

ドン測定値は、平均で 23 年の期間をカバーし、必要であれば、季節性の変動を調整し、年間を通じた家のラドン濃度を代表するようにした。ラドン濃度測定がなされなかった家（例えば、家の改築がなされた）に関しては、同じ地区の対照者集団住居で測定された全てのラドン測定値の平均を間接的な評価値とした。個々人の「実測ラドン濃度」を得るために、過去 5 年～34 年間の居住した全ての家の期間加重平均値を計算して求めた。加重は、それぞれの家に住んだ長さに比例して配分した。

表 2 個々の症例対照研究を合わせた国際統合研究およびラドン曝露鉱夫調査に基づく屋内ラドンの肺がんリスク要約

	Nbr. of studies included	Nbr. of lung cancers	Nbr. of controls	Exposure Window (years) ^a	Percentage increase in risk of lung cancer per 100 Bq/m ³ increase in radon concentration	
					Based on measured radon	Based on long-term average radon ^b
Pooled analyses of studies of indoor radon in the home						
European (Darby et al. 2005, 2006)	13	7 148	14 208	5-35	8 (3, 16)	16 (5, 31)
North American (Krewski et al. 2005, 2006)	7	3 662	4 966	5-30	11 (0, 28)	-
Chinese (Lubin et al. 2004)	2	1 050	1 995	5-30	13 (1, 36)	-
Weighted average of above results of pooling studies					10	~20 ^c
Studies of radon exposed miners ^{d, e}						
BEIR VI analysis (BEIR VI 1999; Lubin et al. 1997)	11	2 787		5-35	All miners: 5 Miners exposed to <50 WLM only: 14 Miners exposed to <50 WLM and at <0.5 WL only: 30	
German uranium miners study (Grosche et al. 2006)	1	2 388		5-35	All miners: 3 Miners with low exposures incurred at low dose rates: 18 ^f	
French and Czech uranium miners (Tomasek et al. 2008)	2	574		5+ 5-35	All miners (mean exposure rate 4.5 WLM/year): 32	

個人の喫煙の多様性に基づく肺がんリスクの違いを詳細に検討してみたところ、欧州調査では、個々の調査間での屋内ラドン濃度単位増加当たりのリスク増加の変動は、偶然の変動を越すものではないことがわかった。それ故、データを統合することは適切である。データ統合を行うと、ラドンと肺がんの関係に明瞭な正の相関が顕れた。実測ラドン濃度 100 Bq/m³ 増加当たり肺がんリスクは 8% (95%信頼区間: 3-13%) 増加した。この住居ラドン濃度の単位増加当たりの肺がん率パーセント増加の推計値は、偶然の変動を越して年齢や

性で変動することはなかった。また、彼や彼女の喫煙歴によっても偶然の変動を超して変動することはなかった（表 3 参照）。

表 3 欧州と北米統合調査結果に基づいた実測屋内ラドン濃度 100 Bq/m³ 当たりのラドン関連肺がん増加リスク

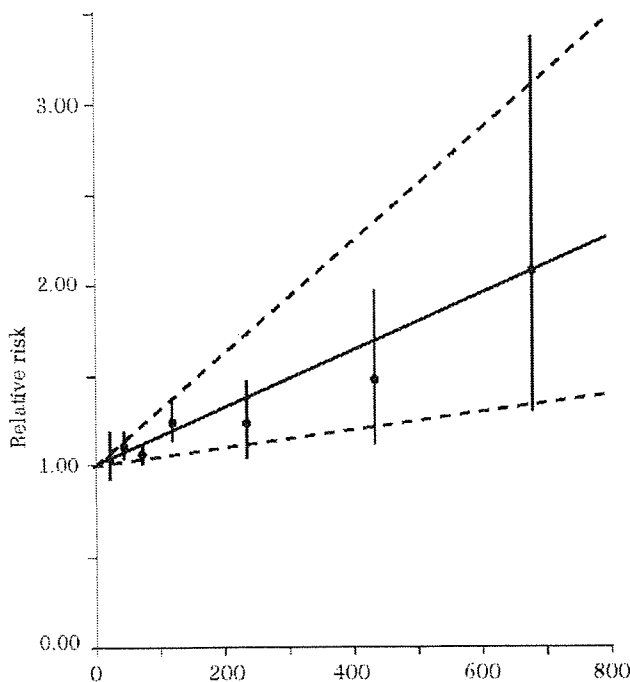
	% risk increase (95% CI)		% risk increase (95% CI)	
Sex				
	Men	11 (4, 21)	Men	3 (-4, 24)
	Women	3 (-4, 14)	Women	19 (2, 46)
	<i>p for heterogeneity</i>	0.19		
Age at disease occurrence (years)				
	<55	<0 (<0, 20)	<60	2 (<0, 35)
	55-64	14 (3, 31)	60-64	80 (13, 257)
	65+	7 (1, 16)	65-69	2 (-5, 28)
			70-74	33 (1, 102)
			75+	-2 (-10, 30)
	<i>p for trend</i>	0.98		
Smoking status				
	Current cigarette smoker	7 (-1, 22)	Never smoked	
	Ex-smoker	8 (0, 21)	cigarettes	10 (-9, 42)
	Lifelong non-smoker	11 (0, 28)	Current or ex-cigarette	
	Other	8 (-3, 56)	smoker	10 (-2, 33)
	<i>p for heterogeneity</i>	0.92		
Overall				
	Based on measured radon	8 (3, 16)	Based on measured radon	11 (0, 28)

