

健康文化

放射線量と健康影響
—ラドン含有温泉と福島原発事故—

下 道國

はじめに

福島第1原発事故も4ヶ月が過ぎ、ようやく原子炉は小康といえる状況かと思われる。第1ステップが終了したことでもあるので、このまま冷却がうまくいって状態が固定化し、放射能漏れが収まってくれるのを祈るばかりだ。このような時期に放射能温泉でもあるまいとは思いますが、しかし、それこそラドン含有温泉にでも入ってゆったりとした気分を取り戻し、静かに放射線の健康影響を今一度考えてみるのも悪くないかもしれない。

ラドン含有温泉

日本は火山列島にあり、各地に温泉がある。火山地域でないところにも温泉が湧き出しており、それらの中には放射能泉と称しているのがあがるが、その多くはラドン含有温泉である。わが国の3大ラドン含有温泉を挙げるとすれば、山梨県北杜市の増富（ますとみ）温泉、鳥取県三朝町の三朝（みささ）温泉、島根県大田市の池田温泉（三瓶温泉）であろう。増富温泉は首都圏に近いこともあり、また近くには山登りにはよく知られている金峰山や瑞牆山などがあって、これらの人々にも1泊の宿として知られている。宿のご主人は親切にもラドン水の宅配要望にも応じている。その上に、近在の人々はラドン水でご飯を炊くとおいしいと言い、湧き水を20リットルのポリ容器に入れて自宅に持ち帰っている。

三朝温泉は、土地が広く開けていて多くの人々が生活をしている有名な温泉町である。また、ここには岡山大学の温泉療法を研究する施設と病院がおかれていて、医師の下、わが国唯一のラドンによる温泉療法を行っている。

池田温泉は、三瓶火山の麓に湧出する温泉で、湯治場的な温泉とのことであるが、残念ながら著者は行った事がないので、詳細はわからない。以上の3つの温泉の中ではもっとも素朴で人気の少ない温泉であろう。

関西の奥座敷とも言われ、古くから知られている有名な有馬温泉は、ラドン含有温泉としても有名である。鹿児島県垂水市の垂水温泉は、わが国でトップ

を争うぐらいラドン濃度が高いが、世間にはあまり知られていないローカルな温泉である。岐阜県東濃地方は、基盤地質が花崗岩・流紋岩のため、多くのラドン含有温泉（白狐温泉、瑞浪温泉、明世温泉など、いずれも湯温は低い）があったが、現在は営業しているところは少ない。その中で、中津川市の高山温泉の湯之島ラジウム鉱泉保養所、一名「ローソク温泉」は山の中の一軒家であるが、ラジウム含有量が日本一の湯治場として知られている。

このほか、古くから湯治場として知られている新潟県阿賀野市東部に点在する村杉温泉・出湯温泉もラドン含有温泉である。秋田県の玉川温泉は、北投石を産することでこの方面の科学者には知られた温泉であるが、一般には大変酸性度の高い湯治場として知られているラドン含有温泉である。このほかにも、たとえば愛知県では、猿投グリーン道路の近くにある猿投温泉をはじめ、各地にラドン含有温泉があり、その含有量などは保健所による成分分析表で確認できる。

ラドン含有温泉の被ばく線量

先に述べたローソク温泉で被ばく線量を算定した結果⁽¹⁾がある。それによると、ラドン濃度は、温泉施設内の空気中濃度（季節は秋）が 30～75 Bq/m³であり、温泉の源泉水濃度が 3,500 Bq/Lとなっており、湯殿の平均的濃度（源泉測定の約10時間後）が 280 Bq/Lであった。源泉と湯殿の濃度差が大きいのは、湧き出しのあまり多くない源泉水を貯めてから湯殿に入れてさらに沸かしており、時間と手間隙がかかっているからである。しかし、この濃度はあくまである時の値であって、別のときに測れば数倍違うこともありうる。

被ばく線量の内訳は、浴室や脱衣室、部屋、屋外などにおける湯治客の1日の被ばく線量は5.3 μSvと見積もられている。浴室での被ばくでは、浴槽から空気中に出たラドンの分が加わるが、これの吸入による線量は平均 0.046 μSv と見積もられ、これは浴室以外での被ばくの約1%に過ぎない。また、この療養所では、1日にコップ一杯（180 mL）の源泉を飲むことが習慣となっているが、その被曝線量は 2.2μSv とされている。したがって、源泉を飲用している湯治客にとっては、これが大きな被曝線量であることがわかる。源泉濃度も0.7～1.4倍程度の変動があるみられるので、飲用による被ばくも1.5～3.1μSvの幅があるとされている。1年間に3週間だけ滞在したとすると、これによる年間の被ばく線量は 46 μSv（32～64 μSv）程度と見積もられている。これらを表1に示した。

