

## 宮城県鳴子・川渡・中山平温泉について

中村 久由\* 前田 憲二郎\*\*

Geology and Thermal Water of Narugo, Kawatabi and Nakayamadaira  
Geothermal Areas, Miyagi Prefecture

by

Hisayoshi Nakamura &amp; Kenjiro Maeda

## Abstract

These areas consist of Tertiary green tuff and granite covered by lake deposits and dacite of Narugo volcano. The hot springs are distributed along the Eai river, and occur from the lake deposits composed of alternating beds of sandstone and conglomerate. Temperatures of thermal waters in Narugo and Nakayamadaira areas are so high that hotwater and natural steam emitted from bore holes were used for experimentally electric power.

The hot springs are characterized by high contents of  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  in Narugo, and  $\text{HCO}_3^-$  in Kawatabi and Nakayamadaira. Assumed from the evidences that some springs of the former area low in temperature are acid-sulphate type and gas constituents of the latter areas are  $\text{CH}_4$  and  $\text{CO}_2$ , it is probable that the hot springs in these areas are affected by two sorts of underground water: one is acid-sulphate water flowing into these areas from Katanuma, which is situated on Narugo volcano and characterized by high acidity, the other is so-called natural gas water produced from the lake deposits. Though  $\text{Cl}^-$  and  $\text{H}_2\text{S}$  are regarded as the primary compositions of hot springs, the content of  $\text{H}_2\text{S}$  seems to be affected by agent of  $\text{CH}_4$  in natural gas water.

## 要 旨

江合川に沿って分布する、中山平・鳴子・川渡温泉は、鳴子湖成層から湧出し、温泉水は湖成層中のガス水、鳴子火山潟沼から流下する酸性の地下水の影響を強く受ける。これらの地下水に供給された初生的な温泉成分は、 $\text{Cl}^-$  で代表される。 $\text{H}_2\text{S}$  の分布は、きわめて不自然であり、かつ中山平・川渡温泉では  $\text{HCO}_3^-$  含量との間に相関関係がみられることから判断して、この  $\text{H}_2\text{S}$  は、ガス水中のメタンガス ( $\text{CH}_4$ ) のため追出され、地域的に含量の濃淡を示すものと思われる。

## 1. ま え が き

宮城県鳴子・中山平温泉は、数多い東北地方の温泉のなかでも著名な温泉地帯の1つである。古くから間歇泉の存在で有名であるが、とくに終戦後、別府と並んで初めて地熱利用の実験が行なわれた場所として、話題を賑わした所である。

筆者らは秋田県秋の宮・皆瀬温泉群の調査をかきりに、引続き宮城県鬼首環状地内の地熱開発基礎調査を終わつたが、今回さらに、鬼首の南側に連なる鳴子・中山平

温泉地帯を取上げ、温泉地質に関連ある諸問題のなかから、とくに地熱地帯としての性格について検討を加えた。

本文を述べるに先立ち、調査のため多くの便宜を与えられた鳴子町役場および地元温泉関係の方々に、深甚の謝意を表する次第である。

## 2. 鳴子・中山平温泉周辺の地質

この地域の地質については、志賀義雄<sup>9)</sup>、上田潤一<sup>10)</sup>、渡瀬正三郎<sup>12)</sup>、加藤磐雄<sup>9)</sup>、今井秀喜<sup>2)</sup>、北村信<sup>9)</sup>、勝井義雄<sup>9)</sup> 等による研究報告が発表されている。このうち、今井秀喜による地質資料は、比較的古くからしばしば引用され、この地域における系統的な層序を示すものとされている。

筆者はこの北側に隣接する鬼首盆地の地質調査<sup>註)</sup>を行ない、鬼首環状地と鳴子盆地とが、堆積湖盆としてきわめて密接な関係にあり、とくに鬼首湖成層中の上芦泥炭岩礫岩層が、鳴子湖成層の礫岩層ときわめて類似の岩相を示し、かつこの上位を占める石英安山岩質凝灰岩が、鳴子附近にも広く分布する事実により、鳴子盆地の湖成層もまた、新期の堆積層とみられる可能性があることを指

註) 地熱グループ：宮城県鬼首環状地内における天然蒸気と地質構造との関係について、近刊

\* 地質部

\*\* 技術部

摘した。したがって、鳴子火山を挟み、その北と南に広く分布する石英安山岩質凝灰岩と湖成層との関係は、上記の問題のみならず、構造的な諸問題を検討するうえに、1つの焦点となりうるはずである。このような観点にたつて、これまでの調査結果を要約すると、両者の関係は、これまでいわれているように、

(1) 石英安山岩質凝灰岩は、鮮新—洪積期<sup>1)2)</sup>のものであり、これに対して、

(2) 鳴子・中山平の湖成層は中新統<sup>3)</sup>という取扱い方に加えて、

(3) 両者とも鮮新—洪積統か、あるいは両者とも中新統という場合についても、検討を要する問題が生じた。もちろん、細部については、まだ充分確認されていないので、今後の調査にまつところ少なしとしないが、こゝでは鬼首湖成層との関連のうえから、一応両者を鮮新—洪積統とみなしておくことにする。

### 2.1 層序

鳴子・中山平周辺の地層および層序を示すと第1図の通りであつて、構成地質は基盤岩層と鳴子・中山平湖成層、石英安山岩質凝灰岩および鳴子火山とに大別される。

#### 基盤岩層

おもに第三紀の緑色凝灰岩からなる地層で、凝灰岩・角礫凝灰岩を主とし、黒色泥岩・泥質砂岩を挟み、石英粗面岩岩脈、安山岩岩脈の貫入を受ける。鬼首—鳴子間の江合川河底に広く露出し、その走向・傾斜をみると、ほ

