

宮城県鳴子温泉地域の天然ガス

本島 公司\* 米谷 宏\* 比留川 貴\*

Natural Gas Accumulation near Narugo Hotspring,  
Miyagi Prefecture

By

Koji Motojima, Hiroshi Yonetani & Takashi Hirukawa

Abstract

The natural gas accumulation near Narugo hotspring is well explained genetically as the result of relationships between two factors; one is natural gas reservoirs of dissolved-in-water type in the Narugo-Nakayamadaira lake deposits of Plio-Pleistocene in age, the other is primary composition of hotsprings such as  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  and He.

The content of Helium gas in the natural gases collected at the casing head of wells is very low (up to 0.001%).

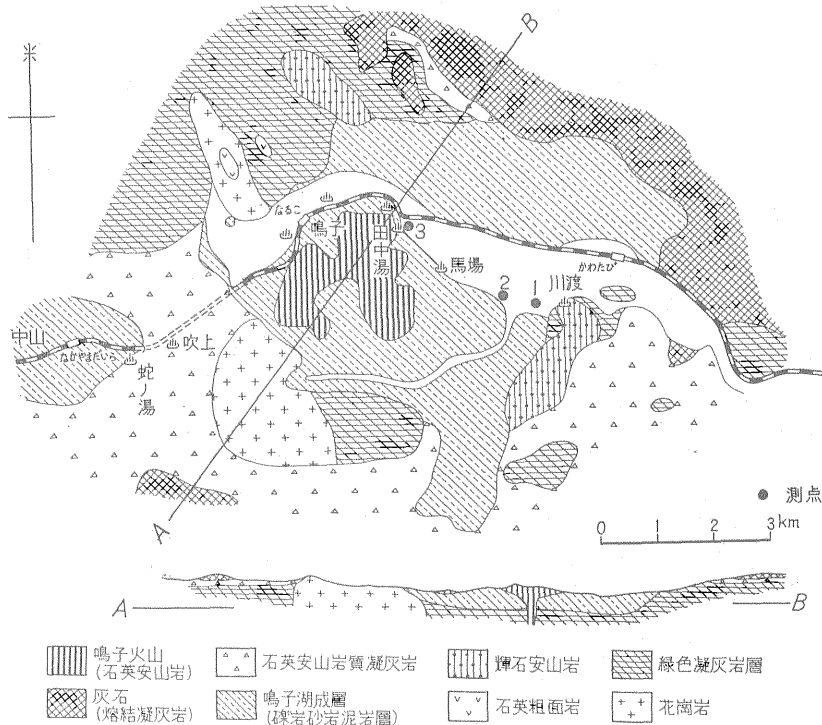
要 旨

鳴子温泉付近のガス鉱床は成因的には、①鮮新—洪積世の鳴子・中山平湖成層中にあるメタン系水溶性天然ガス層に対する②火成活動による温度・ $\text{Cl}^-$ ・ $\text{CO}_2$ ・ $\text{N}_2$ ・Heなどの影響、として説明できる。坑口遊離ガス中のHeは最高0.001%程度できわめて少なく、 $\text{He}/\text{N}_2$ も小さい。

また温泉との関係から、メタンガス鉱床としての価値も低いと判断される。

1. 緒 言

メタン系の天然ガス鉱床が温泉活動と接して存在する場合、北陸地方や上諏訪などにその例をみるように応々にしてガス成分中に多量のヘリウムが存在することがあ



第1図 鳴子・中山平湖温泉周辺地質図 (中村久由, 1962による)

\* 技術部

る<sup>4)</sup>。鳴子温泉のガス中には、著量の  $\text{CH}_4$  があることが、中村と前田<sup>1)</sup>(1959) によって公表されたので、著者らはこの地域と上諏訪地域<sup>3)</sup> との類似性などを念頭において、若干の試料を入手してとくに不活性ガスの面から分析結果の検討を試みた。

現地における試料採取は本島によって昭和37年2月行なわれ、地下水の分析は比留川が、ガスの分析はガスクロマトグラフによって米谷が行なった。

## 2. 地 質

鳴子付近の地質は、中村<sup>2)</sup> (1962) によれば第1図のようである。この図のほぼ中央を荒雄川<sup>あらお</sup>が東流する。鳴子駅付近の標高はおよそ160m、川渡<sup>かわたぎ</sup>付近のそれはおよそ130mである。中村は構成地質を、古いほうから基盤岩層、鳴子・中山平湖成層、石英安山岩質凝灰岩、鳴子火山の4つに大別している。

