

# 温 泉 科 学

## 第 9 卷 第 4 号

昭和 33 年 12 月

原 著

### 温泉の地球化学的研究

#### 第 7 報 法師温泉

※ 服部安蔵・村上悠紀雄・益子安

※ 甘露寺泰雄・佐藤幸二

※ (中央温泉研究所・東京大学理学部)

(昭和33年7月19日受理)

#### 目 次

1. ま え が き
2. 地 形 及 び 地 質
3. 温 泉  
イ 化 学 成 分  
ロ 法師川の水位による影響  
ハ 地温の測定
4. 四万温泉との比較
5. 要 約

#### 1. ま え が き

関東地方と北陸地方との境界をなす上越地方には、宝川・湯桧曾・水上・谷川・猿ヶ京・法師・四万・万座・草津・湯沢・発哺・赤湯など 20ヶ所以上の温泉が存在する。これらの温泉についての調査研究のうち、近年のものを見ると、中村氏等の四万温泉についての調査、山県氏等の群馬県内の温泉についての研究があり、杉山氏は新潟県の温泉の総括的な研究でこの附近の温泉にふれている。また、吾々は四万温泉の調査を行った。

昭和31年10月及び翌昭和32年5月に、これら上越地方温泉の1つ、法師温泉を調査する機会を得て、その諸性質に検討を加えた。この報告はその概要をまとめたものである。

#### 2. 地 形 及 び 地 質

法師温泉は、群馬県と新潟県との境をなす三国山(1636.4m)の南麓、法師川の谷に沿う温泉である。法師温泉の標高は800m程度で、三国山に源を発する法師川は殆んど直線的に南流しておりその両岸には300m程の急崖がやはり南北に走っている。

法師温泉の南西方には、赤沢山(1454.5m)をへだてて四万温泉があり、東方には唐沢山(1243

- 
- 1) 中村・上野：群馬県四万温泉および四万蠟石鉱床調査報告、地調月報 Vol.6. No.6 1955
  - 2) 山県他9名：群馬県鉱泉の化学的研究 第1報県内における鉱泉の分布 温泉科学 Vol.6. No.3 1955
  - 3) 杉山：新潟県下の温泉の湧出機構について // Vol.7. No.4 1956
  - 4) 坂本他2名：温泉の地球化学的研究 第5報 四万温泉 // Vol.8. No.1 1957

m)をへだてて、笹ノ湯・湯島・湯宿などの猿ヶ京温泉群がある (Fig.1)。

三関山を中心とする三関山脈の殆んどは、花崗岩乃至石英閃緑岩及び御坂層と呼ばれている中新統よりなっている。東部の清水峠附近の地質については、豊田氏の詳細な報告<sup>5,6)</sup>があり、西部に於いても近年着々と研究が進められている。

法師温泉附近を構成する岩層は、御坂層とそれを貫きこれに変質を与えている石英閃緑岩系統の深成岩体とである。これらの他には、赤沢山の中腹以上に見られる粗面岩質岩石と法師川の低地に沿う洪積——沖積世の河成層とがある。

御坂層と呼ばれている岩層は、法師温泉附近一帯に見られ、玢岩・凝灰岩・砂岩・頁岩（有孔虫を含む）などよりなり、部分的に層理の見られる所もあるが構造はきわめて複雑である。この御坂層は、局所的な強弱はあるが、全体が変成作用を受けている。

石英閃緑岩の岩体が認められる所は、法師温泉の上流約1 km附近及び法師温泉の西方、無多子溪谷中流附近とである。

玢岩は割合に広く分布し、その外観は青灰色ないし暗青色を呈し、斑状構造を有している。局所的な岩相の変化が著しく、黄鉄鉱を染をうけた部分や珪化作用をうけて脱色した部分などがある。

法師川沿いに見ると、法師温泉下流に砂岩、頁岩、凝灰岩などがあり、温泉附近から玢岩となり温泉の上流までつづく。約1 km上流附近では、御坂層の頁岩が露出している。また法師川に東側から合流する沢には石英閃緑岩が見られ、下流に露出する玢岩とは漸移の状態を示して境界はつきりしない。

