

## 三朝温泉地の自然放射能と住民の 末梢血染色体異常について

森 永 寛・御 船 政 明・古 野 勝 志

岡山大学医学部附属病院三朝分院

(1985年1月7日受付)

### 1. 三朝温泉地の位置

鳥取県三朝温泉は1164(長寛2)年、源義朝の臣久保左馬之祐によって発見せられたと伝えられ(藤浪, 1938),すでに800年以上の歴史を有する。鳥取県のほぼ中央部,中国山地の北麓に位置し,山陰本線倉吉駅から南東方約10kmの地点にあって,三徳川の渓流沿いに湧出する温泉地である。

三徳川は西に流れて竹田川に合流し,下流は天神川となって日本海に注いでいる。

三朝温泉は三徳川によって三朝群と山田群のそれぞれ南と北の2つの温泉群にわかれており(大島, 1949),何れもNa-Cl・HCO<sub>3</sub>泉に属する泉質で,一部には硫黄泉や単純温泉の性格を有するものもあり,およそ70有余の源泉からなっている。

海拔50~60mの山合いの平地で,東は900mの三徳山をはじめ700m前後の山々が並び,北は300m程度の山地,南は中国山地につながり,三方を山で囲まれているために強風をはばまれている(杉原, 1959)。

三徳川河床は花崗岩が多く,また安山岩を混えた砂礫からなっており,基盤は花崗岩で岩石は黒雲母花崗岩が多く粗粒であるが,東部地域ではやや斑状をなしている。

1955(昭和30)年に発見せられた人形峠鉱山(佐藤, 1961)は,三朝温泉地の南側に相隣しており,三朝温泉

水中に含有されている放射能(ラジウム, ラドン, トロン, ウランなど)成分の起源とウラン鉱床とは関連が深い。

### 2. 三朝温泉の特徴

1914(大正3)年,石津によって三朝温泉の1源泉(現岡山大学温泉研究所分室泉)水中に142.14 M. E.\* (1943.1 Bq/l)のラドンの存在することが知られて以来,本邦最強の放射能・温泉として,主にリウマチ性疾患や消化器病患者の療養に応用せられてきた。

### 3. 三朝温泉水中のラドン含有量(表1)

古野(1982)は60源泉水について<sup>222</sup>Rn含有量を測定した。源泉数との関係は図1に示す如くで,50M. E. (683.5 Bq/l)以上は15源泉(25%)であった。

これらの強放射能温泉は,三徳川の左岸の岡大分室附近と,三徳川右岸の山田区共同湯附近に偏在する。

なお,1952(昭和27)年に三徳川右岸のヒスイの湯で702 M. E. (9596.3 Bq/l)の<sup>222</sup>Rnが観測せられ,1953(昭和28)年にはこのヒスイの湯から程遠くない1井戸水で741 M. E. (10.13×10<sup>3</sup> Bq/l)の<sup>222</sup>Rnが記録せられている(杉原, 1953)。

### 4. 三朝温泉水中のラジウム含有量(表1)

中井(1954)は温泉水中に<sup>226</sup>Ra0.14~17.67×10<sup>-12</sup> g/l (156±68 mBq/l)を報告しており,液体シンチレ

Table 1. Mean values of the radioactivity of Misasa Springwaters

|                                 | U                        | Ra-226                | Rn-222                   |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                 | 10 <sup>-6</sup> g/liter | mBq/liter             | Bq/liter                 |
| Thermal water at spring sources | 4.2±4.2<br>(0.05-19.6)   | 156±68<br>(0.25-1606) | 437±132<br>(5.2-2541)    |
| Ground-waters                   |                          |                       | 54.0±29.1<br>(9.6-118.8) |
| River water                     |                          |                       | 4.9±2.4<br>(1.5-11.8)    |

