

花崗岩山地でえられた含メタン温泉について

HOT SPRING WITH METHANE GAS IN THE ACTIVE FAULT AREA IN CENTRAL MASSIF, JAPAN

近藤和男*・星野一男**

Kazuo KONDOH and Kazuo HOSHINO

A recent well drilled into the granodiorite porphyry in Nakatsugawa city, central Japan to depth of 850 meters is found to produce large amount of hot water containing methane gas.

The drilling site is geologically characterized by several faults, most of which are considered active during Quarternary such as Atera and Byoobu-yama.

The Atera fault, one of the largest active faults in Japan, extends N or NW to S or SE and is left-lateral strike-slip fault. The Byoobu-yama fault is high-angle-fault trending WSW-ENE makes a conjugate with the Atera fault.

The dissolved natural gas contains 26.55% of methane and 71.42% of nitrogen. It contains helium and carbon dioxide in very small amount. Isotopic analysis showed $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ of -63.5‰. Such geochemical analyses indicate the gas to be biogenic origin, so called the gas-in-dissolved water produced in Quarternary sediments. However, large amount of nitrogen gas suggest that some gas comes up from the deep part.

1. まえがき

日本は世界でも有数な火山国であり、世界の活火山の約10%（計83活火山）が、この狭い日本に分布している。この火山エネルギーの恵みの一部は温泉というかたちで利用され、その風光明媚な景観とともに、身心のリフレッシュに利用されている。われわれ日本人は、古代ローマ人と同様、古来より入浴の習慣があり、温泉の医療的効能を経験的に知り、それを心身の療養・保養に役立ててきた。

日本では近年、若い女性による秘湯・露天風呂めぐりが流行し、温泉地本来の機能や施設が見直され、さらに、1987年11月、竹下内閣成立とともに「ふるさと創生」構想が打ち出され、翌年12月より全国市町村に用途を限定しない一律1億円の交付金が配布されることになり、温泉開発の機運が加速された。

このような状況のなかで、日本の中央山地に位置する中津川市でも、市の南西にそびえる恵那山（標高2190m）の裾野で温泉開発を計画し、山岳リゾートの開発と地域の活性化をはかることとなった。

2. 温泉探査の概要

調査地の地質は、中生代白亜紀のいわゆる濃飛流紋岩類と花崗閃緑斑岩、伊奈川花崗岩、苗木花崗岩など

* 正会員 清水建設建設 土木本部

** 正会員 理博 エンジニアリング振興協会

の後濃飛花崗岩類、新第三紀鮮新世の瀬戸層群および第四紀層などからなっている。一方、本地域は日本有数の活断層分布地域であり、図-1のごとく、阿寺断層で代表されるNW-S E方向と、屏風山断層で代表されるENE-WSW方向の2系統の断層が発達している。これら2系統の活断層は共役な断層とみなされ、阿寺断層は左ズレ断層、屏風山断層は右ズレ断層と見なされている。

このような地質状況のなかで中津川市は、市内で3地区の地質概査を実施し、中でも断層の発達の著しい、「温川地区」を選定し、垂直電気探査等を実施した。地質概査の結果、本地区は中生代白亜紀の花崗閃緑斑岩や伊奈川花崗岩を主体としており調査地の北部は屏風山断層を介して新第三紀鮮新世の瀬戸層群が分布し、屏風山断層は本地区ではほぼ東西走向であり、85°北傾斜の正断層とみなされ、釜沢断層は幅500m位の破碎帯を有しENE-WSW走向であり、80°前後の角度で南傾斜の逆断層とみなされた。なお、垂直電気探査による比抵抗断面図は図-2のごとくであり、V-3測点の深度320~760mは比抵抗値で $\rho=300\ \Omega\text{-m}$ 示し、花崗閃緑斑岩の破碎帯（屏風山断層）とみされ、その下部の $\rho=480\ \Omega\text{-m}$ は、亀裂のおおい花崗閃緑斑岩と評価された。総合的にV-3測点付近が温泉開発の最適地点され、掘削深度は安全をみて1300mの計画とした。

