

水中のラドン

1 ラドンについて

ラドン（元素記号 Rn）は、原子番号 86、周期律表では第 18 族の不活性気体であり、窒素や酸素に比べて存在量が極めて少量であることから希ガスとも呼ばれ、ガス状の元素の中では最も質量数が多い。ラドンは、図 1 に示すように天然放射性壊変系列のウラン系列に含まれる ^{222}Rn （通常ラドンと呼ぶ）の他に、トリウム系列の ^{220}Rn （トロンと呼ぶ）、アクチニウム系列の ^{219}Rn （アクチノンと呼ぶ）の 3 つの同位体を持つ天然放射性物質である。何れも線と線を出すが、半減期はそれぞれ 3.824 日、55.6 秒、3.96 秒であり、存在量の多さから最も重要な同位体は ^{222}Rn である。ラドンは、自然界の岩石や土壌中のラジウム（ ^{226}Ra ）から生成される無色、無味、無臭の気体であり、大気中に拡散して地球上に広く存在する。したがって、大気及び水中のラドン濃度は、ウランやラジウムを多く含む花崗岩地帯に高いことが知られている。

2 人の健康とラドン

Rn の健康影響は、作業環境中からの吸入を避けられないウラン鉱山労働者の肺がん死亡数が高いことに代表される。ICRP（International Commission on Radiological Protection）1990 年勧告²⁾では、喫煙と Rn 被ばくの項において、「喫煙は最も重要な肺がんの単独リスクであり、Rn 被ばく鉱山労働者の

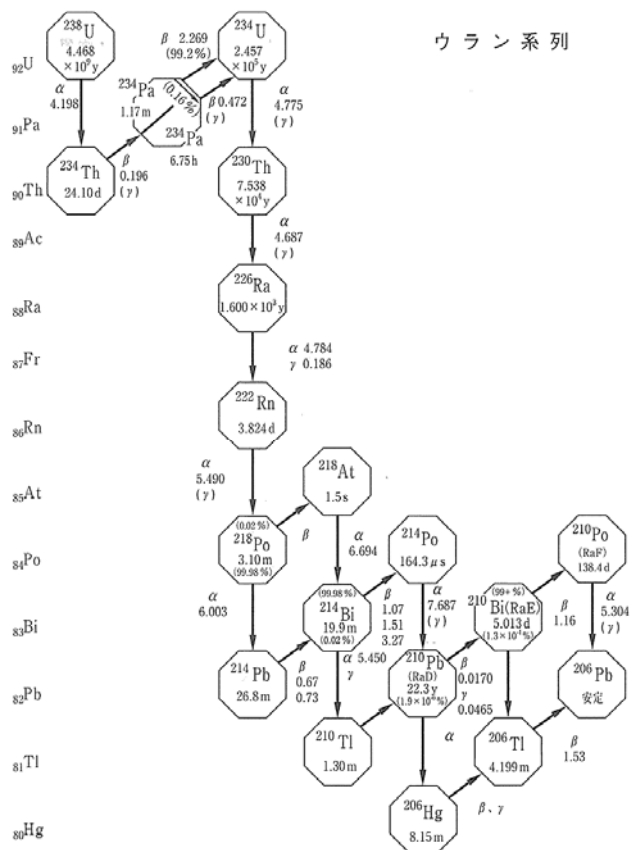


図 1 ウラン壊変系列¹⁾

喫煙習慣は、吸入 Rn 娘核種による発がんリスクの解明及び評価にとって重要である」とし、また、「Rn 娘核種被ばくは、喫煙者の肺がんリスクを増加させるだけでなく、非喫煙者にも有意なリスクをもたらす」としている。また、飲料水中に含まれる Rn の健康リスクについて、経口摂取された Rn は、消化管から血中に吸収され、血流量と Rn の溶解性に依じて各臓器に

運ばれ、最終的には肺でガス交換後、経気道的に体外へ排出されることから、入り口の胃壁での Rn の拡散と沈着した娘核種からの線の量に大きく依存するとしている。さらに、飲料水中 Rn の肺がんリスクについては、水中 Rn の気中への移行係数を 1/10000 と仮定して試算した場合、吸入によるものが 90 %とほとんどを占め、胃壁からの吸収によるものは 10 %と評価している。