欧州統合調査では、曝露－反応関係は大凡線形で、それ以下ではリスクがなくなるような閾値を指示する証拠はなかった。とりわけ、150 Bq/m³（すなわち、いかなる閾値であれ、その 95%信頼区間の上限が 150 Bq/m³）を超す閾値とは合致しなかった。さらに、研究者たちが解析を 200 Bq/m³ 以下のラドン濃度の家に限定して解析した場合でも、ラドン濃度と肺がんは統計的に有意な相関を示した。実測ラドン濃度が 100-199 Bq/m³（平均 136 Bq/m³）の個人は、実測ラドン濃度が 100 Bq/m³ 以下（平均 52 Bq/m³）の個人に比べて肺がんリスクが 20%（95%信頼区間：3-30%）高かった。

上記のように、天候の変動(Zhang et al. 2007)などにより、家の平均年間ラドン濃度は年ごとに偶然に変動する。この年ごとの変動を考慮に入れないで、実測ラドン濃度により症例対照研究の肺がんリスクを評価すると、そのリスクは過小評価になる可能性がある。そこで、欧州統合調査では、「長期的な平均ラドン濃度」（実測ラドン濃度における年ごとの偶発的変動を調整した濃度）を用いて再解析がなされた。長期的な平均ラドン濃度を用いた

最終的なリスク係数は、100 Bq/m³ 当たり 16% (95%信頼区間：5-31%) であった。再度述べるが、この比例スケールでは、年齢や性や個人の喫煙状態で偶然の変動を超えるリスクの変動はなかった。そして、線量効果関係は図 1 に示すようにほぼ線形であった。

図 1 欧州統合調査における肺癌相対リスクと住居ラドンの長期平均濃度



北アメリカ統合調査

北アメリカ統合調査 (Krewski et al. 2005, 2006) には、米国とカナダの 7 調査から 3662 名の症例と 4966 名の対照者が含まれた。方法論は、欧州調査のそれと同様である。欧州調査と同様に、一旦個々人のデータを統合し直した後は、個別の 7 調査のラドン関連リスクは一貫性があった。7 調査全てのデータをまとめて解析したところ、実測ラドン濃度 100 Bq/m³ 当たり肺癌リスクは 11% (95%信頼区間：0-28%) 増加した。曝露データの精度が比較的高い個人に限定して解析を行うと、肺癌リスクの推計値は増加した。例えば、調査対象者に選ばれる前の 5~30 年の期間にただ一カ所ないし 2 カ所の家にしか住んでいなかった個人で、最低 20 年間の線量評価ができた個人では、研究者達は 100 Bq/m³ 当たり 18% (95%信頼区間：2-43%) のリスク増加があると報告した。実測住居ラドン濃度の単位曝露量増加当たりの肺癌リスクの推計パーセント増加量は、偶然の変動を超して年齢や性で変動することはなかった。また、彼や彼女の喫煙歴によっても偶然の変動を超して変動することはなかった (表 3 参照)。

欧州統合調査と同様、北米統合調査の結果は、しきい値無しの線形の線量効果関係に合致した。しかし、欧州統合調査とことなり、これまでのところ北米統合調査では年毎の住居ラドン濃度の変動を調整する試みはなされていない。さらに解析が進み、年毎の住居ラドン濃度の変動が調整されたなら、両方の調査を直接比較することが可能となるであろう。

中国統合調査

Lubin とその同僚らは(2004)、ガンズとシェンヤン地区の 2 調査の 1050 名の症例と 1996 名の対照者を解析した。統合されたデータでは、実測ラドン濃度 100 Bq/m³ 増加当たりのリスクは 13% (95%信頼区間 : 1-36%) 増加した。両調査の結果は、互いに矛盾がなかったが、この結果は、規模がずっと大きいガンズ調査の影響が大きい。欧州調査および北米調査と同様に、結果はしきい値無しの線形線量効果関係と矛盾しなかった。

住居ラドンによる肺がんリスクに関する総合的な証拠

三つの統合調査は住居でのラドン曝露による肺がんリスクに関して極めて同じような結論を導いている (表 2 参照)。一般住宅で観察されるような濃度であっても、ラドンは一般集団の肺がん原因となっていることが、紛れもなく証拠立てられた。特に、三つの調査全てで、ラドン濃度の単位増加当たりのリスク増加率が年齢や性や喫煙習慣により偶然の変動幅を超して変動するという証拠は得られなかった。さらに、線量効果関係は線形で、しきい値の証拠は得られていない。また、多くの国で現在対策が実施されている 200 Bq/m³ より低いレベルであっても、リスクは増加するという重要な証拠が得られた。

三大統合調査は、実測ラドン濃度に基づく肺がんリスクの増加を実測ラドン濃度 100 Bq/m³ 増加当たり 8% (95%信頼区間 : 3-16%)、11% (同 : 0-28%)、13% (同 : 1-36%) と報告した (表 2)。これらの三つの推計値は互いに矛盾しないので、分散の大きさに比例した加重係数を使って、加重平均を求めた。その結果、三つの統合調査を合わせた推計値は、実測ラドン濃度 100 Bq/m³ 当たり 10% 増加である。

先に述べたように、年ごとの住居ラドン濃度の変動により、実測ラドン濃度に基づくリスク評価は過小評価になっていると思われる。現在のところ、実測ラドン濃度ではなく長期に亘る住居ラドン濃度の平均値に基づいた詳細なリスク解析を行っているのは欧州統合調査のみである。この調査では、長期平均濃度に基づくリスク推計値は、実測ラドン濃度に基づくリスク推計値の二倍であった。中国でも同じ家で別々の年にラドン測定を実施したデータがあり、その結果は欧州調査と同じような年毎の変動を示している (Lubin et al. 2005)。一方、米国のデータも年毎に相当な変動があることを示唆している (Zhang et al. 2007)。仮に三つの統合調査を合わせた場合でも、年毎の変動を調整した場合の影響が欧州調査と同じであるとするならば、長期ラドン濃度に基づく三つの統合調査の合同リスク評価値は、凡そ 100 Bq/m³ 当たり 20% となるであろう (表 2 参照)。