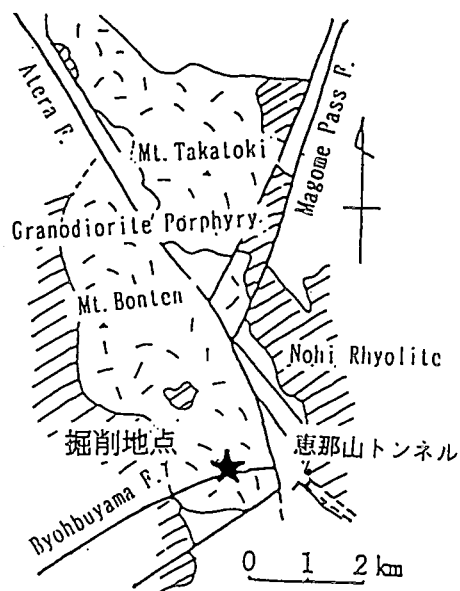


図-1 Displacement in Granodiorite Porphyry by Atera fault between Mt. Bonten and Mt. Takatori rock masses (Yamada, 1978)

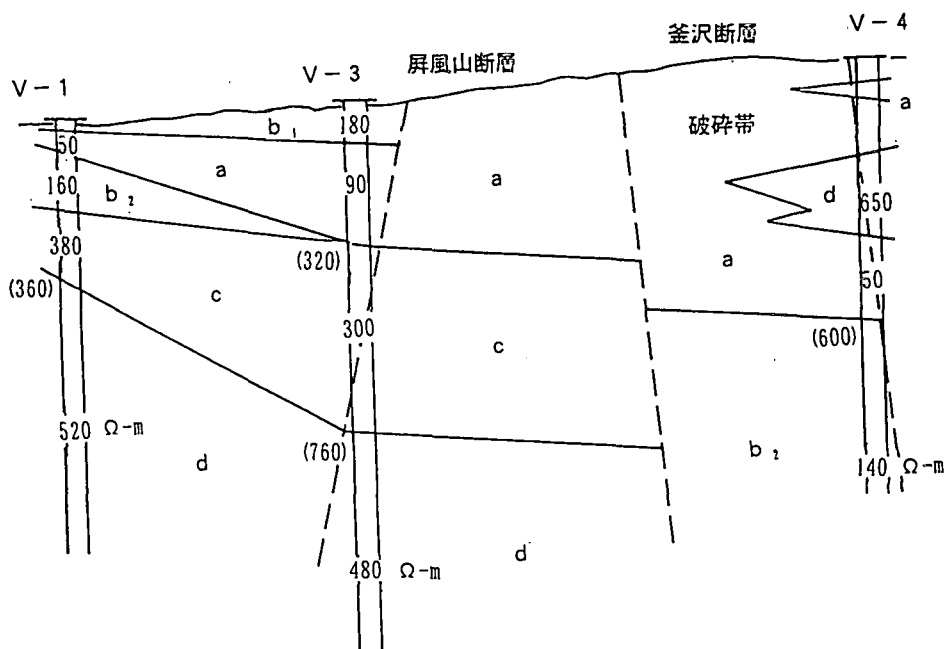


図-2 温川地区 比抵抗断面図

3. 温泉掘削の概要

温泉井の地質柱状図と温度・電気検層図および坑井仕上図を図-3に示すが、掘削は難渋をきわめた。すなわち、深度 80~260 m の瀬戸層群の土岐砂礫層は、巨大花崗岩の転石混じり砂礫層であり、孔壁崩壊、孔内液、セメンチングの繰り返しであった。深度 260 m 以深は暗緑灰色の花崗閃緑斑岩であったが、深度 545~645 m の 100 m 区間は特に湧水が著しく最大 1700 ㍈/分に達し、断層の主脈であった。湧水をおさえるため高比重の濃泥水を何回もスポットしたが、いずれも湧水と共に噴出し、湧水は最後まで止まらなかった。深度 820 m 以深は新鮮岩となったので、深度約 857 m で掘止めとした。温度検層図にもあるように、深度 675 m および 800 m は湧水が顕著であり、特に深度 675 m 付近は岩盤状況も悪く、坑壁崩壊を伴っていた。掘止め時点の坑口自噴量は 200 ㍈/分、湯温 27℃ であり、すでに立派な温泉であった。

