

分担研究報告書

WHO ラドンハンドブック翻訳

研究分担者

山口一郎・国立保健医療科学院・生活環境部 主任研究官
緒方裕光・国立保健医療科学院・情報センター長
米原英典・放射線医学総合研究所・放射線防護研究センター・規制科学総合
研究グループリーダー
笠置文善・放射線影響研究所・疫学部・副部長
藤原佐枝子・放射線影響研究所・臨床研究部・部長
木村真三・労働安全衛生総合研究所・人間工学・リスク管理研究グループ・
研究員

研究要旨

2009年9月にWHOが刊行したラドンハンドブックを翻訳し、国立保健医療科学院生活環境部のホームページ (<http://www.niph.go.jp/soshiki/seikatsu/radonindex.html>) に掲載し、広く情報公開した。

1. 研究目的

WHOは、最新の屋内ラドンと肺がんに関する疫学研究結果を深刻に受け止め、WHO国際ラドンプロジェクトを立ち上げてきた。その最終報告ともいえるべきWHOラドンハンドブックが2009年9月に発表された。WHOラドンハンドブックは、従来の屋内ラドン濃度の参考レベルを改訂し

ており、今後、他の国際機関の参考レベルや規制レベルに影響を及ぼすと思われる。そこで、利害関係者に広く情報公開する目的で、重要と思われる章を翻訳し、国立保健医療科学院生活環境部のホームページに公開した（翻訳文章は、総合研究報告書の資料5として収録）。

2. WHO ラドンハンドブックの特色

WHO ラドンハンドブックは、英文 A4 版で95ページの文書で、第1章 ラドンの健康影響、第2章 ラドン測定、第3章 ラドン防止と低減策、第4章 ラドン対策の費用便益、第5章 ラドンに関するリスクコミュニケーション、第6章 国のラドン対策計画 から構成されている。各国がラドン対策を策定するために必要な科学的知見、測定や緩和策や防止策に関する技術的な知見に誌面を割っているほか、費用便益解析、リスクコミュニケーション、国のラドン対策の概要など政策に直結する問題に誌面を割っている。

WHO ラドンハンドブックの第1の注目は、WHO が屋内ラドン濃度の参考レベルを引き下げた点である。ICRP は、従来 200～600 Bq/m³ の範囲で各国が対策レベルを設定するよう勧告してきた。また、WHO は、従来 100～400 Bq/m³ の範囲内で各国が対策レベルをとるように奨励してきた。WHO は、2000 年以降に報告された屋内ラドンと肺がんの症例対照研究プール解析結果を重く受け止め、屋内ラドンの参考レベルを改訂した。屋内ラドンと肺がんの症例対照研究プール解析結果は、屋内ラドンの濃度と肺がんはしきい値無し直線的な線量-効果関係を示すこと、そして 100Bq/m³ の屋内に 20～30 年間生活すると、肺がんリスクは 10%増加するとした。曝露推定の精度が高い集団で推計された肺がんリスクの係数はさらに高く、100Bq/m³ 当たりの肺がんリスク増加は 20%である。

このような解析結果を重く受け止め、WHO ラドンハンドブックでは、一般住宅での屋内ラドンの参考レベルを 100 Bq/m³以下と設定し、それが難しい国においても ICRP の改訂勧告案である 300 Bq/m³以下になることを推奨している。

一方、ICRP は 2009 年 12 月に ICRP 2007 年勧告の改訂を行い、ラドンのリスク算定の係数を従来の半分に下げるとともに、また参考レベルを幅ではなく上限のみを表示するという変更を行った (http://www.icrp.org/icrp_radon.asp)。この結果、一般住宅の屋内ラドン濃度の参考レベルは 300 Bq/m³以下と変更された。

現在、IAEA においては、基本安全基準 (BSS) の改定を検討しており、WHO や ICRP の動きを反映すると考えられる。

日本は、欧米の高ラドン地域と較べると、高ラドン家屋といっても屋内ラドンのレベルは低い。今回の調査では、WHO の参考レベルを越す家屋の大部分は、100～200 Bq/m³ の範囲であった。このレベルであれば、屋内ラドン濃度を半減できれば参考レベル未満に低減することが可能である。その意味では、WHO ハンドブックでは、低減効率が悪いとされている比較的簡易な対策でも日本では低減化のメリットはあると思われる。

WHO ハンドブックは、国として総合的な体制を構築することを推奨している。屋内ラドンの測定に関しては、オーソライズされた測定法を決め、測定業者の品質管理の仕組みを整え、屋内ラドン対策工事の標準化や施工する業者の教育等にも触れら

れている。このような国内体制整備は、厚
労省だけでなく放射線被ばく管理を担当
している文部科学省や建築基準に係わっ
ている国土交通省などの関係部局との調
整が必須である。

資料

ラドン低減に関する消費者ガイド epa.gov/radon/pubs/consguid.html あなたの家を改修する方法 U.S. EPA, 402-K-06-094、2006年12月修正版

概要

あなたの家のラドン濃度を減らしましょう

ラドンは、肺がんの第2の主要な原因です。公衆衛生局長官と環境保護庁 EPA は、ラドンの測定をし、高濃度の家においては、ラドンを低減することを推奨します。あなたの家のラドン濃度が1リットルにつき4ピコキュリー (pCi/L) (= 149 ベクレル/m³) かそれ以上であることが確認されたならば、あなたの家を改修しましょう。4pCi/L 未満のラドン濃度であっても、まだ危険をもたらすので、多くの場合減らす方がよいかもしれません。あなたが煙草を吸い、そして、あなたの家のラドン・レベルが高いのであるならば、あなたの肺がんリスクは特に高いです。

