

兵庫県北部のヘリウム資源について

稲井 信雄* 宮村 学* 牧 真一**

On the Helium Resources in the Northern Part of Hyogo Prefecture

By

Nobuo INAI, Manabu MIYAMURA & Shin'ichi MAKI

Abstract

In the northern part of Hyogo prefecture there exist some hot springs such as Kinasaki, Yumura, Shichikama and Futsukaichi, and this report deals with the helium resources in this region. The concentration of helium in the hot spring gases collected from Yumura and Futsukaichi areas ranges from 0.03 to 0.051% in volume, and these hot spring gases belong to the nitrogen-type natural gas.

After examining the chemical composition of hot spring water in this region we found a possibility that a part of helium in this region might be derived from volcanic gases, but on the contrary from the data of constant value of N_2/He ratio in the natural gases we could surely suppose that the most part of helium in this region might be derived from the basement rocks composed of the San'in granite in this region.

According to the present data on the production of gases and the geologic conditions, we can hardly expect the existence of helium gas deposits of the economic scale in this region.

1. 緒 言

ヘリウム資源調査研究の一環として兵庫県北部のいわゆる浜坂、城崎温泉に伴う温泉水とガス試料の採取を行ない同地区のヘリウム資源調査研究を行なった。

この試料収集には浜坂、城崎温泉事務所の御協力を受けた。そして地質調査ならびに試料採取には稲井・宮村が、地球化学的な面は牧があたり、温泉水の分析は比留川が、ガス分析は米谷が担当した。

2. 浜坂、城崎地区の地質概況

浜坂・城崎地区を含む兵庫県北但馬地域の海岸線に沿っては広く中新世が発達している。

その主体をなすものは北但層群である。(第7図、第8図および第1表)北但層群は火山性の特徴ある地層で広く日本海に沿ってみられ、白堊紀後期火成岩類——矢田川層群および山陰型花崗岩類——をその基盤としている。そして竹野・城崎地区ではこの北但層群はさらに鮮新世の照来層群によって広く覆われている。

基盤をなす花崗岩類は黒雲母花崗岩・石英斑岩・閃緑

* 大阪出張所

** 技術部

第1表 兵庫県浜坂・城崎地区層序

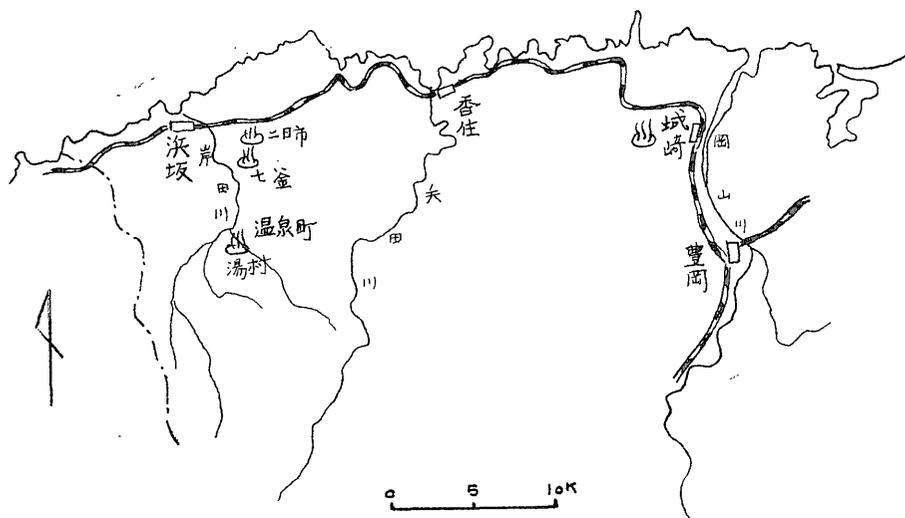
年代区分	岩 層 区 分	
最新世	冲 積 層	
	玄武洞・玄武岩	
鮮新世	照来層群	中部層
		下部火山岩層
中新世	北但層群	城崎亜層群
		豊岡累層
先第三紀	白堊紀後期火成岩類	山陰型花崗岩類
		矢田川層群
		八鹿累層