表1 ローソク温泉でのラドンによる実効線量

	ラドン濃度 [Bq/m ³]	湯治客 1日の 所在時間 [h]	湯治客 1日の 被曝線量 [μSv]	従業員 1日の 所在時間 [h]	従業員 1日の 被曝線量 [μSv]
部屋	52.5 ± 10.1	14.5	2.7±0.5	10.5	2.0±0.4
食堂	59.0±8.2	2.0	0.4±0.06	8.0	1.7±0.2
脱衣室	53.5±8.7	0.5	1.0±0.2	1.0	0.2±0.03
浴室	53.5±8.7	0.5	1.0±0.2	0.5	0.1±0.02
屋外	6.3	6.5	0.18	4.0	0.11
(合計)	—	24	5.3±0.6	24	4.1±0.4

また、湯治客が3週間滞在して帰宅した後の期間は、通常的环境中で生活したとした場合の1年間の被ばく線量は、0.60 mSv としている。なお、1年間を通してここに滞在したとすると 2.8 mSv となる。一方、施設の従業員の場合、1日の被ばく線量は、湯治客より1.2 μSv 低い 4.1 μSv と見積もられ、1年間の生活では 1.5 mSv となる。これらの値は平均的な値であって、空气中ラドン濃度と源泉のラドン濃度に変動幅を考慮すると、源泉を飲用する湯治客ではおよそ-90%~+250%程度の幅が、また飲用しない従業員では-50%+200%程度の幅が見積もられている。

福島原発事故での被ばく線量

7月16日現在、福島市の1時間の放射線量(空間線量)は1.32 μSv であり、東京新宿区にあるモニタリングポスト(MP)の値は0.058 μSv/h、名古屋は0.067 μSv/h で共にほぼ平常値の変動幅に入っている⁽²⁾ことが、図1に示した3月16日から5月8日までの線量の経時変化図と照らし合わせてみればわかる。5月9日以降7月16日まで、各地とも線量はほぼ横ばいで、毎日の値はほとんど変化がない。

さて、MPの値が地上での値を示していないのではないかという市民からの訴えで、都・区のほか諸団体によって独自に測定が始められた。渋谷区の校庭・園庭の地上1mでの空間線量率は0.051 μSv/h⁽³⁾(6月17日~22日)でMPの値と変わらない。一方、葛飾区内7ヶ所の値は0.26~0.12 μSv⁽⁴⁾(7月7日)と

MPより高い値が測定されている。その原因はSPEEDIの図⁽⁵⁾から明らかで、

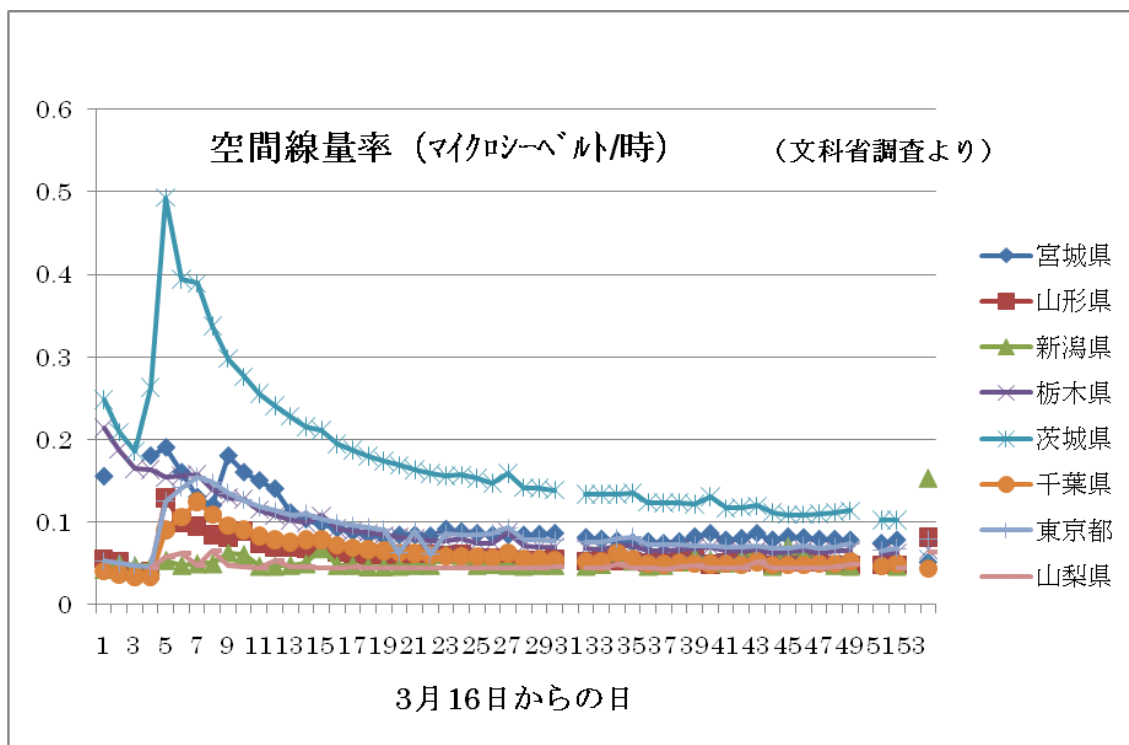


図1 各県のモニタリングポストの空間線量率 (右端の値は平常時の最大値)

