

表題：ラドン吸入による内部被ばく問題（４）

副題：世界のラドン被ばく量 と 日本におけるラドン濃度

筆者：SCE-Net 環境研究会 郷 茂夫

（化学工学会 会員， 放射線影響学会 会員）

2021年 9 月 25 日作成

前回はラドンに関わる線量評価メカニズムについて述べましたので、今回以降はラドンデータを見てみたいと思います。ここでも、弘前大学被ばく医療総合研究所、床次眞司先生の公表データ^{1), 2)}から多くを引用しています。

1. 世界のラドン被ばく量の平均データ

UNSCEAR の報告書では、公衆が受けるとされる自然放射線源からの被ばくに関して実効線量を用いた世界平均値が定期的に示されています（これは良く知られたデータです）。

図1. を参照ください；その報告書において内訳を見ると、世界平均で1年間あたり2.4mSv を受けることになっています。そのうちの約半分の1.26 mSv が、ラドン（²²²Rn）やトロン（²²⁰Rn）からの吸入摂取による内部被ばくによってもたらされています。これに続き、地殻ガンマ線と宇宙から降り注ぐ宇宙放射線の線量はそれぞれ0.5 mSv, 0.4 mSv と見積もられています。これら以外の被ばくとしては食物の経口摂取による内部被ばく（0.3 mSv）があります。何回も口を酸っぱくして言いますが、これらは「世界平均の推定値」です。これずっと高い所も低い所もたくさんあるのです。

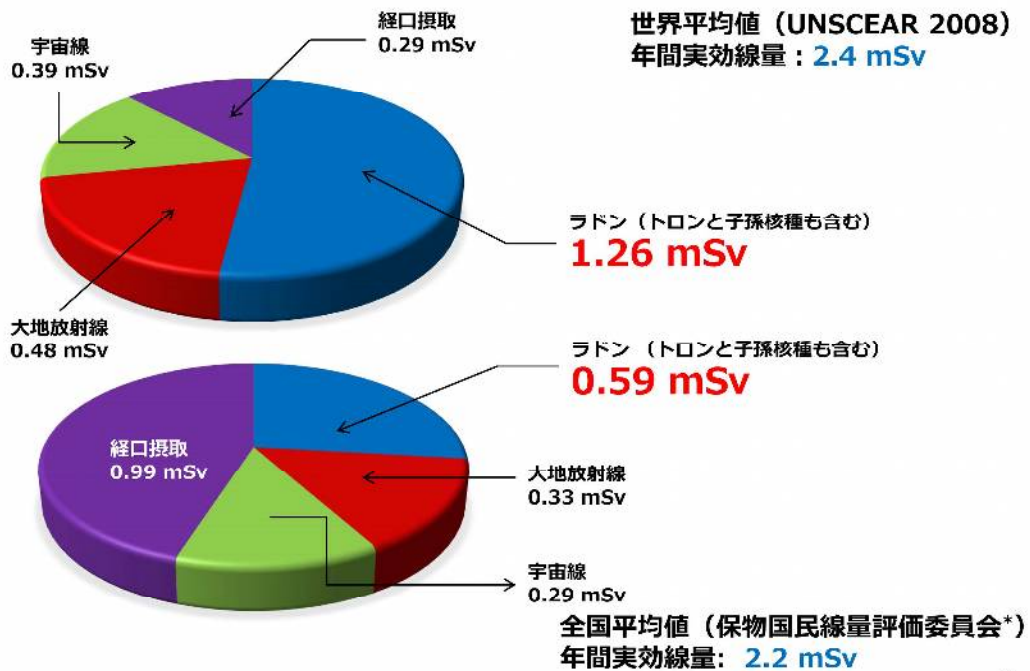
一方、わが国の国民が受けるとされる自然放射線源からの被ばくとしての年間実効線量は2.2 mSv です（文献1）。

その内訳を見ると2つの点に関して世界との違いが鮮明です。一つは食物の経口摂取による内部被ばくに起因する線量が0.99mSv と評価されており、世界平均と比べても2倍以上高い点です。この点についてはここでは本題ではないためさらに言及しません。もう一つの着目すべき点としては、ラドン等の吸入摂取による内部被ばくの年間実効線量は、（公財）日本分析センターが実施した全国の屋内外のラドン濃度調査結果に基づいて

0.48 mSv と評価されました。この値は世界平均の半分で、その主な理由としてはわが国の建築構造が高い換気率を有しているためと考えられています。いずれにせよ、世界と日本の自然放射線源からの被ばく線量はどちらも年間 2mSv を超えています。

図 1.

