

宮城県鬼首地熱地域における温泉湧出量と降水量の関係

尾崎 次男*

OZAKI, Tsugio (1981) Relationship between seasonal variation of water discharge from hot springs and precipitation in the Onikōbe geothermal area, Miyagi Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 32(8), p. 433-447.

Abstract: Relation between seasonal variation of water discharge from the hot springs and precipitation was studied using the hydrological data i.e. water discharge and temperature of ten hot springs and water level of stream and cold spring for five years from September, 1973 to September, 1978 in the Onikōbe geothermal area. In this kind of study, there is a problem that what month should be adopted as the first month of an unit water year because the melting of snow is very important factor governing the hydrological condition under the ground in heavily snowing area as Onikōbe. According to the results of this study, December, May and June should be adopted as the first month of an unit water year of precipitation, water discharge from the natural hot springs and water discharge from artificial well, respectively. Because the relation between annual water discharge from four hot springs and precipitation can be represented best as an linear equation. Typical equations for natural hot spring and artificial well are equation (1) and (2), respectively, as follows:

$$Q = 0.0283P - 15,000 \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = 0.0256P + 32,500 \dots\dots\dots(2)$$

Where

Q = Annual water discharge (m³)

P = Annual precipitation (m³/km²)

要 旨

地熱地域の熱水系に関する研究の一環として、鬼首地域で1973年9月から1978年9月までの5年間にわたって温泉源の湧出量と水温、河川・湧泉の水位等の水文観測を行った。水温・湧出量等は季節的・経年的な変化を示す。温泉源の湧出量は地下水量と密接に関係し、積雪期に少なく、融雪期に増加するので、その湧出量と降水量とは、暦年計算では有意な関係を示さない。しかし、両者の水年期間をずらして組み合わせることによって、一部の泉源では直線的な平衡関係が見出された。

1. ま え が き

温泉源における湧出量については、これまで多くの調査研究結果が公表されている。例えば湯原(1963, 1968)は温泉の湧出量と雨量、湧出量と泉温の関係について、また湯原ほか(1967)は箱根強羅地区の温泉と地下水の関係について述べている。鬼首地域においては中村ほか

(1959)が地質構造と地熱との関係について調査研究を行い、温泉の水理について若干の考察を行っている。同地域について筆者らは河川の水文調査によって低・湯水期における比流量の分布を明らかにし(尾崎・菅野, 1976)、また温泉群から吹上沢に流入する水量及び湧出量の概略を算出した(尾崎, 1975, 1976)。

その後、筆者は比較的長期間にわたる観測の機会を得て、1973年9月から1978年9月までの期間、自然湧出及びボーリングによる10カ所の温泉源の湧出量及び水温の測定を行った。さらに、この期間中にかに沢及び遠橋湧泉の水位観測を行った。これらの測定及び観測結果に基づき、温泉源の湧出量と降水量との関係を中心として述べる。

現地調査ならびに測定・観測に際しては鳴子町温泉事業所及び電源開発株式会社地熱発電所から多大な御協力を賜った。さらに東北地方建設局鳴子ダム管理所から雨雪量・河川流量等の観測資料を提供して頂いた。これら関係各位に対し深く御礼申し上げる。また、本稿を草するにあたり地熱熱部角 清愛技官から御助言・御教示を頂

* 環境地質部

いた。併せて感謝する次第である。

2. 温泉・湧泉観測の概要

観測の対象となった温泉源・湧泉・河川等の位置及び他機関が実施している雨雪量観測所及び河川の水位・流量観測所の位置は第1図に示す通りである(関係地形図, 1:25,000, 鬼首・軍沢)。

2.1 温泉源観測

温泉源の諸元と観測期間: 温泉源の諸元と観測期間は第1表の通りである。

測定項目: 気温・水温・湧出量・電気伝導度・pH などであり, 測定日は原則として毎月の7日, 17日及び27日とした。

測定方法: 気温・水温については棒状温度計を使用

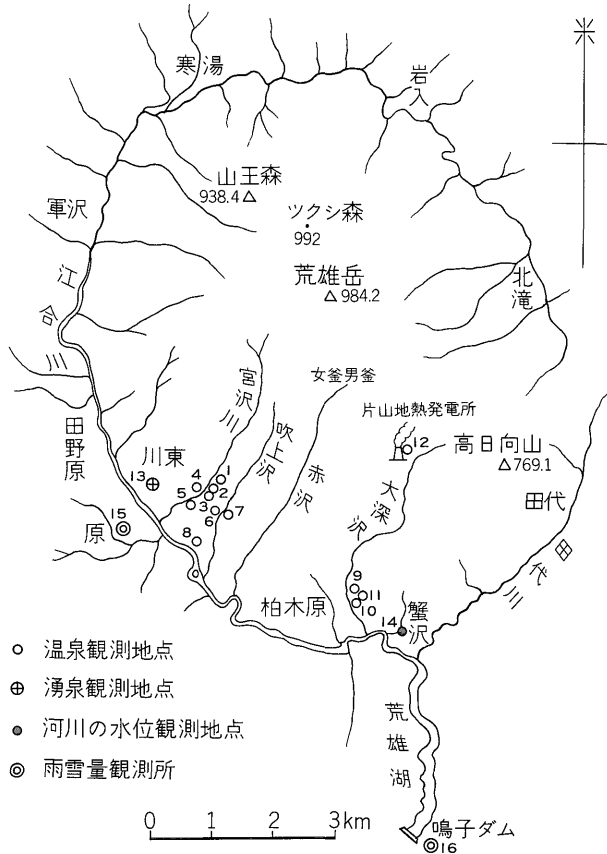
し, 湧出量については容器を使用した。しかし, 神滝2号泉においては三角ノッチを, G.S1号泉においては矩形ノッチをそれぞれ設置した。これらの測定は鳴子町温泉事業所に委託して実施したものである。

2.2 湧泉の水位・水温観測

川東部落の遠橋地内に凝灰質泥岩の上面から湧出すると思われる湧泉があり, おおよそ東西は2.5m, 南北は1.5mの池状を呈している。この池に仮水位標を設置し, 高橋孝三郎氏に委託して, 原則として7日毎に水位及び水温の測定を行った。水温の測定は1/10目盛の棒状温度計を使用した。観測期間は1975年9月から1977年3月までである。

2.3 河川の水位観測

蟹沢地内には, その源流が湧水と思われる溪流があ



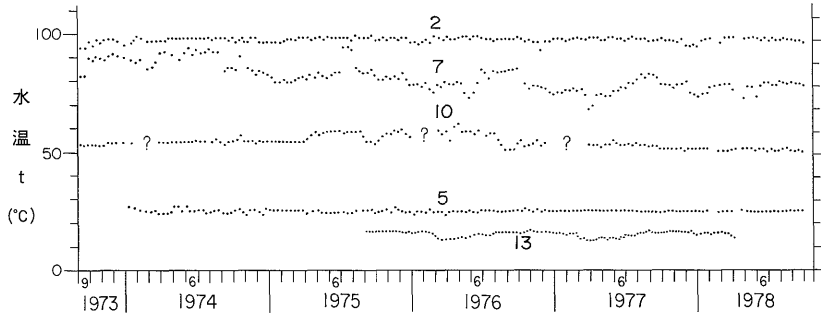
- 温泉観測地点
 ⊕ 湧泉観測地点
 ● 河川の水位観測地点
 ⊙ 雨雪量観測所
1. 元湯1号泉, 2. 高亀1号泉, 3. かむる荘源泉, 4. 大新館原泉, 5. G.S1号泉, 6. 本宮原1号泉, 7. 吹上の湧源泉, 8. とどろき2号泉, 9. 神滝1号泉, 10. 神滝2号泉, 11. 神滝新源泉, 12. 片山4号泉, 13. 遠橋湧泉, 14. かに沢, 15. 原雨雪量観測所, 16. 鳴子雨雪量観測所

第1図 水温・湧出量及び降水量に関する観測位置
 Observed location of water temperature, discharge and precipitation in the studied area.

