



総 説

三朝温泉におけるラドン研究の100年

堀内公子^{1)*}, 箕輪はるか¹⁾, 吉澤幸夫¹⁾

(平成26年12月27日受付, 平成27年3月3日受理)

100 Years of Radon Research of Misasa Hot Springs

Kimiko HORIUCHI^{1)*}, Haruka MINOWA¹⁾ and Yukio YOSHIKAWA¹⁾

Abstract

Misasa hot spring resort is the largest radon hot spring region in Japan. The highest water temperature of Misasa is 76°C that is relatively high in spite of radon hot springs. In addition to Misasa, several other hot springs in Japan, such as Masutomi, Ikeda and Murasugi, show high radon concentrations. Among them, Misasa hot spring is the only one of which temperature is higher than 34°C. This high temperature is rare in the world. Moreover, Misasa is sole town in Japan that has facilities for medical treatment, recuperation and research using the radon hot springs. The origin of Kabu-yu that is the oldest hot spring in Misasa has been said that a white wolf told the existence of the hot spring at an old camphor tree in 1164. Even now Kabu-yu is familiar to residents as a public bathhouse. In 2014, Misasa Onsen celebrated the 850th anniversary and a number of events were held to commemorate this. We are sure that the 67th annual meeting of the Japanese Society of Hot Spring Sciences at Misasa contributed to activation of Misasa. The year 2014 is also the centennial of the discovery of the radon in Misasa hot springs. In this review, we described the vicissitude of radon concentration of Misasa hot springs over 100 years, and summarized the characteristics of Misasa hot springs.

Key words : Misasa hot spring, Radon hot spring, High temperature hot spring, The 100th anniversary, Radium

要 旨

「三朝温泉」は日本最大規模のラドン温泉地域であり、かつ泉温が76°Cと高い。日本には三朝以外にもラドン濃度の高い温泉として増富、池田、村杉などがあるが、泉温が34°C以上(鉱泉分析法指針, 1978)のラドン温泉は三朝温泉だけで、世界的にも希少である。また、三朝町

¹⁾東京慈恵会医科大学アイソトープ実験研究施設 〒105-8461 東京都港区西新橋3-25-8. ¹⁾The Jikei University School of Medicine Radioisotope Research Facility, 3-25-8 Nishishinbashi, Minatoku, Tokyo 105-8461, Japan. *Corresponding author : E-mail kmhoriuchi@gmail.com, Tel : 03-3433-1111 (内線2344), Fax : なし.

には岡山大学等による日本で唯一のラドン温泉による治療・療養・研究施設がある。現存する最も古い源泉である株湯は、長寛2年(1164年)に白狼の教えで楠の老木の根元から湧き出ている湯が発見されたと伝えられ、今も公衆浴場として人々に親しまれている。2014年、三朝温泉は開湯850周年を迎え、町をあげて数々のイベントが計画された。第67回日本温泉科学会三朝大会の開催は三朝町の活性化に一役買ったに違いない。さらに、三朝温泉のラドン濃度が初めて測定された1914年から数えて、2014年は100周年に当たる。本総説では、三朝温泉の100年に渡るラドン濃度等の変遷と、そこから分かる三朝温泉の特徴をまとめた。

キーワード：三朝温泉，ラドン温泉，高温泉，100周年，ラジウム

1. はじめに

「三朝温泉」は日本最大規模のラドン温泉地域であり、泉温が76℃と高いことでも世界的に希少である。また、日本で唯一のラドン温泉による治療・療養・研究施設がある。長寛2年(1164年)、源義朝の家臣である大久保左馬之祐が三徳山三仏寺に源氏の再興を祈願した際、命を救った白狼が夢枕に立って、楠の老木の根元から湯が湧き出ていることを教えたと言われる。これが株湯の由来で、三朝温泉の始まりとされている。2014年、三朝温泉は開湯850周年を迎え、町をあげて数々のイベントが計画された。そうした中で、第67回日本温泉科学会大会が開かれた。本稿はその時の講演に手を加えたものである。

2. 三朝温泉の概観

三朝温泉は鳥取県のほぼ中央部、中国山地の北麓に位置し、温泉は天神川の支流である三徳川の

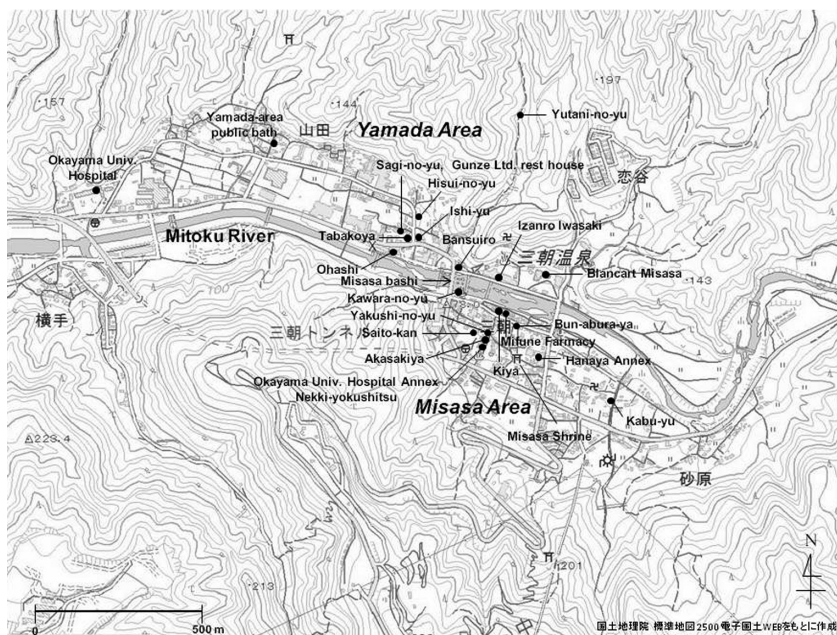


Fig. 1 Map of Misasa hot spring resort. Hot spring inns are located with closed circle on the map. Mitoku river separate Misasa town into two areas, Misasa area and Yamada area. Time-honored inns are mainly stand on Misasa area.

