

## 北海道の温泉及び冷鉱泉のラドン濃度（第2報）

### Radon Concentration in Thermal and Mineral Water of the Spring in Hokkaido (Part II)

青柳 直樹 市橋 大山 内野 栄治

Naoki AOYANAGI, Daisen ICHIHASHI and Eiji UCHINO

北海道は日本の中でも有数の温泉地であり、その源泉数は2000を超え、様々な種類の泉質や成分を有する温・鉱泉水が湧出している。しかし、放射能泉に該当するものは少なく、療養泉として認定されているものは、現在、長万部町の冷鉱泉のみである<sup>1)</sup>。また、放射能泉の中でも主流の核種であるラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) の濃度レベルや分布についてもほとんど解明されていなかったことから、前回、温泉保健科では道内の温・鉱泉51源泉について、含有するラドンの濃度を報告した<sup>2)</sup>。

一般にラドン濃度の高い温・鉱泉は湧出量が少なく、中性から弱アルカリ性の単純冷鉱泉が主体である<sup>3)</sup>。また、温・鉱泉水中のラドンはほとんどほかの溶存化学成分との相関はなく単独に存在している<sup>4)</sup>。前回の報告では、地理的区分や泉質、液性などの諸特性とラドン濃度との間に関連性は特に認められなかった。また、その放射能から新たに療養泉と判定された温・鉱泉はなく、療養泉基準値(111Bq/L)の1/10程度のラドン濃度のものが2カ所で観測されたのみであった。

本報告では、その結果の一部も含め、1999年4月から2003年3月までに測定の間機を得た133源泉(図1)のラドン濃度についてまとめた。

### 方 法

温・鉱泉水中のラドン濃度測定は、鉱泉分析法指針<sup>5)</sup>に準じて以下のように行った。現地では、試料水約1Lをできる限り源泉の近くから、中栓付きポリエチレン瓶に静かに採取し、トルエンベースのシンチレータ40mLを加え、10分間激しく振とうした。分析は持ち帰った試料のトルエン層を低カリガラス液体シンチレーション測定用バイアル瓶にすばやく移し、液体シンチレーションスペクトロメータ(LSC-3500, アロカ(株)製)を用いてラドンが崩壊生成物と放射平衡に達する3時間10分以降に行った。なお、シンチレータの蛍光剤としては2,5-ジフェニルオキサゾールと2,2'-p-フェニレンービス(5-フェニルオキサゾール)を各々4g/L, 0.1g/Lトルエン溶液となるよう調製した。

### 結果及び考察

本調査期間中に採取した道内の温・鉱泉水133源泉のラドン濃度を湧出形態, pH, 温度等の結果と併せて表1に示した。

測定されたラドン濃度は、72源泉(全体の55%)が1.0~10.0 Bq/L, 40源泉(30%)が0.1~1.0 Bq/L, 7源泉が0.02~0.1 Bq/L(5%), 11源泉が検出限界(0.02 Bq/L)以下であった。療養泉基準値より一桁低い源泉は京極町と乙部町の2カ所で、療養泉基準を満たす源泉は長万部町の源泉1カ所のみで143 Bq/L(最大値)であった。また、測定を行ったいずれの試料においても、その減衰はラドンの半減期と良い一致を示し、トロン( $^{220}\text{Rn}$ )の影響は認められなかった。

今回の調査で得られた北海道のラドン濃度の傾向を分析するために、その頻度分布を全国のもの<sup>6)</sup>と比較して図2に示した。この分布図より、现阶段で得られている道内の

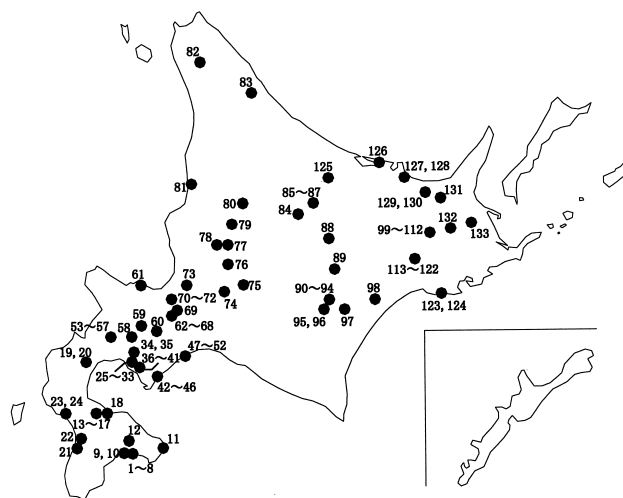


図1 ラドン濃度を測定した源泉の位置図

図中の数字は源泉の通し番号を示す(表1参照)