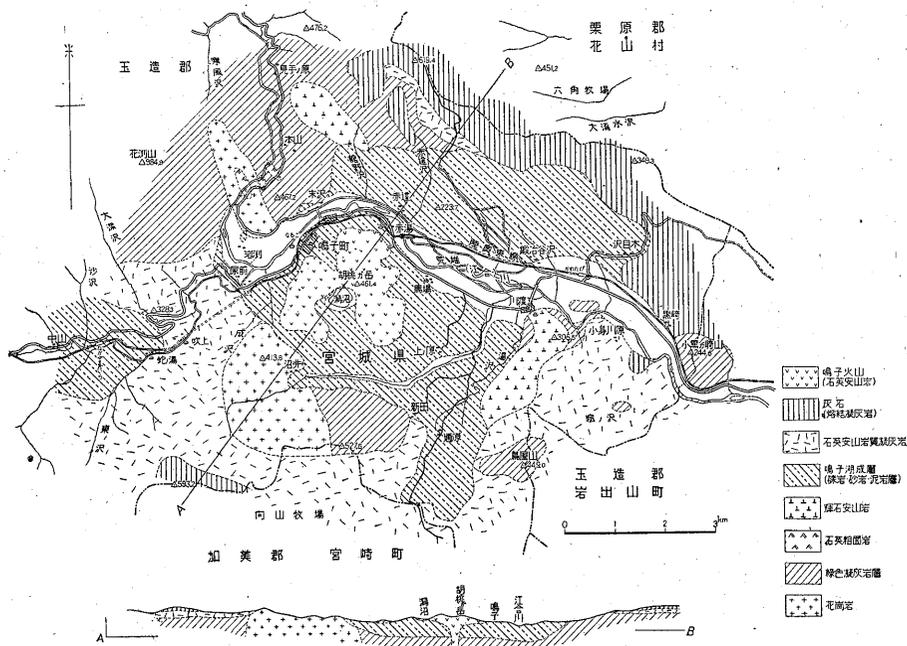
ぼ東西方向に走る数本の褶曲軸があり、大きくみて西に開いた撓曲構造を呈するように見える。江合川下流に露出する花崗岩は、従来第三紀層の基盤とされていたが、一部に接触変質を与えた形跡があり、鬼首環状地外側地帯に分布する花崗岩と同様、第三紀花崗岩とみなされる疑いがある。

#### 鳴子・中山平湖成層

こゝで鳴子・中山平湖成層と称した地層は、鳴子火山基底の礫岩層、中山平周辺の泥岩・砂岩・礫岩層を一括した地層である。従来、この地層の一部は中新統、一部は鮮新統とされていたが、最近では一括して上部中新統として取扱われている<sup>3)</sup>。

この地層の特徴は、層理を示す礫岩と泥岩からなり、浮石質凝灰岩を頻繁に挟むことである。この堆積様式は鬼首湖成層中の上芦沢泥岩礫岩層にきわめて類似する。鳴子火山の濁沼周辺にもこの地層が存在するが、これは鳴子火山生成時に、基盤としてのこの礫岩層が隆起したためであろう。なお、後述のように、この礫岩層から湧出する鳴子・中山平の温泉のほとんど大部分が、メタンガス  $CH_4$  を有することは、湖盆の性格を知るうえにきわめて注目に値することがらである。

この地層は、下位のものほど堅く、かつ層理が明らかであるが、上位に移るほどきわめて脆弱となり、石英安山岩質凝灰岩に移行する。この関係は、川渡駅から六角牧場に至る道路、道原部落の奥、中山平温泉蛇の湯から南



第1図 宮城県鳴子温泉附近地質図および断面図

にはいる東沢の奥で観察される。これらの地域では、脆弱な礫岩・泥岩の互層に浮石質凝灰岩を混え、ついに石英安山岩質凝灰岩に移化する。また、鳴子峡に露出する無層理の含角礫凝灰岩ないし集塊岩は、従来、下位の地層とされていたが、礫岩層との関係はとくに不整合とみなされる形跡はなく、むしろ移化する疑いがある。

このように、鳴子・中山平周辺においても湖盆堆積層と石英安山岩質凝灰岩との関係は、鬼首環状地と同じように、漸移状態にある可能性が強く、両者を含めて、その時代を同時期とみなす大きな理由を与えるものである。

#### 石英安山岩質凝灰岩

鳴子・中山平周辺には、盆地を挟んで北と南に石英安山岩質凝灰岩が広く分布する。その一部は堅く熔結し、いわゆる熔結凝灰岩ないし灰石といわれ、北側では鬼首鷹の巢沢上流から六角牧場にわたって標式的に発達し、南側では向山牧場西側の屏風岩に露出する。岩質は Hornblende-bearing augite hypersthene dacite である。

この北側と南側の凝灰岩は、時期的に若干の「ずれ」があるようである。すなわち、名生定の和田部落では、南側の砂質凝灰岩の上を、北側の熔結凝灰岩の先端が覆っている形跡が観察される。なお、南側の屏風岩では、その先端の一部が地沈りによつて崩壊し、かなり広い範囲

にわたつて特徴ある地沈り地形を呈している。

これらの状態から推して、北側と南側の凝灰岩は、おのおのその中心を別個に置いているようにみえる。すなわち、北側の凝灰岩は、鬼首環状地内に中心をおくが、南側の中心はその分布状態からみて、多分屏風岩の南ないし西に位置するものと思われる。