法師温泉の東方を通つて、現在新国道の工事が行われており、断続的に切り取りがある。現在までの所、これらの切り取りでは石英閃緑岩の露出はなく、玢岩・頁岩・凝灰質頁岩・砂岩などが見られる。温泉東南方の永井部落附近から続く御坂層は、凝灰質粗粒砂岩・凝灰岩などからなり、N60°W, 34°SWの走向傾斜が認められる。その北にある玢岩との関係は不明である。更に北方の切り取りで再び凝灰質頁岩が露出する。N10°W, 10°SWの走向・傾斜が認められ、それをきつてN65°W, 35°NE及びN40°W, 75°NEの走向・傾斜の小断層があり、何れも厚さ10cm程度の石英脈によつて充填されている。温泉東北方の新国道切取りには、ホルンフェルス化した砂岩、黒色頁岩が露出しN40°E, 37°NWの走向・傾斜が認められた。三関山の新トンネルに近づくにつれてだんだんと凝灰質の部分が増えて行く様である。三関山のトンネルの中は殆んど玢岩類であると思われる。

無多子溪谷の入口附近は黒色頁岩層であるが、この溪谷に於いても玢岩が最も広く露出し、石英閃緑岩は中流附近に認められる。玢岩と石英閃緑岩はこゝでも漸移の状態を示しその境界は明確でない。

以上の様に、法師温泉附近は一帯が御坂層で、その中に石英閃緑岩が貫入したが、その露出は僅かである。(Fig.2)

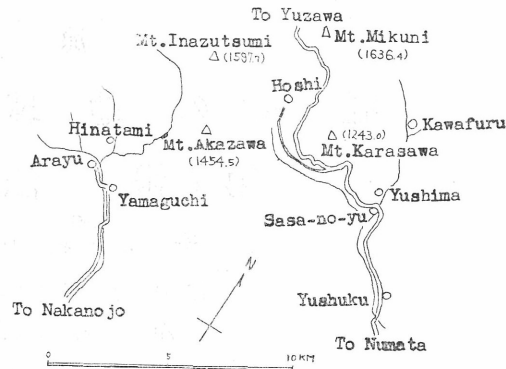


Fig. 1 Distribution of Spa in the Vicinity of Hoshi Spa

△: Mountain  
○: Spa

5) 豊田：上越線清水隧道附近の地学観察概報 地学雑誌 Vol.43.1931

6) 豊田：群馬県西北部の第三紀層

地質学雑誌 Vol.38.1931

### 3. 温 泉

法師温泉に於いて、現在利用されている源泉は、旭の湯・寿の湯・滝の湯の3源泉と浴槽底より湧出するものとである。この3源泉は何れも浴槽のすぐ脇にあり、その他にも附近各所に温泉水が湧出し、実際は浴槽を中心として20m平方位の範囲に温泉が湧出しているものである。(Fig.3参照)

温泉水はすべて自然湧出であつて、沖積層を掘り下げ、コンクリート及び土管などを用いて温泉水の逸散を防いでいる。温泉水位は低く、ほぼ法師川水面と一致する。従つて集湯槽や浴槽などの設備がなければ、地表に湧出する事なく、沖積層中を流れ去るであろう。

#### (i) 化学成分

今回、分析を施行したのは、法師温泉旭の湯・寿の湯及び滝の湯の3源泉と、法師川の流水、飲料水として使用されている地下水及び国道工事事務所わきより湧出する鉱水の6件であつて、その結果はTable 1に示す如くである。

Table 1 から判る通り、何れの成分に於いても、その含量は上述の3源泉ともほとんど同一であり、その泉質は代表的な石膏泉である。また、3源泉について昭和11年に衛生試験所が行つた分析成績があるが、分析法、採取方法などを考慮すれば、経年変化はないものと認められる。

法師川流水及び飲用地下水は、溶存物質総量が温泉水に比してはるかに少ないばかりでなく、その成分組成も異なる。すなわち、法師川流水は $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ を主成分とし、飲用地下水は、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ を主成分としている。国道工事事務所の湧出水は、温泉に類似した組成をもち、濃度は利用温泉の $\frac{1}{2}$ 、温度もそれに相当して低い値を示している。