州により保証ないし資格を与えられたラドン低減施工業者を選びましょう

あなたの家を改修するために、資格のあるラドン低減施工業者を選びましょう。まず、あなたの州のラドン事務所と相談することから始めましょう。多くの州は、ラドン専門家に対して免許や保証証明を取得し、登録されることを要求しています。

あなたは、民間の専門機関に連絡を取り、あなたの地域で民間機関が保証するラドン専門家のリストを得ることも出来ます。詳細は4ページを見てください。

ラドン低減技術は機能する

ラドン低減システムは機能します。ある種のラドン低減システムは、最高 99%あなたの家のラドン濃度を減らすことができます。一般に家を改修するためのコストは、800ドルから2500ドル(1200ドルが平均原価)です。経費は、あなたの家の規模とデザインそしてどのラドン低減方法が必要かに従い異なります。何十万人もの人々が、既に彼らの家でラドン・レベルを減らした実績があります。

あなたの家のラドン低減システムを維持しなさい

あなたの家のラドン低減システムを維持することは、ほとんど努力をしなくても可能で、

システムをきちんと機能させ続けることによりラドン・レベルを低く保つ事が出来ます(13ページ参照)。

イントロダクション

あなたはあなたの家のラドンを検査しました。では、その後は何をするのでしょう？この小冊子は、家のラドン測定を実施し、1 リットルにつき 4 ピコキュリー (pCi/L) あるいはそれ以上のラドン濃度が確認された人々のためのものです。

この小冊子は、あなたを助けることができます。

- ・ あなたの家のラドン濃度を減らす認定ラドン低減施工業者を選びましょう
- ・ 適切なラドン低減方法を選びましょう
- ・ あなたの家のラドン低減システムを維持しましょう

もしあなたの家のラドンを検査する方法に関して情報が必要なら、州のラドン・オフィスにお電話ください。そして、「ラドンに関する市民へのガイド」あるいは、もし家を売買するに当たり検査するのであれば「ラドンに関する家屋購買者および販売者へのガイド」のいずれかを手に入れて下さい。オンラインで、両方の文書の版は、<http://www.epa.gov/radon/pubs>でも入手できます。

ラドンはどのように家に侵入するのか

ラドンは、土、岩と水の中のウランが崩壊して生成される天然に存在する放射性ガスです。あなたの家の内側の気圧は、土台下の土中の気圧より通常低くなっています。圧力のこの違いのため、家は電気掃除機のような振る舞いをします。そして、土台の亀裂やその他の開口部を通して、ラドンを家の中に引き込みます。ラドンは井戸水の中にも存在する場合があります、水をシャワーや他の家庭の用途のために使うとき、屋内の空気中に放出される可能性があります。ほとんどの場合、水中から家に入っているラドンは、土からあなたの家に入ってくるラドンと比較してわずかな危険でしかありません。少数の家では、建材（例えば花崗岩と特定のコンクリート製品）からラドンが放出されていることがあります。しかし、建材は単独でラドン問題をめったに引き起こしません。合衆国では、土中のラドン・ガスが家のラドン濃度を高める主要な供給源です。

ラドンは、発癌性のある放射性ガスである

ラドンは、全米で毎年何千名もの肺がん死を引き起こすと推定されています。実際、公衆衛生局長官はラドンはタバコに次ぐ肺がんの主要な原因であると警告しました。あなたが煙草を吸い、そして、あなたの家のラドン・レベルが高いのであるならば、あなたの肺がんリスクは特に高いです。

あなたの家のラドン検査結果は、どのような意味を持つか

どんなラドンの曝露でも、ある程度肺癌を引き起こすリスクがあります。ラドン・レベルが低ければ低いほど、あなたの家族の肺癌リスクは低くなります。空中のラドンの量は、空気1リットル当たりのラドンのピコキュリー量あるいは pCi/L で計られます。時に、試験結果は、作業レベル (Working Levels, WL) で表されます。0.016 WL のレベルは、通常典型的な家のおよそ 4pCi/L と等しい値です。

連邦議会は、「屋内のラドン・レベルは屋外のラドン・レベルと同等であるべし」との長期目標を設定しました。およそ 0.4pCi/L のラドンは、屋外の空気中で通常観察される値です。

一回の長期測定の結果または二回の短期測定の平均が 4pCi/L (または 0.016 の WL) のラドン濃度以上を示すならば、EPA はあなたの家を改修することを勧めます。今日のテクノロジーで、大部分の家のラドン濃度を 2pCi/L 以下まで減らすことができます。レベルが 2 と 4pCi/L の間にあるならば、あなたは改修することを考えてもよいでしょう。

短期測定では 2 日～ 90 日の間、長期測定では 90 日以上期間あなたの家でラドン測定をします。すべてのラドン測定は、最低 48 時間連続でなされなければなりません。短期測定はより速い結果を与えますが、長期測定はあなたの家の一年中の平均ラドン濃度をより良く評価するでしょう。

EPA は、2つのカテゴリーでラドン測定を推薦しています。1つのカテゴリーは、販売を予定していない家屋のラドンに関心のある住宅所有者または居住者のためのものです。このような人は、「ラドンに関する市民へのガイド」を参照して下さい。第2のカテゴリーは、不動産業務のためのものです。この場合は、EPA の「ラドンに関する家屋購買者および販売者へのガイド」を参照して下さい。この中には、ガイダンスとともに、代表的な質問に対する回答が書かれています。