基盤は第三紀緑色凝灰岩・花崗岩・火山岩類からなるが、このうち凝灰岩層は凝灰岩・角礫凝灰岩を主とし、黑色泥岩・砂岩も挟む。黑色泥岩はエタン・プロパンなど重炭化水素ガスの存在を考察する場合に重視される。また花崗岩は第三紀のものらしく、Heを生成するUやThを多く含む点でその分布が注目されるが、鳴子町の西方に露出し、東部の田中湯～川渡地区ではその存在が不明である。

湖成層は層理の明らかな泥岩と礫岩からなり、水溶性のメタン系天然ガスをその中に含む。

地域全般の水理地質的条件はよくわからない。

## 3. 既存資料の説明

中村・前田<sup>1)</sup>(1959)による天然ガス組成と、それに伴う温泉水の組成を第1表に示す。すなわちガス質は地域によって大差があり、田中温泉では  $\text{CO}_2$  がきわめて多く、川渡では  $\text{CH}_4 > \text{CO}_2 > \text{N}_2$  であるが、中山平では  $\text{CH}_4 > \text{N}_2 > \text{CO}_2$  である。一方馬場温泉は  $\text{CH}_4 = \text{N}_2 > \text{CO}_2$  になっている。この資料にはガス水比の記載がないので、量と対応させた質的考察はできない。

一方水質をみると、高温帯に  $\text{Cl}^-$  が多く、 $\text{Cl}^-$  量は  $\text{Br}^-$  量および  $\text{HBO}_2$  量と正相関するし、 $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$  は  $(0.08 \sim 0.12) \times 10^2$  で小さく、これら三成分は温泉の初生的成分と考えられている。そして、この地域の流体のあり方を成因的にみると、初生的な温泉水 ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  を含む) と、湖成層中のガス水 ( $\text{CH}_4, \text{CO}_2, \text{HCO}_3^-$ ) に加えて、湯沼からの酸性地下水 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) によって成分的特徴が付加されたと理解されている。

第1表 鳴子・川渡・中山平温泉の分析表

	田中温泉, 高友旅館	馬場温泉	川渡温泉, 高橋金	中山平温泉, 仙庄館
坑井深度 (m)	120~400	320	不明	110
水 温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	48~80	43	30	72.5
温泉水の				
pH	6.5~8.0	6.9	7.0	8.1
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	23~268	45.9	19.4	8.3
$\text{SO}_4^{2-}$ (‰)	7.4~61.7	3.3	1.0	16.5
$\text{HCO}_3^-$ (‰)	559~1770	1020	976	118
$\text{CO}_2^{2-}$ (‰)	0.0	0.0	0.0	14.4
free $\text{CO}_2$ (‰)	44~114	37.4	48.4	0.0
$\text{Na}^+$ (‰)	250~680	297	nd	nd
$\text{K}^+$ (‰)	15~30	12.9	nd	nd
$\text{Al}^{3+}$ (‰)	0.9~3.0	2.4	1.4	1.5
$\text{Fe}^{2+}$ (‰)	0.2~1.7	0.3	0.3	0.1
$\text{Ca}^{2+}$ (‰)	18.0~46.1	23.1	77.2	1.5
$\text{Mg}^{2+}$ (‰)	2.0~14.6	12.4	33.2	0.2
$\text{H}_2\text{S}$ (‰)	3.2~18.4	nd	0.0	nd
$\text{HBO}_2$ (‰)	9.7	17.0	17.1	nd
$\text{H}_2\text{SiO}_3$ (‰)	222~333	170	117	278
$\text{Br}^-$ (‰)	0.35	nd	nd	nd
$\text{I}^-$ (‰)	tr	nd	nd	nd
$\text{Br}^-/\text{Cl}^- \times 10^2$	0.13	nd	nd	nd
温泉ガスの				
$\text{CO}_2$ (%)	77.2	22.2	12.6	1.3
$\text{O}_2$ (‰)	0.2	0.2	0.1	0.2
$\text{CH}_4$ (‰)	13.5	42.8	82.8	72.8
残 (‰)	9.1*	34.8*	4.5	25.7

(中村久由・前田憲二郎, 1959による)