兵庫県地質産図説明書(昭和36年)

岩などの複合岩体であるが、比較的黒雲母花崗岩が大きい割合を占めている。

いわゆる中国地方に広く分布する山陰型花崗岩である。

浜坂地区においては第1図に示すように温泉町湯村の中央をほぼ東北東—西南西方向に走る湯村断層を境として北側は北但層群が顕著にあらわれ、そして南側では花崗岩の上に直接不整合に照来層群がのっている関係にあ



第1図 浜坂・城崎地区位置図

第2表 浜坂・城崎地区温泉試料採取表

地区	温泉名	採取時の気温 (°C)	採取時の温泉温 (°C)	試料番号	摘要	
浜坂	湯村温泉	19	94	No. 1 } ガス No. 2 } No. 3~5 } 温泉水	自噴に近い状態で湧出している。調査時春來川水温 16.5°C 湧出量毎分 76.3m ³	
	七釜温泉	19	46	No. 6 温泉水	昭和36年 200mのボーリングで自噴したが、現在3馬力モーターをもって100m先の温泉場に汲みあげている。	
坂	二日市温泉	21	42	No. 7 ガス No. 8 温泉水	昭和39年5月 300mのボーリングで自噴元河原 (現在田畑) の中を掘さく、20m手前の小屋に導水、浴用に供す。多少ガスの徴候があり。	
城崎	城崎温泉	No. 20号泉	23	75.2	No. 9 温泉水	138m掘さく、エアーリフトで揚水し、貯湯場に導いている。
		No. 23号泉	〃	35	No. 10 温泉水	現在は使用せず。135m掘さく、自噴している。
		No. 5~6号泉	〃	43	No. 11 温泉水	一ノ湯の道路下。

試料採取日 昭和39年10月20日

る。

城崎地区においては第8図に示すように花崗岩または矢田川層群に対比されると考えられる火成岩を基盤とし、これを北但層群、照来層群の順に覆い、城崎町付近で円山川に平行するかまたはこれに斜交する幾つかの断層によって切られている。

3. 温泉現況

3.1 湯村温泉

湯村温泉は兵庫県西北県境に近い山陰線浜坂の南約8 km、岸田川の支流春來川の流域にある。温泉付近の地質は基盤岩である山陰型花崗岩からなり、町の中央部および北端部を二つに分かつ湯村断層が東北東—西南西方向に走っている。

温泉の湧出は、この断層に起因すると想像され断層は構造性的のものである。杉山隆三 (1964) によるとこの断層に沿って斜長流紋岩の岩脈が貫入し、これが割れ目にとみ、地下深所からの温泉を上昇させる役割を果たしてい

第3表 温泉ガス分析表 (vol. %)

採取場所	He	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂ /He
湯村温泉 A	0.037	0.111	0.69	77.22	0.69	21.26	2,100
湯村温泉 B	0.051	0.040	0.10	81.79	0.85	17.18	1,800
二日市温泉	0.016 (0.032)	0.072 (0.140)	10.39 (0.00)	86.53 (93.94)	0.00 (0.00)	3.00 (5.89)	(2,900)

分析: 米谷宏, () : 空気補正值

ると報告している。

この温泉は普通深度 1 ~ 2 m でほとんど自噴に近い状態で湧出し、ガスを伴い泉温も 70 ~ 95°C におよぶ高いものである。

泉質については第 3 表のように弱重曹泉と単純泉である。

3.2 七釜温泉

浜坂駅から湯村温泉行きのバスで約 2.5km 南方、七釜温泉口で下車、それより東へ徒歩約 7 分、岸田川の七釜橋を渡り、七釜部落の田んぼの中に昭和 37 年 1 月掘りあてた温泉である。

泉温 46°C、湧出毎分 160 l (実測値でない) 湯元から 100m ほど先の温泉場に湯を引いているため途中でポンプアップし、湯槽に導入し使用している。

兵庫県地質鉱産図 (第 1 図) によれば付近の地質は北但層群で、東方約 1.5km 付近には基盤岩である花崗岩が露出している。よって温泉付近は基盤岩があまり深いものではないだろう。