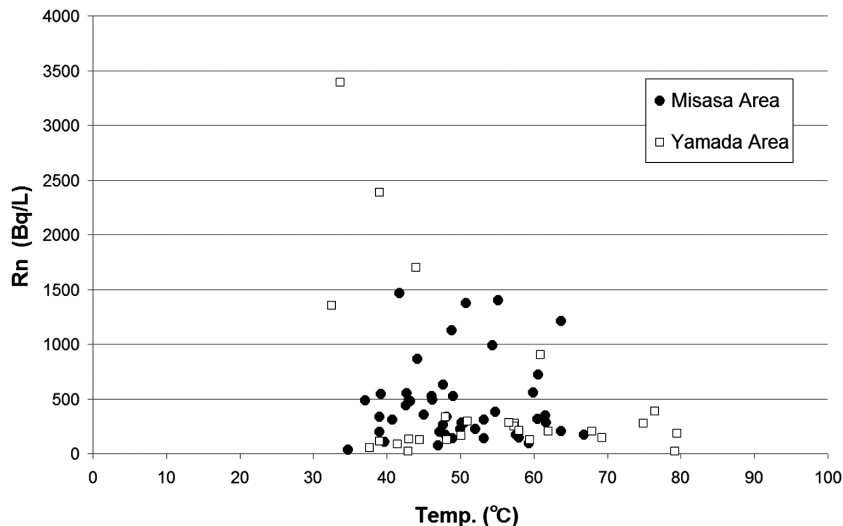


Fig. 2 Distribution chart of radon concentrations and temperatures of the 81 hot springs in Misasa area and Yamada area. Those of Misasa area are indicated with closed circle, and those of Yamada area are indicated with open square. The data are cited from Journal of Misasa Spa published in 1983.

両岸の三朝区と山田区に湧出する (Fig. 1)。三朝温泉は開湯以来 850 年を経過しており、三徳川の両岸には伝統的な和風旅館が立ち並び、温泉街は三朝橋周辺に広がっている。また温水床暖房を持った長期滞在者向けの旅館や自炊宿も見られ、観光と療養という両面性を持つことが三朝温泉の特徴である。1983 年発行の「三朝温泉誌」に記載された源泉のラドン濃度と泉温の関係を三朝区と山田区にわけてプロットしてみると Fig. 2 のようになる。やや均一的な三朝区の源泉群に比べ、山田区の源泉はラドン濃度の突出して高いものや、泉温が高いものが存在するなど多様性があった。

三朝温泉で最古の源泉とされる株湯は、温泉街を少し離れた三朝区の静かな住宅街の中にある公衆浴場で、道に面して飲泉場も設置されており、代々住み続けている地元住民の利用者が多い。三朝区の温泉の開湯年については明確な言い伝えがあるが、山田区に関する文書は天文 8 年 (1539 年) に石湯が大洪水で埋まったという記録が最初であり、三朝区より遅れて開発されたと言われている。三朝区と山田区は別々に発展して来たことがうかがえる。

3. 三朝ラドン温泉の主要化学成分

わが国のラドン温泉は冷鉱泉が多く、泉温の頻度分布を三朝温泉 (入手出来た泉温のある全測定値: 含複数回カウントの源泉) と他のラドン温泉 (金原, 1992) で比較してみると Fig. 3 のようになる。三朝温泉は 42°C を超える源泉が主であり、泉温の高いラドン温泉の代表地であることがわかる。液性は中性域が多く、「三朝温泉誌」(1983 年) に示される 81 源泉中全体の 93% を pH6.0~7.4 の中性域が占めている (Fig. 4)。三朝温泉水には主要化学成分として Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 等が含まれているのも特徴のひとつである。これらの化学成分が取り込まれる機構として、地中深く浸透した循環水が、基盤岩の小鴨型花崗岩あるいは貫入岩の安山岩などにより熱を与えられて熱水となり、湧出経路の岩石と反応して Cl^- や SO_4^{2-} を溶解することが考えられる。 Cl^- や SO_4^{2-} を溶解した循環水は、地表に向かって上昇する際に上部の地下水と混じりあいながら、地上に到達し湧出すると推

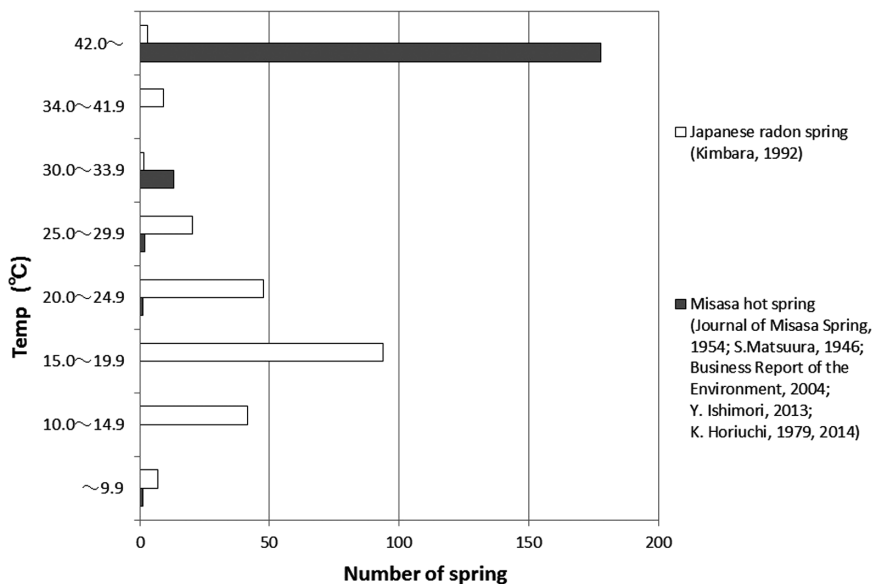


Fig. 3 Temperature distribution of Japanese radon springs. The hot springs in Misasa (closed square) show higher temperature than other radon springs (open square).