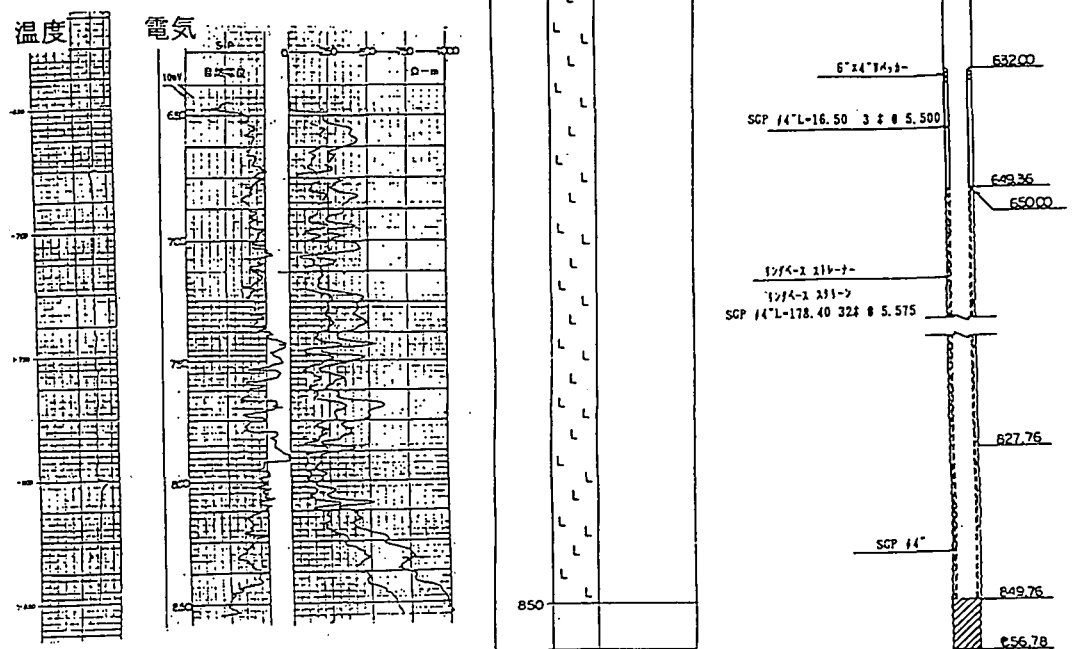


図-3 温度・電気検層図、地質柱状図、および坑井仕上図

4. 揚湯試験と温泉・ガス成分について

揚湯試験は、試験用水中モーターポンプ(川本製、15KW)を深度66mに設置し実施した。段階揚湯試験結果を図-4に示すが第1～第3段階の比湧出量はほぼ一定しているが、第4段階以降の比湧出量は低下し異なっている。したがって、限界揚湯量は第3段階と第4段階の間にあることが推定され、ここでは図-4より限界揚湯量 $Q=600 \text{ t/日}$ (400 t/分)と推定された。このときの最高水温は 32.3°C をしめし、動水位は深度55mであった。

なお、揚湯試験時、かなりのガスを伴っていたので、念のため火をつけたら青白い炎をたてて燃えたので、温泉の水質分析とともにガスの成分と同位体分析を石油研究の専門機関に依頼した。泉質は表-1にしめすように、弱アルカリ性の含弱放射能・ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物温泉であった。

温泉ガスの分析表を表-2にしめすが、ガスの主成分としては窒素71.42%、メタン26.55%であり、少量の酸素、二酸化炭素およびヘリウムを含有していた。炭化水素組成では、メタンが100%でエタン等 C_2 以上を含まないことから、炭化水素系ガス(可燃性ガス)は水溶性ガスである可能性が強い。

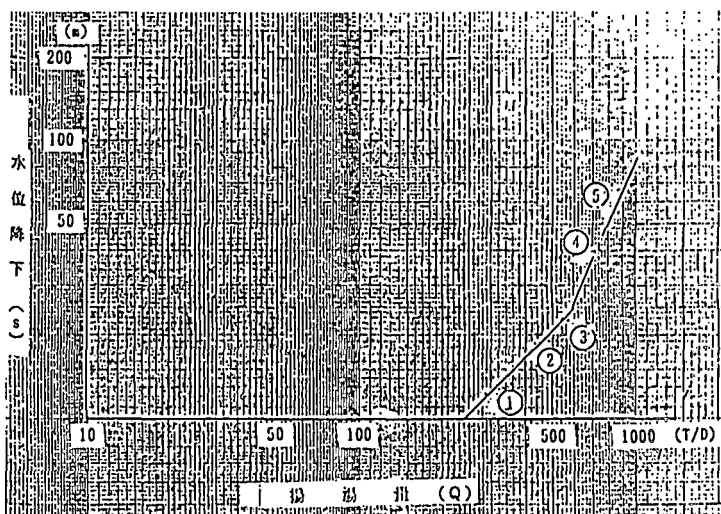


図-4 段階揚湯試験 (s-Q関係図)