第1表 温泉源の諸元と観測期間
Discharge elements of hot springs and the observation terms.

番号	源泉名	場所	深度 d (m)	水温 t (°C)	湧出量 q (l/min)	観測期間 開始年月 終了年月	備考
1	元湯1号泉*	鳴子町 鬼首 宮 沢 33	90	97.0	126.0	1973. 9 1978. 9	ボーリング
2	高亀1号泉*	同 32-2		98.0	96.0	" "	自然湧出
3	かむろ荘源泉	同 25		98.0	20.0	" "	"
4	大新館源泉	同 22		68.0	28.0	" "	"
5	G. S 1号泉*	同	250	25.0	320.0	" "	ボーリング
6	本宮原1号泉*	本宮原 23-1	193	58.0	192.0	" "	"
7	吹上の湯源泉	吹上 16		90.0	8.0	" "	自然湧出
8	とどろき2号泉*	とどろき 1-1	35	80.0	20.0	" "	ボーリング
9	神滝1号泉*	神滝	100	58.0	80.0	" "	"
10	神滝2号泉*	同	100	54.0	43.0	" "	"
11	神滝新源泉*	同	100	59.0	100.0	1972. 5 1975. 3	"
12	片山4号泉	片山		54.0	32.0	1969. 11	自然湧出

1-10 地質調査所委託観測 毎月 7日, 17日, 27日
 11 鳴子町・電発共同観測 毎月 1回
 12 電発観測 毎月 1-2回
 * 自噴泉



第2図 温泉及び地下水の水温変化(図中の番号は第1図の番号と共通)
Variations of water temperatures of hot springs and a cold spring for five years.

る。蟹沢地点に水位標を設置し、高橋 盛氏に委託して1日1回の水位観測を行った。中断期間を除く観測期間は1975年4月から1977年3月までである。

3. 測定・観測結果

温泉源・湧泉及び河川について行った測定及び観測記録は、1973年度を初年度とする各年度のサンシャイン計画研究開発成果中間報告書に既に発表されている(尾崎・菅野, 1977a, 1977b; 尾崎, 1978a, 1978b, 1979, 1980)。ここでは、観測記録のうち水温・湧出量及び降水量について取りまとめた。

3.1 水温

温泉源及び湧泉における水温の測定結果の一部は第2

図に示す通りである。同図において、年間を通じて温度変化が比較的少ない源泉(高亀1号泉(2)・G. S 1号泉(5)など)と、年間を通じたある時期に水温が上昇あるいは逆に低下する源泉(吹上の湯源泉(7)・遠橋の湧泉(13)など)とが認められる。

また、源泉の月平均水温を求めて比較すると、経年的な温度変化は一般に少ないが、いくつかの源泉では季節的な変化がみられる。すなわち、大新館源泉(4)では12月から翌年3月までの期間に、吹上の湯源泉(7)では12月から翌年5月までの期間における水温が比較的低い傾向が認められる(第3図)。第3図において、遠橋湧泉(13)の水温は年間を通じて15°C前後を示すことが多いが、例年3月から5月までの期間は13.5-12.0°Cと低くなり、6

地質調査所月報(第32巻 第8号)

第2表 原観測所の月降水量と温泉源の月湧出量

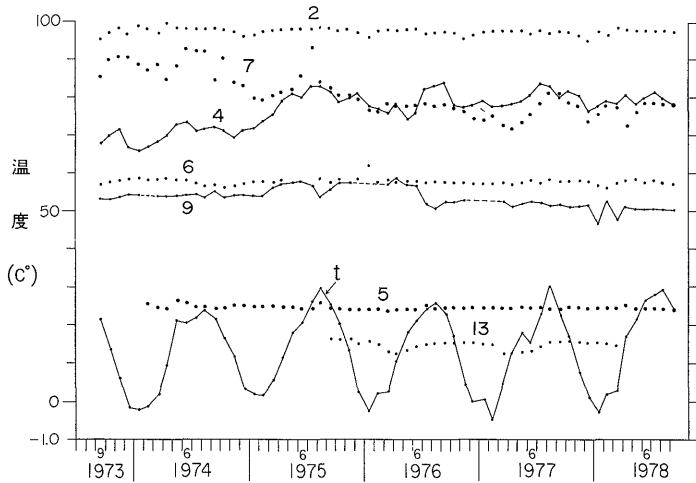
Monthly precipitation (15) and monthly discharges from hot springs.