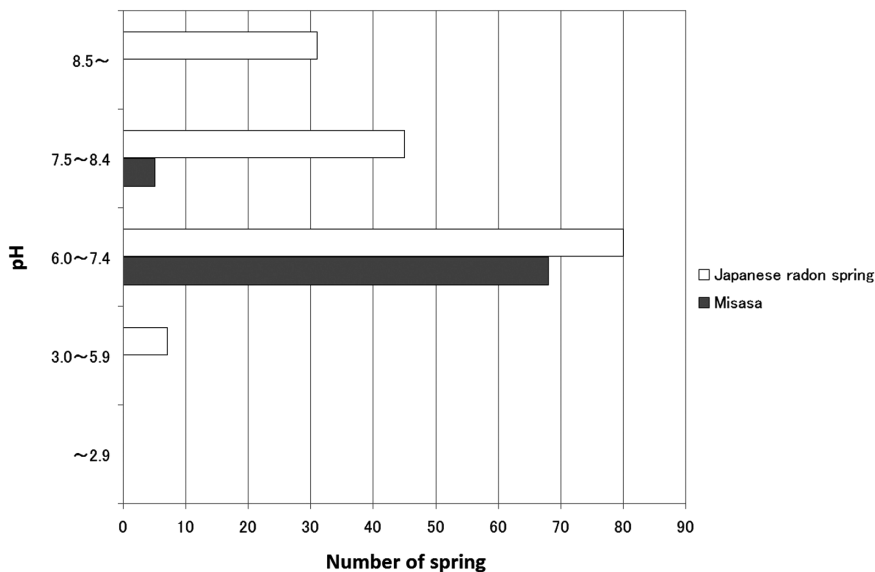


Fig. 4 PH distribution of Japanese radon springs. Those of Misasa are indicated with closed square, and those of other hot springs are indicated with open square.

測される。一方、地下深部で生じたCO₂はガス成分であるため、地下の割れ目を通して上昇し、比較的広範囲に拡散して地表近くに存在する低温の温泉水に溶解してHCO₃⁻となり、Na⁺やCl⁻を主成分とする温泉水と種々の割合で混合して各種泉質を作ることになる(御船, 1983)。陽イオンとしてはNa⁺を70~80mval%占めるものが圧倒的に多く、次いでCa²⁺, K⁺となっている。

「三朝温泉誌」記載の三朝温泉 81 源泉の泉質をまとめると、泉温：32.5～89.3℃、ラドン濃度：18～3,389 Bq/L、平均ラドン濃度：474 Bq/L の含 Rn-Na-Cl 泉、または Rn-Na-Cl-HCO₃ 泉となる。三朝の温泉水の湧出量は 3.02×10^6 L/日、温泉に起因するラドンの大気への放出量は最大で 1.4×10^9 Bq/日と推定される（御船，1987；M. Mifune, 1992）。

4. 温鉱泉水中のラドンの測定とラジウム温泉の由来

温鉱泉水中のラドンは、1903 年 H.S. アレンにより英国バース市のキングズ・スプリングにおいてラドンとトロンの中間の性質を持つ放射性気体として発見された。欧州大陸においても 1904 年にウーン大学の H. マッヘによりバド・ガスタイン諸源泉に関する報告がなされるなど、各地で温鉱泉水中のラドン調査・研究が始まった。

わが国でも 1909 年 12 月から翌年 1 月にかけて一高物理学教授の石谷伝一郎と東大医学部の眞鍋嘉一郎によって、湯河原・伊豆山・熱海の温泉水中のラドン調査が行われた。これは、一週間に渡りテントを張っての大掛かりな調査であったと言われている。1913～1915 年内務省衛生試験所の石津利作、衣笠豊らによって、全国各地約 600 以上の温鉱泉水中のラドン含有量がシュミット検電器により測定された。その結果はまとめられて、1915 年セントルイスで開催された万国博覧会において、英文の本邦鉱泉誌として発表された。この際の調査で三朝温泉が世界的にもラドン含有量の多い温泉であることが広く認識された。

鳥取県を始めとした 28 道府県下における本邦温鉱泉水中の「ラジウムエマナチオン」含有量調査の成績は 1916 年 9 月 9 日付官報 1234 号で発表され、三朝温泉は 24 源泉が記載されている。この報告書における三朝温泉の調査は 1914 年 2 月 22 日と 3 月 11, 12 日の 2 度にわたって行われ、「ラジウムエマナチオン含量」142.1 マッヘ (1,192 Bq/L)、泉水の温度 71℃ の源泉の存在が報告されたが、これは発表当時世界第 2 位のラドン含量を有するものであった。

1898 年キュリー夫妻によってラジウムが発見され、自然界に存在することがわかってくると、世界中の研究者たちがこぞってあらゆる自然界の場に存在するラジウムを探し求めた。その過程でラジウムから放出される放射性ガス成分の存在がハーレ大学の E. ドーンによって発見され、紀要で報告された (E. Dorn, 1901)。ラドンはラジウムから放出されるため「ラジウムエマナチオン」とか「エマン」等々いろいろな名称で呼ばれていたが、この放射性ガス成分がラジウムの壊変で生ずる新元素であることが確認され、1923 年の国際会議で、「ラドン」という正式名称が与えられた。すでにわが国ではラドンを含んだ温泉は「ラジウムエマナチオン温泉」より呼びやすく、知名度の高い「ラジウム温泉」が定着してしまっていた。現在でも、わが国に古くからあるラドン温泉は「ラジウム温泉」と称されており、三朝温泉も例外ではない。

5. 三朝温泉の泉温

今までに報告された世界の高温ラドン温泉を Fig. 5 にまとめた (三朝温泉誌編集委員会, 1983)。ラドンを多く含み、温泉領域である 34℃ 以上の源泉は世界でもあまり多くなく、オーストリアのバド・ガスタイン、イタリアのラッコアメノ、ギリシャのイカリア、わが国の三朝温泉に限られている。