ラドン測定のキットを選ぶ

ラドンは見ることも嗅ぐこともできないので、特別な機器がそれを感知するために必要で

す。あなたの家を検査する決心がついたなら、あなたの州のラドン事務所に連絡して、認可されたラドン測定キットかラドン計測器の入手場所に関する情報を得てください。あなたは、ラドン・ホットラインから、測定キットを注文することも、情報を得ることもできます。ラドン測定装置には2種類あります。

受動的なラドン測定装置は、作動に電力を必要としません。これらは、活性炭容器、アルファ・トラック探知器、活性炭液体シンチレーション装置と電離箱型放射線測定器を含みます。短期、長期のどちらの受動的測定装置も、通常安価です。能動的ラドン測定装置は、作動するのに電力を使い、通常1時間当たりの測定値とテスト期間中の平均値を提供します。これらには、連続ラドン・モニター装置および連続作業レベル・モニター装置があり、これらの検査にはより多くの費用がかかります。州または地元の当局者は、装置の違いを説明してくれますし、あなたのニーズと予測される測定状況から最適であるものを推薦してくれます。必ず認可された検査施設から供給されるラドン測定装置を使うようにしてください。

施工業者を雇う理由？

高いラドン濃度を下げるためには特定の技術的な知識と技術を必要とするので、EPA は、あなたが資格のあるラドン低減施工業者と契約して、改修工事を進めることを推奨します。適切な器材または技術的な知識なしでは、ラドン濃度を逆に上昇させたり、他の潜在的危険と追加費用負担を発生させたりする場合があります。しかし、あなたが自分で改修することに決めたならば、あなたの州のラドン・オフィスから適当なトレーニング・コースに関する情報と EPA の技術的なガイダンス文書の写しを得てください。

どの施工業者でも達成できるか？

EPA は、あなたがラドン問題を解決するための訓練を受け、保証や資格のあるラドン低減施工業者を使うことを推奨します。あなたは、ラドン測定をしたり、家屋のラドン低減工事をしたりするサービス・プロバイダの資格を、いくつかの方法で確認することができます。最初に、あなたの州のラドン事務所と相談してください。多くの州は、ラドン専門家に、公的な免許や保証証明を取得し、登録されていることを求め、また、州の必要条件を満たすラドン低減システムを設置することを要求しています。大部分の州は、あなたに州で営業している知識のあるラドン・サービス・プロバイダのリストを提供することができます。ラドン・サービスを管理していない州では、彼らとその分野の熟達度や信用証明書を持つかどうか、そして、彼らが米国試験・材料協会 ASTM が定めた「既存低層住宅のラドン低減システム設置の標準実務 (E2121)」(2003年2月)に則っているかを施工業者に尋ねてください。

あなたは、民間熟達プログラムに連絡することで、あなたの地域で民間団体が証明する専

門家のリストを入手できます。そのようなプログラムは、通常メンバーに写真付き身分証明書を提供します。そして、それは彼らの資格取得と身分証明書の失効日をも示しています。民間熟達プログラムの詳細については、www.epa.gov/radon/proficiency.html を見て下さい。さもなければ、あなたの州のラドン事務所に連絡してください。

施工業者を選ぶ方法

見積もりを得なさい

あなたがラドン以外の問題で家の修繕業者を選ぶと同じように、ラドン対策においても施工業者を選びましょう。複数の施工業者から見積もりをもらい、紹介先を教えて貰い、紹介先が施工業者の仕事に満足しているかどうか尋ねることは、賢いやり方です。また、施工業者に関して詳しくはあなたの州のラドン事務所またはあなたの郡/州消費者保護事務所に尋ねてみましょう。

施工業者を評価して、比較するとき、以下のチェックリストを使用するとよいです。そして、以下の項目を尋ねて下さい：

【はい、いいえ】

- ・ 施工業者は、紹介先や写真を提供しますか？又、過去のラドン低減工事で前後のラドン・レベルの結果を見せてくれますか？
- ・ 施工業者は、工事がどの範囲に及ぶか、工事は完成までにどの位の日数を要するか、どの様にラドン低減システムが作動するかを説明できますか？
- ・ 施工業者は、診断検査の料金を加算しますか？
- ・ 多くの施工業者は、料金なしで見積もりを出してくれるが、診断検査のために課金するかもしれません。これらのテストはラドン低減システムの種類を選ぶための助けになり、特に施工業者が家屋の構造や予測される困難性に関して十分な知識を有していない場合には、必要です。さらに詳しい診断テストに関しては「ラドン低減技術」(p.8)を見て下さい。
- ・ 施工業者は、見積もりを出す前にあなたの家の構造を調べましたか？
- ・ 施工業者は、あなたのラドン測定結果の質をレビューして、適切な検査手続きがなされているかどうか判定しましたか？

施工業者の提案された経費を比較して、その経費で達成される内容を考慮しなさい。

(1) より安価なシステムは、それを稼働し維持するためにより多くの出費があるかもしれません。 (2) より安価なシステムは、より美観が劣っているかもしれません。 (3)

より高価なシステムは、お宅のために最適かもしれません。 (4) 建築資材の品質は、システムの有効期間に影響を及ぼすかもしれません。

施工業者の提案と見積りは以下の項目を含んでいますか？：

【はい、いいえ】

- ・ 州の認定や専門性熟達度や信用証明などの証明書提示？
- ・ 債務保険と債務契約がなされていることの証明および必要不可欠のライセンスを総てもっているかどうかの証明書提示？
- ・ ラドン低減システムの設計および施工の前に診断的検査が行われるか？
- ・ ラドン低減システムが正しく稼働しない場合にあなたに注意喚起する警告装置が設置される？
- ・ 施工後にラドン低減システムが良好に作動していることをテストするか？
- ・ ラドン・レベルを 4 pCi/L 以下に低減する保証とその保証期間？