年	月	原 降水量 P (mm)	高 亀 湧出量 D (m ³)	本宮原 湧出量 D (m ³)	吹上の湯 湧出量 D (m ³)	かむろ荘 湧出量 D (m ³)	大新館 湧出量 D (m ³)	神滝1号 湧出量 D (m ³)	神滝2号 湧出量 D (m ³)	神滝新泉 湧出量 D (m ³)	とどろ 2号 湧出量 D (m ³)
1973.	9	171.2	3,500	8,104	548	799	1,002	4,108	2,532	7,858	432
	10	131.6	4,210	8,424	272	804	1,049	3,821	2,312	4,678	893
	11	344.7	4,095	7,733	324	894	1,067	3,417	2,739	4,031	302
	12	304.3	3,421	6,776	402	830	1,229	3,192	2,384	3,772	625
1974.	1	206.5	3,473	6,017	339	839	960	3,169	1,875	3,259	
	2	157.2	3,064	5,230	262	689	726				
	3	142.8	3,384	5,924	304	848	1,067	1,826	893	1,339	
	4	97.5	3,486	5,577	359	821	1,084	2,851	1,426	3,145	510
	5	111.0	3,808	6,785	384	894	1,201	3,611	2,027	5,093	1,549
	6	214.5	3,979	7,158	454	1,037	1,267	4,018	2,074	6,597	1,473
	7	449.4	4,049	5,759	379	1,045	995	4,125	2,098	7,285	741
	8	101.4	4,098	11,236	433	1,031	991	4,509	2,143	8,901	781
	9	253.0	4,013	9,534	480	1,067	747	4,696	2,061	7,893	1,032
	10	174.1	4,214	7,075	776	973	973	4,169	2,219	8,866	643
	11	197.8	4,445	8,294	639	933	1,020	4,781	2,320	8,221	706
	12	182.0	4,500	8,718	647	906	1,205	4,736	2,152	7,861	505
1975.	1	176.5	4,585	8,781	638	879	1,170	4,629	2,152	7,424	1,174
	2	141.8	4,165	7,314	661	875	827	4,419	1,774	6,177	157
	3	217.2	4,031	8,053	353	1,009	781	4,192	1,861	5,473	580
	4	117.3	4,104	7,064	434	985	1,080	4,320	1,871		1,153
	5	109.6	3,960	7,156	540	1,013	1,004	4,210	1,942		1,080
	6	113.6	3,936	8,392	540	994	1,007	4,147	1,931		1,158
	7	181.3	3,995	8,571	330	1,009	866	3,915	2,219		486
	8	199.3	3,973	8,674	375	1,116	821	4,210	2,067		71
	9	92.3	3,205	7,504	341	985	730	3,171	2,087		99
	10	170.6	3,495	7,486	415	1,027	804	3,165	2,111		379
	11	257.7	3,456	6,432	311	976	747	2,873	2,043		138
	12	53.3	3,424	6,647	286	915	821	2,482	2,022		
1976.	1	150.2	3,165	6,236	268	799	924				
	2	181.7	2,560	5,431	258	702	685				
	3	85.5	2,768	5,714	299	804	594	2,388	2,085		
	4	73.1	2,497	5,517	259	795	747	2,117	2,043		185
	5	53.4	2,665	6,102	311	804	897	1,710	2,290		277
	6	166.2	2,670	6,765	372	791	704	1,646	2,173		
	7	90.9	2,750	7,075	375	906	509	1,911	2,219		
	8	418.4	3,027	6,825	371	902	750	1,678	2,174		
	9	172.1	3,171	6,722	445	907	953	1,525	1,698		
	10	228.2	3,196	7,116	241	866	781	1,303	2,129		
	11	91.2	2,907	6,908	181	920	700	1,166	2,043		
	12	209.7	2,902	6,736	237	656	656	1,166	2,143		
1977.	1	161.9	2,817	6,276	295	638	786				
	2	141.8	2,427	5,564	226	613	714				
	3	105.9	3,000	5,861	205	687	728	942	1,219		

宮城県鬼首地熱地域における温泉湧出量と降水量の関係 (尾崎次男)

第2表 (つづき)

年	月	原 降水量 P (mm)	高 亀 湧出量 D (m ³)	本 宮 原 湧出量 D (m ³)	吹 上 の 湯 湧出量 D (m ³)	か む ろ 荘 湧出量 D (m ³)	大 新 館 湧出量 D (m ³)	神 滝 1 号 湧出量 D (m ³)	神 滝 2 号 湧出量 D (m ³)	神 滝 新 泉 湧出量 D (m ³)	ど ろ ろ 号 湧出量 D (m ³)
1977.	4	109.1	3,231	5,560	212	704	631	1,257	2,203		108
	5	161.4	2,981	6,683	207	763	745	2,132	2,308		625
	6	146.0	2,982	7,547	268	756	893	2,825	2,111		959
	7	165.6	3,013	8,214	259	781	817	3,049	2,152		246
	8	306.9	3,071	8,330	308	803	790	2,893	2,053		
	9	128.7	3,089	7,759	350	808	721	2,799	1,737		
	10	46.1	3,245	7,763	393	777	705	2,781	1,540		
	11	197.7	3,171	7,651	367	765	605	2,592	1,495		
	12	114.8	3,013	7,258	286	728	625	2,299	1,353		
1978.	1	114.8	2,893	6,616	237	478	598	2,089	1,268		
	2	121.6	2,359	5,689	218	585	319	2,125	1,133		
	3	115.3	2,616	5,964	330	710	549	2,098	1,263		
	4	49.0	2,722	5,314	207	700	674	1,840	1,348		406
	5	104.8	2,870	6,273	254	728	603	2,000	2,000		835
	6	250.8	2,765	7,016	298	778	639	2,182	1,309		
	7	33.2	2,732	7,348	268	777	647	2,098	1,312		
	8	169.0	2,469	7,187	228	808	375	1,893	1,183		
	9	126.2	2,402	6,350	183			1,771	1,056		
最 多 湧 出 量	日	(l/min)	106	270	21.8	22.8	35.0	115.7	61.3	218.2	
起	年月日		1974	1974	1974	1974	1974	1974	1973	1974	
最 少 湧 出 量	日	(l/min)	12.7	8.27	10.30	10.30	11.16	9.30	9.10	9.30	
起	年月日		54	120	2.9	7.2	7.9	21.1	28.0	30.0	
最 多 湧 出 量	年月日		1978	1974	1977	1978	1978	1977	1978	1974	
最 少 湧 出 量			8.28	1.28	3.28	1.30	2.28	3.28	3.7	3.28	
			1.96	2.25	7.5	3.2	4.4	5.5	2.2	7.3	



第3図 温泉及び湧泉の月平均水温と月平均気温

(図中の番号は第1図の番号と共通、tは気温を示す。温度の月平均値は測定時における温度を単純に平均して求めた)

Monthly temperature (mean) of water and atmosphere in hot springs and a cold spring.

月初旬以降は14.5°C以上に戻る。

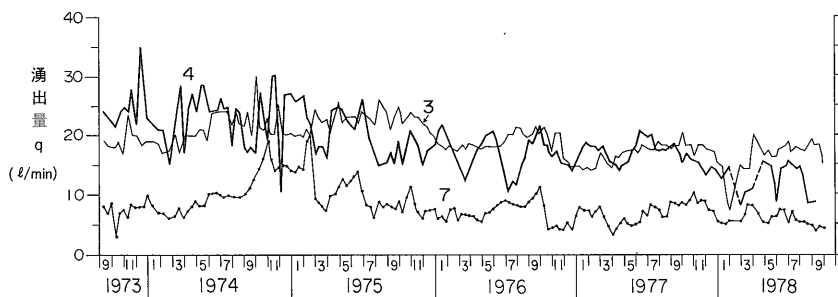
3.2 湧出量

温泉源の月湧出量と原観測所の月降水量は第2表に、湧出量の経年変化は第4図及び第5図にそれぞれ示す通りである。温泉源の湧出量は季節的及び経年的に変化する。その変化の状態は各源泉ごとに異なるが、一般的には夏季に増加し、冬季に減少する傾向がみられる。観測

期間中における各温泉源の最多湧出量と最少湧出量との比は1.96-7.5の範囲にあり、同一地域であってもその値は各源泉で異なる。

3.3 湧出熱量

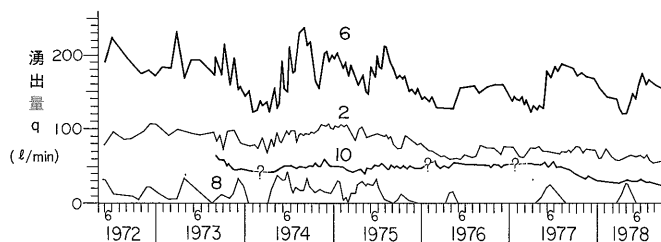
温泉源の湧出熱量は、その水温と湧出量との関係から求めることができる。本宮原1号泉(6)・高亀1号泉(2)・神滝1号泉(9)及びとどろき2号泉(8)の湧出熱量は第6