杉山隆二 (1964) によれば、NWW-SEE の方向で NWW に傾く褶曲軸をもつ背斜構造があり、その背斜が割れて七釜の谷に沿う断層が生じた。そして断層の北側の谷の奥に花崗岩が認められている。おそらく、この背斜構造の中核をなす花崗岩質貫入岩体中に温泉源を有するものだろうと報告している。

3.3 二日市温泉

七釜温泉の裏側の山すそに二日市部落があり、ここの田んぼの中でも昭和 39 年 5 月試掘したところ 45°C の熱泉にあたり、自然湧水で付近に建てられた小屋で部落の人達の用に供されている。本泉には多少ガスの徴候があり、試料を採取した。

3.4 城崎温泉

城崎温泉においては山陰城崎駅の北西約 500m 位まで泉源井が約 40 井ほど東西方向に分布している。

温泉付近の地質は第 7 図に示すように山陰型の黒雲母花崗岩を基盤とし、これを不整合に北但層群が覆って

いる。北東-南西および南北方向の断層の影響により複雑な地質構造をしているが、温泉の湧出もこれら断層の支配を受けている構造的なものであることが考えられる。

この温泉は城崎町において各温泉場へ計画配湯を行っているので、各泉源においておのおのの試料を採取することは困難である。(各泉源においてエヤーリフトで汲みあげ数カ所の配湯槽に集め、これを計画的に配湯している。)

4. 温泉ガスと温泉水について

4.1 温泉ガス

温泉ガス分析結果を第 3 表に示した。

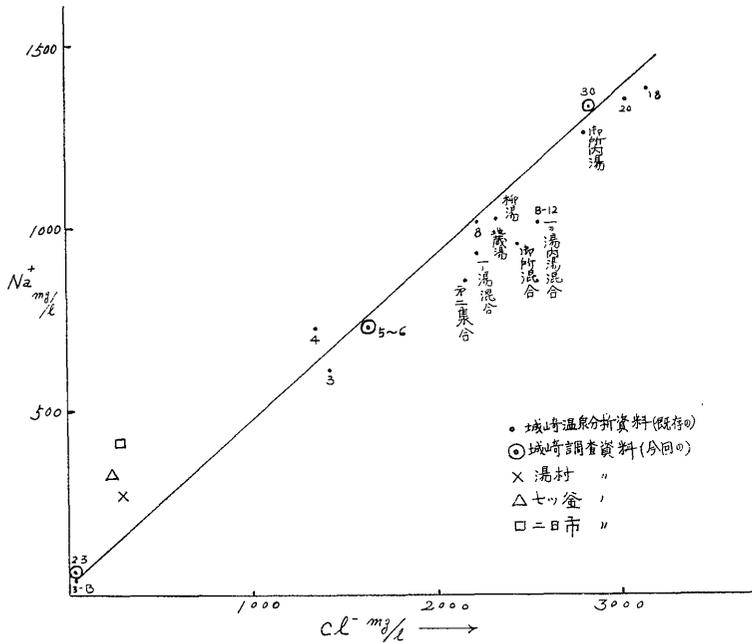
温泉ガス試料は、湯村温泉ガスの 2 試料と二日市温泉ガスの 1 試料が採取できただけであるので、明確な考察をすることは困難である。

この 3 試料は、いずれも窒素系ガスで、ヘリウム 0.032 ~ 0.051 vol. % (空気を補正した値) を含有し、窒素ヘリウム比 (N₂/He) は、湯村温泉ガスが 1,800 と 2,100、二日市温泉ガスが 2,900 と比較的近い値を示している。