#### (ii) 法師川の水位による影響

現在、法師温泉では浴槽わきの法師川にダムを設けて流水をせきとめ、その水位を上げて温泉の湧出量の増加を図つている。ダムの満水時の深さは135cmであるが、これを排水の後徐々に満水させて、水位の変動に対する泉温、化学成分及び湧出量の変化を測定した。その結果をTable 2に示す。これによれば、温泉の湧出量は法師川の水位と著しい関係があり、ダムの排水時と満水時とでは、約2倍近くの差が認められた。しかし、泉温及び化学成分は法師川の水位、またそれによる湧

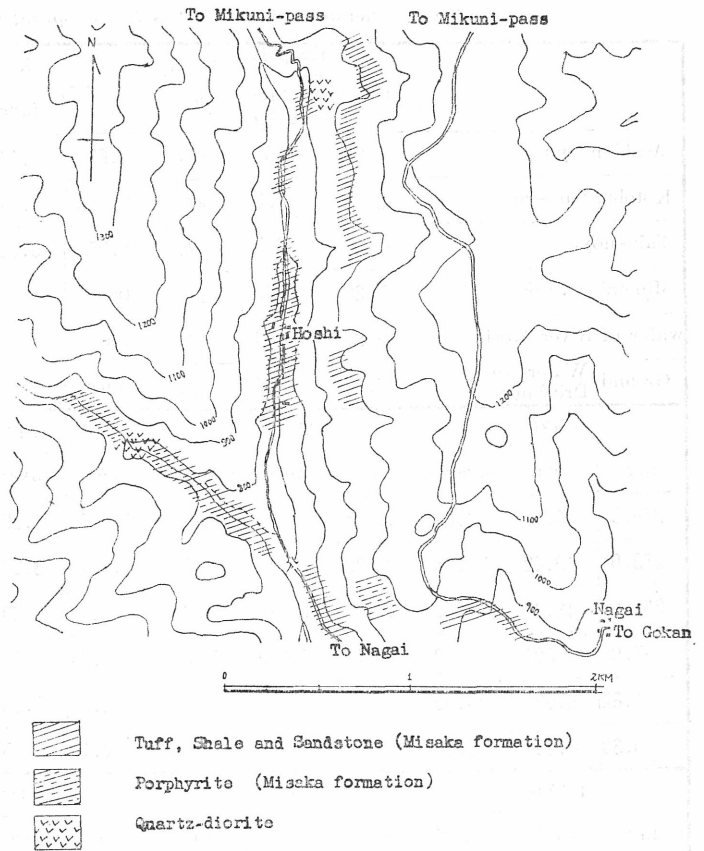


Fig. 2 Geologic Sketch Map of the Neighbourhood of Hoshi Spa

出量の変動に対して僅少の変化を示すのみである。

Table 1. Chemical Characteristics of the spring water of Hoshi Spa

	pH	Evapolat ed Residue (mg/kg)	Temp. (°C)	K <sup>+</sup>			Na <sup>+</sup>				
				mg	mval	mval%	mg	mval	mval%		
Asahi-no-yu	8.25	1338	42.9	5.621	0.144	0.78	101.5	4.410	23.90		
Kotobuki-no-yu	8.30	1308	42.4	5.570	0.142	0.78	100.5	4.367	23.99		
Taki-noyu	8.30	1315	42.3	5.051	0.129	0.72	100.2	4.354	24.20		
Mineral water*	7.30	430	22.0	trace			27.0	1.174	20.74		
water of River Hoshi	6.86	60	10.5	trace			3.0	0.135	60.00		
Ground Water for Drinking	7.10	55	9.5	trace			3.0	0.135	33.84		
Ca <sup>2+</sup>			Mg <sup>2+</sup>			Cl <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%
276.5	13.48	74.81	0.915	0.075	0.406	116.3	3.280	18.11	694.0	14.45	79.79
273.0	13.62	74.85	0.830	0.069	0.379	116.2	3.277	17.84	705.3	14.68	79.97
269.5	13.44	74.67	0.915	0.075	0.416	116.4	3.283	18.02	697.9	14.53	79.77
87.0	4.391	77.63	1.12	0.093	1.626	21.74	0.613	10.08	228.0	4.724	77.69
1.82	0.090	40.00				2.2	0.062	12.50	16.46	0.342	68.94
5.30	0.264	66.16				2.1	0.059	13.69	trace		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			OH <sup>-</sup>			Free Components mg		
mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	HBO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	total
22.69	0.372	2.05	0.240	0.008	0.04	0.030	0.0017	0.01	34.89	37.70	72.59
23.85	0.391	2.13	0.282	0.0094	0.50	0.037	0.0021	0.01	29.5	40.95	70.45
23.85	0.391	2.15	0.282	0.0094	0.05	0.033	0.0018	0.01	34.89	37.05	71.94
45.4	0.744	12.23								24.05	24.05
5.65	0.092	18.54								9.1	9.1
22.7	0.372	86.31								5.85	5.85
Total dissolved Matter mg	Characteristics										
1290.0	Gypsum Spring		Fe <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> trace ; Li <sup>+</sup> 142r/l								
1296.0	Gypsum Spring		Fe <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> trace								