表-1 温泉成分分析表

試料1kg中の成分、組成

陽イオン成分	mg	陰イオン成分	mg
ナトリウムイオン (Na^+)	769.0	フッ素イオン (F^-)	34.2
カリウムイオン (K^+)	10.6	塩素イオン (Cl^-)	197.5
マグネシウムイオン (Mg^{2+})	0.2	硫酸イオン (SO_4^{2-})	0.4
カルシウムイオン (Ca^{2+})	2.4	炭酸水素イオン (HCO_3^-)	1466.8
鉄(II)イオン (Fe^{2+})	0.6	炭酸イオン (HCO_3^-)	45.0
陽イオンの総計①	782.8	陰イオンの総計②	1743.4
非解離成分	mg	溶存ガス成分	mg
メタけい酸 (H_2SiO_3)	26.3	遊離二酸化炭素 (CO_2)	13.5
メタほう酸 (HBO_2)	13.1		
非解離成分の総計③	39.4	溶存ガス成分の総計④	13.5

pH値 8.21
ラドン(Rn)含有量 58.7×10^{-10} キュリー/kg

成分総量 ①+②+③+④ 2,693 g/kg

表-2 温泉ガス組成

成分	分析値 (vol.%)	炭化水素組成 (vol.%)
H ₂	0.00	
He	0.06	
O ₂	1.01	
N ₂	71.42	
CH ₄	26.55	100.00
C ₂ H ₆	0.00	0.00
C ₃ H ₈	0.00	0.00
i-C ₄ H ₁₀	0.00	0.00
n-C ₄ H ₁₀	0.00	0.00
i-C ₅ H ₁₀	0.00	0.00
n-C ₅ H ₁₀	0.00	0.00
C ₆ +	0.00	0.00
CO ₂	0.96	

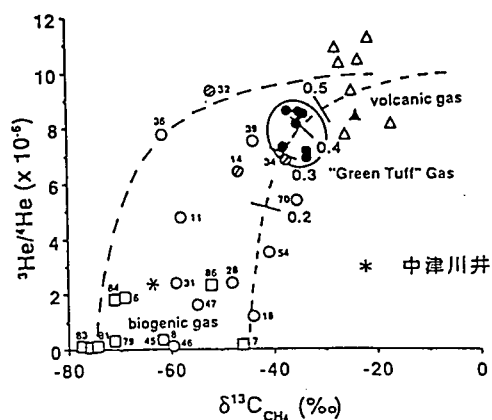


図-5 炭素-ヘリウム図

それぞれの専門機関による炭素同位体およびヘリウム同位体の分析結果は以下のとおりであった。

$\delta^{13}\text{CH}_4$: -63.5‰

$^3\text{He}/^4\text{He}$: 2.22×10^{-6}

$\delta^{13}\text{CO}_2$: -13.1‰

$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$: 354

一般に深層地球ガス、油田ガス、および水溶性ガスの $\delta^{13}\text{CH}_4$ はそれぞれ -20‰以上、-25～-50‰、および -60‰以下の範囲とかがえられており、この結果によればメタンは水溶性ガス起源の可能性が高い。また、上の数値を脇田教授による炭素-ヘリウム図にプロットしても biogenic gas (ほぼ水溶性ガスに相当) 領域に入る (図-5)。

5. 結 言

以上のように、総ての分析値はこの天然ガスが水溶性ガスから由来した可能性が高いことを示している。しかし、通常の水溶性ガスには窒素成分は極めて少ないにもかかわらず、ここに大量の窒素が含まれている原因は不明である。また、水溶性ガスは通常地質時代の極めて新しい、浅い堆積層に賦存するものであるにもかかわらず、本ボーリング温泉湧出層周辺にはそのような堆積層は見当たらない。

従って、本中津川井の天然ガスの起源を明らかにするためには、付近の地質状況の調査等を通じて、これらの点についてなほ検討することが必要であるが、一応の結論としては、メタンはある程度離れた場所から地中を移動してきたものと考えられる。また大量の窒素ガスの存在はその途中で別種の天然ガス (深層ガスの可能性がある) の混入があった事を窺わせる。

6. 参考文献

- 1) Gold, T: 地球深層ガス Power from the Earth (脇田 宏訳), 日経サイエンス社, 1987
- 2) 星野一男: 深層地球天然ガス-研究と探査の現況-, Petrotech, 14-3, pp231~234, 1991
- 3) 星野一男: 深層ガス研究の現状と展望, 日本エネルギー学会誌, 72-6, pp418~424, 1993