現在、盆地の周辺にのみ凝灰岩が分布し、盆地のなかにその存在は認められない。これについては、地質図から明らかなように、南側の基盤層が、いわば壁の役目をなし、低地に流れた熱雲が、鳴子峡の含角礫凝灰岩を形成したものと推定される。

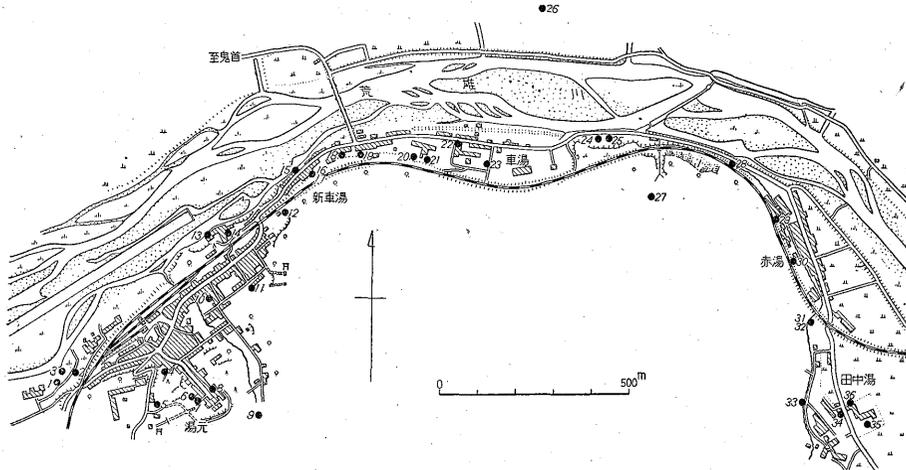
#### 鳴子火山

石英安山岩からなるドーム状の火山で、鳴子盆地のほぼ中央に位置する。胡桃岳には現在なお噴気の露頭があり、火口湖の瀉沼はわが国でも酸性度の高い湖沼として有名である。

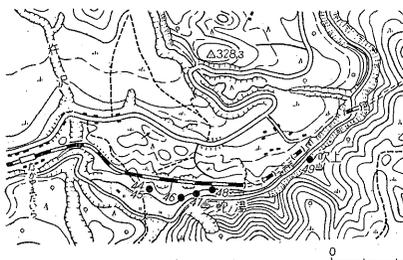
### 3. 温泉水の化学成分

#### 3.1 分布

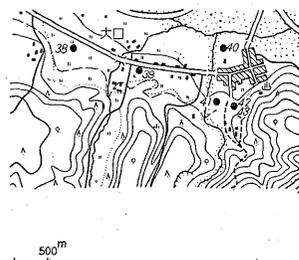
鳴子地方には、おもに鳴子火山の北麓と、江合川河岸に沿つて数多くの温泉が存在する<sup>6)7)11)</sup>。これらの湧泉群を、いくつかの地域に分け、そのおもな分布を示すと第



第2図 鳴子温泉源分布図 (渡辺万次郎原図)



第3図



第4図

第1表 鳴子・中山平

番号	場所	Depth (m)	Temp. (°C)	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
1	農民の家 No. 1	223	65	7.5	17.7	906.1	847.9		368.2	36.0
2	// No. 2	190	67	7.3	95.4	1030.4	512.4			
3	// No. 3	180	33	6.1	28.3	56.4	195.2		45.6	3.9
4	横屋 下	—	79	8.4	574.0	703.7	244.0	34.2		
5	// 上	—	96	8.4	423.8	800.4	197.6	36.0	662.5	32.2
6	遊佐屋	40	100	9.0	388.5	830.4	158.6	7.3	703.4	11.6
7	滝の湯	0	37	3.2	30.0	513.6	0			
8	鳴野屋(うなぎゆ)	—	98	9.4	512.1	829.1	158.6	14.4		
9	高野門の湯	100	98	8.1	370.9	513.6	328.2	18.6	604.3	30.2
10	早稲田湯	75	81	7.3	240.2	637.0	221.4		412.3	19.9
11	東北大鳴子病院	90	93	8.6	183.7	250.2	122.0	24.0		
12	八幡湯	70	91	8.0	741.7	530.8	134.2	0.0		
13	西多賀の湯	1	61	7.0	524.5	669.1	646.6			
14	東多賀の湯	1	55	3.9	151.9	112.8	0			
15	あらお荘	—	100	8.5	734.7	193.4	42.7	36.0		
16	新福旅館	96	100	8.4	476.8	590.9	41.5	19.2	497.3	10.3
17	//	—	100	8.4	561.6	387.6	26.8	30.0	511.4	16.1
18	高菅繁原旅館	1	70	6.5	100.7	662.5	100.7			
19	泉菅金忠旅館	110	100	8.6	393.7	209.9	45.1	24.0		
20		3	78	8.2	342.6	314.4	156.2	12.6		
21	//	80	80	6.6	109.7	794.2	542.9			
22	鳴峡荘	70	88	7.0	169.5	573.7	555.1			
23	福旅館	80	6.8	158.9	242.8	632.0			265.9	27.7
24	弁天(大正館)	50	7.1	70.6	42.8	878.4				
25	//	66	7.0	61.8	79.0	750.3				
26	国立鳴子病院	110	60	6.7	97.1	615.6	524.6		283.2	13.5
27	赤湯 唐竹沢源泉	52	95	8.4	326.7	429.6	658.8	78.0	601.1	23.2
28	赤湯 源泉	100	96	8.2	176.6	197.5	640.5	39.0	344.6	12.2
29	赤湯 沼泉	310	71	7.7	67.1	6.1	628.3		210.9	17.3
30	赤湯 大勤七旅館	220	52	7.3	93.6	14.5	578.3			
31	田中 初音旅館	250	53	7.1	56.5	2.5	968.4			
32	//	250	7.2	56.5			1165.1			
33	田中 高友旅館 No. 1	220	80	8.0	65.3	34.6	1000.4	0.0	250.2	14.8
34	// No. 2	120	54	6.5	23.0	7.4	691.7			
35	// No. 3	150	48	6.6	35.3		558.8			
36	// No. 4	400	67.5	7.1	268.4	61.7	1766.3		679.8	30.2
37	馬場温泉	320	43	6.9	45.9	3.3	1024.8		297.4	12.9
38	川渡 高東旅館	140	57.5	7.3	137.4	10.9	505.1			
39	川渡 高橋支所	—	30	7.0	19.4	1.0	976.0			
40	川渡 高川渡支所	—	52	7.3	14.1	78.2	649.0		157.4	1.3
41	川渡 玉高造荘	180	54.5	7.4	23.0	157.1	463.6			
42	川渡 高久旅館	—	33.5	7.4	3.5	95.5	239.1			1.0
43	//	130	56.0	7.6	17.7	130.0	522.2			
44	中山平 あすかの旅館	150	66.5	8.3	10.6	12.3	122.6	13.2		
45	中山平 星仙庄	168	86	8.8	10.6	9.1	50.6	16.8	7.9	0.6
46	中山平 仙庄	110	72.5	8.1	8.3	16.5	118.3	14.4		
47	中山平 元蛇の湯	0	76	7.2	10.6	97.1	398.9			
48	中山平 東吹蛇の湯	—	100	8.9	114.8	1215.5	246.4	72.0	190.4	10.9
49	中山平 吹上湯	—	98	8.9	74.2	102.1	219.6	72.0	124.3	4.5
50	東院 北大鳴子病院	100	6.0	88.3	488.0	42.7				