自然放射線源からの年間実効線量



*Omori et al. Japanese population dose from natural radiation. *J. Radiol. Prot.* [Epub ahead of print]

2. 日本のラドン濃度の調査

ラドンは地球大地地面と石材や建材から空気中に浸み出てくる気体なので、浸み出てくる先がどうなっているかで空気中のラドン濃度はかなり違ってきます。それで、ラドンの濃度比較で「屋内」、「屋外」、「職場」という区分があります。屋外はわかりますが、屋内とか職場というのはどんな建物なのでしょう？ 日本のデータですから、屋内とは木造の建物が主体であり、職場というのは鉄筋コンクリートの建物が主体と考えてよいでしょう。そのような国内の平均値とみておくことです。以下に、日本の有数の機関が測定し、まとめたデータを引用します。

AM 欄の朱記数字が、以下の計算で使われるデータです。

表1. 日本のラドン濃度に対する全国調査データ¹⁾

調査期間	家屋, 建物数	AM (SD) Bq/m3	GM (GSD) Bq/m3	中央値/最大 Bq/m3	測定実施機関
屋内データ ;					
1 st 1985-1991	5717	20.8	16.9	16.0/313	放医研*1
2 nd 1994-1996	899	15.5 (13.5)		11.7/208	日本分析 センター*2
3 rd 2007-2010	3461	14.3 (14.7)	10.8 (2.1)		国立保健医療 科学院*3
	人口加重平均	13.7 (12.3)	10.4 (2.0)		
屋外のデータ ;					
2003 屋外 ラドン濃度	N = 696	6.1 Bq/m3			Environ. Radioact., Oikawa et al.
職場のデータ ;					
職場環境 ラドン濃度	N = 705	20.8 Bq/m3			

(注釈) AM : 算術平均値 ASD : 算術標準偏差値 GM : 幾何平均値 GSD : 幾何標準偏差値 MED : 中央値 MAX : 最大値 MIN : 最小値 1) 算術平均値 (AM) と算術標準偏差値 (ASD) : 幾何標準偏差(Geometric Standard Deviation, GSD) が報告されています。

3. 日本のラドンが原因となる放射線の実効線量評価

表1. より, 朱記した, 屋内, 屋外, 職場のラドン濃度の数字を, 実績の代表値として使用し, 線量評価をしてみます. 評価の方法は, 前の連載で示したのを使います.

年間実効線量 Annual Effective Dose は以下式です;

$AED = Q \times F \times T \times K$ 式で, 下表の各データを使って示しています.

表2. ラドンの全国調査に基づく線量評価¹⁾

	ラドン濃度 (Q)	F	年間所在時間 (T)	トロンの濃度※
屋内	15.5 Bq/m3 (by 日本分析センター)	0.4	6059 hr (69.2%)	0.3 Bq/m3
職場	20.8 Bq/m3 (by Oikawa et al. JER)	0.4	1783 hr (20.4%)	
屋外	6.1 Bq/m3 (by Oikawa et al. JER)	0.6	913 hr (10.4%)	0.1 Bq/m3
			合計 : 8,755 hr	
線量換算係数 (K)			9 nSv/Bqhm-3	40 nSv/Bqhm-3
年間実効線量 (AED) 年間値			0.50 mSv	0.09 mSv

※トロンの全国調査の結果は報告されていない → 平衡等価トロン濃度は UNSCEAR 2000 を

引用

上表より、日本における、平均のラドン（トロンと子孫核種も含む）被ばく実効線量は、 $0.50 + 0.09 = 0.59$ mSv となります。繰り返しますが、あくまで日本全区域の大まかな平均値です。

いずれにしても、場所別ラドン濃度では、職場＞屋内＞屋外 の順序となり、鉄筋コンクリート製が多い密閉系の職場の濃度がもっとも高いことが示されています。鉄筋コンクリートビルでは、ある一定の換気はされていると思いますが、換気が悪い建築物もあるでしょう。というより、国内の建築関係法でラドンの明確な基準がないことがあります。鉱山洞窟内の基準値だけはあります。

次回以降は、世界の有数寄間の検討結果を示します。

(連載 020 おわり)