契約

どんな仕事でも始まる前に、施工業者に契約書を準備するよう頼みましょう。あなたがそれに署名する前に、慎重に契約書を読んで下さい。契約のすべてが最初の提案にマッチすることを確認して下さい。契約書は、システムの設置の前に、そして、設置期間中にどんな仕事が行われるか、システムが何から成るか、そして、システムがどのように作動するか正確に述べなければなりません。多くの施工業者は、彼らが交渉で決めたラドン濃度を達成するためにシステムを調節するか、修正するという保証を提供します。慎重に、保証を記述している契約の条件を読んで下さい。慎重に、システムの最初のコストを増すかもしれないが、追加出費の価値があるかもしれないあなたの契約へのオプション追加を考慮してください。典型的オプションは、保証期間の延長、サービス・プランや美観の改善を含むかもしれません。

契約書に記載されなければならない重要な情報は、以下に記します。

- ・ すべての税と許可証料金を含む総経費。そして保証金がある場合には、保証金の額と全額を納める時期。
- ・ 工事が完了する日時。
- ・ 施工業者が必要な認可をとること、および施工業者が建築基準に従うことの合意。
- ・ 施工業者が責任保険を結び、それが契約されていること、そして工事の期間中に誰かに危害が加わった場合や財産に損害が加わった場合にあなたを守る事が保証されることを述べてあること。

- ・ 施工業者が工事期間内の損害および工事後の清掃に責任を持つことが保証されていること。
- ・ 合意したラドン・レベル以下に低減する保証の詳細。
- ・ 保証の詳細あるいは低減システムの部品構成要素に伴うその他のオプションの詳細。
- ・ あなたが家を売る際に保証が移譲可能かどうかに関する宣言文。
- ・ 工事が開始される以前に施工業者が住宅所有者に期待すること（例えば、作業区域に工事関係者が入りやすくすること）の記述。

ラドン低減システムで何に注目すべきか

あなたの家のためのラドン低減方法を選んでいくにあたり、あなたとあなたの施工業者は、以下に示すいくつかのものを考慮しなければなりません。すなわち、工事前のラドン濃度レベル、システムの施工とシステム運用の費用、あなたの住宅サイズと土台のタイプなどです。

施工と運転経費

家を改修する施工業者のコストは、家の特徴とラドン低減法の選択に従い変わりますが、通常、800 ドルから 2500 ドルの範囲です。ラドン低減システムの平均コストは、およそ 1200 ドルです。

大多数のラドン低減システムは、暖房や空調された空気の若干の漏出を起こすため、その分の費用がかさみます。あなたの暖房や空調費がどの程度増加するかは、あなたの住んでいる地方の気候や低減システムとして何を選んだか、また家の構造により変わります。ファンを利用するシステムは、ラドン濃度を減らすことにより効果的です。しかし、それはあなたの電気代を増やすでしょう。

17 ページの表は、異なるラドン低減システムの施工費用と平均的運用経費をリストして、各々の手法が最も効果的な例を示しています。

ラドン低減技術

あなたの家のラドン濃度を下げするために施工業者が選択できる方法は、いくつかあります。いくつかの技術は、ラドンが家に侵入するのを防止するものですが、他の技術はラドンが家に入ったあとで減らす技術です。EPA は、一般に、ラドンの侵入を防止する方法を推奨します。例えば、土中吸引 (soil suction) は、家の下からラドンを吸引して、1 本あるいは複数本のパイプを使って屋根の上に発散させる手法で、ラドンは急速に希釈され、家に侵入

するのが妨げられます。

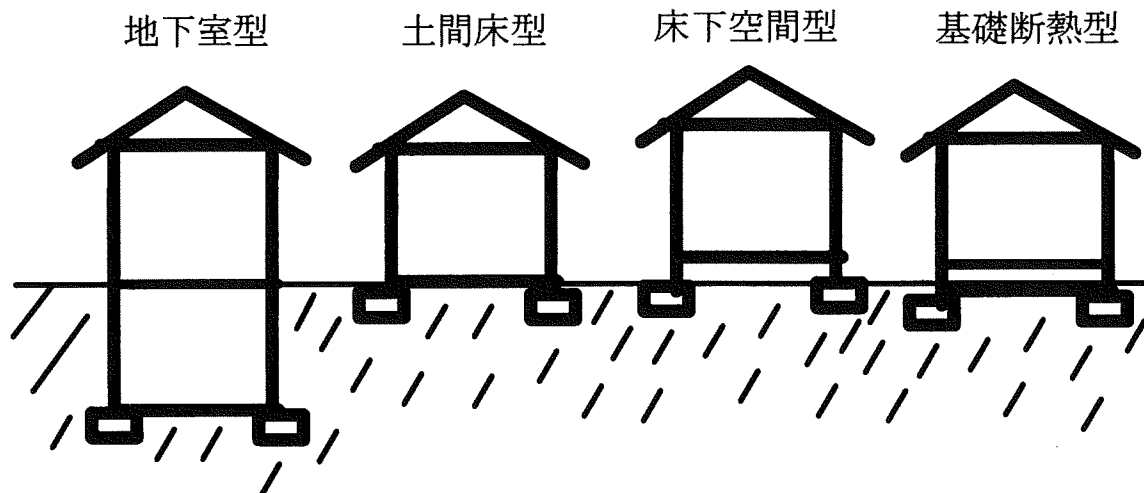
お宅の構造についてどんな情報でも、施工業者が最適のシステムを選ぶのに役立ちます。施工業者はお宅を目視点検して、お宅の特徴を考慮したシステムを設計します。目視点検だけでは十分な情報が得られない場合、施工業者はあなたの家に最適なラドン低減システムを開発するために施工の最初の段階で診断的検査を行う必要があるかもしれません。たとえば、あなたの施工業者は、空気の供給源と移動方向を見つけるために、化学煙を使うことがあります。すなわち、穴、排水管、溜りや割れ目に少量の煙を注入して、気流の源と方向を学ぶのです。気流の発生源は、ラドンの移動ルートの可能性があります。ラドン低減オプションを考慮するとき、施工業者は燃焼機器の排気ガスや煙の逆流に対する懸念を抱く場合があります、住宅所有者が燃焼機器を資格のある検査官にチェックしてもらうよう勧めるかもしれません。