比留川貴は、昭和 38 年島根県下の鷲ノ湯、玉造、海潮ノ湯辺の各窒素系の温泉ガスを調査分析した^{注 1)}。この結果によれば、ガス中の N₂/He 比は、1,810 ~ 2,480 であって、この値は、今回の湯村、二日市の各温泉ガスの値とほぼ等しい (第 6 図)。島根県下の前記の各温泉と今回調査した各温泉は、中生代初期から古第三紀ないし中生代末期の深成岩、あるいは半深成岩の侵入岩体の分布するところにあり、N₂/He 比がほぼ等しいことは、このような地質条件の類似していることに基因している可能性が考えられる。

第 5 図に前記の島根県下の温泉ガスと今回調査した温泉ガスの窒素 (vol. %) と N₂/He 比の関係を示した。一例をのぞき N₂/He 比は 2,000 前後に分布している。また窒素 % のすくないガス (炭酸ガス系) もほぼ等しい N₂/He 比を示している。一般に本邦の天然ガスのうち炭酸ガス系ガスのヘリウム含有量は、窒素系ガスのヘリウム含有量より少なく、N₂/He 比も高い傾向であるが、島根地域

注 1) 地質調査所、未発表資料。



第2図 Cl⁻ と Na⁺ の関係

第4表 温泉水分析表

pH	Cl ⁻ (mg/l)	アルカリ度 (HCO ₃ ⁻ として) (計算したmg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	試料名
7.2	148	344	212	0.32	20.5	285	18.4	3.2	湯村温泉 A
7.0	143	386	201	0.32	25.6	291	18.9	4.6	湯村温泉 B
7.0	152	365	198	0.26	21.1	288	17.0	4.7	湯村温泉 C
7.0	105	264	837	0.53	11.5	332	156	23.9	七釜温泉
6.9	129	270	1,755	0.24	9.6	425	440	48.3	二日市温泉
7.8	2,840	103	323	0.32	41.7	1,330	617	8.4	城崎温泉 20号
7.4	65.4	134	12.3	0.26	2.2	50.3	36.7	2.6	城崎温泉 23号
7.0	1,640	108	185	0.38	25.2	735	354	40.8	城崎温泉 5~6号

試料採取：稲井信雄・宮村学
 温泉水分析：比留川貴 (1966. 4)

の炭酸ガス系ガスの N₂/He比が窒素系ガスとほぼ等しい値を示すことは今後の検討を要する問題と思われる。

現在までの天然ガス中のヘリウム調査結果によると、ヘリウムの成因から天然ガス中のヘリウムは、この天然ガスを産出する地域の基盤岩の岩質、深度、地質時代などに密接な関係があることが認められている。

湯村、二日市の温泉ガス中のヘリウムも、N₂/He比の関係から、基盤岩である山陰型花崗岩類から逸出したガスと考えられる。しかし温泉水の項でのべるように Ca²⁺ と SO₄²⁻ の関係から温泉水の成分は火山ガスによって供