三朝温泉地域の地温の報告 (相馬, 1958) では、地下 1 メートル深における最高地温は三朝区では薬師の湯、山田区では石湯の辺りにやや広範囲に、山田区共同湯の辺りにごく狭い範囲で観測される。これら地温の高いところに存在する手掘り自噴泉が、高温の源泉の由来とされている。

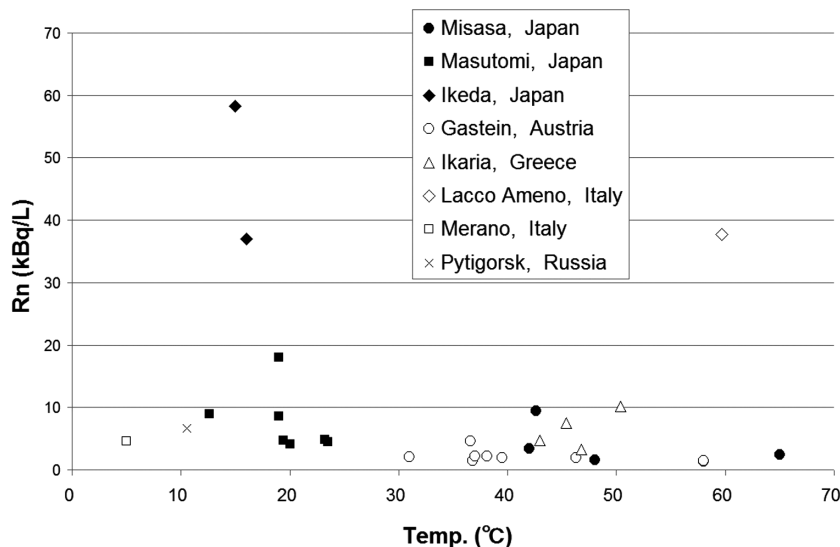


Fig. 5 Distribution chart of radon concentrations and temperatures of radon springs in the world.

6. 三朝温泉のラドン濃度

ラドン温泉は主として花崗岩地帯に湧出する。わが国においては、ラドン温泉はほとんどが本州中央の大地溝帯フォッサマグナの西側に存在する(堀内, 1997)。同じ花崗岩でもフォッサマグナの西側の花崗岩は風化度も高く、東側に比べてウラン・トリウムの含有量が多い。それがフォッサマグナの西側にラドン温泉が多く湧出する原因になっている(金谷, 1974; Ishihara and Murakami, 2006)。

三朝温泉は中生代の小鴨型花崗岩(ラジウム含有量が多いとされる黒雲母花崗岩または鳥取花崗岩)が広く分布して基盤を構成し、これを貫いて種々の岩石が噴出している。三徳川左岸の三朝区は基盤に小鴨型花崗岩が広く分布し、約250メートルの三朝温泉南方高地を作り、そこに角礫岩類や安山岩類が噴出している。一方右岸の山田区は左岸と同様小鴨型花崗岩が広く分布して、約400メートルの高地を作り、その上に板状安山岩類等が噴出して温泉街北方の高地を形成している。温泉の湧出する三徳川沿いの地域は小鴨型花崗岩の基盤の上に14メートル程度の沖積層が堆積している。温泉の湧出する辺には大小多数の断層の存在が推定され、温泉水は基盤の花崗岩の割れ目及び花崗岩と貫入岩層の安山岩との境目などより湧出している(湯原・瀬野, 1969; 御船, 1983)。

地層の褶曲で山になった所は背斜と呼ばれ、中でも地質的に周囲よりドーム状に盛り上がっている場所である「カルミネーション」へは地下深部からの物質(花崗岩その他の貫入岩体、熱水鉱液、溶岩)が昇騰して来ている。温泉も地下深部から昇騰して来るものとして地質的にはカルミネーションの部分に胚胎している(杉山, 1965)。

三朝温泉の温泉水中のラジウムおよびラドン濃度を測定した結果をFig. 6に示した(堀内・村上, 1978)。親核種であるラジウムと娘核種のラドンが放射平衡にある場合は図に示した直線上に乗るが、何れの源泉もラドンのほうが平衡量を大幅に上回って存在している。過剰量のラドンの原因として、地下水がラジウムを多く含んだ温泉沈殿物層を通ることが言われている(齊藤, 1976)。ラ

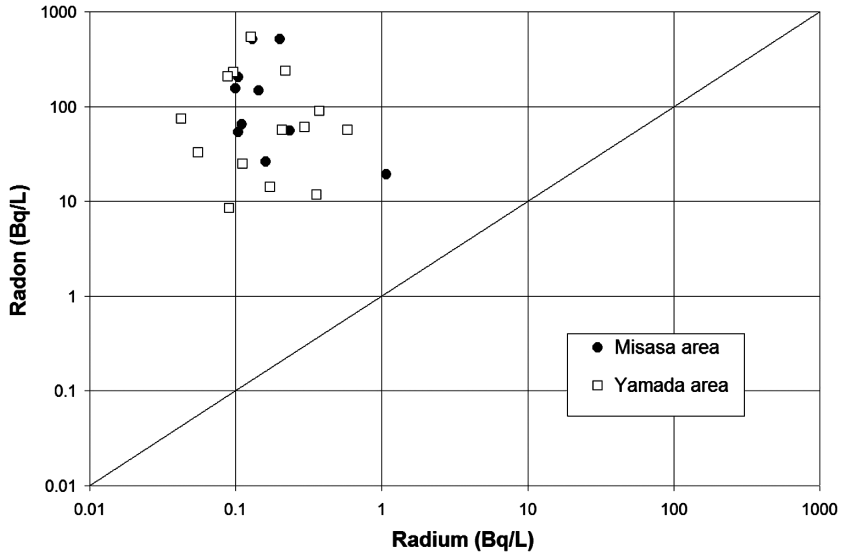


Fig. 6 Distribution chart of radium and radon concentrations of the hot springs in Misasa area and Yamada area. Those of Misasa area (closed circle) and Yamada area (open square) show the non-equilibrium state : the radon concentrations are much higher than the equilibrium state.

