高くなる。

外気と内気の換気程度は、家の建築構造・住人の換気習慣・窓の密閉度により異なる。互いに隣接している家ごとのラドン濃度は非常に異なっている場合もある。屋内のラドン濃度は季節・日・時間ごとに変動する。このため室内環境のラドンの年間平均濃度を推定するには、少なくとも3ヶ月間、可能であればさらに長期間、信頼できる測定法を用いてラドン濃度を測定する必要がある。短期間のラドン測定で得られる情報はきわめて限られている。

ラドンの放射能はベクレル (Bq) の単位で評価される。1ベクレルは毎秒1つの原子核の変化(崩壊)に相当する。大気中のラドン濃度は、1立方メートルの大気中での毎秒の原子核の変化の量 (Bq/m<sup>3</sup>) として測定される。野外のラドン濃度平均は5~15Bq/m<sup>3</sup>の範囲でばらつきがあるが、それよりも高値や低値も観察されている。

一連の調査に基づき、室内での世界的な平均ラドン濃度は39Bq/m<sup>3</sup>であると推測されているが、国連放射線影響科学委員会 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)) により国ごとにばらつきがあることが報告されている。家がウラニウム含有率の高い土壌に立てられていたり、地面への浸透性が高い国々において、非常に高いラドン濃度 (>1000Bq/m<sup>3</sup>) が認められている。多くのヨーロッパ諸国に代表される特殊な地質学的構造の上に建つ国々では、地下水に漏出したラドンは簡単に岩石に浸透し、建物の表面から屋内へ浸透する。全体的にみて、世界中の多くの国々で、何万もの家々で室内ラドン濃度が許容可能と考えられる量をはるかに越えていると考えられる。

## ラドンの健康影響

ラドンへの高度の被曝による健康被害の主なものは肺癌の危険性の増加である。これは、ウラニウム鉱山労働者についての多くの研究で実証されている。これらの研究に基づき、WHOの癌に関する専門機関である、「国際がん研究機関 (the International Agency for Research on Cancer<IARC>)」と「米国国家毒性試験プロジェクト (US National Toxicology Programme)」はラドンを人間に対する発癌性物質に分類している。科学者たちは、家庭内やその他の場所で見られるラドン濃度が健康に対して顕著な危害を与えるかについても研究を重ねてきた。これらの研究は現在完了しており、ヨーロッパ、北アメリカ、中国での主要な研究の統合解析により、家庭内のラドンは世界的に見て肺癌を引き起こす一因に十分なりうる事が確認されている。最近の推定によるとラドンに起因すると考えられる肺癌の率は6%から15%である。統合解析の結果と危険性の推定規模は一致している。

最近のヨーロッパでの主要研究の統合解析によると、肺癌の危険性はラドン濃度が  $100\text{Bq}/\text{m}^3$  上昇する毎に 16%増加すると推定されている。放射線量と反応の関係は、閾値のない直線関係であるといえる。つまり、肺癌の危険性の増加はラドンへの被曝の増加に比例する。

同様の研究の結果から、非喫煙者が  $0\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 $400\text{Bq}/\text{m}^3$  のラドン濃度に被曝すると、75歳までの肺癌の発生率は 1000 人に対しそれぞれ 4 人、5 人そして 7 人程度である。しかしながら、喫煙者の場合は肺癌の発生率はその 25 倍、つまり 1000 人に対してそれぞれ 100、120 人、160 人となる。ラドン誘発性肺癌症例のほとんどは喫煙者に発生している。

## 飲料水中のラドン

多くの国々には、地下水を水源とする飲料水が供給されている家庭がある（泉・井戸・ボーリング坑）。地下水はしばしばラドンを生成する天然のウラニウムとラジウムを含む岩石の間を流れている。通常、地下深く掘られた井戸から得られる水が、河川や湖等から得られる水などの地表水よりもウラニウム濃度が高いのはこのためである。さまざまな国の個々の水道で測定したところ、ラドン濃度は  $20\text{Bq}/\text{L}$  以上であり、 $100\text{Bq}/\text{L}$  を超える例もある。計算によれば、飲料水中のラドンによる、ある程度の危険性が示唆されているが、飲料水中のラドンと消化器や他の器官の癌との関係はないとする疫学的研究は今日までほとんどない。しかしながら、飲料水中のラドンの危険性をより適切に数量化するにはさらに多くのデータを必要とする。

## 大気中と水中のラドン濃度に関するガイドライン

ほとんどの国では  $200\sim 400\text{Bq}/\text{m}^3$  の室内ラドン濃度を、限界濃度または基準濃度として許容しており、それを超えると家庭内での濃度を下げるとの対応策をとることになっている。これよりも高い限界濃度や低い限界濃度を選んでいる国々もある。一般的には、限界濃度は、許容可能な危険性についての概念に基づいて選択される。つまり、他の日常的に見られる一般的な危険性と同様の健康危害しか人々にもたらさないと考えられる濃度なのである。