もう一つの種類の診断的検査は「地中伝播試験 (soil communication test)」です。この検査では、掃除機と化学煙を使い、家の土台の下の1ポイントからもう一つへどれくらい簡単に化学煙が移ることができるかを調べます。掃除機ホースを1つの小さな穴に挿入して、第2の小さな穴で化学煙を使うことによって、施工業者は煙が掃除機の吸入によって第2の穴に吸引されるかどうか見ることができます。地中伝播試験の間に煙の挙動を見ることにより、施工業者は特定のラドン低減システムがよくお宅で働くかどうか判断することができます。

診断的検査が必要であるかどうかは、例えば土台の設計とか家下の物質の種類などのお宅に特有の詳細によって決定されます。また、類似した家と類似したラドン測定結果に対する施工業者の経験とによっても、診断的検査が必要かどうか決まります。

家の土台のタイプ

あなたの住宅タイプによって、最適なラドン低減システムは変わります。家は、通常、その土台設計によって分類されます。例：地下室型、土間床型（地表面にコンクリートを流し込んだ土台）、または床下空間型（一階の床下に浅い空間がある）若干の家には、複数の土台設計が組み合わさっています。たとえば、家の一部の下に地階を持って、残りの家の土台は土間床型か床下空間型であることは、良く見受けられます。これらの状況では、ラドン濃度を4pCi/L以下に下げするために複数のラドン低減技術の組合せが必要かもしれません。



ラドン低減システムは、住宅土台設計によってグループ化することができます。あなたの家が上記の土台設計のどの種類かを確認して、どのラドン低減システムがお宅のために最適か見つけて下さい。（日本では、気密防湿を強化した土間床型と床下空間型の折衷型である基礎断熱型がある。）

地下室と土間床型家

地下室または土間床をもつ家では、ラドンは通常4種類（土間床下吸引、排出タイル吸引、排水枡吸引およびブロック壁吸引）の土中吸引法のうちの1つによって低減されます。

能動的な土間床下吸引（別名土間床下陰圧法とも呼ばれる）は、最も一般的で、通常最も信頼できるラドン低減方法です。一つ以上の吸入パイプは、床を通して土間床下の砂利または土に挿入されます。吸引パイプは、家の外から土間床の下に挿入されます。必要な吸入パイプの数と位置は、空気が土間床下の砂利や土の中をどれくらい簡単に移動するか、またラドン源の強さ次第で変わります。しばしば、一つの吸引点だけで十分です。施工業者は、通常、目視検査や診断テストあるいは経験から、この情報を得ます。吸引パイプに接続したラドン排気ファンは、家の下からラドン・ガスを吸引して、外気にそれを放出すると同時に土間床下に陰圧を生みます。ファンの一般的な設置場所は、空調していない家やガレージ・スペース（屋根裏を含む）と家の外です。

受動的土間床下吸引は、能動的な土間床下吸引と同じ手法ですが、家の下からラドンを吸引するのにファンの代わりに自然の圧力差と気流に頼ります。受動的土間床下吸引は、通常、新しく建設された家（14 ページを見る）に設置されるラドン防止措置と合わせて用いられ

ます。受動的土間床下吸引は、通常、能動的土間床下吸引ほど効果的に高いラドン濃度を減らすことが出来ません。

若干の家は、家の土台下の水を取り除くために、排水タイルか有孔パイプを設置しています。これらのタイルまたはパイプの吸引は、ラドン濃度を減らすことにしばしば効果的です。土間床下あるいは排水タイル吸引の1つのバリエーションとして、排水枡吸引があります。

しばしば、地階のある家には、望まれない水を取り出すために排水ポンプが設置されています。この排水枡に蓋を被せて、水を連続的に吸引するようにすれば、それはラドン吸引パイプの設置場所になります。

ブロック壁吸引法が、地階の土台が中空ブロックの壁でできている場合に使うことができます。この方法は、土間床下吸引と類似して、ラドンを除去して、ブロック壁を減圧します。この方法は、土間床下吸引と組み合わせてしばしば使われます。