第4図 温泉湧出量の変化(1)

(図中の番号は第1図の番号と共通)

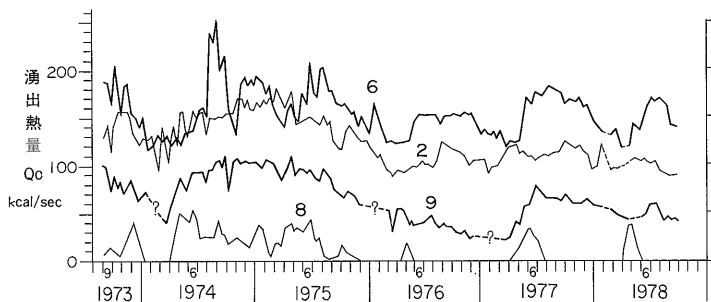
Variations of water discharge (q) from hot springs.



第5図 温泉湧出量の変化(2)

(図中の番号は第1図の番号と共通)

Variations of water discharge (q) from hot springs.



第6図 温泉水の湧出熱量の変化

(図中の番号は第1図の番号と共通)

Variations of heat flow (Q_c) from hot springs.

図に示す通りであり、各温泉源の湧出熱量は湧出量の変化に対応して季節的及び経年的に変化する。

4. 観測結果に対する考察

4.1 降水量と河川・湧泉の水位及び温泉源湧出量との関係

日降水量(原観測所)と河川(かに沢)・湧泉(遠橋湧泉)の水位及び温泉源湧出量との関係を第7図に示す。1976年末から1977年始めにかけては、かに沢(14)の水位は12月から翌年1月までが低く、2月上-中旬から次第に上昇する。遠橋湧泉(13)の水位は12月から翌年2月までが低く、3月上旬から急速に上昇している。かに沢の水位上昇の主な原因は、雪解けによって増水するためと思われる。また、遠橋湧泉の水位上昇は雪解け水の地下浸透による地下水量の増加によるものと考えられる。

温泉湧出量の増加は高亀1号泉(2)は3月下旬(第7図の1977年)、神滝1号泉(9)は4月上旬(第7図の1977年)、とどろき2号泉(8)は4月下旬(第7図の1976年及び1977年)、本宮原1号泉(6)は5月中旬(第7図の1976年及び1977年)の各時期にみられる。これらの水位上昇または湧出量増加は1977年の融雪期に顕著である。

これら湧出量増加の時間的な遅れの現象は地下に浸透した雪解け水が地下水量の増加をもたらす、その影響が各源泉の湧出量にあらわれるまでに、温泉源の位置や深度の相違によって生ずるものと思われる。中村ほか(1959)及び松野・西村(1965)は地質調査所が実施した3カ所のボーリングの結果から地下地質の状況を推定している。これによると、単斜構造を示す宮沢層中の泥質岩の下位にある安山岩あるいは安山岩質角礫岩が被圧

地下水の帯水層となっているようである。

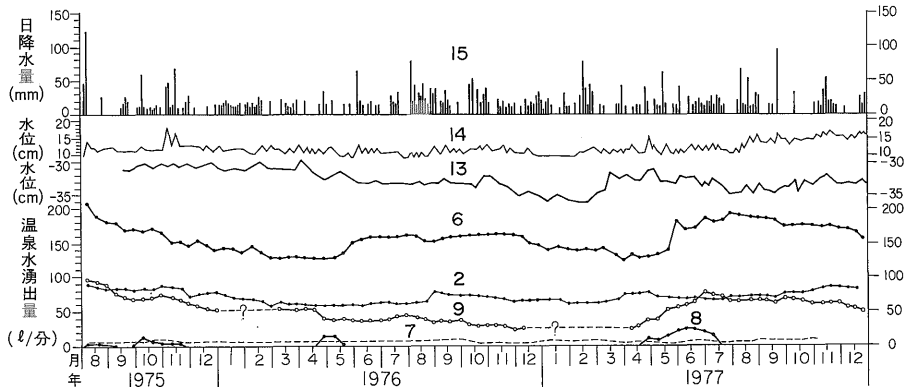
被圧帯水層に対する地下水補給が地表の同一箇所から行われるとすると、その浸透水が帯水層に達する時間は、水理的条件が同じとすれば、到達する位置や深度によって異なると考えられる。また、深度35mのとどろき2号泉(8)の湧出量増加の時期は4月中旬、深度193mの本宮原1号泉(6)の湧出量増加の時期は5月中旬である。この間の約1カ月の時間差は両源泉の帯水層の深度の違いを反映したものである。

4.2 積雪深と地下水及び温泉源湧出量との関係

冬季における河川及び湧泉の水位低下ならびに温泉源における湧出量の減少は、冬季の積雪からの地下水補給が少ないことと関係があると思われる。そこで、この問題をとどろき2号泉(8)を例にとって考察してみたい。

地下水量は鳴子ダム地点における江合川(流域面積210.1 km²)の流量記録のハイドログラフを分離して求めた基底流量の流出高(旬合計 mm)で示す。深度35mのとどろき2号泉(8)は自噴井で、水位が管の吐出口より高い時は自噴するが、それより低い時は自噴を停止し、見掛上湧出量は0となる(第5図)。

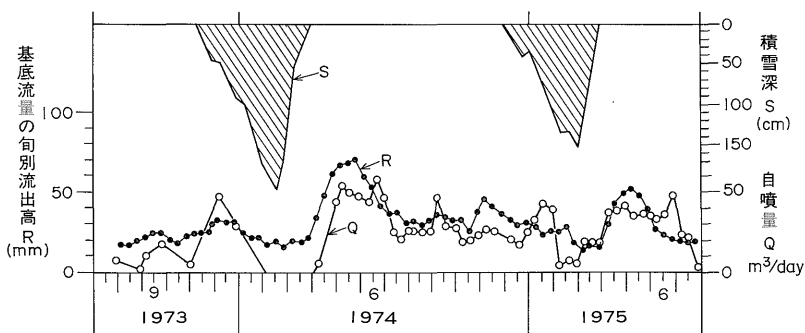
とどろき2号泉の自噴量と江合川の基底流量(地下水流出量)の流出高及び積雪深(原観測所)との関係は第8図に示す通りである。同図によると、積雪は11月中旬か下旬に始まり、2月中旬から下旬にかけてピークに達する。その後は雪解けの時期にはいり、積雪は3月下旬に消滅する。これに対し、地下水量及び温泉源の湧出量(自噴量)は2月ないし3月までの期間に減少する傾向があり、積雪が消滅する3月末から急速に増加する。これらの事実は積雪期間中における温泉水量の大部分は積