\* 著者ら注

中村・前田から1964年7月にこのように、訂正するように連絡をうけた。残ガスはおもに  $\text{N}_2$ 。

## 4. 天然ガス鉱床の立場からの検討

### 4.1 ガスの産状

天然ガスは温泉水にも、地下水にも伴う。第1図の測点番号に対応した調査資料が第2表に示される。川渡 (Loc. No. 1) では、自噴水量 70k/l/日に対して、ガス量は  $0.05\text{m}^3/\text{日}$  ほどで、きわめてガス量が少ない。大口 (Loc. No. 2) では、水温の低い地下水とともにガスが湧出するが、坑口ガス水比は割合に大きく (約 0.3) ほぼ深度対応の飽和計算ガス水比に近い値を示している。一方、田中温泉 (Loc. No. 3) では、ガス量は約  $5\text{m}^3/\text{日}$  が多いが、水量の正確な値はわからない。しかし、水量を  $100\text{k}/\text{日}$  と仮定しても、水温が高いのでガス水比は飽和値に対して相当に大きな値を示す。

以上のガスの産状は、地下における流体のあり方を推測するのに、きわめて重要な資料である。

### 4.2 天然ガスの質

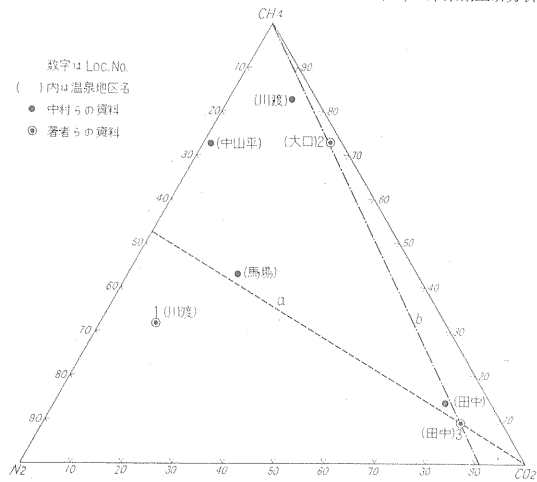
中村ら (1959) による分析値は第1表に、この度の試

料に対するガスクロマトグラフによる分析値は第2表に示される。まず、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>の主要3成分を基にして三角座標上へその坑口ガスの組成を記入して、第2図を得る。

第2表 調査表

場 所	Loc. No. 1 川渡, 高東 旅館 (東五 郎湯)	Loc. No. 2 大口, 遊佐 鉄工所	Loc. No. 3 田中, 高友 旅館
坑井深度 (m)		200	400
水 温 (°C)	57.0	25.0	67.5
水位(地表面基準)	±0	±0	±0
ガ ス 量 (m <sup>3</sup> /日)	0.05	3	5
水 量 (kl/日)	70	10	
水の外観	淡黄褐色	淡黄褐色, 白濁	淡褐色黄色
水 質: pH	(7.3)	6.8	
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	(21.0)	40.9	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (〃)	(309)	1,370	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (〃)	(125)	2	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (〃)		6.67	
Ca <sup>2+</sup> (〃)	(48)	110	
Mg <sup>2+</sup> (〃)	(8.2)	43.5	
KMnO <sub>4</sub> cons. (〃)		70.7	
ガ ス 質			
He (Vol.%)	0.000	0.000	0.001
H <sub>2</sub> (〃)	0.002	0.000	0.002
O <sub>2</sub> (〃)	0.98	0.03	0.04
Ar (〃)	測定せず	0.06	0.08
N <sub>2</sub> (〃)	56.32	1.92	7.60
CH <sub>4</sub> (〃)	31.40	72.99	9.25
CO <sub>2</sub> (〃)	11.03	25.00	82.66
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (〃)	tr	tr	0.37
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (〃)	0.00	0.00	tr
N <sub>2</sub> /Ar (〃)	測定せず	32	95

(1962年2月現地調査)  
( ) 印県衛生研分析



第2図 遊離ガスの組成図

ガスの主成分の組成上の特徴としては、次の諸点をあげることができる。

(1) 田中温泉ではCO<sub>2</sub>がおよそ70~85%に達してきわめて多い。しかもそのガスのCH<sub>4</sub>:N<sub>2</sub>はおよそ50:50である(第2図のa線を参照)。またCO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>はおよそ90:10である(第2図のb線を参照)。