床下空間を持つ家

床下空間を持つ家で効果的にラドン濃度を減らすためには、地面を高密度プラスチック・シートで覆うことが必要です。換気パイプとファンを使って、シートの下からラドンを吸引して、屋外に放散することが出来ます。土中吸引のこの形は、膜下吸引法と呼ばれています。適切に適用された場合、この方法は、床下空間を持つ家のラドン濃度低減で最も効果的な方法であります。もう一つの次善のオプションは、換気扇を使って能動的に床下空間の減圧をはかる方法です。この技術は、一般に膜下吸引法と同様には機能しません。そして、燃焼機器からの排ガスや煙の逆流に対する特別な注意を必要としますし、空調した空気が漏れるために、光熱費が増加するかもしれません。

場合によっては、受動的に（ファンを使わずに）あるいは能動的に（ファンを使って）床下空間を換気することによって、ラドン濃度を下げることが出来ます。床下空間の換気は、土から家へのラドン吸入を減らし、そして、床下のラドンを希釈することによって屋内のラドン濃度を下げます。受動的な床下空間の換気は、換気口を開けるか、換気口を追加設置することによって行います。能動的な換気は、自然な空気循環に頼る代わりに、床下に空気を吹き込むためにファンを利用します。より寒い気候の地域では、受動的および能動的床下空間の換気を実施する場合には、床下の水道管、下水道、その他の機器の寒冷対策をとる必要があるかもしれません。

これらの換気オプションは、家の光熱費の増加をもたらします。

他のタイプのラドン低減方法

どんな種類の家でも使うことができる他のラドン低減技術を以下に記します。これらは、密閉、家・部屋の加圧、熱回収換気と自然な換気です。

土台の隙間やその他の開口部を密閉することは、ラドン低減の最も基本的な方策です。隙間を密閉することは、ラドンの屋内への流入を制限し、それによって他のラドン低減技術をより効果的で経済的にします。そして、空調した空気の損失を減らします。隙間の密閉は、それ単独ではラドン濃度を下げることができなかつたり、一貫した結果を示さなかつたりしますので、EPA は、ラドンを低減するために単独でこの手法を採用することを推薦していません。ラドンが侵入してくる場所を確認して、そこを永久に封をすることは難しいのです。通常の家屋では、常に新しい侵入ルートができてしまい、また封入した古いルートが再開してしまいます。

家・室の加圧は、地階または生活空間に上階や屋外からファンを用いて空気を送り込むことによって達成します。これは、ラドンが家に侵入するのを防ぐために十分な圧力を、最も低い層の屋内（たとえば地階で）に加えようとするものです。この技術の効果は、住宅構造、気候、家の他の機器と居住者ライフスタイルによって制限されます。ラドンを中に入れない十分な圧力を維持するために、通常の入退室時を除いて、最も下層階のドアと窓は、閉じておかなければなりません。この手法は、一般に、より多くの外気を屋内に導き、そして、それは結露と腐朽を招き、エネルギー浪費を引き起こすことになります。従って、他のより一般的な技術がラドンを十分に低減しなかつたあと、この技術は考慮されるべきでしょう。

熱回収換気装置（HRV）（空気-空気熱交換器とも呼ばれている）は、屋内の換気量を増やし、ラドン濃度を減らす目的で設置することができます。HRV は、熱するか、冷やした空気を排出する際に、この排気を使って、取り入れる外気を暖めたり冷やしたりして、換気を増やします。HRV は、あなたの家の全部または一部を換気するように設計することができますが、地階だけを換気するのに用いられると、ラドン濃度を減らすのにより効果的でしょう。きちんとバランスが保たれて、維持されるならば、HRV は年を通して恒常的な換気レベルを確実に維持します。HRV は、他の屋内の汚染物質を持っている家では、空気質を改善することが期待されます。HRV は、冷暖房経費を確実に増大させますが、熱回収（16、17ページを見る）のない換気ほど増大しないでしょう。

総ての家ではある程度の自然換気が起きています。下層のフロアで窓やドアや換気口を開けることにより、家の換気量は増えます。換気の増加は、外気とラドンを含んでいる屋内の空気を混ぜ合わせて、ラドン濃度を低下させる事ができます。しかし、一旦窓やドアや換気口が閉じられるならば、しばしばラドン濃度はおよそ 12 時間以内に前の値に戻ります。どんな種類の家の自然な換気でも、以下の欠点のため、一時的なラドン低減アプローチだと考える必要があります。その欠点とは、空調した空気の漏出とそのため不快、取り込んだ外気を空調するための更なる経費、そしてセキュリティ懸念などです。

あなたの施工業者の仕事をチェックすること

以下に、あなたの家にラドン低減システムを設置するとき、あなたの施工業者が満たさなければならない基本的な施工条件のリストを示します。あなたのラドン低減システムが効果を発揮するためには、ラドン低減標準がきちんと満たされていることが重要です。あなたは、この点を施工業者に確認して下さい。あなたは、あなたの施工業者が満たさなければならない州の必要条件が満たしているかどうか判断するために、あなたの州のラドン事務所と相談することができます。

- ・ ラドン低減システムは、ハッキリとラベルで表示されていなければなりません。こうすれば、機能を損ねるような偶然のシステム変更を避けることができます。
- ・ 土中吸引システムの排気パイプは、屋根の表面からより上に、地表から 10 フィート以上、窓やドアやその他の開口部から最低 10 フィート離れたところで排気しなければなりません。これは、排気パイプが開口部より最低 2 フィート高い場所に排気しないと、家への再侵入が起きることを防げないからです。
- ・ 排気ファンは、生活領域の内側や下に位置してはいけません。例えば、それは使われていない屋根裏や家の外に設置されるべきです。地下室に設置するのは駄目です。
- ・ 排気ファンを屋外に設置するのであれば、施工業者は地域の建築規則を満たすファンを設置しなければなりません。
- ・ 能動的ラドン低減システムの電気配線は、地域の電気規則に則って設置されなければなりません。
- ・ 能動的システムが正常に作動しなくなった場合に警告を発する装置が設置されなければなりません。システムの故障の警告装置の例は、液体のゲージ、音声アラーム、光インジケータ、ダイヤル（針表示）ゲージなどです。
- ・ 警告装置は、容易に視認できる、あるいは聞き取れる場所に設置されなければなりません。
- ・ あなたの施工業者は、警告装置が動くことを確認しなければなりません。