第7図 日降水量と河川・湧泉の水位及び温泉源湧出量との関係

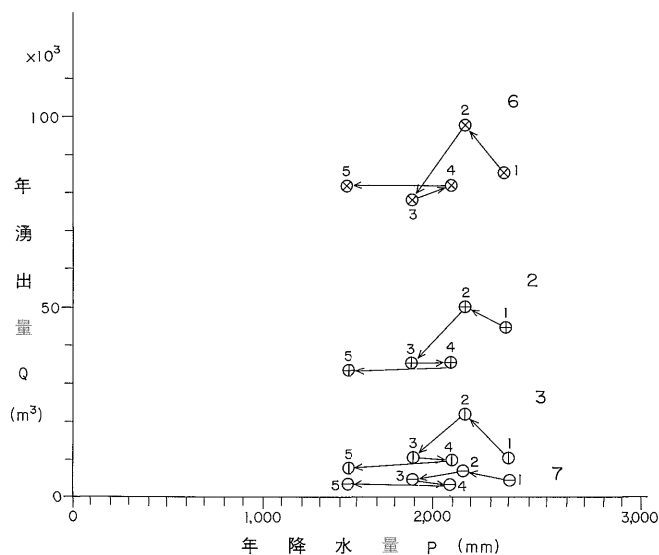
(図中の番号は第1図の番号と共通)

Relation between daily precipitations (15) and water discharges including the discharges from hot springs and water levels in a stream and cold spring.



第8図 積雪深 (S, 原観測所) と江合川の基底流量 (R) 及び「とどろき2号」源泉の自噴量 (Q) との関係

Relation between snow depth (S) and water discharge including base flow from R. Eai (R) and flowing water quantities from Todoroki No. 2 hot spring (Q).



第9図 9月1日を起日とする水年における降水量と温泉湧出量との関係
(図中の大文字の番号は第1図の番号と共通, 小文字の番号は9月1日を起日とする水年を示す)
Relation between annual precipitation (P) and annual discharges (Q) from hot springs in each water years from Sept. in 1973 to Aug. 1978.

雪前における地下水の補給量で維持されており, 積雪そのものからの地下水補給はほとんどないか, あっても僅少であることを示すものと思われる. また, 江合川の基底流量の流出高から推定すると, 長期間にわたって連続して行われる雪解け水の 1 km^2 当り 1日に 3 mm (水量換算では $3,000\text{ m}^3$) 以上の地下水補給量によって地下水量は著しく増加する.

4.3 温泉湧出量と降水量に関する水年について

水年単位で温泉湧出量と降水量との関係を明らかにす

るには, 水年の起日をいつにするかが重要な問題である. 一般に, 水年の起日は降水量及び湧出量が年間を通じてもっとも少ない時期が基準となる. また, 積雪が多い地域では, 降水量の起日は降雪が根雪になる時期が選ばれることが多い. 鬼首地域では降雪が根雪になる時期は山地に較べて平地は遅く, さらに積雪量の多寡も相違することが予想される. また, 冬季の降雪量の多寡は水年毎に異なるから, 積雪の影響による最少湧出量の時期は水年によっては若干異なり, 2月・3月及び4月に生

ずることがある(第5図). 要するに降水量と湧出量について別々の水年期間を組み合わせ、水年降水量と水年湧出量との関係が最もよく対応した時、それぞれの水年の起日とするのが適当であろう(君島, 1935; 山口, 1972).

鬼首地域の温泉源は降水及びそれに由来する地下水の補給をうけていることが前節で明らかになったが、ここでは各温泉源の湧出量と降水量との関係について、さらに水年別に検討をすすめてみる.

第2表は1973年9月から1978年9月まで5年間の記録である. まず、単純に9月から翌年8月までを1水年とし、水年降水量と温泉湧出量との関係を求めてみる. 本宮原1号泉(6)、高亀1号泉(2)、かむろ荘源泉(3)、吹上の湯源泉(7)における5水年の降水量と温泉湧出量との関係は第9図に示す通りである. 同図に関する限りでは、降水量と温泉湧出量との関係はほとんど有意性を示さない. この理由は、両者の水年の起日に問題があり、温泉湧出量の水年の始めの月に前月及び前々月における降水量及び地下水量の影響が作用する結果と思われる.

そこで、水年の起日の取扱いについて少し検討する. 前節で考察したように、積雪が始まる月は年によって異なるが、おおよそ12月中には根雪となる. そして2月中旬頃から雪解けが始まり3月末に至って積雪は消滅

する. しかし、積雪が消滅する時期は場所によって異なり、山地の沢奥ではその時期が遅れるだろう. また、積雪の時期には地下水補給は僅少であり、水年単位では無視できる程度の量と思われる. 地下水量及び温泉湧出量などの増加の時期は雪解けが始まる2月中旬以降である. したがって、両者の水年の起日は、降水年は12月1日から翌年11月末日とし、温泉湧出年は翌年3月以降とするのが妥当と思われる.

4.4 試用水年における湧出量と降水量との関係

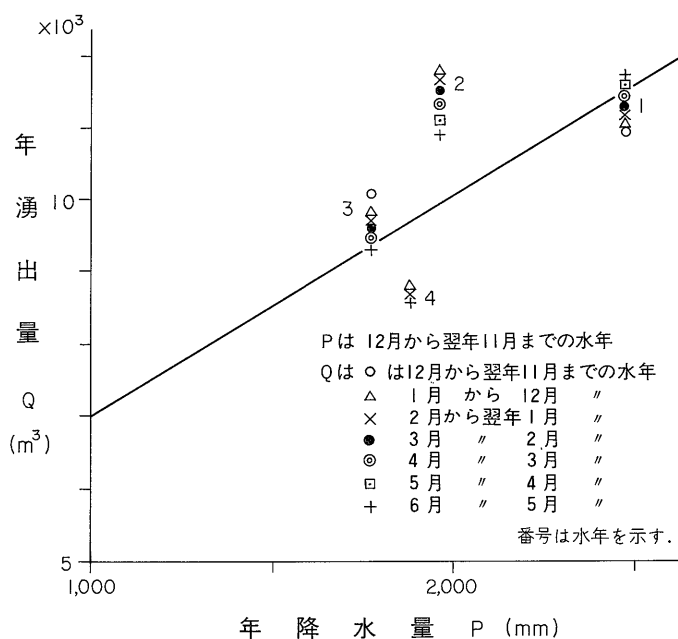
ここでは、水年の起日は、降水年は12月1日から翌年11月末日まで、温泉の湧出年の始めを12月さらに翌年1月から6月とした場合のそれぞれについて試算を行い、各水年における降水量と温泉湧出量との関係を比較した. その結果は次の通りである.