23 区の広い都区内では、葛飾区など東京駅より東側半分と新宿区などの西半分とでは、東京に流れ込んできた放射性雲の濃度に違いがみられる。

この値に 8760 時間を掛けて 1 年の放射線量に直すと、それぞれ、福島：11.6 mSv、MP：0.51 mSv、名古屋：0.59mSv、渋谷：0.45mSv、葛飾：2.28～1.05 mSv である。もちろん、これは自然放射線を含んだすべての環境ガンマ線による線量である。日本の平均的な大地からの放射線量は 0.04 mSv であるが、都会など人工建造物（建物、道路、橋梁など）が多い場所では、その構造材と立体的構造などからこれより大きい値となる場合があり、東京都の 0.51 mSv、名古屋市の 0.59 mSv は概ねそれらに起因する線量と見られる。しかし、東京葛飾区の 2.28～1.05 mSv はどのようにみたらよいだろうか。測定が 7 カ所あることから、この地域では全体的に放射線量が高くなっていると見るのが妥当である。バックグラウンドはこれよりかなり低いので、福島原発由来のセシウム-137 による線量が 80%程度占めると見られる。なお、福島市ではほぼ 95%がセシウム-137 に由来する線量と推定される。

表2 福島原発由来のセシウムによる実効線量 (単位：mSv/y)

	屋外線量 自然分含 む	セシウム のみ*	外部被ば く：屋外+ 屋内	内部被ば く：3%の 見積	内部・外 部被ばく 合計	総計*2
福島市	11.6	11.0	6.6	0.20	6.8	8.9
東京都 MP	0.51	—	—	—	—	2.1
東京都 A	2.28	2.00	1.2	0.04	1.2	3.3
東京都 B	1.05	0.81	0.49	0.015	0.51	2.6
名古屋市	0.59	—	—	—	—	2.1

* 福島市：95%とした。東京都 A：0.28 mSv/y、東京都 B：0.24 mSv/y、

*2 自然放射線分 2.1 mSv/y を合計に加算した。

なお、より詳細に評価をするなら、これは屋外の値であるから、家の中ではこれより小さい値となる。建物による減衰率は、建材や構造、階層によって大きく変わる上、部屋の中に什器をどのように配置しているかによっても変わるが、ここでは屋外値の 40%とする。また、屋外と屋内の滞在比率もまさに人それぞれであるが、屋外 8 時間、屋内 16 時間として福島市の場合 **6.6 mSv** となる。更にこれに内部被ばくの分が加算されるが、こちらの方は大気中に放射性物質がほとんどないこと、飲食物の摂取による被ばくは現時点では相当に低く、外部被ばくの 3%程度を見ておけばよい⁽⁶⁾とする見積りもあることから、これを採用すると、ほぼ **6.8 mSv** となる。

健康への影響

以上に述べてきたラドン含有温泉、福島原発に由来するこれらの線量は、健康影響の面からはどのように見るのがよいのだろうか。はじめに、わが国での自然放射線による線量を要素別に見ておこう。1年間の被ばくは全体で 2.1 ミシーベルト(mSv)⁽⁷⁾ である。ラドン・トロン分が 0.6 mSv で、残り 1.5 mSv の内、大地から 0.4 mSv、宇宙線分が 0.3mSv、体内からの分が 0.8 mSv である。大地由来分は、ウラン系列から 0.1 mSv、トリウム系列から 0.15 mSv、カリウム 40 から 0.15 mSv である。体内分では、海産物摂取で 0.6 mSv、体内のカリウムが 0.17 mSv、その他 0.03 mSv となっている。日本人は海産物の摂取が多く、欧米人に比べて 3 倍の線量である。カリウム 40 に由来する分は、体内外合せて

0.32 mSv と見られ、宇宙線分とほぼ同じである。また、体内被ばくは、ラドン・トロンを合せて 1.4 mSv となり、体外被ばくは 0.7 mSv である。なお、ラドン・トロンによる被ばくは、世界平均で 1.26 mSv あり、わが国の約 2.5 倍である。