ラドン曝露量を評価する上で誤りが起きる可能性のあるその他の原因を列挙すると、測定器の過誤、家の中での空間的ラドン濃度の変動、現在アクセスできないため測定できなかった過去の居住住宅のデータ、対象者の動きとラドン濃度の連携失敗、およびラドン子孫核種による曝露をラドンガスとして測定すること等がある(Field et al. 2002)。一般に、これらのありそうな曝露測定の過誤の影響を評価することは、一般に難しい。しかし、曝露量の誤評価のおき方が、症例と対照で系統的に異ならないのであれば、観察結果はリスク零の方向へ偏向しやすい(すなわち、真の影響は過小評価される)。実際、過去のラドン曝露をよりよく評価するような経験主義的モデルは、住居ラドンと肺がんの相関をより強く検出する傾向がある(Field et al. 2002)。

大多数の屋内ラドン調査においては、その他の多くの要因が正式な解析には含まれていない。特に、対象者の喫煙カテゴリー振り分けにおいてしばしば過誤が起きている。また、幾つかの国では、エネルギー効率が向上し、空調設備が導入されたため、過去二・三十年の間に系統的なラドン濃度の変動があったと考えられる。これらの要因の総合的な影響は、先に述べたように、年毎の変動を修正した後であっても、真のラドン影響は住居ラドン調査から得られるリスク評価値よりも幾分高くなると思われる。

屋内ラドン調査における肺がんリスクとラドンに曝露した鉱夫調査における肺がんリスクを直接比較するのは、複雑である。それは、鉱夫データでは、一般に曝露量がより高く、また逆線量率効果があるからである(表1参照)。鉱夫調査を要約したリスク評価値は、住居ラドン調査のそれに比較するとやや小さい。例を挙げるなら、BEIR VI 委員会の解析に使われた全ての鉱夫を対象にすると、100 Bq/m³ 当たり約5%と推計され、この値は規模の大きなドイツ調査の推計値よりやや低い。BEIR VI 調査では、蓄積曝露量が50WLM以下(すなわち、約400 Bq/m³ のラドン濃度の家に30年居住した際にうける曝露量)の鉱夫に限定した追加解析が行われており(Lubin et al. 1997)、100 Bq/m³ 当たり14%増と評価している。さらに、蓄積曝露量が50WLM以下で、曝露率が0.5WL未満(約2000 Bq/m³ 未満)の鉱夫を対象とすると、リスクの増加は100 Bq/m³ 当たり30%となる。同様に、低曝露率の労働者で、曝露期間を5~34年の期間に設定し、曝露評価の精度が相対的に高い鉱夫に限定してフランスとチェコのコホートを解析したところ、表2に記したようにリスクの増加は100 Bq/m³ 当たり32%にもなった(Tomasek et al. 2008)。

要約すれば、屋内ラドン調査に基づくラドン関連リスクの推計値と低曝露濃度で比較的low蓄積曝露量の地下鉱夫調査で得られた推計値は、良い一致を見せている。

1.3 ラドンと肺がん以外の疾患

ラドンとその崩壊産物を含む大気中にいる時に、胸部以外の気道や皮膚もそれなりの線量

を受けるだろうが、身体部分で最も放射線被ばく線量が高くなるのは気管支の上皮である。さらに、腎臓や骨髄を含む他の臓器も低い線量を受けるであろう(Kendall et al. 2002)。もしラドンが溶解した水を飲めば、胃もまた被ばくするであろう。

ラドンに関連して肺がん以外の癌死が増加している証拠が無いかどうか、BEIR VI 解析の対象となったラドン曝露鉱夫で解析された。その結果、ラドンが肺がん以外の癌の原因になっている事を示す強い証拠は得られなかった(Darby et al. 1995)。しかし、この問題に関してさらなる調査が継続されている。例えば、チェコのウラニウム鉱夫で白血病とリンパ腫と多発性骨髄腫に関する症例対照研究が最近報告され(Rericha et al. 2007)、ラドン曝露と慢性リンパ性白血病を含む白血病との間に正の相関が認められた。ラドン曝露鉱夫の多くのコホートで、ラドン曝露と心臓血管病の関係が調査されたが、ラドンが心臓疾患を増やしたという証拠は得られていない(Villeneuve et al. 1997, 2007, Xuan et al. 1993, Tomasek et al. 1994, Kreuzer et al. 2006)。飲料水中に自然界のウラニウムとその他の放射性核種を高濃度で含むような地域で、胃がんに関する症例対照研究が 1 件実施されたが、リスクが増加している傾向はなかった(Auvinen et al. 2005)。

一般集団中の小児ないし成人の白血病に関して、約 20 のラドン曝露に関する生態学的調査が実施されてきた。その中には Smith らの方法論的に進んだ調査(2007)も含まれるが、これらの幾つかの調査は、地理学的なレベルにおいて屋内ラドン濃度と白血病リスク (Smith の調査では慢性リンパ性白血病を含む) に相関を認めた(レビューに関しては Laurier et al. 2001 を参照)。ノルウェーの生態学的調査は、多発性硬化症と屋内ラドン濃度の相関を示した(Bolviken 2003)。すでに幾つかの症例対照研究やコホート調査がなされてきたが (Laurier et al. 2001, Mohner et al. 2006。(筆者註：白血病に関する調査))、一般的には、これらの相関は、ラドン曝露鉱夫ないし一般集団の何れかを使って、質的に高い症例対照研究やコホート調査により確認されるものである。ラドン曝露と肺がんの調査でもそうであったように、これらの生態学的調査には数多くのバイアスが入り込みやすい。それ故、これらの調査は誤った結論を導きやすく、ラドンがこれらの疾患の原因として働いているとの証拠として扱ってはならない。