飲料水について、2004 年の WHO 飲料水の水質ガイドラインと欧州委員会 (the European Commission) は、公共の飲料水のラドン濃度が  $100\text{Bq}/\text{L}$  を超える場合は、繰り返して計測するなどの管理を行うべきであると勧告している。アメリカ合衆国では、個人への水供給について、ラドンの最大汚染濃度を  $150\text{Bq}/\text{L}$  にするように提案している。公共あるいは商業的な水供給について、欧州委員会はラドン濃度が  $1000\text{Bq}/\text{L}$  となった場合、改

善措置がとられるべきであると提言している。水道水のラドン濃度が 1000Bq/L となると室内の大気中のラドン濃度は 100~200Bq/m<sup>3</sup> となり、上述の室内のラドンの限界濃度に相当するようになる。

## 家庭におけるラドンへの対処

室内の大気中のラドン濃度を減少させるには床や壁の割れ目を塞ぐことから、建物の換気率を上げることまで、様々な方法がある。家庭内に蓄積されたラドンの量を減らすには、基本的に 5 つの方法がある。

- 家の通気性を改善し、ラドンが地階から生活する部屋の中に上がってくるのを防ぐ
- 床下の通気性をよくする
- 「ラドン溜め」のシステムを基礎に設置する
- 床・壁を密封する
- 陽圧または陽電式換気システム (Positive supply ventilation system) を設置する

特にラドンが大量に存在する地域では、家を新築するときにはラドンに対する安全性が考慮されるべきである。ヨーロッパとアメリカ合衆国では、新しい建物に防護手段を講ずることが一部の建築業者の間では通常の作業となっており、一部の国々では必須の手続きである。浸透を軽減するための受動システムは、ラドン濃度を 50% まで引き下げることができることが示されている。能動システムであるラドン換気扇が加わればラドン濃度をさらに低下させることが可能である。

## WHO のラドンに対する取り組みは？

ラドンに被曝した人々に関する最近の研究により、家庭内でのラドンは健康に対する重大な脅威であり、しかも簡単に侵入してくることが確認された。その結果、WHO は国際ラドンプロジェクト (International Radon Project) を立ち上げた。このプロジェクトでは、20 ヶ国以上がパートナーとしてネットワークを構築し、ラドンの健康への影響を減らすための計画を明確にし、促進する。このプロジェクトの最初の会合は 2005 年 1 月にジュネーブで開催され、健康に関する重要な問題を取り扱うための戦略が構築された。同プロジェクトの主要目的は以下の通りである。

- ラドンの健康影響を減らすための効果的な戦略の認識
- 国内当局に対して、有効な政策の選択肢、予防と軽減計画を促進する
- ラドンへの被曝でもたらされる結果についての公衆や行政の認識を高める

- ラドン濃度の上昇が不動産に与える潜在的な影響について、その不動産ローンを提供している金融機関の認識を高める
- これらの効果を確かなものとするために、軽減対策の監視と定期的な見直しを行う
- 全世界的に住居内でのラドンへの被曝がどれほど健康に影響を与えているか推測し、ラドンの健康に対する影響を効果的に軽減するために、資金・資材を配分する
- 住居内でのラドン被曝に関する世界的なデータベース（地図を含む）を作成する

国際ラドンプロジェクトは、以下を目標とするラドンの危険性の軽減に関する詳細な提言集を発行する予定である。

- 改築時ではなく、建築時点での軽減装置の設置
- 国家の建築法規中へのラドン予防と抑制措置の編入
- 中古住宅の販売時のラドン検査、軽減、および既存受動的／能動的システムの検査
- 中・低レベルのラドンへの被曝濃度を目標として設計された抑制措置。ラドンによる肺癌発症の危険性に対する全面的な貢献となる
- 屋内の健全な空気を獲得する総合的な目標という観点のもと、ラドンの危険性軽減計画における喫煙の役割
- 任意のガイドラインと実施可能な規則の両方の使用；
- ラドンの健康への脅威に対して効果的な防護手段を導入するために支援が必要な場合、ラドン軽減対策を支援する財政援助機構

国際ラドンプロジェクトは、ラドン管理手段に関する信頼できる、科学的根拠のある情報を供給し、代替策の費用対効果についての調査を行う。このプロジェクトはラドンへの被曝に起因すると考えられる肺癌の世界的な推定発症数を提供する。この推定値は、問題が全世界的な範囲に及ぶことを強調するために有用であろう。また、この推定値は将来の予防および軽減計画を通じてなされた進捗状況を評価するために用いられる予定である。

より詳細な情報については以下に連絡されたい。

WHO Media centre

Telephone: +41 22 791 2222

Email: [mediainquiries@who.int](mailto:mediainquiries@who.int)