3 水中ラドンの規制

水中の Rn に関する規制は、井戸水など主に地下水を水源とする飲料水について現在 EC や米国で行われている。EC では 1000 Bq*/L を越えないように勧告しているが、EC 加盟国でも英国やアイルランドには規制がない。米国では、EPA (Environmental Protection Agency) が 1999 年に飲料水の最大汚染レベルとして 148 Bq/L を提案し、飲料水中の Rn 濃度が高い地区にあっても浄水処理によってこの値を超えないこととした。また、日本、中国などアジアをはじめとするその他の国には、2009 年現在規制がない。

一方、同じ地下水でも温泉水については、放射能泉としての認証のための規定値が定められている。日本では、温泉法 (1948 年制定) の鉱泉の定義 (19 項目) の中に Rn があり、規定値は 74 Bq/kg である。さらに、温泉法にはないが、鉱泉分析法指針で鉱泉のうち特に治療の目的に供しうるものとして示された療養泉の定義 (10 項目) の中にも Rn があり、規定値は 111 Bq/kg である。なお、日本が参考にしたとされるドイツの温泉の規定値は、鉱泉で 47 Bq/kg、療養泉で 665 Bq/kg であり、日本とは少し異なっている。

4 愛知県における地下水中のラドン濃度³⁾

愛知県内の地下水中 Rn 濃度測定は、温泉分析に伴って実施され、1952 年から 99 年までの約 50 年間に、深さ 0 m の自然湧出水から深さ

1800 m までの掘削動力井の総計 129 か所の地下水について測定された。その結果を、市町村別 (2003 年 7 月現在) に表及び図 2 に示した。Rn の最高値は、西加茂郡小原村 (現豊田市小原北町) の自然湧出水で 740 Bq/L、最低値は、南設楽郡鳳来町 (現新城市) の自然湧出水で 0.2 Bq/L 未満、平均値は 54 Bq/L、中央値は 21 Bq/L であった。市町村別地下水中ラドン濃度 (図 2) は、県北部中央の西三河山間部を中心とした西加茂郡小原村や藤岡町 (現豊田市藤岡飯野町)、瀬戸市、豊田市において平均値及

表 愛知県における市町村別地下水中 Rn 濃度 (2003 年 7 月現在) (Bq/L)

市町村名	n	最高値	最低値	平均値	中央値
西加茂郡小原村	9	740	43	228	110
瀬戸市	1			189	
豊田市	6	363	21	149	124
西加茂郡藤岡町	3	125	108	117	115
岡崎市	3	210	18	88	37
東加茂郡下山村	3	92	49	67	61
小牧市	10	203	9.6	67	31
東加茂郡旭町	8	113	29	64	63
幡豆郡幡豆町	1			63	
愛知郡長久手町	1			58	
中島郡祖父江町	1			56	
幡豆郡吉良町	2	56	44	50	44
東加茂郡足助町	4	81	13	36	26
知多郡南知多町	13	134	1.9	33	5.6
一宮市	2	36	25	31	31
蒲郡市	6	57	3.3	28	23
北設楽郡稲武町	3	34	19	28	32
北設楽郡津具村	1			25	
宝飯郡一宮町	1			24	
北設楽郡設楽町	4	34	5.9	19	19
北設楽郡豊根村	1			19	
名古屋市	9	20	8.5	16	17
北設楽郡富山村	1			14	
南設楽郡鳳来町	6	34	<0.2	14	7.6
刈谷市	1			13	
海部郡弥富町	1			12	
渥美郡田原町	1			11	
海部郡飛島村	2	12	11	11	11
高浜市	2	10	8.9	9.4	9.4
知多郡東浦町	2	10	7	8.5	8.5
海部郡蟹江町	5	10	5.6	8.1	8.5
北設楽郡東栄町	4	14	1.1	7.9	8
海部郡佐屋町	2	7	5.9	6.7	6.7
大府市	2	10.4	3	6.7	6.7
常滑市	2	8.1	2.6	5.2	5.2
知多郡美浜町	4	7	1.4	3.2	2.2
半田市	1			2	
豊橋市	1			1.5	
愛知県全体	129	740	<0.2	54	21