1.4 屋内ラドンを原因とする肺がん負荷

上記の証拠により、一般集団においてラドン曝露は肺がんの原因である事が確立した。どのような国であれ、毎年、ラドンにより発症する肺がんの比率は、主にその国の屋内ラドン濃度により決定される。経済開発協力機構 (OECD) 参加国 30 の大部分の国における住居ラドン濃度の分布を調べるため、調査が行われた。世界の平均屋内ラドン濃度は、39 Bq/m³ であると見積もられた (表 4)。

表4. OECD参加国の屋内ラドン濃度

Country	Indoor Radon Levels (Bq/m ³)		
	Arithmetic mean	Geometric mean	Geometric standard deviation
OECD countries			
Australia	11	8	2.1
Austria	99	15	NA
Belgium	48	38	2
Canada	28	11	3.9
Czech Republic	140	44	2.1
Denmark	59	39	2.2
Finland	120	84	2.1
France	89	53	2.0
Germany	49	37	2.0
Greece	55	44	2.4
Hungary	82	62	2.1
Iceland	10	NA	NA
Ireland	89	57	2.4
Italy	70	52	2.1
Japan	16	13	1.8
Luxembourg	110	70	2
Mexico	140	90	NA
Netherlands	23	18	1.6
New Zealand	22	20	NA
Norway	89	40	NA
Poland	49	31	2.3
Portugal	62	45	2.2
Republic of Korea	53	43	1.8
Slovakia	87	NA	NA
Spain	90	46	2.9
Sweden	108	56	NA
Switzerland	78	51	1.8
United Kingdom	20	14	3.2
USA	46	25	3.1
Worldwide average	39		

Sources: WHO (2007), UNSCEAR (2000), Billon et al. (2005) and Menzler et al. (2008).

幾つかの国に関して、ラドン曝露に起因するラドン起因性肺がん数が詳細に検討され報告されている。計算は、調査により得られた屋内ラドン濃度の評価値と、BEIR VIの鉱夫の調査解析で得られた間接的なリスク係数を用いるか、あるいは、欧州統合調査で直接的に得られたリスク係数を用いてなされる(表5)。

多くの集団で、現在喫煙者は生涯非喫煙者に較べて肺がん率がずっと高い。住居ラドン調査では、屋内ラドン濃度の単位増加当たりの肺がんリスクのパーセント増加量は、生涯非喫煙者と喫煙者ではほぼ同じである(表3)。さらに、喫煙情報が入手可能であった鉱夫調査では、屋内ラドンの単位濃度増加当たりの肺がんリスクのパーセント増加量もまた、近似していた。それ故、大多数のラドン誘発肺がんは、ラドンと喫煙が合わさった原因で起きている。その意味では、個人が喫煙をしなかったか、あるいは、ラドンに曝露しなかった

なら肺がん罹患しなかったかもしれない。

表5. いくつかの国でのラドン起因性肺がん率の推計値

Country	Mean indoor radon [Bq/m ³]	Risk estimate used in calculation	Percentage of lung cancer attributed to radon [%]	Estimated no. of deaths due to radon-induced lung cancer each year
Canada (Brand et al. 2005)	28	BEIR VI	7.8	1 400
Germany (Menzler et al. 2008)	49	European pooling study ^a	5	1 896
Switzerland (Menzler et al. 2008)	78	European pooling study ^a	8.3	231
United Kingdom (AGIR 2009)	21	European pooling study ^a	3.3	1 089
		BEIR VI	6	2 005
France (Catelinois et al. 2006)	89	European pooling study	5	1 234
		BEIR VI	12	2 913
United States (BEIR VI, 1999)	46	BEIR VI	10-14	15 400 - 21 800

with adjustment for year-to-year variation in indoor radon concentrations.

個人のレベルでみると、一定のラドン濃度に曝露した後のラドン誘発肺がんのリスクは、生涯非喫煙者より現在喫煙者のほうがずっと大きい。これは、欧州住居ラドン調査の統合調査で例示されている (Darby et al. 2005)。生涯非喫煙者では、屋内ラドン濃度が0、100、あるいは800 Bq/m³の家に住んでいると(75歳までの)肺がん死亡リスクは各々1000分の4、5、ないし10となる。しかし、喫煙者ではこれらのリスクはずっと大きくなり、それぞれ1000分の100、120、ないし220となる。禁煙したヒトの場合は、ラドン関連のリスクは、喫煙し続けたヒトよりずっと低くなるが、生涯非喫煙者に較べればリスクは高い。

2. ラドン測定法

キーメッセージ

- 住宅でのラドン測定は、簡単に実施できる。しかし、正確で一貫した測定を保証するためには、標準的（国定などの）プロトコルに従う必要がある。
- 住宅やその他の建物の年間ラドン平均値を評価する目的には、長期間のラドン濃度を総和する測定手法の方がよい。
- 時間により屋内ラドン値は大きく変動するので、多くの場合、短期間の測定は信頼性が低い。
- 測定器の型を選択するに当たっては、注意深く選択すべきである。測定器の型によって一件当たりの費用が変わり、それ故国のラドンプログラムの費用が影響を受ける。
- ラドン測定の信頼性を確保するために、品質保証と品質管理の手法を導入することが強く推奨される。

(以下略)

3. ラドン防止と減免

キーメッセージ

- 全体にリスクを低減するためには、ラドン防止（新築住宅）と減免（既築住宅）の戦略が必要である。
 - ラドンの発生源、ラドン濃度、そしてラドン輸送機序によりラドン防止と減免にどの戦略を用いるかが変わる
 - どのようなラドン防止・減免策をとろうが、その有効性を確認するためにラドン測定を行わなければならない。
 - 建築分野の専門家がラドン防止・減免のキープレーヤーである。彼らを訓練し、この分野でのコンピテンス（要求される能力）を確実にする戦略が必要である。
 - 国家レベルで、ラドン防止・減免に関する研究に基盤をおくガイドラインや基準を策定すべきである。
- (以下略)