給されたと考えられるので、温泉水とともに湧出するガス中のヘリウムの一部は、火山ガスに由来する可能性も十分に考えられる。

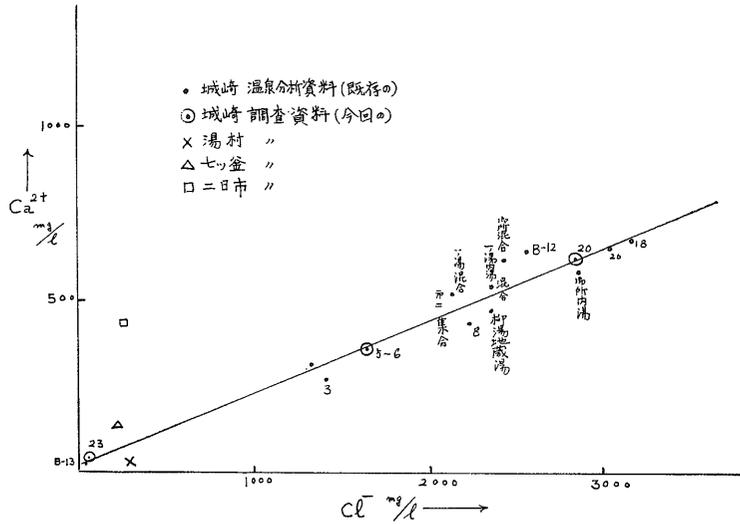
4.2 温泉水

採取した温泉水の分析値を第4表に示した。

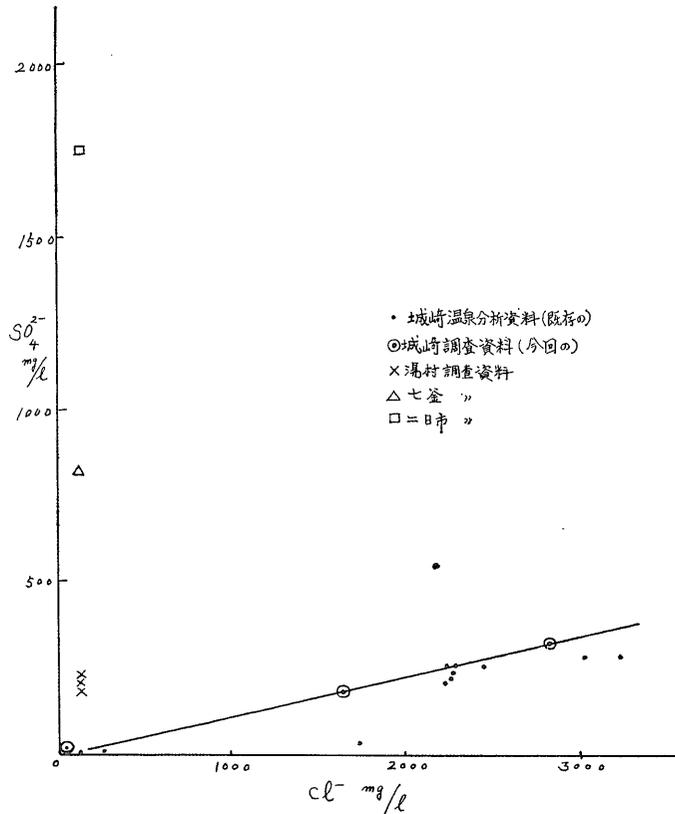
湯村温泉の3試料は、成分組成はほぼ等しく、同じ温泉源のものと思われる。城崎温泉の3試料は成分量に大きな差があるが、Cl⁻ と Na⁺ (第2図)、Cl⁻ と Ca²⁺ (第3図)、Cl⁻ と SO₄²⁻ (第4図)の間には相関関係があり、Cl⁻、Na⁺、Ca²⁺、SO₄²⁻の相互の間に一定の関係が存在す

る。ただ Ca^{2+} と Mg^{2+} の間には相関関係がなく、 Mg^{2+} の行動に不明の点があるが、巨視的には、城崎の各温泉水は同じ温泉源のものが地下水によって希釈されたため

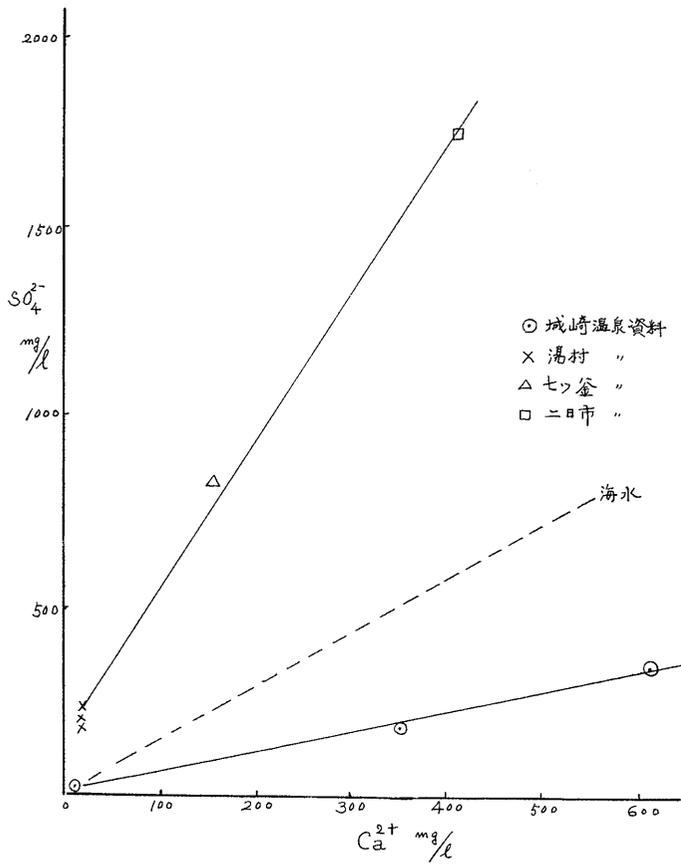
による差異と思われる。湯村、七ツ釜、二日市および城崎の各温泉水の相互の関係は、もっとも端的に Ca^{2+} と SO_4^{2-} の関係(第5図)