かむろ荘源泉 (自然湧出)

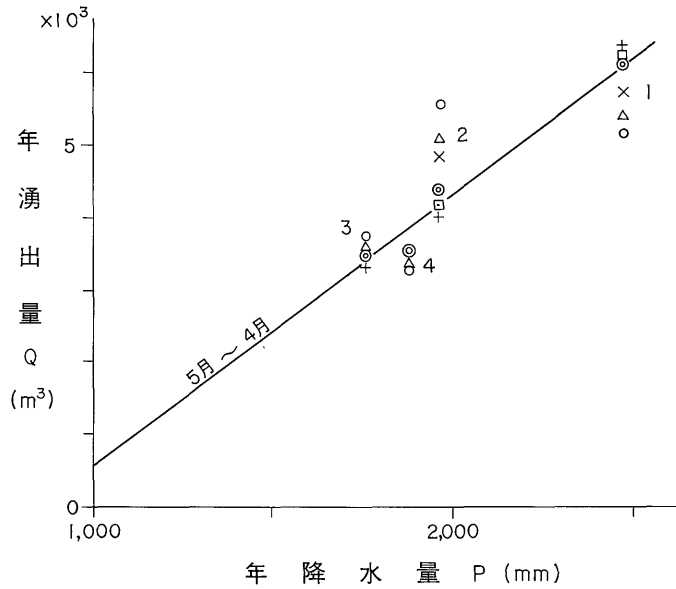
第10図において、年降水量と年湧出量との関係は明瞭でないが、第1水年では湧出年の起日が遅れるほど湧出量の値が大きく、第2水年、第3水年及び第4水年では、逆にその値が小さくなる傾向がみとめられる.

吹上の湯源泉 (自然湧出)

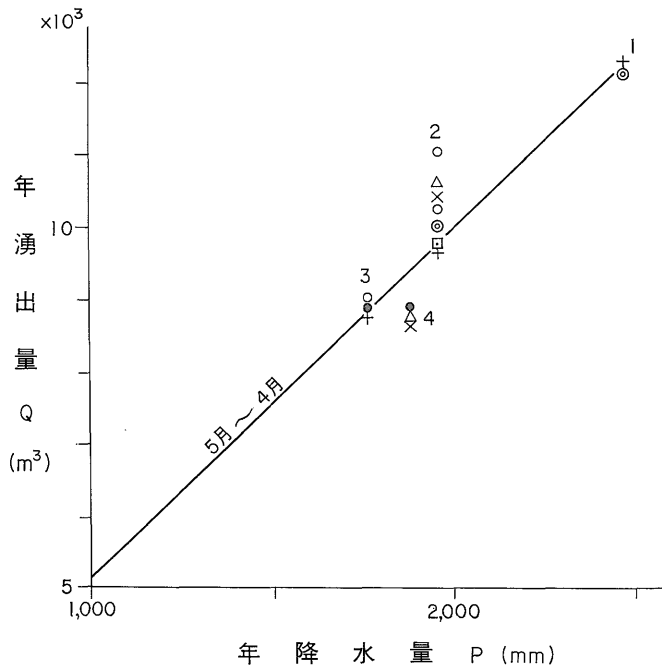
第11図において、湧出年の起日を遅らせた場合、湧出量の変化の傾向は、かむろ荘源泉の場合と同様である.



第10図 試用水年における年降水量と「かむろ荘」源泉の年湧出量との関係
Relation between annual precipitation (P) and annual discharge (Q) from Kamurosō hot spring (3) in experimental water years.

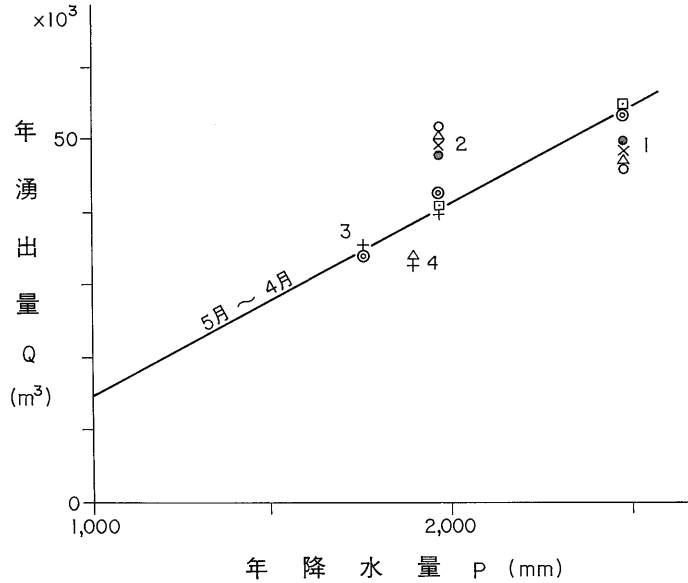


第11図 試用水年における年降水量と「吹上の湯」源泉の年湧出量との関係
 (図中の記号の説明は第10図と共通)
 Relation between annual precipitation (P) and annual discharge (Q) from Fukiagenoyu hot spring (7) in experimental water years.



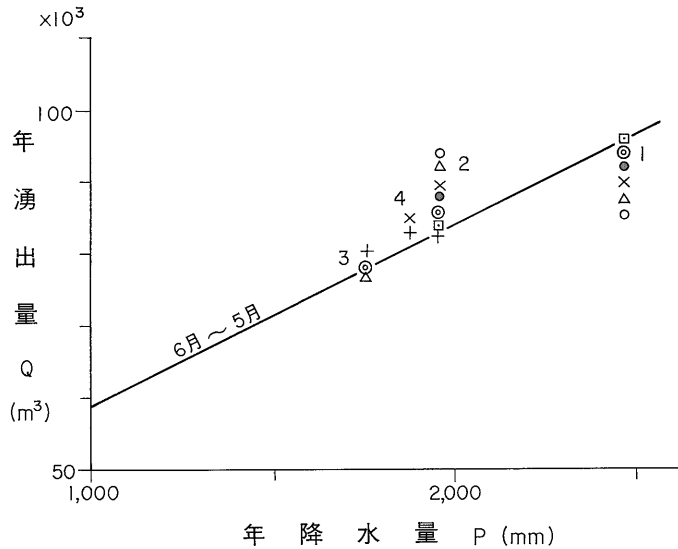
第12図 試用水年における年降水量と「大新館」源泉の年湧出量との関係
 (図中の記号の説明は第10図と共通)
 Relation between annual precipitation (P) and annual discharge (Q) from Daishinkan hot spring (4) in experimental water years.

宮城県鬼首地熱地域における温泉湧出量と降水量の関係（尾崎次男）



第13図 試用水年における年降水量と「高亀1号」源泉の年湧出量との関係
(図中の記号の説明は第10図と共通)

Relation between annual precipitation (P) and annual discharge (Q) from Takagame No. 1 hot spring (2) in experimental water years.



第14図 試用水年における年降水量と「本宮原1号」源泉の年湧出量との関係
(図中の記号の説明は第10図と共通)

Relation between annual precipitation (P) and annual discharge (Q) from Motomiyabara hot spring (6) in experimental water years.

地質調査所月報(第32巻第8号)

第3表 設定水年における月降水量と温泉源の月湧出量

Monthly precipitation (15) and monthly discharges from hot springs in the established water years.