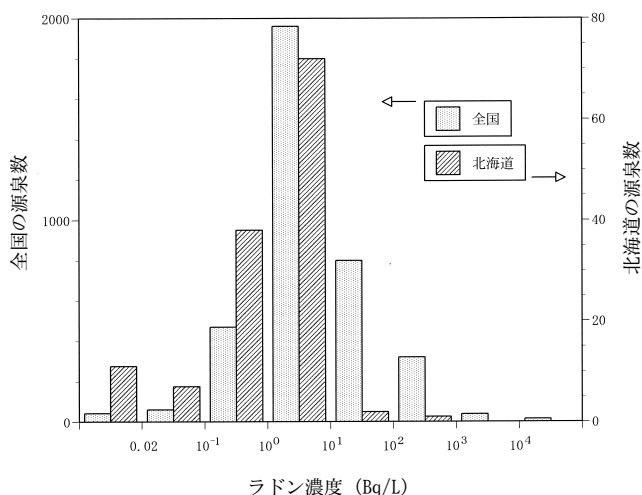


図2 北海道及び全国の温・鉱泉中のラドン濃度の頻度分布

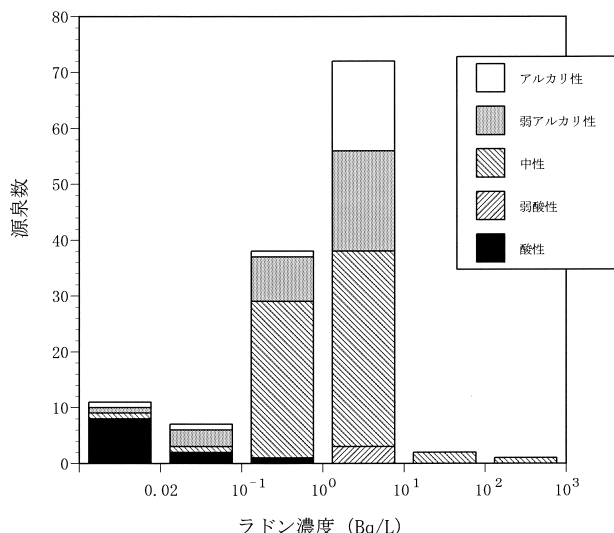


図3 道内温・鉱泉中のラドン濃度と液性の頻度分布

温・鉱泉水中のラドン濃度分布は全国の温・鉱泉水中のそれと同じレベルにピークを有するが、全体的にピーク値をもつ温・鉱泉以外のほとんどがピークより低い方に分布し、濃度レベルは全国的にみて低い傾向にあることがわかった。

次に液性とラドン濃度の関係を図3に示した。酸性 (pHが3未満) のものはラドン濃度がすべて1.0 Bq/L未満、弱酸性 (pHが3以上6未満) のものはすべて1.0~10.0 Bq/Lの範囲であった。中性 (pHが6以上7.5未満) のものはほとんどが0.1~10.0 Bq/Lの範囲にあり、10.0 Bq/L以上のものはすべてこの液性のものであった。弱アルカリ性 (pHが7.5以上8.5未満) とアルカリ性 (pHが8.5以上) のものは各々0.1 Bq/L以上、1.0 Bq/L以上がほとんどであったが、一部はそれらよりも低い値を示した。これらの例外は、自然湧出の場合でサンプリングまでに時間を要すること、浴室の注入口でのサンプリングで源泉からの送湯に距離があること、高温であること、混合や動力揚湯 (水) によってバブリングされることなどに起因するラドンの散逸によるものと考えられた。

自然湧出、自噴及び動力揚湯 (水) の湧出状況による違いは認められなかったが、それぞれ1.0~10.0 Bq/Lの濃度

範囲の源泉が最も多く、動力揚湯 (水) のもので10 Bq/L以上のものはなかった。また、泉質とラドン濃度の間にも前回<sup>2)</sup>と同様に関連性は特に認められなかった。