以下参考のために、ラドン濃度のデータ表を添付します。

表1 家屋構造材別の屋内ラドン濃度の
年平均値(Bq・m⁻³)

家屋構造材の種類	家屋数	ラドン濃度	標準偏差	最大値
木造	597	12.9	8.1	78
コンクリート造	182	23.1	15.5	94
鉄骨フレーム造	90	12.8	9.5	77
コンクリートブロック造	16	42.5	55.4	208
プレハブ造	6	10.0	3.8	17

[出典]下道国、山田裕司(編):環境放射能セミナーシリーズ、No.27、
NIRS-M-140、放射線医学総合研究所、p35(2000年11月)

表3 わが国における地方別屋内ラドン濃度の
年平均値(Bq・m⁻³)

地方名	家屋数	ラドン濃度	標準偏差	最大値
北海道・東北	138	16.0	12.9	85
関東	134	12.4	9.5	70
中部	174	14.1	9.4	63
近畿	132	17.1	16.2	143
中国	95	16.7	9.8	55
四国	78	14.4	8.7	61
九州・沖縄	148	17.6	20.4	208
合計	899	15.5	13.5	208

[出典]下道国、山田裕司(編):環境放射能セミナーシリーズ、No.27、
NIRS-M-140、放射線医学総合研究所、p35(2000年11月)

世界の地域の参考データ；

表4 屋内調査で測定された家屋内ラドン濃度

地域	国	1996年時の人口 (10 ⁶)	ラドン濃度(Bq・m ⁻³)			幾何の 標準偏差
			算術平均	幾何平均	最大値	
アフリカ	アルジェリア	28.78	30		140	
	エジプト	63.27	9		24	
	ガーナ	17.83			340	
北アメリカ	カナダ	29.68	34	14	1,720	3.6
	アメリカ合衆国	269.4	46	25		3.1
南アメリカ	アルゼンチン	35.22	37	26	211	2.2
	チリ	14.42	25		86	
	パラグアイ	4.96	28		51	
東アジア	中国	1,232	24	20	380	2.2
	－ 香港	6.19	41		140	
	インド	944.6	57	42	210	2.2
	インドネシア	200.45	12		120	
	日本	125.4	16	13	310	1.8
	カザフスタン	16.82	10		6,000	
	マレーシア	20.58	14		20	
	パキスタン	140.0	30		83	
タイ	58.7	23	16	480	1.2	
西アジア	アルメニア	3.64	104		216	1.3
	イラン	69.98	82		3,070	
	クウェート	1.69	14	6	120	
	シリア	14.57	44		520	
北欧	デンマーク	5.24	53	29	600	2.2
	エストニア	1.47	120	92	1,390	
	フィンランド	5.13	120	84	20,000	2.1
	リトアニア	3.73	55	22	1,860	
	ノルウェー	4.35	73	40	50,000	
	スウェーデン	8.82	108	56	85,000	
西欧	オーストリア	8.11		15	190	
	ベルギー	10.16	48	38	12,000	2.0
	フランス	58.33	62	41	4,690	2.7
	ドイツ	81.92	50	40	>10,000	1.9
	アイルランド	3.55		37	1,700	
	ルクセンブルク	0.41	110	70	2,500	2.0
	オランダ	15.58	23	18	380	1.6
	スイス	7.22	70	50	10,000	
イギリス	58.14	20		10,000		
東欧	ブルガリア	8.47		22	250	
	チェコ	10.25	140		20,000	
	ハンガリー	10.05	107	82	1,990	2.7
	ポーランド	38.60	41	32	432	2.0
	ルーマニア	22.66	45		1,025	
	スロバキア	5.35	87		3,750	
南欧	アルバニア	3.40	120	105	270	2.0
	クロアチア	4.50	35	32	92	
	キプロス	0.76	7	7	78	2.6
	ギリシャ	10.49	73	52	490	
	イタリア	57.23	75	57	1,040	2.0
	ポルトガル	9.81	62	45	2,700	2.2
	スロベニア	1.92	87	60	1,330	2.2
	スペイン	39.67	86	42	15,400	3.7
オセアニア	オーストラリア	18.06	11	8	420	2.1
	ニュージーランド	3.60	20	18	90	
中央値			46	37	480	2.2
人口荷重平均			39	30	1,200	2.3

[出典]放射線医学総合研究所(監訳)放射線の線源と影響、国連科学委員会2000年報告書、(株)実業公報社(2002年3月)、p.158