## 温泉化学成分

Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HBO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	T.S.M	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	Br/Cl×10 <sup>2</sup>
1.4	0.3	245.7	45.7	44.0	61.9	17.0	150.8				
1.4	1.0	165.5	24.1	44.0	6.7		145.6				
1.9	0.3	18.0	14.2	85.4	0.0	9.7	150.8				
3.1	<0.1	6.5	0.5		40.1						
3.1	<0.1	10.5	1.2		34.5	68.0	185.0				
					40.1	68.0	139.1				
	<0.1	34.1	0.9		22.3						
1.6	2.0				71.0		205.4		0.46	0.03	0.09
	<0.1	34.1	0.9		22.3	63.2					
	0.4	18.1	1.5	7.0	20.6						
3.0	0.2	22.6	0.7		18.7	29.2	261.3				
	0.1	10.0	2.2		0.0		263.9	1464	0.63	0.04	0.08
1.0	0.1	33.6	3.9	66.0	47.5		301.6	2155			
12.2	1.4	43.6	15.3		46.2						
					0.0				0.60	0.05	0.08
3.1	0.2	36.8	1.1		0.0	74.1		2130			
2.6	<0.1	30.1	0.6		0.0	92.3					
	<0.1	27.6	5.9	8.8	0.0						
2.1		32.1	0.9		0.0	77.8	340.6	2241			
	0.2	21.1	0.7		0.0						
2.6	1.5	68.2	21.6	56.1	0.0	34.0	310.7	1527			
3.0	1.6	64.2	22.9	11.7	0.0	34.0	374.7	1463			
	2.4	60.2	24.3	12.3	0.0	29.2	388.7	1464	0.19	0.01	0.12
0.8	0.3	78.2	15.4	66.0	0.0		157.3				
1.2	0.5	26.1	4.9	85.8	0.0		166.4				
1.5	<0.1	171.0	22.6	66.0	0.0	12.2	146.9				
3.1	<0.1	3.0	1.2		0.0	60.8	390.0				
	<0.1	24.1	5.6		0.0	31.6	184.6				
1.5	0.1	6.0	1.8	44.0	4.9		222.3				
0.7	0.4	14.0	6.6	48.4	3.6	21.9	205.4				
1.3	0.4	14.0	7.7	50.6	4.9		224.9				
				70.4	4.3						
1.9	1.7	32.1	7.8		8.6		332.8				
0.9	0.2	46.1	14.6	114.4	3.2	9.7	222.3				
				59.4	3.3						
3.0	0.3	18.0	2.0	44.0	18.4		239.2		0.35	tr.	0.13
2.4	0.3	23.1	12.4	37.4		17.0	170.3				
1.5	<0.1	29.1	4.6	9.2	10.9	12.2	184.6				
1.4	0.3	77.2	33.4	48.4	0.0	17.1	117.0				
0.9	0.2	21.1	7.7	9.7	19.0		165.1				
1.0	<0.1	33.1	7.7	7.5	16.6						
	<0.1	28.0	6.3	4.4	11.1		75.4				
1.5	<0.1	27.1	4.6	14.1	14.7		184.6				
3.1	<0.1	0.5	1.2		tr.	3.6	249.6				
2.1	<0.1	1.0	0.7		tr.	6.1	135.2				
1.5	0.1	1.5	0.2				278.2				
1.4	0.2	23.1		7.9	13.7		170.3				
3.0	<0.1	3.0	0.4		56.7		314.6				
1.5	<0.1	4.5	0.9		22.4		208.0				
2.5	0.2	23.1	1.2		16.8		131.3				