\* 1. M.E. = 3.64×10<sup>-10</sup>Ci/l = 13.67 Bq/l

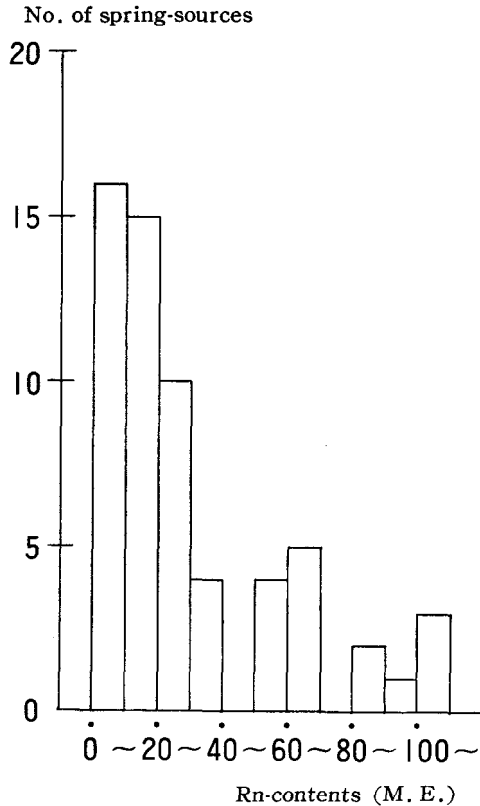


Fig. 1. Distribution of Rn-contents of spring-waters

ーションカウンター法による三朝温泉水中の $^{226}\text{Ra}$ と $^{222}\text{Rn}$ の同時測定では $^{226}\text{Ra}$ と平衡以上の $^{222}\text{Rn}$ が含まれている(堀内ら, 1978).

##### 5. 岩石中のラジウム

三朝温泉附近の黒雲母花崗岩中の $^{226}\text{Ra}$ は $2.38 \times 10^{-12}\text{g/g}$ (早瀬, 1957)であり, 三朝温泉沈澱物中の $^{226}\text{Ra}$ は最高 $3.41 \times 10^{-8}\text{Ci/g}$ (古野ら, 1981)であった.

##### 6. 三朝温泉水中に含有される放射能成分の供給源について

三朝温泉ヒスイの湯についての長期観測の結果,  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比は変化しないのに,  $^{222}\text{Rn}$ 含有量は天候により著しい変動をするので,  $^{222}\text{Rn}$ 源は $\text{SO}_4^{2-}$ や $\text{Cl}^-$ の源とは異なり, 地表に近いところにあると思われる(梅本ら, 1959).  $\text{RaA}$  ( $^{218}\text{Po}$ ),  $\text{RaB}$  ( $^{214}\text{Pb}$ ),  $\text{RaC}$  ( $^{214}\text{Bi}$ )を測定することによって $^{222}\text{Rn}$ 供給源から温泉湧出口に達するまでの時間は, 三朝温泉では13-110分と推定せられ,  $^{222}\text{Rn}$ 含有量の多い源泉では $^{222}\text{Rn}$ の供給源は湧出口に比較的近い場所にあるものと考えられる(横

山, 1949). すなわち, 三朝温泉の $^{222}\text{Rn}$ 供給源は, 主として地表面に近いところに生成した温泉沈澱物層と考えられ, その場所を通過する地下水ないし温泉水が接触し反応して,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  ことに $^{222}\text{Rn}$ を溶出し, 温泉水や地下水に放射能を賦与していると推定される. 堀内ら(1978 a)によると, さらに深所に存在する高濃度のRnを含む地下水の混入も考慮せねばならないという.

##### 7. 温泉地域内の地下水, 地表水中のラドン含有量 (表1)

地下水の $^{222}\text{Rn}$ 含有量は $9.6 \sim 118.8\text{Bq/l}$ であり, 地表水, 主として三徳川水の $^{222}\text{Rn}$ 含有量は $1.5 \sim 11.8\text{Bq/l}$ で, 温泉湧出地域で最も高く, 温泉地域の上流地点, 下流地点では低値であった(古野, 1982).

##### 8. 三朝温泉地空气中のラドン含有量 (表2)

###### (1) 外気中のラドン含有量

振動容量型電位計を用いて測定した三朝温泉地外気中のRn量は $25.9 \pm 14.8\text{mBq/l}$ で, 放射能源泉のない倉吉市街地外気中の $11.1 \pm 7.4\text{mBq/l}$ より高かった. またアロカ製NaI(Tl) $\gamma$ 線用シンチレーションサーベータTCS-121C型により行った $100\text{KeV}$ 以上の総 $\gamma$ 線量は $11.8 \pm 2.3\mu\text{R/h}$ で, 対照の倉吉市街地外気中の $8.6 \pm 1.2\mu\text{R/h}$ より高値であった.

Table 2. Mean air activities in the area of Misasa Spa

|  | Rn-222<br>mBq/liter            | Dose rate radiation<br>$\mu\text{R/h.}$ |
|--|--------------------------------|---|
| Open air<br>Misasa Spa                   | $25.9 \pm 14.8$<br>(7.4-62.9)  | $11.8 \pm 2.3$<br>(7.0-17.0)            |
| Room air<br>Hotels and<br>private houses | $34.5 \pm 6.0$<br>(18.5-129.5) | $14.0 \pm 1.8$<br>(11.0-17.0)           |
| Open air,<br>area without<br>hot springs | $11.1 \pm 7.4$<br>(3.7-22.2)   | $8.6 \pm 1.2$<br>(6.5-12.0)             |

###### (2) 家屋内空气中のラドン含有量 (表2).

温泉湧出地域内の家屋内の空气中Rn量は $34.5 \pm 6.0\text{mBq/l}$ , 温泉浴室と治療室内空气中のRn量は表3の如くであった.