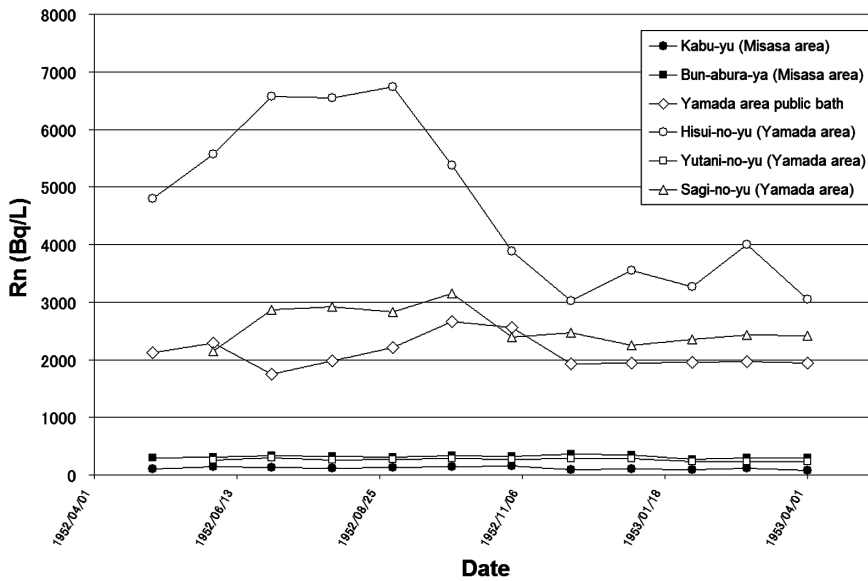


Fig. 7 Monthly variation of radon concentrations of Misasa radon hot springs in 1952. Hisui-no-yu (open circle) and Sagi-no-yu (open triangle) show the highest value in the summer, and the values fall down at the beginning of the autumn. Yamada area public bath (open argyle) shows the least value in July, and then the values are increased toward October. Kabu-yu (closed circle), Bun-abura-ya (closed square) and Yutani-no-yu (open square) show constant value throughout the year.

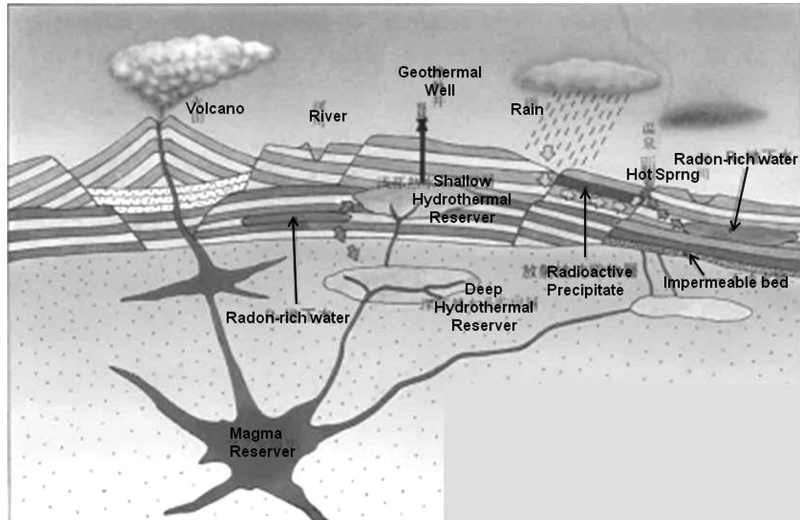


Fig. 8 Conceptual diagram of radon-rich water hypothesis.

ジウムから生じたラドンが岩石の空隙や亀裂中に高濃度に含まれ、それが地下水に溶け込んで源泉にラドンが補給されるという考え方である。ヒスイの湯のラドン含量は季節の変動を示し (Fig. 7), 周辺の水田が湛水される季節にラドン湧出量が増える。これは浅い所の温泉沈殿物がラドンの供給源であることを支持している (梅本, 1952)。

ラジウム含量既知の温泉沈殿物を用いたラドンの溶出実験が試みられている (初田・西村, 1957)。ラジウムとラドンが放射平衡に達するまで容器を密閉放置した後、水中のラドン濃度を計測した (初田・西村, 1957)。その結果、水中に含まれるラドン量は沈殿物中のラジウムの平衡量にはるかに及ばなかった。溶出実験の結果を考慮すると、三朝温泉のラドン濃度が平衡量を大幅に上回っていることの説明として、湧出水が高ラジウム含有沈殿物層を通過して来たと言うだけでは十分ではない。

ラドン地下水の想定図を Fig. 8 に示した (堀内, 1988)。温泉水の 80% 以上は、雨が地中に浸透し、マグマからの熱伝導または揮発成分などであたためられて地上に湧き出す循環水である。マグマからの揮発成分にはラドンはそれほど多く含まれていないので、ラドンの混入する原因は他に求めなければならない。そこで想定されるのが、ラドンを多量に含んだ地下水であるラドン地下水 (堀内・村上, 1978a) の存在である。三朝温泉のラドン濃度を説明するには循環水が上昇する際にラドン地下水が混入するという仮説が重要となる。ラドン地下水の存在ははかなり広く受け入れられているが、存在自体はまだ証明されていない。

7. 三朝温泉のラドン濃度 100 年の測定結果

1914 年に初めてラドン濃度が測定されて以来、2014 年までの 100 年間の三朝温泉の測定結果を Fig. 9 にまとめた。三朝温泉のラドン濃度が初めて測定されたのは大正 3 年 (1914 年) のことで、石津博士によってシュミット検電器を用いて測定された。その後も外国から導入されたコールラウッシュ・レーヴェンタール式泉効計、エングラール・ジーヴェキング式泉効計等が用いられてきた。1931 年、理研の飯盛里安博士により IM 泉効計が開発され (飯盛, 1931)、ほぼ現在に至るまで 80 年の長きにわたって温泉水などの環境試料のラドン濃度測定に活躍してきた。1970 年代に入って、液