(2) 大口(Loc. No. 2)と川渡(水温30°C)のガスは、第三紀末ないし第四紀の地層中にある高ポテンシャルの水溶性ガスの普通の組成と同じである。

(3) 川渡(Loc. No. 1, 水温57°C)のガス質はN<sub>2</sub>が多くてCH<sub>4</sub>が少なく、ガス水比の小さいことと考えあわせて、水溶性ガスのガス質とほぼ一致している。ただ、統計的にやや細かくみれば、CH<sub>4</sub>:N<sub>2</sub>に較べて、CO<sub>2</sub>がわずかに多い感じもする。

(4) 馬場温泉では、水溶性ガスを基準にすれば、CH<sub>4</sub>:N<sub>2</sub>に較べて明らかに、ほぼ10%CO<sub>2</sub>が多い。

(5) 中山平のガスは産状を実際に著者らが見ていないので確実にはいえないが、感じとしては水溶性天然ガスのややポテンシャルの低いガス質に似ている。

次に天然ガスの微量成分面の特徴としては次の諸点をあげることができる。

(1) Heは田中温泉にわずかに存在する(0.001%)。

(2) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>は3測点いずれにも存在し、田中温泉では0.37%に達する。C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の一部は第三紀緑色凝灰岩層中に挟在する黒色泥岩に由来する可能性もあるが、著者らはその泥岩を実地に見ていないので断定はできない。

(3) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>は田中温泉に痕跡程度存在する。

(4) H<sub>2</sub>は水温の低い大口(Loc.No. 2)を除き、0.002%存在する。

(5) N<sub>2</sub>/Arは大口(Loc. No. 2)では32でほぼ大気平衡地下水の値<sup>6)</sup>に近いが、田中温泉(Loc. No.3)では95となり、明らかにN<sub>2</sub>増加が起っていることがわかる。

### 4.3 地下水と温泉水の質

水の外観はおおむね淡黄褐色である。第2表のKMnO<sub>4</sub>消費量70mg/lや、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 6.7mg/lから考えると、この着色は水溶性有機物によると思われる。そして産状からもこの地下水はメタンガスと成因的に密接に関連すると推定される。水温の高い田中温泉(Loc. No.3)ではCl<sup>-</sup>が最も多い。これに対して、メタンガスの多い大口(Loc. No. 2)などではCa<sup>2+</sup>が多く、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の少ない特徴がある。

地域全体にHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が多いのは、ガス中にCO<sub>2</sub>の多いことからして当然である。

### 4.4 ガスの賦存状況

測定した坑井の地質と仕上げ状況の詳細がわからないので、ガスの地下における賦存状況は確実には把握でき

ない。坑口における観察によれば、大口 (Loc. No. 2) ~ 川渡 (Loc. No. 1) 付近では、地下浅部 (200m 以浅) に  $\text{CH}_4$  系のガスをもつ水溶性のガス層があり、それ以深では、温泉の影響が強くあらわれているように見受けられる。本邦の湖成層にある大部分の水溶性ガス鉱床は、地表下 50~250m (上諏訪では特に深くて 250m に達している) 間に良好なガス層をもっているため、鳴子付近でもこの深度範囲内に  $\text{CH}_4$  系のガスが多いと考えてよさそうに思える。そしてこのような条件下でガスが存在するならば、少数の測点による観測によって、比較的広い地域にわたるガスおよび地下水の状況を推定することが可能と思われる。

## 5. 論 議

この地域の天然ガス鉱床の性質を主として成因的立場から述べる。

(1) 川渡付近の Loc. No. 1 (第2表) は、ガス産量がきわめて少なく、ガス水比も小さい。したがってこのガス組成中の  $\text{N}_2$  は、 $\text{CH}_4$  系天然ガス鉱床中で生成されたものとしても説明できる。ただ、 $\text{CH}_4:\text{N}_2$  から考えると、わずかに  $\text{CO}_2$  が火成活動で供給されたおそれはある。 $\text{Cl}^-$  はこのようにして供給された形跡は無く、 $\text{N}_2$  が多いにかかわらず  $\text{He}=0.000\%$  の数値であることもよく了解できる。

(2) 川渡付近の他の例 (第1表の高橋金) は、 $\text{CH}_4$  系のガスを産し、 $\text{CO}_2$  の火成活動からの影響はない。水中に  $\text{Cl}^-$  が少なく、 $\text{Ca}^{2+}$  が多く、後述の大口 (Loc. No. 2) と同じ性格である。地球化学的には、(Loc. No. 1) のガス層は、このガス層の下位にくると思われる。