三朝温泉水の総湧出量は $3.02 \times 10^6\text{l/日}$ と推定されており, 三朝温泉地の上述60源泉水中の $^{222}\text{Rn}$ から計算して, その平均含有量を $437\text{Bq/l}$ ( $11.8\text{nCi/l}$ )とすれば, 温泉水由来の $^{222}\text{Rn}$ は1日間に $130 \times 10^7\text{Bq}$ (35

Table 3. Radioactivity of the air in the room with facilities using radioactive hot springwaters (Misasa Branch Hospital of Okayama Univ.)

|                        | Radon (mBq/l)   | $\gamma$ -radiation ( $\mu$ R/h) |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Bath room              | 807 $\pm$ 78    | 13.0 $\pm$ 1.0                   |
| Exercise pool          | 274 $\pm$ 30    |                                  |
| Hubbardtank bath room* | 5306 $\pm$ 2568 |                                  |
| Drinking hall          | 1491 $\pm$ 178  | 11.8 $\pm$ 0.7                   |
| Thermal grotto         | 2658 $\pm$ 988  | 18.2 $\pm$ 1.7                   |

\* A tank in which a patient may be immersed for the purpose of permitting him to take under-water exercise.

mCi) が地上に拡散されていることになる。三朝温泉地域の大气中にはこのほか土壌中の  $^{238}\text{Ra}$  およびその壊変物、さらに Th 系元素、 $\gamma$  線なども関与した放射能が含まれることになる。

#### 9. $^{222}\text{Rn}$ による気管支への推定年間被曝線量 (表 4)。

御船 (1981) は上述のデータから、DESROSIERS (1978) の式を用いて、三朝温泉地在住住民の気管支に与えられる年間吸収線量を求め、 $^{222}\text{Rn}$  による気管支への推定年間被曝線量を 0.85~2.15レム/年とした。岡大分院医療従事者とくに温泉水治療を行う理学療法士の  $^{222}\text{Rn}$  による気管支への推定年間被曝線量は 1.8レム/年となった。

#### 10. 三朝温泉地の自然放射能と染色体異常 (表 4)

外村 (1982) は、著者らの協力を得て、三朝温泉地域

に居住する健康成人の末梢リンパ球の染色体を検索し、低線量放射線被曝による細胞遺伝学的影響を調査し報告した。

(1) 対象：20歳から40歳の男女で、当地域に10年以上居住している者39名である。そのうち14名は温泉湧出中心地域に、20名は温泉地周辺地域に居住しており、5名は理学療法士である。

(2) 結果：調査対象それぞれについて末梢血リンパ球細胞1,000個以上の染色体を観察し総観察細胞数は39,552個である。

染色分体型異常の、種類や程度による特異性は認められなかったが、一方、染色体型異常については放射線被曝によって誘発されると推定されている二動原体染色体 dicentric chromosome の頻度が、温泉湧出中心地域に居住している者では0.21 $\pm$ 0.08%、温泉地周辺地域居住者では0.12 $\pm$ 0.06%、温泉水治療従事者 (理学療法士) では0.10 $\pm$ 0.11%であった。

調査対象が少数であること、また対象者の中には医療被曝 (X線胃検査など) の影響も考慮せねばならぬ者も含まれているので、放射能温泉地環境による個人の被曝線量の推定は困難であること、などから、断定的な結論は出せないとしているが、関東および関西地区の一般集団における異常頻度よりも一般に高かったと述べている。今後さらに多数例の詳細な検索が必要であろう。

11. 三朝温泉は約800年前に発見されたと伝えられているが、三朝地区にはその頃から居住している家系の住民も少なくない。また1957 (昭和32) 年4月に簡易水道水が利用されるまでは、温泉水ないしラドンを含む地下水を日常生活に使用していたのであった。

三朝温泉地域内に長年居住している者の末梢血液像に格別の異常は認められないし、悪性腫瘍による死亡の全

Table 4. Frequences of dicentrics and rings in different population groups

| Population groups             | No. of subjects | No. of cells observed | Dicentrics               | Rings                     | Alphadose (rem/yr.)      |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Residents in central area     | 14              | 14,506                | 30<br>(0.21 $\pm$ 0.08%) | 2<br>(0.014 $\pm$ 0.032%) | 0.85-2.15<br>(Mean 1.25) |
| Residents in peripheral area  | 20              | 20,120                | 24<br>(0.12 $\pm$ 0.06%) | 3<br>(0.015 $\pm$ 0.016%) | 0.3-1.3<br>(Mean 0.75)   |
| Therapists for hydrotherapy * | 5               | 4,926                 | 5<br>(0.10 $\pm$ 0.11%)  | 2<br>(0.041 $\pm$ 0.132%) | 1.5-2.0<br>(Mean 1.8)    |
|                               | 39              | 39,552                |                          |                           |                          |

\* They work 5-6 hours daily in the room with facilities using radioactive hot springwaters (Okayama University).