2~4図の通りである。

1) 中山平温泉

江合川の左岸から湧出するものが多く、上流から「あすか」温泉・仙庄館源泉・東蛇の湯・元蛇の湯・吹上温泉等がある。東蛇の湯付近では、終戦後地熱利用の実験のため、数多くの試錐が行なわれたが、現在、ほとんどそのおもかげを留めていない。吹上温泉は、古くから高温の噴騰泉を噴出する温泉として知られている所である。

2) 鳴子温泉

こゝで鳴子温泉といつたのは、鳴子駅附近から赤湯温泉までの地区を称したもので、元湯・新車湯・車湯等の湧泉群に分かれ、源泉の数も多く、その大部分が沸騰点に達するほどの高温泉である。このなかで、湯元附近、八幡湯附近では、地熱利用のため多数の試錐が行なわれた。

3) 赤湯温泉

次に述べる田中温泉(新鳴子)との間にある温泉地帯で、鳴子に寄つた西側は比較的温度が高く、東に移るほど温度が遞減する。

4) 田中温泉

赤湯温泉に続くその東側の温泉地帯であるが、あまり高温の温泉はない。高友旅館の源泉は、深度約400mで鳴子・中山平の両地域で最も深度が大きい。この田中温泉と川渡温泉との間に馬場温泉がある。

5) 川渡温泉

鳴子温泉から最も東に離れた地域にあり、温度はあまり高くない。馬場温泉からこの川渡温泉にわたつて方々にメタンガスの露頭があり、後でも述べるように温泉ガスのなかにも顕著に含まれる。

3.2 温泉水の化学成分

前項で述べた各温泉のなかから、代表的な試料を選び主化学成分の分析結果を示すと第1表の通りである。温泉水系相互の関係については、項を別に設けて説明することとし、こゝではおもに各成分含量の分布、および特徴について述べる。

1) 温度

中山平では、吹上・東蛇の湯が高温であり、仙庄館から

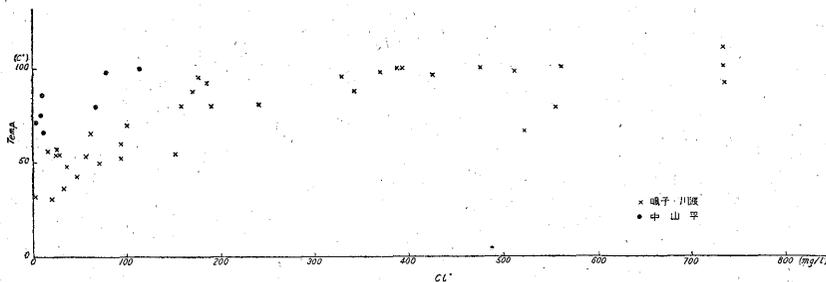
「あすか」温泉へと西に離れるほど温度が遞減する。鳴子温泉では、湯元から八幡湯・新車湯方面にかけて温度が高く、その外側の河原湯・多賀の湯・車湯ではいくぶん温度が低い。湯元・八幡湯附近で地熱利用のため、数多くの試錐を行なつたことはすでに述べた通りであるが、湯元における試錐の資料によると、深度約200mで175°Cに達したという。赤湯温泉では西側が温度が高く、東に移るほど温度が遞減する。これに続く田中温泉では、最高80°C程度で、ほとんど沸騰点に達するものがない。川渡温泉も一般に温度が低く、40~58°C程度である。

2) pH

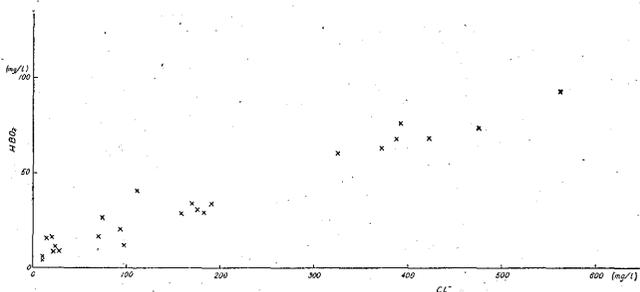
中山平温泉では、元蛇の湯のpH 7.2を除き、いずれもpH 8.1~8.9でアルカリ性を示す。鳴子温泉における液性の変化は最も著しく、pH 3.2からpH 9.4に至るまでの広い範囲を示す。このうち、pH 3.2~3.9の酸性泉は滝の湯および東多賀の湯で、前者は温度も低く、 $SO_4^{2-}$ で特徴づけられる。この成分的特徴からみて、滝の湯はおそらく遊離硫酸を含む酸性地下水が加温されたものと思われる。次にpH 6.1~7.7の微酸性ないし中性の温泉は、おもに高温地帯の外側に位置を占める。液性はいうまでもなく、炭酸ガス  $CO_2$  の溶存によるものである。最後にpH 8.0~9.4のアルカリ性の温泉であるが、これらは概略高温地帯に集中する傾向がある。とくに「うなぎ」湯は、古くから強アルカリ泉として知られている。これらの温泉の大部分は、 $H_2S$  を含有するが、もちろんこの $H_2S$  を含む温泉には例外もあつて、前述の滝の湯、東多賀の湯は酸性泉であるにもかかわらず、同様に $H_2S$  を含有する。したがつてpH 8.0以上のアルカリ性泉は、水硫化物( $HS^-$ )の影響に加えて、 $CO_2$  の逸散により重碳酸塩 $HCO_3^-$ が加水分解することに帰因するものと思われる。この傾向は前述の中山平においても同様である。赤湯以西の温泉は、1, 2の高温泉を除いてpH 6.5~7.6の範囲のものが多い。