- ・ 後になってモニター装置がラドン低減システムの不調を示す際には、あなたは施工業者に電話をして調べて貰いましょう。
- ・ ラドン低減システムを設置した後の検査は、設置後 30 日以内に、しかしファン付のシステムならファンを稼働させてから 24 時間以降に行いましょう。施工業者はシステムの稼働状況とその初期評価のために、低減システム設置後検査を実施する場合があります。しかし、これとは独立して、ラドン測定を行うことをお勧めします。独立した業者あるいはご自身でラドン測定を行うことが、潜在的利害対立を排除する助けになります。システムの効果をテストするには、2-7 日間の測定が推奨されます。測定を行う際は、通常の出入りを除いて、窓やドアはテスト前 12 時間およびテスト期間中は閉められなければなりません。
- ・ あなたの施工業者が、あなたのラドン低減システムを十全に説明して、それがどのように動くかについて示して、それを維持する方法を説明することを確認して下さい。文章の作動マニュアル・維持マニュアルをもらって下さい。それから保証証などのコピーももらって下さい。

ラドン低減システムを設置した家に住むこと

ラドン低減システムの維持

炉や煙突と同様で、ラドン低減システムは特定のメンテナンスを時々必要とします。あなたは、システムが正しく機能していることを確認するために、定期的に警告装置を見なければなりません。ファンは 5 年以上（メーカー保証は、5 年を上回らない傾向がある）の間もつかもかもしれませんが、その期間を過ぎたなら、修理するか、新品に取り替える必要があります。ファンを替えることは、作業費を含めて、およそ 200 ドル から 350 ドルかかります。ラドン濃度が低いままである事を確認するために、少なくとも 2 年おきに一度あなたの家を再測定すると良いでしょう。

ファンのスイッチを切ってはいけません。システムが正しく機能するためには、連続的にファンを作動させなければなりません。

HRV のフィルタは、定期的に掃除をし、年に 2 回交換しなければなりません。HRV の交替フィルタは、簡単に替えることが出来、10 ドルから 25 ドルの値段です。フィルタがどこで購入できるか、あなたの施工業者に尋ねましょう。また、外側から新鮮な空気を取り込む換気口は、葉や破片で塞がれていないかどうか調べる必要があります。換気システムは、毎

年一度、暖房・換気・空調の専門家に頼んで、気流がきちんとバランスされているかどうかチェックしてもらいましょう。ラドン調節のために使われる HRV は、常に稼働させなければなりません。

ラドン・レベル低減後にあなたの家を改築すること

例えば、未完成の地階空間をリビング・スペースに変えるなど、ラドン低減システムを設置した後に家を大改造することに決めたなら、これらの変化が保証を無効にするかどうか、あなたのラドン施工業者に尋ねましょう。あなたがお宅の増築のため新しい土台を加える予定になっているならば、増築を含めた家全体のラドンを低減するために、どのような措置を講ずるべきか、あなたのラドン施工業者に尋ねましょう。改造したあと、必ずその改造がラドン低減システムの効果を損なわなかったことを確認するために、最も低い階の居住空間の再測定をしましょう。

家の売買

家の売買に際してラドンについての判断をする必要があるならば、EPA の「家屋購入者および販売者のラドン・ガイド」を読んで下さい。あなたがラドン低減システム設置住宅を売っているならば、潜在的買い手にその情報を伝え、彼らにあなたのシステムの操作・管理に関する情報を提供しましょう。あなたが新居を建設しているならば、高いラドン・レベルの既存の家を改修することよりも、ラドン対策を新しい建設に組み入れるほうがたいてい安くつくということを考慮して下さい。あなたの建築業者に、ラドン対策を導入できるかどうか尋ねましょう。あなたの建築業者は、EPA の文書「建築物からラドンを除く」を参照できます。あなたの建築業者は、「新築住宅の段階的ラドン対策ガイド」を使うか、あるいは、資格のある施工業者と共同して、適切なラドン低減システムを設計し設置する事が出来ます。EPA の技術文書を手に入れる、あるいは、資格のある施工業者を見つけるために、あなたの州のラドン事務所に連絡しましょう。すべての家はラドン測定されなければなりません。そして、高いラドン濃度は減らされなければなりません。ラドン対策を盛り込んだ新しい家さえ、ラドン濃度が 4pCi/L 以下であることを確認するために、居住後、ラドン測定をしなければなりません。もし 4pCi/L 以上の測定結果であるならば、あなたは資格のある低減業者に頼んで、およそ 300 ドルで換気口用のファンを既存の受動的なシステムに追加して、さらにラドン濃度を減らしてもらうことができます。

水の中のラドン

しばしば、屋内の空気中のラドンは、土と給水の 2 つの源から供給されています。水を通じてあなたの家に入っているラドンに比較すると、土を通してあなたの家に入っているラド