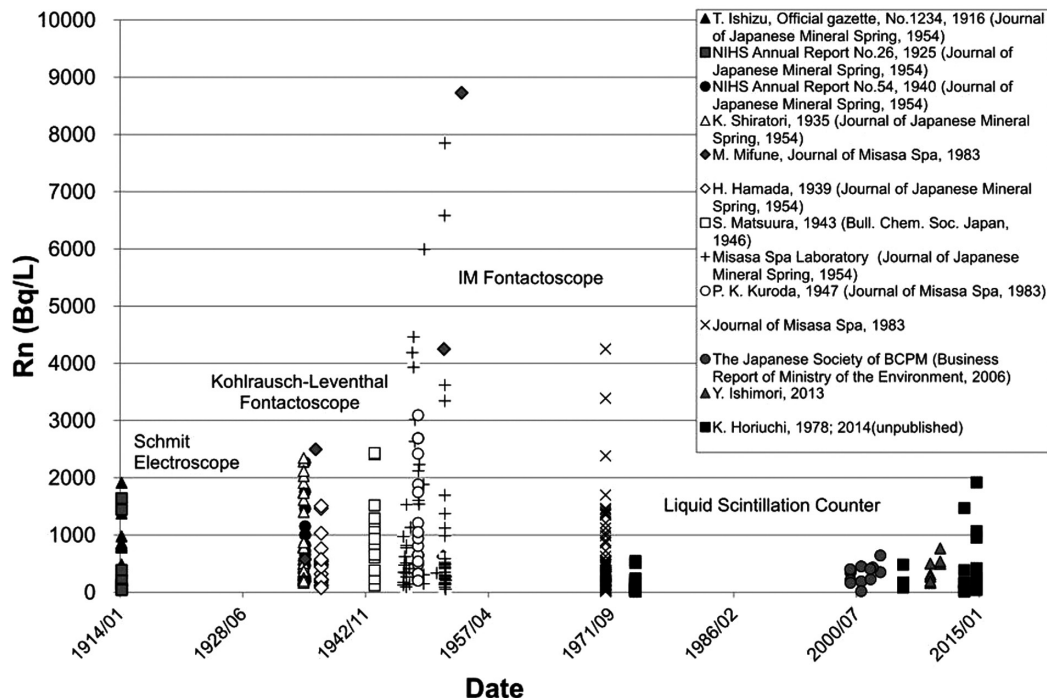


Fig. 9 One hundred years of radon concentration variation of Misasa hot springs. The radon concentrations were converted to Bq/l from the values that were determined from 1914 to 2014 using various equipments and conditions.

体シンチレーションカウンターが導入されて温泉分野でも使われ始め（堀内・村上，1976，1977；堀内，1978），現在では水中のラドン濃度測定において最も信頼できる測定器として普及している。温泉の放射能（ラドン濃度）表示単位は歴史的に三種類ある。

① マッヘ「Mache：M.E.」は1904～1905年頃H.マッヘによって定められた。「水1L中に含まれるラドンによる飽和電流が 10^{-3} e.s.uであるとき，これを1マッヘとする」と定義された。泉効計と共に導入され，温泉分野に現在も根強く残っている。

② キュリー「Curie：Ci」

1キュリーはラジウム (^{226}Ra) 1gの放射能を基準に定められ，毎秒 3.700×10^{10} 個の壊変を示す放射性物質の量を示す。ラジウムの発見者であり「放射能：radioactivity」という言葉を作ったキュリー夫妻に因んでいる。CGS系単位である。

③ ベクレル「Becquerel：Bq」

放射性物質（核種）が単位時間に崩壊する量を示す物理量で，1ベクレルは原子核が1秒間に1壊変することを意味する。ウランの放射能を発見したベクレルに因んだ国際単位系の単位である。

初期のラドン濃度測定データは全てマッヘ単位（M.E.）で示されているが，本稿ではマッヘやキュリー（Ci）で表示された値はすべて1マッヘ=13.45 Bq/L，1pCi=0.037 Bq/LとしてBq/Lに換算して統一した。

8. ラドン濃度の変化

水中のラドン濃度は一日の中でも変化するし、一ヶ月での変化、季節変化、一ヶ年の変化、等々、多くの変化を伴う。100年の間には当然大きな変化が考えられる。世界一高い温泉水中のラドン濃度として、ドイツのヒンデンブルグ泉や増富A9号泉がそれぞれ13,500と12,000マッヘ (1.8×10^5 , 1.6×10^5 Bq/L) であったと報告されている(黒田, 1944, 1949; 大島, 1983)。両源泉とも常に高いラドン濃度を示していた(増富温泉: 平常1,000~2,000マッヘ)が、このような記録的な値を示したのはたった一度だけであったと言う。現在これらの源泉は何れも存在していない。気圧、温度、湿度その他の地表・地中の条件により絶えず変化するラドン濃度を瞬間的に捉えた得難いデータであったと言える。

参考までに増富温泉で12,000マッヘの値が得られた時の状況を紹介する。黒田博士の報告によると1943~44年にかけての冬、約4ヶ月かけてラドン濃度の高い源泉を求めて増富温泉一帯を精査した。A9号泉は98日間連日測定し、通常1,000~2,000マッヘが得られていた。しかし、雪の降った日に突発的に7,400マッヘを示してまた下がり、4日後再び雪がふると12,000マッヘを示したが、その後また通常状態に戻ってその後はそうした現象はみられなかった。この時用いた測定器はIM泉効計、A9号泉の湧出量は毎分数100ml、ラドン濃度が高過ぎると箔が開ききってIM泉効計が使用不能になるので、測定は試料を注射器で5ml採取し、蒸留水で500mlに薄めて行なった。この調査で約400回以上の測定を行ったが、全て同一の測定手順で行い、統一を図ったとしている。