死亡に対する比率が、全国に比べて特別に高いという事実もない（御船，1981）。

本報告の要旨は動力炉・核燃料開発事業団の承認（昭和58年8月17日付）を得て **International Seminar on Indoor Exposure to Natural Radiation and Related Risk Assessment, October 3-5, 1983, Capri-Naples, Italy.** で発表した。

#### 文 献

1. DESROSIERS, A. E. (1978). Comments on "Decay products of  $^{222}\text{Rn}$  in the living environment", *Health Physics*, **34**, 397-398.
2. 藤浪剛一 (1938). 温泉知識, 527頁, 丸善.
3. 古野勝志 (1980), 放射能泉環境における空気中の Radon 量について, 岡大温研報, **50**, 33-39.
4. 古野勝志・御船政明・福島 覚 ほか (1981). 三朝温泉水配湯管内の温泉沈殿物について (続報). 岡大温研報, **51**, 35-42.
5. 古野勝志 (1982). 温泉水中の Radon 量について, 日本温泉気候物理医学会誌, **45**, 37-48.
6. 早瀬一一 (1957). 岩石放射能—特に日本の花崗岩の放射能について, 地学雑誌, **66**, 146-158.
7. 堀内公子・村上悠紀雄 (1978), 鉱泉中のラジウム・Radon 同時測定に関する研究 (1). 温泉科学, **29**, 68-75.
8. 堀内公子・村上悠紀雄 (1978a). ラジウム・Radon 量より求めたる  $\delta\text{Rn}$  項による鉱泉中の過剰 Radon の存在に対する一考察, 地球化学, **12**, 59-70.
9. 石津利作 (1915). *The Mineral Springs of Japan*, Sankyo Kabushiki Kaisha, p. 135. Tokyo.
10. 中井敏夫 (1954), 日本鉱泉誌, 677頁, 青山書院.
11. 御船政明 (1981), 放射能泉と三朝温泉, 温泉科学, **31**, 80-93.
12. 大島良雄 (1949), 放射能泉に関する研究, 岡山大学医学部紀要, **1**, 1-22.
13. 佐藤源郎 (1961), 日本のウラン鉱床とその開発状況, ウラン—その資源と鉱物, 55頁, 朝倉書店.
14. 杉原 健 (1953), 地下水による放射能泉の探査について, 岡大温研報, **9**, 37-42.
15. 外村 晶 (1982), ヒトの末梢血染色体異常の調査研究, 原子力安全協会.
16. 梅本春次・杉原 健 (1959), 鳥取県三朝温泉の化学的研究 (1) Radon 含量の変化について. 日本化学雑誌, **80**, 1246-1249.
17. 横山祐之 (1949), 強放射能泉における Radon とその壊変物との平衡関係 (第2報), 日本化学雑誌, **70**, 399-402.

#### RADIOACTIVITY AND CHROMOSOME ABERRATIONS OF RESIDENTS OF MISASA SPA.

Hiroshi MORINAGA, Masaaki MIFUNE and Katsushi FURUNO

*Department of Medicine, Misasa Branch Hospital of Okayama University.*

**Abstract:** Misasa Spa is one of the most highly radioactive hot springs in Japan, the waters of which contain mainly  $^{222}\text{Rn}$  ( $437 \pm 132$  Bq/liter). Radon contents of indoor air of private houses and health resort hotels (built of wood) at Misasa Spa range from 18.5 to 55.5 mBq/liter and 22.2 to 129.5 mBq/liter, respectively. Radon contents in the air of facilities using spring waters at Misasa Branch Hospital of Okayama University were measured to be; bathroom  $807 \pm 78$  mBq/liter; Hubbards tank bathroom  $5306 \pm 2568$  mBq/liter; the drinking hall  $1491 \pm 178$  mBq/liter.

The environmental and dose rate inside private houses has been measured to be  $14.0 \pm 1.8$   $\mu\text{R}/\text{h}$ .

Chromosome aberrations (dicentric) in the peripheral blood lymphocytes of residents of Misasa Spa were investigated in 14 persons; the mean value of aberration frequencies were 0.21%.