(第3章、以下省略)

4. ラドン規制の費用対効果

キーメッセージ

- 防止策の費用対効果は、地域の平均ラドン濃度が上昇すればするほど上昇する。しかしながら多くの場合、全ての新築住宅にラドンバリアなどのラドン防止策を施工する方が費用対効果は高くなる。
- 既存住宅の減免の費用対効果は、ラドン濃度の高い家を同定するための費用と減免工事の費用そのものに影響される。
- 減免プログラムの費用対効果解析により、全国規模では費用対効果が悪いと判定された場合でも、高ラドン濃度の地域では減免工事を実施すべきである。
- 費用対効果解析は、現行の政策を評価する有用な道具であり、ラドンを低減させる新規のそして費用対効果の高い方法を導入する事につながる。
- 政策およびその代替策を評価するに際し、費用対効果解析は政策決定者に有用な情報を提供する。しかし、それは不確実性と限界を伴わざるをえない。それゆえ、この種の解析結果は注意深く解釈され、伝えられるべきである。

(第4章、以下略)

5. ラドンリスクコミュニケーション

キーマッセージ

- ▶ ラドンのリスクやその防護に関するコミュニケーションは、ラドンが一般には知られていないこと、さらには公衆にとって健康リスクと認識されていないことにより、重大なチャレンジである。
- ▶ 公衆に情報を伝えるのに加えて、ラドンリスクコミュニケーションの第1の目的は、ラドンというものは対策が必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ことである。
- ▶ リスクコミュニケーションが有効になるためには、組織間の共同作業、明瞭で調和のとれたメッセージ、そして社会からの信頼の厚い協力者の参加が必要である。
- ▶ ラドンリスクコミュニケーションの一部として、特定の対象聴衆を狙った一連のコアメッセージを開発することが推奨される。これらのメッセージは、単純で、短く、要領を得たものでなければならない。
- ▶ 対象聴衆のラドンに関する知識レベルや理解度を評価することを強く推奨する。リスクコミュニケーション運動の前後において、この評価を実施すべきである。

この章の目的は、ラドンリスクコミュニケーションプログラムを展開するための手引きをすることにある。また、章では異なった複数のコミュニケーションの技術と行動プログラムを推奨する。ここで述べられる情報は、一般的なコミュニケーションの原則に基づいており、また、ラドンプログラムが良く開発されている幾つかの国の経験を踏まえたものである。ここに書かれる手引きは、国内あるいは地域の支配的な文化的、社会的、経済的な状況に応じて合わせる必要がある。この章では、ラドンに伴う健康リスクを心配している公衆とどの様にコミュニケーションするのかを調べ、また国のラドンプログラムの目的を調べる。

国のラドンプログラムにおいては、公衆と明瞭にそして効果的にコミュニケーションすることが第1の目的に掲げられるべきである。公衆とのコミュニケーションでは、基礎となるステップが複数有り、この章で詳らかにしていく。これらのステップには、公衆のリスクの認識度合いの評価、明瞭で理解しやすいリスクのメッセージ、対象聴衆の同定、そして幾つかの状況下ではラドン曝露によるリスクを明確化するための比較（例えば、ラドンによる肺がんとその他の原因による肺がん）などが基本的な構成要素が含まれる。

5.1 原則、行動プログラム、活動分野（チャンネル）

コミュニケーションにおいては、メッセージの内容と文脈の両方が重要である。ラドンのリスクに関するメッセージを受け取る聴衆は多岐にわたるため、彼らがどの様に受け止めるかを考慮することが重要である。5.2節でさらに説明するが、集団が異なればリスクの定義が異なる。効果的なコミュニケーションを構築するためには、信頼感を醸成し、注意深く、開放的な対話を維持する事が重要である(WHO 2002)。信頼感を醸成するためには、コミュニケーターは、対話能力があり、礼儀正しく、正直で、魅力的であり、明瞭で理解可能な言語を使わなければならない。注意深いコミュニケーターは、言葉を選ぶに賢明であり、積極的に聞き取り、身体言語を観察し、感情を認識することにおいて意図的である。開放的な対話を維持するために、コミュニケーターは、投入すべき情報を探し、情報を共有し、コミュニケーションの方法を提供する(WHO 2002)。

コミュニケーターを選ぶ時には、個人間のコミュニケーション技術に長け、トピックの領域の知識が豊富で、信頼のおける人物を選ぶことが重要である。コミュニケーターは、信用性を確立しようとする場合には、言語以外のコミュニケーションは言語によるコミュニケーションと同じように重要であることを必ず思い出す必要がある(USEPA 2007, WHO 2007)。

USEPA(2007)によれば、リスクコミュニケーションを行う際に共通して観察される誤った思いこみがある。例えば、「人々がどのような質問をするか予測することはできない」とか「リスクコミュニケーションすることは、人々に安心を与えるより、警告を発するほうが多い」などである。実際は、もしコミュニケーターが十分準備していさえすれば、質問や相違点に関する懸念の95%は予測可能であった。一般的なリスクに関する質問やより専門的な放射線リスクの質問の例は、他に纏められている(WHO2007, USEPA 2007)。