さて、ローソク温泉での湯治客の被ばく線量を、全世界のラドンによる平均被ばく線量 (1.26 mSv) と比較すると、3 週間の滞在では世界平均より低く、通年滞在したとしても 2.2 倍程度であり、施設従業員では 3 割ほど高めに評価されている。ラドン濃度の低い日本の年間平均線量 0.43 mSv と比べても、それぞれ 1.4 倍、6.5 倍、3.5 倍となっている。したがって、被ばく線量が高い場合であっても、全世界平均の 2 倍程度であるが、自然環境中のラドンの地域差が数倍程度はあることを考慮するとその分散の幅に入ってしまう。

一方、福島第 1 原発事故では、1 年間の予測線量は、福島市で 8.8 mSv (自然寄与分を含む)、6.7 mSv (セシウムのみ)、東京都 A で 3.3 mSv (自然分含む)、1.2 mSv (セシウムのみ)、東京都 B で 2.6 mSv (自然分含む)、0.51 mSv (セシウムのみ) と評価されているので、福島市はセシウムだけで自然の 3.2 倍であり、東京都 A は同じく 57% であり、東京都 B は同じく 24% であり、いずれもラドン含有温泉湯治客や従業員と同程度の被ばくであり、それは自然放射線による被ばく (10 mSv/y 以内は概ね自然レベル) と比べて大差ないことがわかった。

ヒトへの影響は確定的影響と確率的影響に分けて考えられる。確定的影響では閾値があり、最も低い閾値はリンパ球減少の 250mSv (1 回の被ばくまたは 1 年間の遷延被ばく) とされている。確率的影響は閾値があるとする説と無いとの説があるが、100 mSv 以下では疫学上は検出できない範囲にあり、臨床上では見られないとされている。100 mSv 以上では、線量に比例して発がんすることが広く認められており、そのリスク係数は 0.05 Sv^{-1} である。すなわち、100 mSv では 1000 人に 5 人の発がんが予測されることになる。

これらをあわせて考慮すると、ラドン含有温泉での被ばくは健康には影響なく、また福島第 1 原発事故で今後被ばくすると予想される線量では、東京はもちろん最も線量の高い一般地域の福島市でも、健康に害が出るとは考えにくい。しかし、問題は、3 月 15 日および 23 日の 2 回の爆発で福島原発近在の人たちがどの程度の放射線を浴びたかである。今のところ、このときのモニタリングデータがないので、軽々しく空間線量率と大気中濃度の推定ができないのであるが、その推定がもっとも重要である。この時の放射性雲による外部被ばくとそれを吸入することによる内部被ばくの合計線量が最も大きいために、その評価が最も大切であることは言うまでもなく、これによって放射線の影響もよりはっきりしてくるだろう。

おわりに

東日本大震災に続き、それに伴う津波で東京電力福島第1原子力発電所の1号機から4号機が損壊を受け、原子炉が制御できなくなり、炉心溶融につづいて水素爆発が起こり、大量の放射能漏れを起こした。放射能漏れはチェルノブイリの十分の1程度と政府により見積もられているが、それによる環境汚染と人への健康影響は重大な関心事である。この小論では、健康影響に焦点を絞り、ラドン含有温泉での被ばくと比較しながら、2回の爆発時を除いて、その後の日常生活では健康影響に問題はないと思われることを述べた。今後は、原発から緊急避難した人たちの線量の評価と健康影響をしっかりと見ていきたいと思う。

文献

- (1) 下 道國、小柳津 東、床次眞司、他：岐阜県内の一温泉施設のラドン濃度と被曝線量試算、温泉科学、55(4), 177-187, 2006.
- (2) 文部科学省ホームページ
- (3) 東京都渋谷区ホームページ
- (4) 細田正洋、福土政広、床次眞司、他：東京電力・福島第一原子力発電所事故以前の東京都葛飾区の空間線量率、放射線地学研究所、SCS-0077, 2011.
- (5) 原子力安全委員会ホームページ
- (6) 久住静代：衆議院の科学技術・イノベーション推進特別委員会 177 回会議録 平成 23 年 5 月 20 日
- (7) 下 道國：自然放射線による被曝と規制、「放射線防護における規制科学研究とその展望」、放医研レポート p.39-49, 2011-2.

お詫びと訂正

本小論のタイトルは、これまで「放射線量と健康影響—ラドン温泉と福島原発事故—」としておりましたが、今回表出のように変更いたしました。小論では、著者は「ラドン温泉」を一般名詞として用いて、ラドンを含有した温泉の意味で使用しています。今般、「ラドン温泉」が商標登録名であるとのこと指摘を受け、商品登録所持者及び皆様にご迷惑をおかけしたことをお詫びするとともに、タイトル及び本文中の「ラドン温泉」を「ラドン含有温泉」と訂正いたします。

(藤田保健衛生大学 客員教授)