(3) 馬場温泉 (第1表) の  $43^\circ\text{C}$  の温泉水を産する測点は、田中温泉 (Loc. No. 3) と同系統の傾向を示すと思われる。すなわち、 $\text{CH}_4$  ガスの層に対して、火成源の  $\text{CO}_2$  の供給が若干目立ち、 $\text{CH}_4$  系ガスを含んでいる湖成層の化石水的地層水に対して  $\text{Cl}^-$  の供給もあったと推定される。後述 (Loc. No. 3) のように、田中温泉では火成活動によって  $\text{CO}_2$  とともに  $\text{N}_2$  も若干供給されているようであるから、馬場温泉でも  $\text{N}_2$  の供給が少しはあったと考えるべきであるが、第2図上では  $\text{CO}_2$  増加に較べて  $\text{N}_2$  増加は判然としない。

(4) 大口 (Loc. No. 2) のガス井では、典型的な湖沼成の水溶性ガス鉱床の性格が読みとれる。ガス水比から考えても、この地区は高ポテンシャルであって、鳴子地域の  $\text{CH}_4$  系水溶性ガス層の基本型としてこの資料が利用できよう。その特徴は、水に  $\text{Ca}^{2+}$  が多く、 $\text{Cl}^-$  は少なく、ガスには  $\text{CO}_2$  が多いが、これは高ポテンシャルの水溶性ガスとして理解できる。この層へは火成活動がおよばないので、 $\text{He}=0.000\%$  であるが、そのことは  $\text{N}_2/$

$\text{Ar}=32$  という数値からも予期されるところである。

(5) 田中温泉 (第2表の Loc. No. 3 および第1表) では、火成活動による  $\text{CO}_2, \text{Cl}^-$  の供給が明らかである。 $\text{N}_2/\text{Ar}$  が 95 であるので、 $\text{N}_2$  の供給も考えられ、 $\text{He}=0.001\%$  の数値もこのことから理解される。有機物の熱分解などによって、 $\text{C}_2\text{H}_6$  や  $\text{H}_2$  もできる可能性が大きい。火成活動で供給される源ガスの質は、第2図から推定すると (a線参照)  $\text{CO}_2=90\%$ 、 $\text{N}_2=10\%$  と考えられる。ただし、 $\text{N}_2$  は有機物の分解でもできるし、 $\text{CO}_2$  は地下における化学反応で減少することも考えられるので、火成源ガスが  $\text{N}_2>10\%$ 、 $\text{CO}_2<90\%$  になることは考えにくい。供給される火成源ガスに  $\text{N}_2$  が少ないので、 $\text{He}$  もまた相対的に少ないものと思われる。

以上に述べたところを総括すると、当地域では、主として鳴子・中山平湖成層中にある水溶性の  $\text{CH}_4$  系天然ガス鉱床に対して、火成活動による  $\text{CO}_2, \text{Cl}^-$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{He}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$  などの供給があるものと解釈される。

$\text{He}$  は、田中温泉で  $\text{N}_2=7.6\%$  に対して、 $0.001\%$  にすぎないので、水溶性ガス層の影響の少ない所、すなわちより深い所、あるいは花崗岩に近い西の方 (鳴子駅方面) で、検討する必要がある。

メタン系のガス層の広がりを判定するには、資料が不足であり、鉱床の規模も不明であるが、温泉とガス層間には密接な関係があるので、ガスだけを単独に採取するには大きな問題がある。

## 6. 結 言

鳴子付近の温泉の地球化学的一面を、天然ガス鉱床の立場から論議した。天然ガス中の  $\text{He}$  含有量はきわめて少ないが、このたびの概査によって地球化学および鉱床学の点からは多くの興味ある面が明らかになって、今後の  $\text{He}$  資源の調査・研究に役立つところが多い。

(昭和39年7月稿)

## 文 献

- 1) 中村久由・前田憲二郎：宮城県鳴子・川渡・中山平湖温泉について、地質調査所月報, Vol. 10, No. 3, 1959
- 2) 中村久由：本邦諸温泉の地質学的研究, 地質調査所報告, No. 192, 1962
- 3) 本島公司・品川芳二郎・牧 真一：諏訪湖天然ガス鉱床調査報告, 地質調査所月報, Vol. 4, No. 9, 1953
- 4) 本島公司：ヘリウム資源について, 地質ニュース, No. 86, 1961
- 5) 金原均二他2名：天然ガス, 朝倉書店, 東京, 1958
- 6) 米谷 宏：本邦水溶性天然ガスの微量成分, 地質調査所月報, Vol. 14, No. 11, 1963