ンは、通常、より大きなリスクです。ラドンが心配で、そして、家に専用の井戸があるならば、空気と水の両方のラドンを検査しましょう。空気と水の中のラドンを検査すれば、あなたは状況に最適なラドン低減オプションを完璧に評価することができるでしょう。あなたの家の給水をテストする装置と手続きは、空気中でラドンを測るために使われるそれらと異なります。

あなたの給水のラドンは、吸入のリスクとわずかな摂取のリスクをもたらします。水の中のラドンから受けるリスクの大部分は、シャワーや他の目的で水を家庭内で使うときに空気中に放出されるラドンによってもたらされます。研究結果は、飲水によるラドンの胃がんリスクに比して、吸入によるラドンの肺がんリスクのほうが、より重大なリスクであることを示しています。

あなたの家の水が地表水であるならば、水由来のラドンは通常問題になりません。水源が地下水の場合、例えば私的な井戸や地下水を利用した公共給水システムであるとき、水中のラドンはより問題になりやすいでしょう。いくつかの公共給水システムでは、ラドン濃度を減らすために水を処理してから家庭に供給されています。ラドンが水を介してあなたの家に入っているとの懸念があり、その水が公共の給水システムであるならば、あなたの水供給元と連絡をとって見るべきです。

私的な井戸を検査した結果、水中のラドンが問題なら、それは簡単に処理することが出来ます。あなたの家の給水は、次の何れかの方法で処理できます。家全体への給水の入り口部分で処理をすれば、家庭内の水配管内に入る手前で効果的にラドンを取り除くことが出来ます。給水の入り口部分での処理は、通常粒状の活性炭（GAC）フィルタか曝気システムを使用します。GACは、曝気システムより通常少ないコストで実施できます。このフィルタは、放射能を集めることができるので、廃棄するときには特別な注意を必要とします。GACフィルタと通気システムには、それぞれ利点と欠点があり、その事に関して、あなたの州のラドン事務所または水処置専門家と話し合われるとよいでしょう。用途の段階での処理装置は、蛇口に取り付けて水からラドンを除去します。しかし、あなたが使う水の一部、例えばあなたが飲む水などしか処理されません。用途の段階での処理装置は、家で使われるすべての水から空気に放出されるラドンを吸入するリスクを減らすことには効果がありません。

水中のラドンや、その検査と処理、そして飲料水のラドン基準に関する情報を得たいとき、あるいは一般的な援助が必要なときは、あなたの州のラドン事務所または EPA の飲料水ホットライン（800-426-4791）か、<http://www.epa.gov/safewater/radon.html> を参照して下さい

い。あなたの州のラドン事務所は、水中ラドン測定キットの入手法を教えてください、試験結果を解釈するのを援助してくれます。

ラドン低減装置設置・稼働のコスト(EPA消費者ガイドライン)

技術	典型的ラドン低減率	典型的設置コストの範囲(施工業者)	典型的稼働コストの範囲:ファンの電気代、冷暖房費の増加(年)	コメント
土間床下吸引法(土間床下陰圧法)	50-99%	\$800-2500	\$50-200	土間床下の空気が容易に移動する場合は、最も良く機能
受動的土間床下吸引法	30-70%	\$550-2250	若干の冷暖房費増加	寒い地域でより効果的。能動的土間床下吸引法より効果悪い
排水タイル吸引法	50-99%	\$800-1700	\$50-200	部分的あるいは完全な排水タイル・ループのどちらでも効果
ブロック壁吸引法	50-99%	\$1500-3000	\$100-400	中空ブロック壁の家屋で応用可。主要な開口部を塞ぐ必要
排水枘吸引法	50-99%	\$800-2500	\$50-250	土間床下の空気が容易に排水枘に移動する場合は、最も良く機能
床下空間膜下減圧法	50-99%	\$1000-2500	\$50-250	寒い地方では、自然換気より熱損失が小さい
床下空間の自然換気	0-50%	無し、換気口追加の場合は\$200-500	若干の冷暖房費増加	コストは変動する
ラドン侵入経路の密閉	コメント参照	\$100-2000	なし	通常、他の技術と組み合わせて実施。適切な材料と施工が重要。
屋内(地下室)加圧法	50-90%	\$500-1500	\$150-500	空気の漏れが非常に低い

				地下室で、外部や上階から隔離されていると機能
自然換気	効果は様々で、一時的	無し、換気口追加の場合は\$200-500追加	\$100-700	冷暖房の空気が顕著にもれるため、換気の頻度に応じて冷暖房費が増加
熱回収換気法(HRV)	効果は様々。コメント参照	\$1200-2500	継続的に使用すれば、\$75-500	限定的使用。効果は、ラドン濃度とHRVにより取り入れる希釈用の外気の量により変わる。地下室などの限定的な空間に使用されるとき、最も効果が高い。
私的井戸水水道:曝気	95-99%	\$3000-4500	\$50-150	一般的に次のGACより効果的。効果を維持する目的で、毎年掃除と汚染防御が必要。ラドンを廃棄する装置が必要
私的井戸水水道:活性炭素粒(GAC)	85-95%	\$1000-3000	なし	高濃度のラドンでは、曝気より効果が劣る。中等度(5000pCi/L・水以下)で使用。活性炭に放射性のラドン娘核種が蓄積。タンクの周りに遮蔽を設置し、廃棄の際にも配慮が必要となるかもしれない

注1. ファンを稼働させた場合の電気代および冷暖房費の増加は、季候や家のサイズは電気代・燃料代などに関する一定の条件下で計算されている。あなたの家では、異なるかもしれません。

注2. 美観を保つための改修を加えると、個々に記した典型的なコストよりも高くなるでしょう。