リスクコミュニケーションを評価する際には、3つの主要な構成要素がある。すなわち、リスク評価、リスク認知、リスク管理である(WHO 2002)。それぞれの構成要素は、いろいろな特性を包含している。リスク評価は、悪い結果がもたらされる可能性を述べるためのプロセスである。リスクが科学的なリスク評価を通じて定義されるなら、政策決定者はリスク管理のプログラムを策定することができる。リスク認知は、単なる公衆による認知にとどまらない。公衆の認知自体、過去に経験した他のハザード(危険)やリスクにより影響を受けている(Slovoc 1987)。さらにそれは経済的および政治的要素をも考慮に入れている。公衆の認知は、知識が獲得されたり情報が蓄積されたりするに従い、時間とともに変化する。リスク管理は、政策決定者および政府機関が公衆のリスク評価と認知にたいしてどのように対応するのかを扱う。政府機関は、新しい法や政策を作ることにより対応できる。このリスク管理の要素が、実行されるラドンプログラムの方向性に影響を与えるだろう。

公衆に情報提供することとは別に、ラドンリスクコミュニケーションプログラムの一義的

な目的は、ラドン曝露は対策が必要となる重大な公衆衛生問題であることを国および地方レベルの政策決定者に納得させることである。以下の第6章では、国および地方レベルで実施されるべき対策に関して議論する。

スウェーデンなどのいくつかの国での経験は、政策決定者をして政策を通じた対策の必要性を納得させることが、一般公衆にむけてリスクコミュニケーションのメッセージを発するだけよりずっと効果的であることを示唆している。しかしながら、住居のラドンレベルを低減する必要性を公衆に気づかせる事は、相変わらず重要な戦略である。政府が採択するコミュニケーション戦略は、以下の要素に依存する。

- 国の問題の重大さ
- ラドンプログラムの全体的な目的
- 目的に関するコミュニケーション
- プログラムの資金
- 参考値
- 国の建築基準

使われるコミュニケーションの経路と通路は、受動的（提供者との対話の機会を設けない情報提供）および能動的（情報は提供されると共に、受領者が相互作用し、対話が成立するよう）な実行技術を組み合わせて採用すべきである(WHO 2002)。例を表 16 に示す。

表 16. コミュニケーションに引き込むテクニック

受動的コミュニケーション	能動的コミュニケーション
<ul style="list-style-type: none"> ・ ダイレクトメール(例:ファクトシート、小冊子) ・ 巡回興業や掲示板表示 ・ WEB サイトやリスト・サービス ・ 新聞広告 ・ 建築業者の展示会に情報コーナーを設置 ・ メディアと直接接触(プレスリリースなど) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地方ラジオ局での電話相談室 ・ 第3者機関のネットワーク利用(コミュニティグループミーティングへの要約説明) ・ 情報ホットラインやヘルプラインの提供 ・ 集会や公聴会の開催 ・ レポーターのインタビュー(ラジオ、テレビ)

複数の国は大変よく練られたラドンプログラムをもっている。これらの国は、異なる戦略とコミュニケーション通路を利用している。いくつか例をここに述べる。

- ▶ 建築家のためのワークショップや訓練コースを通じて建築あるいは改築を実施している人々に直接アプローチして訴える
- ▶ 能動적および受動的なチャンネルの両方を通じて報道による情報を広める
- ▶ ラドン記念日やラドンフォーラムといった行事を組織し、適当な間隔で定期的に情報を伝える
- ▶ 医師や教師といった信頼の置ける中間的な対象群を利用する
- ▶ 政策決定者に規制のオプションをつくるよう説得する。このためには省庁間の意思疎通のチャンネルを確立しておく必要がある。

5.2 リスクコミュニケーションのためのラドンリスク問題の枠組み

ラドンリスクコミュニケーションプログラムは、明確で実行可能な目標を持たなければならない。これらは、異なる対象聴衆（5.4.1節参照）に応じてラドンに関する情報を提供することに焦点をあわせる必要があり、またこれらの聴衆に対策をとってもらうよう説得することに焦点を合わせる必要がある。ラドンリスクコミュニケーションプログラムは、技術的な専門家（例えば放射線科学者や疫学者）とコミュニケーションの専門家（例えば社会学者、心理学者、ジャーナリスト）との共同作業であるべきだ（WHO 2002）。ラドンの健康影響に関して情報を伝達する際には、専門的な健康リスク評価という文脈においても「リスク」という言葉はいくつもの定義があることを認識しておかなければならない。一般には、個人に対するリスクの陳述書には、危害の確率ないし見込みの記述とその危害の重大さの記述が要求される。ラドンの場合、危害は主に肺がんであり、それは痛みを伴い致死的な疾病である。

コミュニケーション作戦で用いることのできる基本的情報として、屋内ラドン曝露に関するリスクメッセージの例をボックス4に示す。

ボックス4. 基本的な情報メッセージ例

「ラドン曝露においては、そのレベルより低ければリスクが無くなるようなしきい値は知られていない。家のラドン濃度が低ければ低いほど、リスクは低くなる。」

5.2.1 ラドンの肺がんリスク

第1章で述べたように、WHOのがん研究所である国際がん研究機関（IARC）は、ラドンを証明されたヒト発癌物質として分類した。この分類カテゴリーにはタバコ煙、アスベスト、ベンゼンが分類されている（IARC 1988）。世界中で家の中でのラドン曝露は肺がん死の最

も重要な原因の一つである。実際、ラドンに関係した肺がん死の大部分は、一般に屋内ラドンの参考値として使われている値よりも低いラドン濃度に曝露した人に起こるのであろう。これらの知見は、ラドンリスクコミュニケーションの戦略にとってばかりでなく、国のラドンプログラムにとっても含蓄を有する。USEPAは、これまで得られたデータを用いて米国では年間約21,000名の肺がん死が住居のラドンに起因していると推計した(USEPA 2003)。同じような推計が欧州25カ国について行われている(Darby et al. 2005)。これらの推計によれば、世界中で毎年数万人のラドンに関係した肺がん死が起こっている。