1286.0	Gypsum Spring		Fe <sup>+</sup> , Al <sup>3+</sup> trace ; Mn <sup>2+</sup> 63r/l, Cr <sup>2+</sup> 0.5r/l, V+6.6r/l								
434.29											
38.26											
38.95											

\* issuing near the Office of Poublic Works

Table 2. A. Relation between the Temperature or Chemical Composition and the Water Level of River Hoshi

	Dam	Filled	Drained	1 Hour after drained	Again filled
Asahi-no-yu	Temp. (°C)	43.0	42.8	42.8	42.9
	pH	8.30	8.35	8.30	8.25
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	101.0	101.0	101.5	101.5
	K <sup>+</sup> //	5.621	5.620	5.621	5.621
	Ca <sup>2+</sup> //	278.5	281.5	278.5	276.5
	Mg <sup>2+</sup> //	0.916	0.920	0.910	0.915
	Cl <sup>-</sup> //	116.5	117.6	117.6	116.3
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> //	707.8	693.8	695.4	694.0
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> //	20.25	21.41	17.87	22.69
Kokobuki-no-yu	Temp. (°C)	42.5	42.4	42.4	42.4
	pH	8.35	8.35	8.30	8.30
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	100.5	100.00	100.0	100.5
	K <sup>+</sup> //	5.570	5.570	5.560	5.570
	Ca <sup>2+</sup> //	283.0	282.5	275.3	273.0
	Mg <sup>2+</sup> //	0.882	0.820	0.820	0.830
	Cl <sup>-</sup> //	116.6	116.2	116.5	116.2
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> //	692.9	687.2	701.0	705.3
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> //	21.41	20.80	20.86	23.85
Taki-no-yu	Temp. (°C)	42.4	42.3	42.3	42.3
	pH	8.30	8.30	8.35	8.30
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	100.00	100.0	100.2	100.2
	K <sup>+</sup> //	5.051	5.051	5.052	5.051
	Ca <sup>2+</sup> //	279.5	278.2	276.5	269.5
	Mg <sup>2+</sup> //	0.916	0.910	0.920	0.915
	Cl <sup>-</sup> //	116.9	116.2	116.0	116.4
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> //	692.9	690.5	699.6	697.9
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> //	23.85	20.86	20.86	23.85

Table 2. B. Relation between the Flow of Spring Water or Temperature (Asahi-no-yu) and the Water Level of River Hoshi

Water Level from the River-bed (cm)	10	70	107	115	135
Flow of Spring Water (l/m)	51	63.5	69.5	74.5	94
Temperature of Spring Water (°C)	42.8	42.8	42.9	42.9	43.0