3)  $Cl^-$

鳴子・中山平温泉を含めて $Cl^-$ 含量の分布を概観すると、鳴子温泉の高温地帯が最も高い含量を示し、その



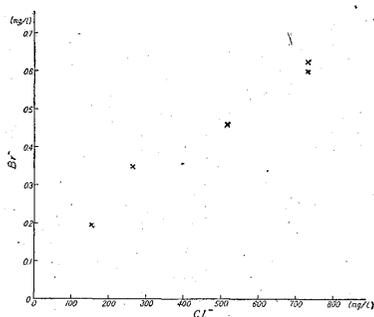
第5図 鳴子・中山平温泉  $Cl^-$  温度相関図



第6図 鳴子温泉 Cl<sup>-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 相関図

外側の温泉地帯では遞減する。この傾向は温度と Cl<sup>-</sup> 含量との間に正の相関関係があることを暗示するようにみえる。しかし、なかには例外があり、とくに中山平温泉では第5図の温度-Cl<sup>-</sup>含量の相関図から明らかなように、比較的 Cl<sup>-</sup> 含量が低いにもかかわらず、高温圏内にある。これは、両地域における熱構のうえにいくぶんの相違があることによるものであろう。

なおこの Cl<sup>-</sup> が初生的な温泉成分であるか、あるいは二次的な地下水の成分であるかという問題に関連して、第6図に Cl<sup>-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の相関図、第7図に Cl<sup>-</sup>-Br<sup>-</sup>の相関図を示した。この図から明らかなように、いずれも Cl<sup>-</sup>



第7図 鳴子温泉 Cl<sup>-</sup>-Br<sup>-</sup> 相関図

と正の相関関係にあり、とくに、Br<sup>-</sup> に対する Cl<sup>-</sup> の比率は 0.8~1.2×10<sup>-2</sup> の間にあり、わが国の火山地帯温泉のそれとほぼ一致する。後で述べるように、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、さらに H<sub>2</sub>S が二次的に地下水から導かれたという疑いがあるのに対して、Cl<sup>-</sup> はこれらの関係が示すように、初生的な温泉成分とみて、ほとんど疑問の余地がないとみることができよう。

#### 4) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

各温泉を通じて一般に SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量がかなり高く、最高 1,000 mg/l に達するものがある。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量の分布を大きくみると、鳴子温泉の湯元から赤湯に至る範囲内に、とくにこの含量の高い温泉が集中する傾向がある。この地域は背後に濁沼を控え、しかもこれらの温泉のなかに、

滝の湯、東多賀の湯のように、酸性泉も存在する事実から推して、鳴子温泉における SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の大部分は、この酸性地下水の影響が顕著に現われたものと思われる。前述のように、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量が濁沼の前面地帯においてとくに高く、この濁沼から両側に離れた中山平・赤湯・川渡方面に至るほど含量が遞減することも、この一端を示すものとみることがができる。

#### 5) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

鳴子・中山平温泉における特徴的な成分の1つであつて、温度、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の含量に関係なく一般に高い値を示す。とくに、田中-川渡温泉のなかには、1,700 mg/l に達するものがある。この HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> の性格を検討する意味で、川渡温泉・馬場温泉・中山平温泉のなかから2、3の地点を選び、捕集した温泉ガスの分析を行なつた結果を示すと第2表の通りである。この表から明らかなよ

第2表 温泉ガス化学成分

	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (%)	残 (%)
高友旅館 (田中温泉)	77.2	0.2	13.5	19.1
馬場温泉	22.2	0.2	42.8	45.8
高橋金 (川渡温泉)	12.6	0.1	82.8	4.5
仙庄館 (中山平温泉)	1.3	0.2	72.8	25.7

うに、この地域の温泉ガスは、かなりのメタンガス CH<sub>4</sub> を含有する。この分析結果だけから判断すると、メタンガスの含量は、田中温泉から川渡温泉に移るほど増大しまた中山平温泉ではガス成分の72%以上を占め、地域内で最も高い値を示している。鳴子・中山平の各温泉がいずれも、鳴子湖成層から湧出することを併わせ考えると、このメタンガスはいわゆるガス水に帰因するとみてほとんど疑いの余地がない。したがつて、温泉水中の HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> も、同様にこのガス水から導かれたものが、大部分を占めると考えて、大きな間違いはないものと思われる。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が酸性の地下水に関係があり、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> が湖成層中のガス水から導かれたとみなされることは、鳴子温泉の成因を考察するうえに、きわめて注目し値することから

であろう。

なお、鳴子温泉の湯元から八幡湯・新車湯にわたる高温地帯では、 $\text{HCO}_3^-$ の含量が温度分布と逆相関の状態にある。この地域がとくに高温地帯であることを考えると、 $\text{HCO}_3^-$ の減少は高温温泉水の影響により、ガス水が破壊されたことによるものであろうか。