本調査も含め、北海道全体の温・鉱泉数を考慮すると、ラドン濃度の調査が行われた源泉はまだごく一部に過ぎない。今後は、日本海側を中心に測定例が少ない地域のデータも加えて、道内の温・鉱泉水中のラドン濃度レベルやその地理的分布、今回検討しなかった鉛直分布などについても明らかにしていく予定である。

## 文 献

- 1) 北山正治, 佐藤洋子, 井上勝弘: 道衛研所報, 30, 101 (1980)
- 2) 内野栄治, 青柳直樹, 市橋大山, 都築俊文: 道衛研所報, 50, 97 (2000)
- 3) 湯原浩三, 瀬野錦蔵: 温泉学, 地人書館, 東京, 1977, p.189
- 4) 堀内公子: 放射線科学, 41, 422 (1998)
- 5) 環境省自然環境局編: 鉱泉分析法指針(改訂), 環境省, 平成14年3月
- 6) 堀内公子: 環境ラドン, 下 道国, 辻本 忠編, 電子科学研究所, 大阪, 1992, p.160

表1 道内各温・鉱泉水中のラドン濃度

No.	市町村名	採取日	ラドン (Bq/L)	湧出形態	泉温 (°C)	pH	No.	市町村名	採取日	ラドン (Bq/L)	湧出形態	泉温 (°C)	pH
1	函館市	2000. 1.18	6.57	動力揚湯	25.9	8.7	68	札幌市南区	2003. 1. 9	1.18	動力揚湯	11.0	7.0
2	函館市	2000. 1.18	4.21	動力揚湯	69.3	6.7	69	札幌市白石区	2002.12. 4	4.72	動力揚湯	33.9	7.3
3	函館市	2000. 9. 6	4.91	混合	64.1	6.7	70	札幌市北区	2002. 7.25	1.80	動力揚湯	33.6	8.0
4	函館市	2000. 9. 6	2.62	混合	65.4	7.0	71	札幌市北区	2002.10. 7	2.98	動力揚湯	28.5	9.0
5	函館市	2002. 2. 5	0.76	動力揚湯	70.1	6.6	72	札幌市北区	2003. 1.27	1.38	動力揚湯	29.4	8.0
6	函館市	2002. 2.19	5.37	動力揚湯	44.2	7.7	73	当別町	2002. 2. 4	2.14	動力揚湯	24.8	8.0
7	函館市	2002. 4.22	2.04	動力揚湯	34.7	8.8	74	由仁町	2001. 4.27	0.92	動力揚湯	18.1	8.4
8	函館市	2003. 1.29	1.47	動力揚湯	57.6	7.3	75	夕張市	2002.10. 9	n.d.	自然湧出	15.7	7.2
9	上磯町	2002. 5.14	1.15	動力揚湯	52.0	7.0	76	三笠市	2000. 6.22	1.18	自然湧出	8.9	7.4
10	上磯町	2002. 7. 3	3.49	動力揚湯	39.7	7.6	77	奈井江町	2001. 1.25	0.02	自然湧出	11.3	7.5
11	恵山町	2003. 2.28	0.06	自然湧出	36.2	2.3	78	浦臼町	2001.10.10	2.40	自噴	25.2	7.8
12	七飯町	2002. 8.19	1.10	自噴	45.6	7.0	79	滝川市	2002. 2.27	2.96	動力揚湯	20.1	7.4
13	八雲町	2002. 7.18	n.d.	自噴	98.0	8.4	80	深川市	2000. 8.17	4.34	自然湧出	12.2	6.2
14	八雲町	2002. 8. 6	0.65	自然湧出	58.5	7.0	81	小平町	1999. 5.27	0.68	自然湧出	7.9	7.1
15	八雲町	2002.12.16	0.22	自噴	80.0	7.0	82	豊富町	2002.10.11	1.71	動力揚湯	43.9	7.4
16	八雲町	2003. 3.25	0.19	混合	74.5	7.3	83	歌登町	2001. 6. 6	2.62	自然湧出	12.2	5.9
17	八雲町	2003. 3.25	0.05	混合	60.2	7.5	84	上川町	2002.10. 1	1.51	動力揚湯	82.0	7.1
18	森町	2000. 1.19	2.83	動力揚湯	46.1	6.4	85	東川町	2000.10.18	0.45	自然湧出	47.4	6.0