疫学という観点からは、リスクを表現する手法は様々である。一つの手法は相対リスク(RR)という方法で、所定のラドン濃度での(約30年の曝露の)リスクを特定の低いレベル(典型的には10-15 Bq/m³程度)でのリスクと比較するものである。RRが1ということは曝露した人にリスクの上昇がないことを意味する。住居のラドン疫学調査は、ラドン濃度が増えるに従いリスクは増加する事、すなわちRR>1であることを発見した。しかも、RRは濃度に比例して増加した。このことはラドン濃度単位増加当たりの過剰相対リスク(ERR = RR -1)すなわち100 Bq/m³当たりのERRとして表現された。これらのリスク推定値の信頼区間の推計値は、その結果が統計的に有意であるかどうかの判断に役立つ。

例えば第1章で説明したように、欧州調査(Darby et al. 2005)は、長期的なラドン濃度の平均値が100 Bq/m³増加するごとに肺がんERRが16%(95%信頼区間:5-31%)と推計した。北アメリカと中国の調査においても同じような結果が導かれた(Krewski et al. 2005, Lubin et al. 2004)。

公衆に相対リスクといった概念を説明するのは難しいかもしれない。効果的なリスクコミュニケーションのためには、リスクを絶対的な数字で表現するほうが良いかもしれない。例えば、集団の中でラドン曝露に関して発症すると推計される肺がん症例の絶対数などは、ずっと理解し易いであろう。同様に、色々な濃度のラドンに曝露された喫煙者と非喫煙者の生涯リスクを示すことも、公衆とラドンのリスクを伝達するうえで有用な方法となるだろう。ラドン曝露は喫煙者の肺がんリスクを有意に増加させるという事実を強調することにより、ラドンと喫煙が複合して影響を及ぼすとの情報は、タバコ規制キャンペーンを助けるだろう。

5.2.2 喫煙とラドンの相乗的効果

是非とも伝えなければならないもう一つの重要な情報は、ラドン曝露に伴う肺がんリスクとたばこ煙の関係だ。疫学調査は、どのようなレベルのラドン曝露であっても、喫煙者のラドン曝露に伴う肺がん絶対リスクは、非喫煙者や禁煙者に比べてずっと大きいこと、すなわちラドン曝露と喫煙に相乗効果があることを強調している。欧州調査を例にとると、

一日 15-24 本喫煙する喫煙者の相対的な肺がんリスクは、非喫煙者でラドン曝露がない人々と比べて、ラドン濃度が 0、100、400 Bq/m³ の場合、それぞれ 26、30、42 倍となる。非喫煙者では、これらの相対的なリスクの大きさは、それぞれ 1.0、1.2、1.6 倍となる。後半の数値は、非喫煙者であっても高いラドン曝露での肺がんリスクが割り引かれることはないことを示している。

現在喫煙者（約 1 箱/日）では、ラドン曝露が 0 のばあい、75 歳の時の累積絶対肺がんリスクは約 10%と推計される。長期にわたり 800 Bq/m³ のラドンに曝露する現在喫煙者は、このリスクが 2 倍以上の 22%に増加する。生涯非喫煙者の対応する絶対リスクは、それぞれ 0.4%と 0.9%である。ラドンによる禁煙者のリスクは、現在喫煙者と非喫煙者の値の間になる。

ボックス 5 に、肺がんに対するラドン曝露と喫煙の影響に関する有用なメッセージを例示する。

例え環境煙(ETS)とラドンの間に複合影響があると証明されなくとも、効果的なたばこ規制の対策および屋内空気質プログラムにより ETS 曝露は推奨されない (WHO 2008, Bochiocchio 2008)。

ボックス 5 : ラドンと喫煙の関係を説明するメッセージの例

「大部分のラドンに関係した肺がん死は、現在喫煙している人と過去に喫煙していた人で起きている。」

「ラドン曝露は、現在喫煙しているか、過去に喫煙していたか、喫煙経験がないかに関わらず、全ての人の肺がんリスクを高める。」

5.2.3 ラドンの癌リスクと他の原因の癌リスクとの比較

国あるいは地方レベルでラドンに起因する肺がん死亡率の推計値を他の癌とのそれと比較することは、ラドンリスクコミュニケーションに役立つだろう。多くの国で肺がんは癌死亡の大きな要素である。疫学調査によれば、ラドンによる肺がん死は 3~14%と推計されている。それ故、屋内ラドン曝露は、重要な公衆衛生上の危険要素となっている。実数であっても、ラドン関連肺がん死亡率は、他の癌死亡率より大きいであろう。合衆国を例にとると、ラドンに起因する肺がん死亡数は年間約 21000 であるが、この数は卵巣や肝臓や胃や黒色腫などの一般的な癌死亡数より大きい(Field 2005)。欧州を例にとれば、ラドンに起因する年間肺がん死亡は全癌死亡の約 1.8%、2006 年では大凡 30000 人にのぼる。この数は、食道や口腔咽頭の癌に匹敵し、黒色腫死亡数より大凡 50%多い(Darby et al. 2005, Ferlay et al. 2007)。このような情報はボックス 6 に示す情報メッセージとして表現できる。

ボックス6：他のリスクとの比較をした情報メッセージの例

「ヨーロッパにおいては、黒色腫よりラドン関連で肺がんにより死亡する人の方が多い。」

5.3 ラドンリスクコミュニケーションにおけるコアメッセージ

公衆に理解しやすい情報を提供することは、難問である。このためには、メッセージを簡潔にし、標的聴衆に便益があることを示せるように組み立てる。簡単な言葉で、そしてよく知られた事例と比較しながらラドン問題を説明することは可能である。例えば、ラドンからの年間放射線被ばく線量は、通常の肺の放射線診断などの医療手技の被ばく線量と比較することができる。もし、良質な癌リスクデータがあるなら、前述したようにラドンによる肺がんリスクの大きさを他の癌リスクと比較して示す事は有用である。ある場合には、交通事故などの日常的なリスクと比較することも有用であろう。