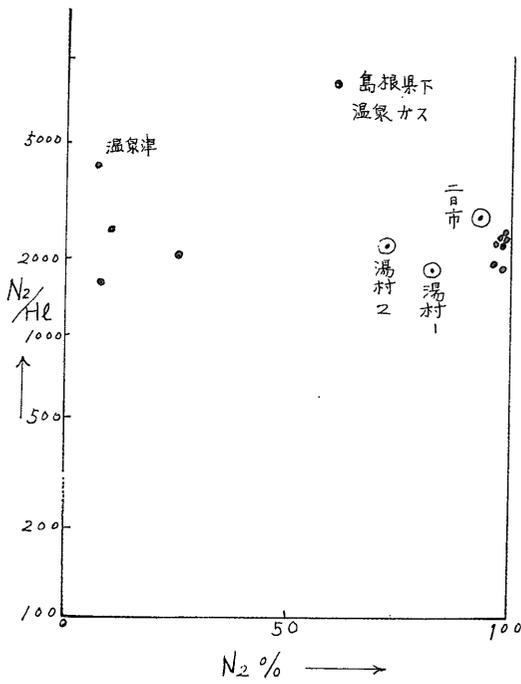
第3図 Cl^- と Ca^{2+} との関係



第4図 Cl^- と SO_4^{2-} との関係



第5図 Ca^{2+} と SO_4^{2-} の関係



第6図 $N_2\%$ と N_2/He 比の関係



第7図 浜坂地区地質図



第8図 城崎地区地質図

によって示すことができる。

第5図から湯村、七ツ釜および二日市の各温泉は Ca^{2+} と SO_4^{2-} の間に相関関係があり、 Ca^{2+} と SO_4^{2-} は、泉温が高く湧出深度の浅い湯村温泉水に少なく、泉温が低く、湧出深度の深い七ツ釜、二日市の各温泉水に多い。このことは一般に考えられる地下水による希釈とは逆の現象で、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} の供給の機構を考察する必要がある。もっとも考え易いことは、火山ガスの SO_2 ガスにより地層中の Ca を溶出したとすることである。城崎の温泉水の Ca^{2+} に対する SO_4^{2-} の割合は、前者の3つの温泉とは異なっており、海水の Ca^{2+} に対する SO_4^{2-} の割合とも異なっている。

5. 結 論

湯村、二日市の温泉ガス中のヘリウム含有量は、それ

ぞれ0.051%、0.032%であって、その大部分のヘリウムは基盤岩である山陰型花崗岩から逸出してきたものと思われる。またヘリウムの一部は温泉水の成分相互の関係から火山ガスに由来することが考えられる。ガス試料の採取ができなかった城崎温泉は、前述のヘリウムの産出機構から、温泉水の泉質が湯村、二日市の各温泉水と異なっているが温泉ガスはほぼ同程度のヘリウムを含有するものと想像される。

各温泉ガスの産量はいずれもきわめて少量で、ガスおよび温泉水の産出状況、地質条件などから調査地域内に大きなガス鉱床の存在を期待することは困難である。

文 献

杉山隆三 (1964) : 山陰の温泉の地質その3, 温泉工学会誌, vol. 2, no. 2