9. 現在の三朝温泉水のラドン濃度

2013年と2014年に三朝温泉水中のラドン濃度を測定した結果をTable 1に示した。三朝区と山田区のいずれも1983年の値と比べそれ程変化していないことが分かる(堀内ら, 2014)。但し、山田区で泉温が高かったと報告されている「ヒスイの湯」は現在すでになく今回調査が出来なかったことが惜まれる。

その他高い測定データを示した源泉として赤崎屋の湯、石湯、たばこ屋等があるが、赤崎屋で現存するのは浴槽だけで岡山大学熱気浴室に隣接した旅館の建物はすでになかった。石湯も地下に在った浴室だけが残っていたが、2014年のサンプリングでは一番高いラドン濃度を示した(Fig. 10)。たばこ屋も高い値を示したが、旅館は廃業しており、家人のみの利用である。未利用源泉のラドン濃度が高いのは水の動きが少ないため、ラドンが溜まり易いからと考えられる。

10. おわりに

日本の古文書で、温泉の効用を具体的に書き残しているのは風土記である。出雲風土記(天平5年: 733年)の「川岸に在って老若男女いずれも浴すれば万病ごとく除われる神湯」の記述は、三朝温泉に関するものとされている(三朝温泉誌編集委員会, 1983)。

古い記録によると三朝温泉の開発は長寛2年(1164)株湯源泉の発見に始まるとされ、したがって株湯は元湯とも呼ばれており、2014年は開湯以来850年になる(山根, 1983)。

三朝の地名の読み方は不明であるとされ、1050年の文書に「三朝」と漢字で示されている。みささの読みは元禄年間(1688~1704年)の和歌に仮名で「みささ」と記載されているのが基準になったのではと言われている(三朝温泉誌編集委員会, 1983)。三朝の由来のひとつとして、「この温泉に入れば三日目の朝には病が治る」の意と説明され、昔から非常に靈驗あらたかな温泉と見なさ

Table 1 Radon concentrations of Misasa hot springs from March 2013 to September 2014.

Sampling Site		Location	Sampling Date	Rn Bq/L	Temp. °C	pH
Kabu-yu	drinking water	Misasa area	2013/3/30	160.5 ± 0.3	37.5	8.5
Kabu-yu	drinking water	Misasa area	2014/9/6	223.9 ± 0.3	43.0	8.0
Kabu-yu	women's bath	Misasa area	2013/3/29	174.1 ± 0.3	44.9	7.7
Kabu-yu	women's bath	Misasa area	2014/9/6	151.6 ± 0.3	35.0	6.0
Misasa Shrine	purifying water	Misasa area	2014/9/6	222.5 ± 0.3	42.0	7.0
Hanaya Annex	women's bath	Misasa area	2013/3/30	33.1 ± 0.1	41.3	7.5
Okayama Univ. Hospital Annex	Nekki-yokusitsu	Misasa area	2013/3/29	1470 ± 1	48.7	7.7
Okayama Univ. Hospital Annex	Nekki-yokusitsu	Misasa area	2014/9/5	1066 ± 1	49.0	8.0
Akasakiya	(unused)	Misasa area	2014/9/5	420.5 ± 0.5	39.0	7.0
Yakushi-no-yu	drinking water	Misasa area	2014/9/6	191.4 ± 0.3	54.0	6.0
Kiya	Rakusen-no-yu	Misasa area	2014/9/5	112.0 ± 0.3	51.0	9.0
Kiya	drinking water	Misasa area	2014/9/5	117.6 ± 0.3	69.0	9.0
Kiya	Anagura-no-yu	Misasa area	2014/9/5	39.5 ± 0.2	56.0	9.0
Kawara-no-yu	open-air bath	Misasa area	2014/9/5	251.4 ± 0.4	42.0	7.0
Okayama Univ. Hospital	drinking water	Yamada area	2013/3/29	385.5 ± 0.4	41.3	7.1
Yamada-ku Public Bath	women's bath	Yamada area	2014/9/6	215.2 ± 0.3	55.0	7.0
Tabakoya	(unused)	Yamada area	2014/9/5	954.7 ± 0.7	40.0	7.0
Ishi-yu	(unused)	Yamada area	2014/9/6	1920 ± 1	43.0	6.5
Izanro Iwasaki	women's bath	Yamada area	2013/3/29	8.1 ± 0.1	49.2	6.1
Blancart Misasa	drinking water	Yamada area	2014/9/6	68.1 ± 0.2	51.0	7.0
Blancart Misasa	open-air bath	Yamada area	2014/9/6	179.2 ± 0.3	44.0	7.0



Fig. 10 Bathroom of ishi-yu. Samples were obtained from ishi-yu that has been out of business by kind permission of Mr. Shindou at September 2014.

れていたようである。

三朝温泉にはかつて岡山大学の温泉研究所があり、三朝温泉をベースとした温泉医学、温泉化学、地球化学、地学等多分野にわたる研究が行われ、多くの研究者を輩出した。大島良雄、森永寛、阪上正信、杉山隆二、梅本春次、御船政明、杉原健、酒井均、松葉谷治等々初期の温泉関係の学問分野を背負って立つ研究者達の多くが三朝温泉に関係している。

本稿は三朝温泉水中のラドン濃度測定がスタートした1914年から2014年98日間連日までのラドンの研究についてまとめた。100年間のラドン濃度測定データは測定者、測定器、測定条件を異にするが、多くの人々の思いを込めた集大成である。現在、三朝温泉に

は岡山大学病院三朝医療センター・三朝温泉病院があり、高濃度ラドンを利用したガス成分ラドンの呼気から吸入した際の効果・影響を中心に医療研究やホルミシス効果研究が行われている(Yamaoka *et al.*, 2004a, 2004b)。水中のラドンを研究する者として、こうしたラドン温泉の有効性の研究が続けられ、温熱効果以外のラドン温泉入浴による効果が科学的に解明される日が一日も早