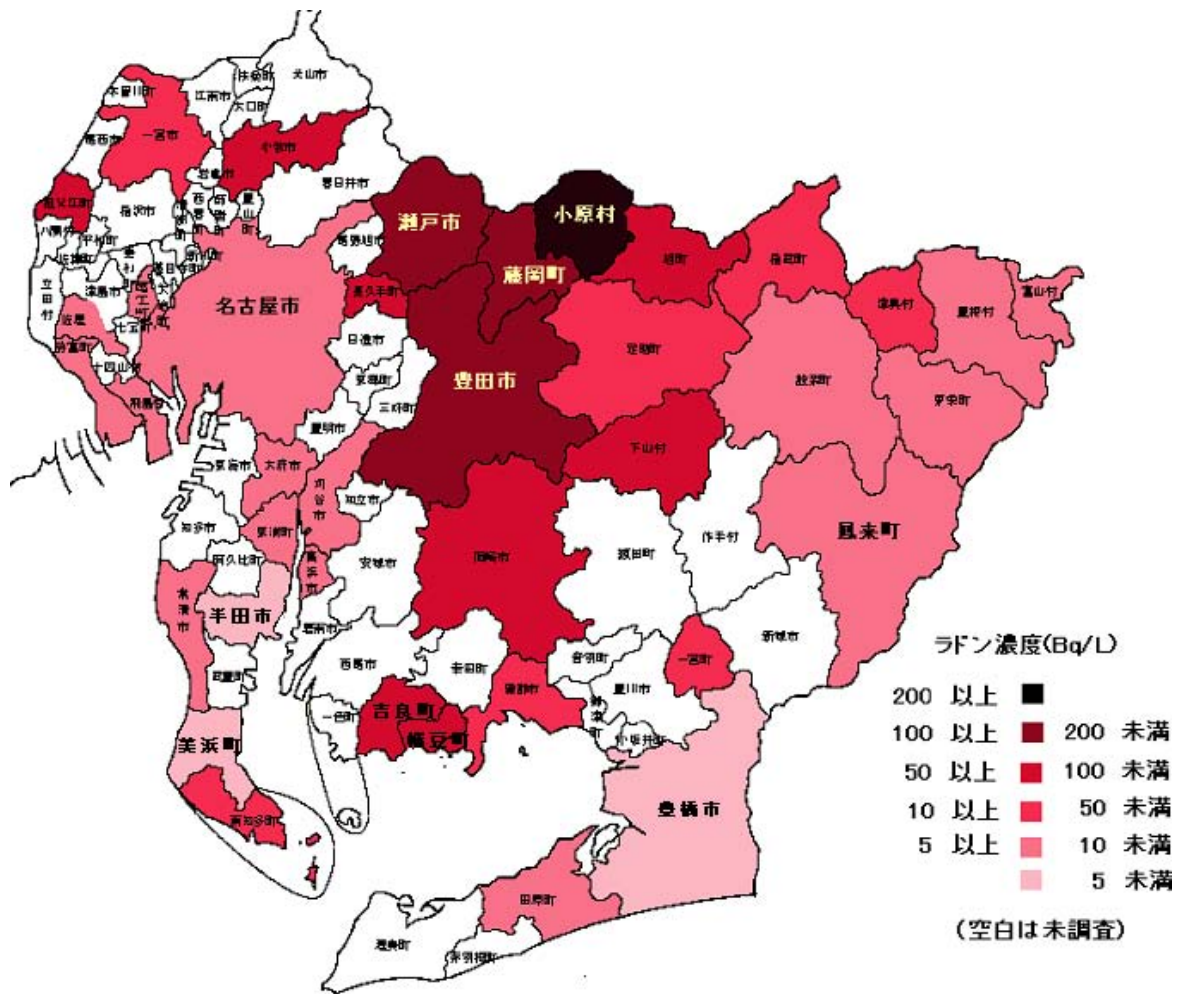


図2 愛知県における地下水中ラドン濃度分布図(2003年7月現在市町村別)

び中央値共に 100 Bq/L 以上と高く、県南部の伊勢湾に接する知多半島丘陵部の知多郡美浜町や半田市、それに、県東部の平野部に位置する豊橋市では両値が共に 5.0 Bq/L 未満と低く、その他の市町村ではその中間の濃度を示していた。Rn はその発生起源から地質依存性が高いことが知られており、地質別地下水中ラドン濃度はその湧出位置から特定される地質に依存し、県北部中央山間部の先新生代花崗岩類地帯では Rn 濃度が高く、県西南～東平野部や丘陵部の堆積岩類地帯では低いことが明らかとなった。愛知県の西三河山間部の地下水には、WHO の飲料水水質ガイドライン第3版に示される「飲料水供給において浄水処理により制御すべき Rn 濃度 ; 100 Bq/L」を超える濃度の Rn が湧出地の地質に由来して存在することが推測される。