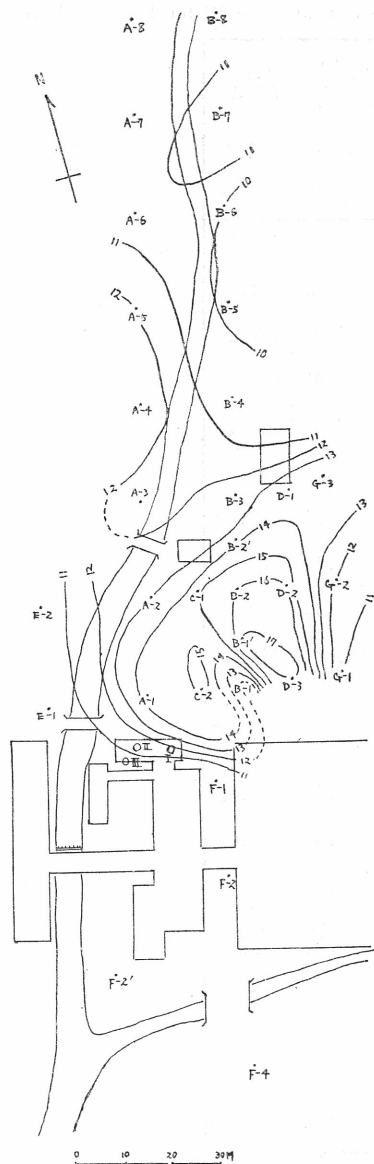


Fig. 3. Geothermic Distribution in the Neighbourhood of Hoshi Spa  
(with ordinary thermometer)

● : Station  
○ : Asahi-no-yu  
○ : Kotobuki-no-yu  
○ : Taki-no-yu  
— : Isothermic line (°C)  
— : Den

い。この様に日向見温泉群が、地理的には近い新湯温泉群や山口温泉群よりも離れた(約6km)法師温泉とよく似た化学成分を有する事は興味ある事である。

両温泉の構成地質もよく類似している。すなわち、御坂層の珩岩・凝灰岩などと、それを貫く閃緑岩系統の深成岩体よりなっている。四方日向見温泉では、石英閃緑岩体がもつとも広く露出し、

#### (イ) 地温の測定

昭和32年5月法師温泉の浴槽の北にある広場を中心に20m間隔に5測線を取り、25測点、補助点として8測点計33測点を設け、地表より1.5m前後の深さの地温を、留点及び普通温度計を用いて測定した。測点「G-1」～「G-3」及び「B-5」～「B-8」は東側の山の崖堆、測点「E-1」～「E-2」及び「A-3」～「A-8」は西側の山の崖堆上にあり、他の測点は法師川の沖積層上にある。

測定期間中、気温は14.5°Cから23°Cの間を変動したが、留点温度計は法師川の流水を用いて10.5°C～11.5°Cに振り下ろして使用した。その結果はFig.3に示す如くである。すなわち、最高温を示した測点は「D-3」であり、普通温度計で17.5°C、留点温度計で17.8°Cを示した。高温部分は「D-3」～「D-2」～「C-1」～「A-1」を結ぶ線の内側にあり、「B-1」がその中で低温を示している。これは沢水の誘導管が近くで壊れている為である。

地表下1mの深さの地温は、気温の日変化の影響を左程うけず、大きい場合で0.2°C程度変動する事、また地温の年変化は気温の年変化とは約1ヶ月位相が遅れる事が判明している。すなわち地温は、その土地の1ヶ月以前の気温とはほぼ等しいと考えて差支えない。4月の平均気温は東京に於いて12.6°C、前橋に於いて11.5°Cである。今回測定を施行した地域で最も広い分布を示す10°C～12°Cがこの地方の平常地温と考えられる。

従つて、現在の温泉湧出地の北東方に、地温の異常に高い部分が存在するわけである。

#### 4. 四方温泉との比較

四方温泉は、化学成分と地理的分布とから日向見温泉群、新湯温泉群及び山口温泉群に3大別出来、新湯温泉群及び山口温泉群と、日向見温泉群とは化学的に著しい相違を示すが、法師温泉の化学成分はTable 3に示す如く日向見温泉群のそれと極めて類似している。すなわち両者とも代表的な石膏泉で、化学組成・濃度もほぼ等しい。