く来ることを期待している。

最後に、長い歴史を持つ三朝温泉が、今後益々発展することを祈念しながら終とする。

引用文献

- 初田甚一郎, 西村 進 (1957): 北投石を水に浸した場合のラドンの出かた. 岡大温研報, **19**, 63-68.
- 堀内公子, 村上悠紀雄 (1976): 液体シンチレーションカウンターによる鉱泉中の低レベルラドンの定量について. 温泉科学, **27**, 23-29.
- 堀内公子, 村上悠紀雄 (1977): 鉱泉中のラドンの液体シンチレーションカウンターによる新定量法とその基礎的条件の検討. 温泉科学, **28**, 39-52.
- 堀内公子 (1978): 鉱泉中ラドンの抽出—液体シンチレーションカウンターによる新定量法について. 温泉工学会誌, **13**, 95-103.
- 堀内公子, 村上悠紀雄 (1978a): ラジウム, ラドン量より求めた δRn 項による鉱泉中の過剰量ラドンの存在にたいする一考察. 地球化学, **12**, 59-70.
- 堀内公子, 村上悠紀雄 (1978b): 鉱泉中のラジウム, ラドン同時定量に関する研究. その1—三朝, 勝浦: 白浜, 湯ヶ島, 網代, 増富におけるラジウム, ラドンの同時定量値について—. 温泉科学, **29**, 68-75.
- 堀内公子 (1988): 放射能と温泉. 温泉大百科 II, 湯けむりの里, 126-127, ぎょうせい, 東京.
- 堀内公子 (1997): 放射能泉, 分析センター広報, 37-45, 日本分析センター, 千葉.
- 堀内公子, 箕輪はるか, 吉澤幸夫 (2014) 第 67 回日本温泉科学会大会講演要旨集, 91.
- 飯盛里安 (1931): 泉効計の改造とラドンの代用標準. 理研彙報, **10**, 1105.
- Ishihara, S., and Murakami, H. (2006): Fractionated ilmenite-series granites in Southwest Japan. Source magma for REE-Sn-W mineralizations. Resource Geology, v. **56**, no. 3, 245-256.
- 石森 有, 迫田晃弘, 田中裕史, 光延文裕, 山岡聖典, 片岡隆浩, 大和恵子, 西山祐一 (2013): 極微量ウラン影響効果試験 (共同研究), JAEA-Research 2013, **5**.
- 石津利作 (1916): 官報, 1234, 国立印刷局, 東京.
- 金谷 弘 (1974): 北上山地の白亜紀花崗岩類のカリウム・トリウム・ウラン及び帯磁率地質調査所報告, **251**, 91-120.
- 金原啓司 (1992): 日本温泉・鉱泉分布図及び一覧, 地質調査所.
- Kuroda, K. (1944): Strongly Radioactive Springs Discovered in Masutomi, Bull. Chem. Soc. Japan **19**, 33-83
- 黒田和夫 (1949): 温泉の科学, 長谷川書店. 東京.
- 厚生省大臣官房国立公園部編 (1954): 日本鉱泉誌, 青山書院, 東京.
- 鉱泉分析法指針 (1978): 第 2 章 温泉の分類, 環境省自然保護局, 東京
- 松浦新之助, 田多千賀夫, 麻生禧見 (1946): 本邦西部の温泉の地球化学的研究 (第 11 報) 鳥取県の温泉のラドン含有量. 日化誌, **67**, 95-97
- 三朝温泉誌編集委員会 (1983): 三朝温泉誌. 鳥取県三朝町.
- 御船政明 (1983): 自然と三朝温泉. 三朝温泉誌, 98-135, 鳥取県三朝町.
- 御船政明 (1987): Gastein 温泉について. 温泉工学会誌 **26**, 43-49.
- Mifune, M., Sobue, T., Arimoto, H., Komoto, Y., Kondo, S. and Tanooka, H. : Cancer Mortality Survey in a Spa Area (Misasa, Japan) with a High Radon Background, Jpn. J. Cancer Res. **83**, 1-5.

- 内務省東京衛生試験所 (1925) : ラドン含量試験成績. 衛生試験所彙報第 26 号.
- 日本温泉気候物理医学会 (2006) : 平成 17 年度温泉利用に関する揭示内容等についての医学的検討調査. 環境省業務報告書.
- 大島良雄 (1983) : 放射能泉の医学. 三朝温泉誌, 136-157, 鳥取県三朝町.
- 斉藤信房 (1976) : 放射性温泉沈殿物について. 温泉科学, 27, 31-35.
- 杉山隆二 (1965) : 山陰の温泉の地質構造規制について—山陰の温泉はどんな地質のところにあるか—. 岡大温研報, 35, 1-2.
- 相馬徳蔵 (1958) : 三朝温泉地域の地下 1 米深さにおける温泉分布並びに放射能について. 岡大温研報, 20, 55-61.
- 梅本春次 (1952) : 鳥取県三朝温泉の地球化学的研究 (第 1 報) 翡翠の湯の変化 (その 1). 日化誌, 73, 756-758.
- 山根新次 (1983) : 三朝温泉の地形, 地質, 温泉. 三朝温泉誌, 176, 鳥取県三朝町.
- Yamaoka, K., Mitsunobu, F., Hanamoto, K., Mori, S., Tanizaki, Y. and Sugita, K. (2004a) : Study on Biological Effects of Radon and Thermal Therapy on Osteoarthritis, J Pain 5, 20-25.
- Yamaoka, K., Mitsunobu, M., Hanamoto, K., Shibuya, K., Mori, S., Tanizaki Y. and Sugita, K. (2004b) : Biochemical Comparison between Radon Effects and Thermal Effects on Humans in Radon Hot Spring Therapy, J Radiat Res 45 : 83-88.
- 湯原浩三, 瀬野錦蔵 (1969) : 温泉学. 地人書館, 東京.