6)  $\text{H}_2\text{S}$

$\text{H}_2\text{S}$ の分布は、とくに鳴子温泉の八幡湯を境として、湯元・河原湯ではかなり多量であるのに対して、その東側の新車湯・車湯から赤湯温泉にかけて、ほとんど  $\text{H}_2\text{S}$  を含有しない。しかし、田中温泉以东および中山平温泉ではいずれも若干の  $\text{H}_2\text{S}$  を含む。このように、 $\text{H}_2\text{S}$  を欠除する地域が、かなり明瞭に区割されることは、ガス水中のメタンガス  $\text{CH}_4$  のため、温泉水の  $\text{H}_2\text{S}$  が追出されたものと考えられる。この問題に関連して、鳴子・中山平両地域における  $\text{H}_2\text{S}$  の分布状態をみると、中山平—鳴子元湯—田中温泉—川渡温泉を結ぶ線を境として、その北側では  $\text{H}_2\text{S}$  を欠き、南側では  $\text{H}_2\text{S}$  を含む。両地域におけるこの「ずれ」は、ガス水を含む地層の分布に関連があるように思われ、北側の地域は温泉水の影響が微弱なため、 $\text{H}_2\text{S}$  がより多く追出され、温泉活動の中心では、逆にガス水が破壊され、 $\text{HCO}_3^-$  含量が減少すると同時に、 $\text{H}_2\text{S}$  含量も増大すると推定されるのである。

4. 鳴子温泉地帯の成因的考察

鳴子・中山平温泉の熱源が、鳴子火山に関連することは、この地域の地質状況からみてほとんど疑いの余地がないところである。温泉の分布は、中山平・鳴子・川渡

の3地域に分かれるが、これらはいずれも湖成堆積層中のなかから湧出する。この湖成堆積層は、鳴子峡において石英安山岩質凝灰岩と指交するが、その分布は遠く西方の小国盆地まで拡がるもので、田中温泉の高友旅館の試錐結果によると、200間(約320m)の深さでも、まだ基底岩層に到達しないといわれており、その厚さはかなり厚いものと思われる。この湖成堆積層のなかに、いわゆるガス水を包蔵するが、鳴子温泉の成因を考えるにあたって、まず考慮しなければならない第1の点は、このガス水の存在である。次に、温泉水の化学成分を特徴づける第2の点は、鳴子温泉を中心とした地域における  $\text{SO}_4^{2-}$  の問題である。温泉水の  $\text{SO}_4^{2-}$  含量が、おもに鳴子町にのみ集中する傾向があり、温泉のなかに酸性低温のものが存在する事実からみて、この  $\text{SO}_4^{2-}$  の根源が、鳴子火山の濁沼からの浸透水に関連あると考えて、おそらく大きな間違いはないものと思われる。濁沼は、わが国の湖沼のなかで、きわめて酸性度の高い沼として有名であるが、とくに注目を引くことは、この濁沼から流れる河川がほとんどないという点である。この漏水が、どのような経路を経て温泉水に混入するかは、もちろん明らかでないが、川渡温泉もまた、かなり高い  $\text{SO}_4^{2-}$  を有する点から考えると、その影響範囲は、相当広い規模に達しているようである。これらの地下水に加えて、一般の地下水が存在することはいうまでもないが、これらの地下水に供給される初生的な温泉成分は、 $\text{Cl}^-$  で代表される。 $\text{Cl}^-$  含量の分布をみると、火山活動の中心に近い鳴子温泉の高温地帯で卓越するが、一方、中山平温泉では高温であるにもかかわらず、 $\text{Cl}^-$  含量に乏しいことは注目し

第3表 秋の宮・鬼首・鳴子温泉地帯の比較一覧表

	秋の宮・皆瀬地方	鬼首地方	鳴子地方
基盤岩層	granite, green tuff	granite, green tuff	granite, green tuff
湖成堆積層	三途川層(おもに泥岩層)	鬼首層群 (おもに集塊岩・泥岩・礫岩層)	鳴子湖成層 (おもに礫岩・泥岩層)
堆積層の時代	Pliocene-Miocene	Plio-Pleistocene?	Plio-Pleistocene
温泉の熱源	山伏岳石英安山岩に関連ある火山活動	高日向山石英安山岩の迸出に関連ある火山活動	鳴子火山(石英安山岩)に関連ある火山活動
温泉活動の中心	河原毛	あらお硫黄山	胡桃岳・濁沼・上地獄
湧出母岩	おもに基盤岩層	湖成層	湖成層
噴気地帯	川原毛・泥湯・棚湯・荒湯	あらゆ・硫黄山・赤川	胡桃岳・濁沼・上地獄
Cl <sup>-</sup> 含量の最高値	1,296 mg/l(川原毛)	1,071 mg/l(女釜男釜)	741 mg/l(あらお荘)
温泉地帯の特徴	噴気・温泉の分布が散点的これは直接基盤岩層から湧出するためと思われる川原毛湧泉は塩酸性性泉	荒雄硫黄山から宮沢—吹上にわたる噴気・温泉地帯は一連の温泉活動によるものと思われ天然蒸気の状態は湖成層の分布と関連がある	湖成層に含まれるガス水と濁沼からの酸性地下水の影響を受け温泉は $\text{HCO}_3^-$ および $\text{SO}_4^{2-}$ で特徴づけられる

値する。これはいわゆる熱源が比較的地下浅所に位置するにもかかわらず、湖成層の存在がいわば帽岩 (cap rock) の役目を果たし、噴気ガスの流動に影響を与えたため、ガス成分中のハロゲン(とくに塩化水素ガス)が固定されたかあるいは熱水化した結果によるものであろう。Cl<sup>-</sup>が初生的な温泉成分であることについては、HBO<sub>2</sub>との相関関係あるいは Br<sup>-</sup>との比率などから首肯できる。