19	長万部町	2000. 1.17	143	自然湧出	17.4	6.2*	86	東川町	2002.10. 2	8.32	自然湧出	53.3	6.1
20	長万部町	2000. 1.17	0.27	自然湧出	41.6*	6.6*	87	東川町	2003. 1.24	0.51	自然湧出	47.8	6.0
21	江差町	2001. 1.23	0.46	動力揚湯	52.0	7.7	88	上士幌町	2001. 4.20	2.80	自然湧出	52.6	7.2
22	乙部町	1999. 9. 8	11.5	自噴	69.5	7.2	89	士幌町	2001. 8.13	2.60	動力揚湯	48.5	7.4
23	熊石町	2000. 2.24	4.98	自然湧出	51.4	6.4	90	音更町	2000. 9.27	0.29	動力揚湯	50.2	7.5
24	熊石町	2000. 2.25	1.78	自然湧出	64.1	6.4	91	音更町	2001. 9. 6	2.43	動力揚湯	51.2	8.6
25	虻田町	2000. 7.13	0.28	動力揚湯	35.2	6.5	92	音更町	2002. 3.18	0.21	動力揚湯	42.3	8.1
26	虻田町	2000. 7.13	0.12	動力揚湯	40.1	6.5	93	音更町	2002. 8.22	0.10	注入口	43.7	7.6
27	虻田町	2000. 7.13	0.11	動力揚湯	48.7	6.6	94	音更町	2003. 3. 8	1.05	混合	55.4	8.2
28	虻田町	2000. 7.13	0.13	動力揚湯	41.1	6.6	95	帯広市	1999. 6.24	1.40	動力揚湯	44.9	9.3
29	虻田町	2000. 7.12	1.11	動力揚湯	69.8	6.8	96	帯広市	2003. 1.20	3.42	動力揚湯	45.6	8.9
30	虻田町	2000. 7.13	0.86	動力揚湯	44.2	6.6	97	幕別町	2000. 5.12	4.46	動力揚湯	49.7	8.4
31	虻田町	2000. 7.12	0.33	動力揚湯	51.6	6.7	98	浦幌町	2003. 2.26	1.78	自噴	29.4	9.7
32	虻田町	2000. 7.12	0.13	動力揚湯	73.8	6.9	99	弟子屈町	1999.10. 8	3.16	自噴	46.6	8.6
33	虻田町	2000. 7.12	0.06	動力揚湯	62.0	6.8	100	弟子屈町	1999.10. 8	3.16	自噴	46.6	8.6
34	洞爺村	2000. 5.11	0.30	動力揚湯	61.7	6.6	101	弟子屈町	2000. 7.25	4.08	動力揚湯	49.5	8.5
35	洞爺村	2003. 3.20	0.11	動力揚湯	51.2	8.0	102	弟子屈町	2000.10.11	0.90	動力揚湯	60.7	8.6
36	壮瞥町	2000. 5. 9	1.21	動力揚湯	44.6	6.5	103	弟子屈町	2000.11.15	n.d.	動力揚湯	83.5	8.5
37	壮瞥町	2000. 5. 9	0.70	動力揚湯	76.9	6.6	104	弟子屈町	2001. 1.11	n.d.	動力揚湯	48.7	1.7
38	壮瞥町	2000. 5. 9	1.81	動力揚湯	36.4	6.6	105	弟子屈町	2001. 5.14	1.09	動力揚湯	50.4	9.1
39	壮瞥町	2000. 5.10	0.25	動力揚湯	60.4	7.2	106	弟子屈町	2001. 8.14	1.67	動力揚湯	49.2	8.6
40	壮瞥町	2000. 5.10	1.15	動力揚湯	39.3	7.4	107	弟子屈町	2002. 1.15	n.d.	混合	44.5	1.7
41	壮瞥町	2000. 5.11	1.24	動力揚湯	34.6	7.6	108	弟子屈町	2002. 1.15	n.d.	混合	43.1	1.7
42	登別市	1999. 4.16	0.39	自然湧出	65.9	7.1	109	弟子屈町	2002. 5.14	n.d.	動力揚湯	51.3	1.8
43	登別市	1999. 4.16	0.22	自然湧出	81.9	6.7	110	弟子屈町	2002. 7. 3	1.16	動力揚湯	49.9	8.6