5 日本における地下水中のラドン濃度

他県の地下水中 Rn 濃度も温泉水に関するデータが多く、島根県池田温泉(平均 22812 Bq/L)や山梨県増富温泉(平均 2680 Bq/L)等が放射能泉の代表的なものとしてあげられ、愛知県内の放射能泉に比べて2桁も高い温泉がある。また、飲料水に関しては、福井県若狭地区で 1.2 ~ 104 Bq/L、兵庫県神戸市周辺で 2.6 ~ 78.6 Bq/L、岡山県上斎原で 0.6 ~ 82.9 Bq/L、岡山県・兵庫県の人形峠付近で 0.1 ~ 230 Bq/L とのデータがある。

6 地震と地下水中のラドン濃度

地下水中 Rn 濃度は、地殻変動の影響を受ける可能性が大きく、地震との関連においても注目されている。地震発生前後で Rn 濃度が増加した例としては、阪神大震災(1995年)で兵

庫県西宮市の井戸水の Rn 濃度が上昇した事例が有名である。逆に、Rn 濃度が減少した例としては、伊豆大島近海地震（1978 年）が知られている。いずれも当時の継続的な地下水中 Rn 濃度調査によって異常が明らかになったものであるが、地震予知にまでは至っていないのが現状である。地殻変動に伴う地下水中 Rn 濃度の変動は、岩石から帯水層への Rn の溶出メカニズムと関連して論議されており、地下水流動の理解を深める上でも注目されている。

7 まとめ

愛知県衛生研究所における水中 Rn 濃度測定の歴史は古く、県内温泉水の成分分析に伴って自然湧出水等の地下水について実施されてきた。その結果、地下水中 Rn 濃度の最大値は花崗岩地帯の自然湧出水で 740 Bq/L、最小値は蛇紋岩地帯の自然湧出水で 0.2 Bq/L 未満であり、地質依存性が高いことが明らかであった。また、愛知県内で現在飲料水源として利用されている地下水中の Rn 濃度についても、ほぼこのレベルの範囲内にあると推測される。

一方、Rn ばく露は喫煙に次ぐ肺がんリスクとして注目されており、今後は、自然界由来の、あるいは人間活動によって高められた様々な放射性物質を起源とする生活環境中 Rn 濃度に

関する実態把握が重要と考えられる。また、水中の Rn 測定については、測定の領域を飲料水源や環境水にも拡大し、地下水脈のトレーサーとして水の流動解析への活用や、危機管理における定常バックグラウンド値把握にとどまらず、地下水の連続監視による地震予知の可能性も含めて、今後さらに多様なデータを蓄積していきたいと考えている。

*：放射能の強さは、1 秒間に崩壊する原子核の数で表され、ベクレル；Bq という単位で示す。1 グラムのラジウムは、毎秒 3.7×10^{10} 個の線を放射するので 3.7×10^{10} Bq、同様に 1 グラムのラドン (^{222}Rn) は、 5.7×10^{15} Bq になる。

8 参考文献

- 1) (社)日本アイソトープ協会：アイソトープ手帳 10 版、p.13、丸善、東京、2001.
- 2) (社)日本アイソトープ協会：ICRP Publication 60 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告、p.166、丸善、東京、1991.
- 3) 大沼章子、富田伴一：愛知県における地下水中のラドン濃度分布図、愛知県衛生研究所報、55、37-50、2003.

(文責：衛生化学部生活科学研究室 林 留美子)

愛知衛研技術情報 第34巻第3号 平成22(2010)年 8 月 30 日

照会・連絡先 愛知県衛生研究所

〒462-8576 名古屋市北区辻町字流7番6号

愛知県衛生研究所のホームページ【<http://www.pref.aichi.jp/eiseiken>】

所 長 室：	052-910-5604	生物学部長：	052-910-5654
次 長：	052-910-5683	ウイルス研究室：	052-910-5674
研 究 監：	052-910-5684	細菌研究室：	052-910-5669
総 務 課：	052-910-5618	医動物研究室：	052-910-5654
企画情報部長：	052-910-5619	衛生化学部長：	052-910-5638
健康科学情報室：	052-910-5619	医薬食品研究室	052-910-5639
		生活科学研究室	052-910-5643

代表 FAX：052-913-3641