その岩体の節理より温泉が湧出する状況が直接見られるが、法師温泉に於いては、閃緑岩体の露出が局限されていて、現湧出地附近では露出せず、御坂層の珩岩の上に沖積層がのついているため、温泉は珩岩より湧出する事となる。しかし、法師温泉も地下に於いては閃緑岩体から湧出するものと考えられる。閃緑岩体の節理や亀裂を通つて上昇して来た温泉は、上位の珩岩中の節理や亀裂を満たし、地表の沖積層中をその地形に従つて流動し、現在の浴槽附近で採取されている。すなわち現在採取されている温泉水附近地下水流の上流方向——北東方向から沖積層中を流下して来たものである。これは地温分布の測定結果とも矛盾しない。

法師川の水位と温泉の湧出量が密接な関係を有し、その化学成分・泉温が法師川の水位と一応無関係である事は、法師川の流水が温泉水に混入せずに、その水圧が温泉水の湧出を助ける事を意味しているのであろう。

Table 3. Chemical Comparison of the Hoshi Spa and Shima Spa

	Temp. (°C)	pH	K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>		
			mg	mval %	mg	mval %	mg	mval %	
Hoshi Kotobuki-no-yu	42.4	8.30	5.57	0.78	100.5	23.97	273.0	74.85	
Shima (Hinatami) Chuseikan-no-yu	56.0	9.00	4.5	0.75	105.4	29.75	212	68.80	
(Yamaguchi) Shimakan-no-yu	62.5	7.26	22.5	2.60	290	56.92	164	36.92	
(Arayu) Ryugū-no-yu	70.5	6.85	76.5	5.66	558	70.20	142	20.45	
Mg <sup>2+</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Total dissolved Matter mg	Characteristics
mg	mval %	mg	mval %	mg	mval %	mg	mval %		
0.83	0.38	116.2	17.84	705.3	79.97	23.85	2.13	1296.0	Gypsum Spring
1.3	0.70	35.84	6.51	680.0	91.37	16.0	1.63	1158	Gypsum Spring
9.5	3.53	505.3	62.04	345.7	31.31	93.0	6.62	1603	Arsenic Sulphated Common Salt Spring
15.0	3.55	923.4	77.74	313.6	19.47	57.1	2.78	2347	Arsenic Common Salt Spring

## 5. 要 約

- 1) 法師温泉附近を構成する地質は、珩岩・凝灰岩・頁岩などよりなる御坂層と、それを貫き変質を与えている石英閃緑岩とである。
- 2) 温泉水は代表的な石膏泉といつてよい。
- 3) 温泉の湧出量は法師川の水位と著しい関係を有するが、泉温及び化学成分は湧出量の変動に対して僅かの変化しか示さない。
- 4) 地温は、現湧出地の北東方で高く、温泉水は石英閃緑岩の節理・亀裂などに沿つて上昇し、上位の珩岩の割目を満して地表の沖積層中を地形に従つて流下しているものと認められる。
- 5) 法師温泉は、その地質状況及び化学成分とも四方温泉日向温泉群のそれと極めて類似している。

## Geochemical Studies on Mineral Springs

### Part 7. Hoshi Spa

\*Yasuzo HATTORI, \*\*\*Yukio MURAKAMI, \*Yasushi MASHIKO, \*Yasuo KANROJI, \*Koji SATO  
(\*Hot Spring Research Center & \*\*\*Depart. of Chem., Univ. of Tokyo)

1) The geology of the surroundings of Hoshi Spa, which belongs to typical type of the gypsum spring, Gunma Pref., consists of Misaka formation, comprising porphyrite, tuff, shale and sandstone. The formation is altered by the intrusion of quartz-diorite mass.

2) There is an intimate relation between the flow of spring water and the water level of River Hoshi; the rising of the river water level brings the increase of the spring water flow. But the temperature and the chemical composition of the spring water are indiffererent to any levels of river water, showing no change in them.

3) It is deduced that the spring water uplifts along the joints or fissures of quartz-diorite mass, and fills the fissures of the upper porphyrite layer. This spring water drifts down topographically through the alluvium deposits after issuing from the porphyrite.

4) The geological circumstances of Hoshi Spa resemble those of Shima Spa (cf. This Jour. Vol. 8 1957) which located at 6 kilometers south-westward, and the millival percentages of ions in the spring water of Hinatami group in Shima Spa holds more similarity with those of Hoshi Spa than nearer others in Shima Spa.