ラドンリスクコミュニケーションは、現代の科学的共通理解を正確に反映した、簡潔で容易に理解可能な言葉で述べられた少数のコアメッセージに焦点を絞るべきである。標的聴衆にあわせてメッセージの形式は修正される。ラドンリスクコミュニケーションプログラムの一環として、一連のコアメッセージを開発することを推奨する。ボックス7に例を掲げる。メッセージを開発する際には、簡潔で、短く、そして要領を得たものであることが重要である(USEPA 2007, WHO 2007)。

ボックス7：ラドンコアメッセージの例

「ラドンは肺がんの原因である」
「ラドンは家の中にある放射性ガスである。」
「ラドンは簡単に測定できる。」
「あなたは、ラドンから家族を簡単に守る事ができる。」

全てのラドンリスクコミュニケーションのメッセージは、個々の対象聴衆に応じて試験し、翻案しなければならない。メッセージを見やすくすることにより、ずっと効果が高まる。メッセージの伝達者として信頼があり尊敬される人物（例：地域の健康の権威者、医療人、学校の先生）を採用し、適切な情報伝達チャンネルを使うことが重要である。メッセージがうまく伝わるかどうかは、対象聴衆に適応した翻案のでき具合、伝達者と聴衆の信頼関係、そしてメッセージの明瞭さに依存する(WHO 2007)。

一般公衆と話し合う場合コミュニケーションをする場合、ボックス8に例示するような簡潔で非定量的メッセージにより、ラドン曝露と喫煙の相乗的な影響を強調するために使えるかもしれない。

ボックス8：簡潔な非定量的メッセージの例

「ラドンは元々高い喫煙者の肺がんリスクをさらに高める。しかし、喫煙するか否かにかかわらず、ラドン曝露はあなたの肺がんリスクを高める。」

住居のラドン測定後にラドンリスクと補修に関する簡潔なファクトシートを家主に送りつけることは、良いことである。これにより、彼らにラドンのリスクを低減するための行動の取り方について情報に基づく決断を下す事を可能とし、行動を促す助けになるであろう。ファクトシートは、公衆にメッセージを伝える良い方法である。コアメッセージを含む簡潔なファクトシートは、公衆衛生当局や工事請負業者の事務所や病院や学校や地方行政および国行政当局などで作成することができるだろう。

5.4 コミュニケーションキャンペーン

5.4.1 対象となる聴衆の同定

ラドンリスクコミュニケーションの本質的構成要素は、情報を伝えたいと思う対象であり、ラドンから自らを防御するために必要な行動をとるよう説得したい対象聴衆を同定することである。これらの対象聴衆は、以下に記すように二つのカテゴリー（直接および間接）に分けることができる。いくつかの対象聴衆は、状況によりいずれかのカテゴリーだけか両方のカテゴリーに属すると見なされる。それにもかかわらず、この二分的な分類法はコミュニケーション戦略を計画するうえで助けになる。表17は、対象となる聴衆を直接と間接カテゴリーに分類した例である。

最初の直接カテゴリーは、彼らの行動が直接肺がんリスクを低下させる可能性のあるグループである。リスク低下はいろいろな方法で達成可能である。例えば、既存の家をラドン低減化技術で改修したり、膜土壌減圧システムを取り入れた新築住宅を建設したりするなどの方法でラドンの肺がんリスクの低下を達成できる。規制や資金制度を導入することによりこれらの行動を助長することができる。しかし、いくつかのケースでは個人の選択というものが重要な要素となるであろう。喫煙者も直接カテゴリーに含めた。なぜなら、禁煙とか減煙に努めるか否かにかかわらず、彼らが住宅のラドン曝露を低減したいと決断すれば、それは相当な肺がんリスクの低減をもたらすと思われるからである。

表 17. 種々の対象聴衆カテゴリー

直接カテゴリー	間接カテゴリー
・自宅を建築ないし改修中の人	・政府および政治上の政策決定者
・家主	・地方行政当局
・借家人	・金融組織
・喫煙者	・法律アドバイザー、弁護士
・建築家とエンジニア	・医師、看護師、薬剤師など
・建築会社、請負会社	・教師
・金融組織	・メディア
・不動産会社	・DIYショップ
・地方行政当局	・関連学会

第 2 のグループは、間接的なカテゴリーで、このグループの個人が決断をしたりラドン問題を取り上げたりすることにより、世間がこの問題に気づき、認知度を高めるのを助け、またそれによって地域社会のラドン防止や低減を促すこととなるであろう。

銀行や抵当保証人など金融組織もまた重要な対象聴衆と見なされることに注目してほしい。なぜなら、将来住宅が効果的なラドン防護技術で建築されることを確実にする上で重要な役割を果たす可能性があるからである。彼らが納得し、彼らが金融上の利害を持っている物件の家主にラドン測定を要請するようになれば、その行動は世間のラドン問題に対する関心を高めるであろう。合衆国や英国などのいくつかの国では、ラドン測定が家の売買の一連の手続きの中に加えられている。

5.4.2 ラドンリスクの認知度

対象聴衆のラドンに関する認知や知識レベルを評価することを強く推奨する。この評価を行うもっとも簡便で費用対効果の高い方法の一つは世論調査である(WHO 2006)。リスクコミュニケーションキャンペーンの計画を練るため、また、キャンペーン自体を評価し、改善するために、調査はリスクコミュニケーションキャンペーンの前後に二度行われるべきである。これらの調査は、時間が経過した後にキャンペーンの結果を追跡するのにも有用で