44	登別市	1999. 7.22	n.d.	自然湧出	69.3	2.5	111	弟子屈町	2002. 9. 9	n.d.	混合	47.6	1.7
45	登別市	1999. 7.22	0.99	自然湧出	62.5	2.6	112	弟子屈町	2003. 3.11	1.72	動力揚湯	69.0	7.0
46	登別市	2002. 4. 2	0.02	混合	52.2	2.7	113	阿寒町	2001. 2. 8	0.27	動力揚湯	42.5	7.0
47	白老町	1999. 8. 9	1.43	動力揚湯	49.3	8.4	114	阿寒町	2001. 2. 8	0.49	動力揚湯	48.2	6.7
48	白老町	2000. 5.10	0.32	動力揚湯	46.1	6.7	115	阿寒町	2001. 2. 8	1.80	動力揚湯	62.4	6.9
49	白老町	2000. 5.12	5.74	動力揚湯	47.2	8.6	116	阿寒町	2002. 2. 7	0.45	動力揚湯	58.7	7.0
50	白老町	2000. 9.14	3.99	自噴	48.2	8.4	117	阿寒町	2002. 2. 7	0.24	動力揚湯	37.4	7.6
51	白老町	2002.10. 7	2.75	動力揚湯	64.5	8.6	118	阿寒町	2002. 2. 7	0.20	動力揚湯	71.2	6.7
52	白老町	2003. 3.17	7.02	自噴	37.5	7.9	119	阿寒町	2002. 6. 4	0.18	動力揚湯	56.4	6.6
53	蘭越町	2000. 9. 6	n.d.	自然湧出	78.8	2.5	120	阿寒町	2002. 6. 4	0.41	動力揚湯	60.5	6.6
54	蘭越町	2000. 9. 7	0.05	自然湧出	28.2	2.5	121	阿寒町	2002. 6. 4	2.37	動力揚湯	52.0	6.8
55	蘭越町	2002. 2.18	0.04	動力揚湯	52.0	8.7	122	阿寒町	2002. 6. 4	0.88	動力揚湯	59.6	7.1
56	蘭越町	2002. 9.19	1.28	動力揚湯	65.5	6.7	123	釧路町	1999.12. 2	8.16	動力揚湯	24.5	8.2
57	蘭越町	2002.11.26	0.31	自噴	49.5	6.4	124	釧路町	2000. 1. 7	6.43	動力揚湯	26.0	8.2
58	ニセコ町	1999. 7.13	1.06	動力揚湯	66.1	6.7	125	丸瀬布町	2001. 2.28	4.76	動力揚湯	44.8	8.7
59	倶知安町	2000. 5.31	4.75	自然湧出	11.5	5.8	126	常呂町	2002. 7.17	4.51	動力揚湯	10.6	6.2
60	京極町	2000.10.20	14.6	自噴	30.9	7.1	127	網走市	2000. 7.24	1.44	動力揚湯	51.9	7.2
61	小樽市	2001. 8. 2	1.34	動力揚湯	53.6	8.4	128	網走市	2001. 4.10	5.15	動力揚湯	23.0	8.9
62	札幌市南区	1999.12. 3	1.02	自然湧出	74.0	6.9	129	小清水町	1999.11. 2	2.35	動力揚湯	51.1	7.7
63	札幌市南区	2000. 7.31	0.50	動力揚湯	18.0	7.5	130	小清水町	2003. 1.20	1.63	動力揚湯	52.1	8.4
64	札幌市南区	2002. 5. 7	0.63	自然湧出	24.3	8.4	131	清里町	1999. 9. 6	6.17	動力揚湯	55.8	7.8
65	札幌市南区	2002. 7. 2	1.72	自然湧出	78.2	6.7	132	中標津町	1999. 4.12	3.07	自然湧出	66.7	7.4
66	札幌市南区	2002. 7.11	1.40	自然湧出	72.0	6.8	133	中標津町	2000. 9.19	2.15	自噴	46.4	8.0
67	札幌市南区	2002. 7.16	1.86	自然湧出	78.4	6.8							

n.d.; 検出せず (&lt;0.02 Bq/L)

\*参考値 (北山らの実測値<sup>1)</sup>)