これらの成分に加えて、H<sub>2</sub>S の存在もまた見逃すことができない。一般に H<sub>2</sub>S は初生的な温泉成分とみなされているが、鳴子温泉の場合、その分布がきわめて不自然であることから考えて、むしろこの H<sub>2</sub>S は、メタンガスのため追出され、地域的に H<sub>2</sub>S を欠く地域と、H<sub>2</sub>S を含有する地域が生じたとみるのが妥当であろう。

このように、鳴子地方の温泉は、ガス水および酸性地下水を主体とし、これに温泉成分が供給されて湧出したものであり、その特徴もやはりガス水の存在と酸性地下水の混入に負うところが多い。

この地帯は、以前から地熱地帯として注目され、すでに数多くの試錐が行なわれた場所であるが、いま先に述べた成因的な面から検討してみると、次のような欠点があるように見える。すなわち、湖成堆積層が、いわゆる帯水層としての性格を有するために、多量の地下水を包蔵するという点である。もちろん、鳴子温泉の胡桃岳・濁沼湖畔あるいは鳴子温泉上地獄(元湯附近)に現在噴気の露頭がみられ、噴気ガスが地表に接近していることは予測するに難くないが、かなり広い範囲にわたって開発するためには、この地下水の影響を克服しなければならぬ。これまで掘鑿された試錐の多くが、高温の熱水を伴うこともこの一端を示すものであるが、掘鑿深度が浅い限り、地下水の影響は免れないものと思われる。より純粹の天然蒸気を得るためには、この地下水帯下部の天然蒸気をとらさなければならない。掘鑿技術上の問題が解決されるなら、地熱開発に達する望みもある程度期待できるものと思われる。

### 5. 秋の宮・鬼首・鳴子温泉地帯の比較

秋田県雄勝地方の秋の宮・皆瀬温泉地帯から、宮城県鬼首・鳴子温泉地帯にわたる地域は、いわゆる石巻一鳥海山構造帯<sup>2)</sup>にあたり、この方向に沿って断層、褶曲軸の発達、構造谷の侵食が卓越し、火山・温泉の分布も帯状に連なる。このうち温泉は、この地帯に生じた新期の火山活動によるものであるが、上記の各地帯の性格は、火山活動の時期、構成地質の相違等によつて、かなり違った性質を示す。いま、これらの3地域における地質、温泉の特徴を比較し、一括して示すと第3表に掲げる通りである。

### 6. 結 言

以上で鳴子・中山平温泉地帯の諸性質を説明した。その特徴は、繰返し述べたように、湖成堆積層に含まれるガス水と、濁沼からの酸性地下水の影響を受け、泉質の多様性を示すことである。第3表に掲げた秋の宮・鬼首・鳴子温泉地帯の諸性質から明らかなように、各温泉地帯は共通した火山活動の影響を受けながら、地質的な環境が異なるため、噴気・温泉の化学成分、存在状態のうえに、おのおの独自の性格を反映している。秋の宮地方の大部分は、直接基盤岩層の裂隙・間隙を湧出通路とするため、噴気・温泉の分布も散点的であり、地熱地帯の型からいえば、わが国で最も類例の多い、いわば日本型というものに相当する。鬼首地方は、前報文で説明したように、湖成堆積層の一部が、いわゆる帽岩の役目を果たし、荒雄硫黄山から宮沢一吹上にわたる地下には、この帽岩の下に天然蒸気が潜在する可能性があり、地熱地帯の型からいえば、イタリー・ラデルロ地方の例に類似する。この意味では鬼首地方をイタリー型ということができよう。これに対して、鳴子地方の特徴は、包蔵地下水の影響を強く受け、地熱地帯の性格としては、ニュージーランドの場合を彷彿とさせるものがある。

いわばニュージーランド型の地熱地帯である。このように上記の3地域が地熱地帯の型をおのおの代表することはきわめて興味深い。これら3地域は地熱地帯として注目されてよい場所であり、今後残された問題として、地下水と天然蒸気との接触状態、開発可能範囲の規模等について、さらに研究を進める余地を残していると思われるのである。

(昭和31年調査)

### 文 献

- 1) 地質調査所：7万5千分の1地質図幅鬼首および同説明書、片山信夫・梅沢邦臣調査、1958
- 2) 今井秀喜：池月・中山平間の第三紀層、石油技術協会誌、Vol. 10, No. 4, 1942
- 3) 加藤馨雄：鳴子火山の基底構造について、地質学雑誌、Vol. 48, No. 570, 1941
- 4) 勝井義雄：鬼首カルデラ周辺の熔結凝灰岩の岩石学的所見、岩石鉱物床学会誌、Vol. 39, No. 5, 1955
- 5) 北村 信：東北背梁山脈周辺に発達する石英安山岩類の層位学の問題、地球科学、No. 28, 1956
- 6) 小林儀一郎：宮城県鳴子温泉の特徴、地質学雑誌、Vol. 56, No. 661, 1944
- 7) 野口喜三雄：本邦間歇泉の化学的研究、温泉科学、Vol. 1, No. 1, 1941
- 8) 大森昌衛：東北日本の第三系の構造の特性 一と

くに石巻一鳥海山構造帯について—  
地球科学, No. 18, 1954

- 9) 志賀義雄: 鳴子火山熔岩の化学的性質, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol. 1, No. 1, 1929  
10) 上田潤一: 鳴子火山略報, 岩石鉱物鉱床学会誌,

Vol. 1, No. 1, 1929

- 11) 渡辺万次郎: 宮城県の地熱事業, 宮城県商工部  
12) 渡瀬正三郎: 宮城県鳴子町濁沼硫黄鉱床, 地質学雑誌, Vol. 45, No. 537, 1938