水年 W.Y	年 月	原 降水量 P (mm)	高 亀 1号泉 $R_1(m^3)$	本宮原 1号泉 $R_2(m^3)$	吹上の湯 $R_3(m^3)$	かむろ 荘源泉 $R_4(m^3)$	大新館 源泉 $R_5(m^3)$	神 滝 1号泉 $R_6(m^3)$	神 滝 2号泉 $R_7(m^3)$	神 滝 新 泉 $R_8(m^3)$	とどろき 2号泉 $R_9(m^3)$	
1	1973. 12	304.3										
	1974. 1	206.5										
		2	157.2									
		3	142.8									
		4	97.5			359	821	1,084			510	
		5	111.0	3,808		384	894	1,201	3,661	2,027	5,093	1,549
		6	214.5	3,979	7,158	454	1,037	1,067	4,018	2,074	6,597	1,473
		7	449.4	4,049	5,759	379	1,045	995	4,125	2,098	7,285	741
		8	101.4	4,097	11,236	433	1,031	991	4,509	2,143	8,901	781
		9	253.0	4,013	9,534	480	1,067	747	4,696	2,061	7,893	1,032
		10	174.1	4,214	7,075	776	973	973	4,169	2,219	8,866	643
11	197.8	4,445	8,294	639	933	1,020	4,781	2,320	8,221	706		
計		2,409.5										
2	1974. 12	182.0	4,500	8,718	647	906	1,205	4,736	2,152	7,861	505	
	1975. 1	176.5	4,585	8,781	638	879	1,170	4,629	2,152	7,424	1,174	
		2	141.8	4,165	7,314	661	875	827	4,419	1,774	6,177	157
		3	217.2	4,031	8,053	353	1,009	781	4,192	1,861	5,473	580
		4	117.3	4,104	7,046	434	985	1,080	4,320	1,871		1,153
		5	109.6	3,960	7,156	540	1,013	1,004	4,210	1,942		1,080
		6	113.6	3,936	8,392	540	994	1,007	4,147	1,931		1,158
		7	181.3	3,995	8,571	330	1,009	866	3,915	2,219		486
		8	199.3	3,973	8,674	375	1,116	821	4,210	2,067		71
		9	92.3	3,205	7,504	341	985	730	3,171	2,087		
		10	170.6	3,495	7,486	415	1,027	804	3,165	2,111		99
11	257.7	3,456	6,432	311	976	747	2,873	2,043		379		
計		1,959.2										
3	1975. 12	53.3	3,424	6,647	286	915	821	2,482	2,022		138	
	1976. 1	150.2	3,165	6,236	268	799	924				—	
		2	181.7	2,560	5,431	258	702	685				—
		3	85.5	2,768	5,714	299	804	594	2,388	2,085		—
		4	73.1	2,497	5,517	259	795	747	2,117	2,043		185
		5	53.4	2,665	6,102	311	804	897	1,716	2,290		277
		6	166.2	2,670	6,765	372	791	704	1,646	2,173		
		7	90.9	2,750	7,075	375	906	509	1,911	2,219		
		8	418.4	3,027	6,825	371	902	750	1,678	2,174		
		9	172.1	3,171	6,722	445	907	953	1,525	1,698		
		10	228.2	3,196	7,116	241	866	781	1,303	2,119		
11	91.2	2,907	6,908	181	920	700	1,166	2,043				
計		1,764.2										
4	1976. 12	209.7	2,902	6,736	237	656	656	1,116	2,143			
	1977. 1	161.9	2,817	6,276	295	638	786					
		2	141.8	2,427	5,564	226	613	714				
		3	105.9	3,000	5,861	205	687	728	942	1,219		

第3表 (つづき)

水 年 W.Y	年 月	原 降水量 P (mm)	高 亀 1号泉 R ₁ (m ³)	本宮原 1号泉 R ₂ (m ³)	吹上の湯 R ₃ (m ³)	かむろ 荘源泉 R ₄ (m ³)	大新館 源泉 R ₅ (m ³)	神 滝 1号泉 R ₆ (m ³)	神 滝 2号泉 R ₇ (m ³)	神 滝 新 泉 R ₈ (m ³)	とどろき 2号泉 R ₉ (m ³)	
4	1977. 4	109.1	3,231	5,560	212	704	631	1,257	2,203		108	
	5	161.4	2,981	6,683	207	763	745	2,134	2,308		625	
	6	146.0	2,982	7,547	268	756	893	2,825	2,111		959	
	7	165.6	3,013	8,214	259	781	817	3,049	2,152		246	
	8	306.9	3,071	8,330	308	803	790	2,893	2,053			
	9	128.7	3,089	7,759	350	808	721	2,799	1,737			
	10	46.1	3,245	7,763	393	777	705	2,781	1,540			
	11	197.7	3,171	7,651	367	765	605	2,592	1,495			
	計	1,880.8										
	1977. 12	114.8	3,013	7,258	286	728	625	2,299	1,353			
	5	1978. 1	114.8	2,893	6,616	237	478	598	2,089	1,268		
2		121.6	2,359	5,689	218	585	319	2,125	1,133			
3		115.3	2,616	5,964	330	710	549	2,098	1,263			
4		49.0	2,722	5,314	207	700	674	1,840	1,348		406	
5		104.8	2,870	6,273	254	728	603	2,000	2,000		835	
合 計	7,913.7	159,322	341,299	17,553	40,934	39,069						
平 均	1,978.4	39,831	85,325	4,388	10,235	9,767						
最 多	①2,309.5	①49,990	①96,124	①6,203	①11,470	①12,061	①52,255	①24,752				
最 少	③1,764.2	④34,155	⑥78,091	④3,435	④8,658	④7,998	④29,424	④19,761				
最少/最多×100(%)	76.4	68.3	81.2	55.4	75.5	66.3	56.3	79.8				
最多-最少×100(%) 最 多	23.6	32.0	19	45.6	25.0	33.0	44.0	20.0				

(最多, 最少の値に付した数字は水年を示す)

湧出年の起日を5月とすると, 第11図における年湧出量と年降水量との関係はほぼ直線状に示される. 仮にこの直線が年降水量 1,700 mm (4水年の最少値) 以下に適用できるとすれば, 吹上の湯源泉の湧出量は年降水量が 800 mm 以下になると枯渇することになる.

第11図において, 1 km² 当りの年降水量 P (mm) を m³ 単位 (m³=P (mm) × 1/1,000 × 1,000 (m) × 1,000 (m)) に換算すると, 年湧出量 Q (m³) と年降水量 P (m³) との関係は次の近似式で示される.

$$Q = 0.0038 P - 3,200$$

大新館源泉 (自然湧出)

湧出年の起日を5月にすると, 同様に第12図から年湧出量と年降水量との関係は次の近似式で示される.

$$Q = 0.00458 P + 800$$

高亀1号泉 (自然湧出)

高亀1号泉は前3者に比較して湧出量が多い自然湧出の源泉である. 湧出年の起日を5月とすると, 同様に第13図から次の近似式が得られる.

$$Q = 0.0283 P - 15,000$$

本宮原1号泉 (深度193 m)

本宮原1号泉は地表面からの水位が高く自噴する. 湧出量 (自噴量) が最も多い源泉である. 湧出年の起日を6月とすると, 同様に第14図から次の近似式が得られる.

$$Q = 0.0256P + 32,500$$

本稿では, 降水年の起日を10月及び11月とした場合 (図省略) も計算したが良い対応は得られていない. 12月にしたときに最も良い対応を示す.

したがって, 水年の期間は, 降水年は12月1日から翌年11月末日まで, 自然湧出の温泉の湧出年は5月1日から翌年4月末日まで, ボーリングによる本宮原1号泉の湧出年は6月1日から翌年5月末日までとするのが適当である.

5. 湧出熱量の減少

降水年及び湧出年の起日を上述のように設定した月降

水量(原観測所)と温泉源の月湧出量を第3表に示す。4水年における各温泉源の年最多湧出量(Q_{max})と、年最少湧出量(Q_{min})との差と年最多湧出量との比率は19.0%から45.6%の範囲にある(第3表)。

温泉源における年湧出熱量(Q_c)は年平均泉温(T_m)及び年湧出量(Q)を既知として求めることができる。

$$Q_c = T_m Q \quad (1)$$

温泉源の泉温は年平均値と比較すると各年泉温の差は小さい。(1)式で T_m を一定とすると、 Q_c は Q と比例関係にある。また、年最多湧出量(Q_{max})と年最少湧出量(Q_{min})と湧出熱量の減少率(ΔQ_c)は、

$$\Delta Q_c = \frac{T_m(Q_{max} - Q_{min})}{T_m \cdot Q_{max}} \times 100 \quad (2)$$

で示される。(2)式で T_m を一定とすると、湧出熱量の比率は湧出量の比率に等しい。

原観測所における1954年から1979年まで25年間の最多降水量(P_{max})は2,638mm、最少降水量(P_{min})は1,292mmである。この降水量は暦年であって、本稿の水年降水量と異なる。詳細な降水記録を入手していない関係もあり、ここでは、便宜上この暦年降水量を使用して本宮原1号泉の湧出量を試算する。

$$Q = 0.0256P + 32,500$$

の関係式に P_{max} 、 P_{min} の値を代入すると、 $Q_{max} = 100,033m^3$ 、 $Q_{min} = 65,575m^3$ を得る。両者の差による湧出熱量の減少率は

$$\Delta Q_c = \frac{T_m(Q_{max} - Q_{min})}{T_m \cdot Q_{max}} \times 100$$

で T_m を一定とすると、34.4%となる。同様に、吹上の湯源泉では、 $Q_{max} = 6,824m^3$ 、 $Q_{min} = 1,710m^3$ となり、湧出熱量の減少率は75%強となる。

6. ま と め

鬼首地熱地域における5年間の観測データを検討し、温泉湧出量と降水量との関係等について次の結果を得た。

1) 温泉源の湧出量は季節的及び経年的に変化する。最多湧出量に対する最少湧出量の比は、おおよそ2.0-7.5の範囲にある。

2) 温泉源の湧出量は地下水量と密接な関係がある。湧出量は供給される地下水量の多寡にしたがって増加及び減少する。とくに、雪解け水から連続して行われる、1日に3mm以上の地下水補給量によって湧出量は著しく増加する。また、1年間において温泉源の湧出量が増加する時期は各源泉にそれぞれ時間的な遅れがある。時間的な遅れは、雪解けが始まる2月中旬以降1.5カ月から

3.5カ月である。

3) 温泉源の泉温は経年的に変化する。しかし、その変化が顕著なもの、僅少のものがある。その変化が顕著なものについては泉源の位置と測定位置などの関係について、さらに検討する必要がある。

4) 温泉源の湧出熱量は季節的及び経年的に変化する。とくに1975年7月以降1977年3月までに温泉源の湧出熱量が減少する傾向が認められた。

5) 積雪がある本地域では水年の期間は、降水年は12月1日から翌年11月末日まで、自然湧出の温泉の湧出年は5月1日から翌年4月末日まで、ボーリング泉の本宮原1号泉の湧出年は6月1日から翌年5月末日までとするのが妥当である。

6) 上記の方法による4水年における温泉源の年湧出量と年降水量との関係は、4カ所の温泉源において直線的な平衡を示し、一次の近似式であらわされる。

7) 原観測所における25年間の最多年降水量(2,640mm)と最少年降水量(1,290mm)の値を用いて、本宮原1号泉と吹上の湯源泉の年湧出熱量をそれぞれ試算した。最多年湧出熱量に対する最少年湧出熱量の減少率は前者が34%強、後者が75%強となる。

8) 温泉源の湧出量と降水量との関係をすべて明らかにすることは困難である。本研究においては、10カ所の温泉源のうち、関係式を得たのは4源泉であった。

今後の課題として、湧出量と降水量との関係を求めるに当たっては、降水量のほか、河川及び湧泉などの水量を含めて検討することが望まれる。

本研究では、宮沢温泉に自記雨量計を設置した。また、片山地点には電源開発㈱が自記雨量計を設置しているが、本調査期間中雨量計の故障等で欠測期間が生じている。このため対象地域外の前観測所の値を使用した。温泉湧出量はその流域の降水量に対応して求めるべきであろう。この種研究においては水年の単位を考慮した更に長期の観測が望まれる。

文 献

- 君島八郎(1935) 地表水。九善, p. 279-280.
 松野久也・西村嘉四郎(1965) 宮城県鬼首地区の地質ならびに地質構造について。地調月報, vol. 16, p. 353-363.
 中村久由ほか(1959) 宮城県鬼首環状地内における地質構造と地熱の関係。地調月報, vol. 10, p. 576-600.
 尾崎次男(1975) 河川流量を利用した温泉水流出熱量の測定—地熱地域における熱水系に關す

- る研究, 第1報. 地調月報, vol. 26, p. 365-382.
- 尾崎次男 (1976) 宮城県鬼首, 吹上温泉地域から吹上沢に流入した温泉水量と地下水量. 日本地下水学会誌, vol. 18, p. 101-111.
- ・菅野敏夫 (1976) 宮城県鬼首地熱地域およびその周辺における河川水文の研究—地熱地域の熱水系に関する研究—. 地調月報, vol. 28, p. 735-751.
- ・——— (1977a) 水理熱流量の研究, その1, 鬼首地区広域水理および温泉観測. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和48年度資源開発利用および国土保全技術研究成果中間報告書, 地質調査所, p. 10-51.
- ・——— (1977b) 水理熱流量の研究, その2, 鬼首地区精密水理および温泉観測. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和49年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 5-42.
- (1978a) 宮城県鬼首地熱地域における水理調査研究および温泉観測, 第3報. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和50年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 4-44.
- (1978b) 宮城県鬼首地熱地域における精密水理調査研究および温泉観測, 第4報. 昭和51年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 10-56.
- (1979) 宮城県鬼首地熱地域における精密水理調査研究および温泉観測, 第5報. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和52年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 11-38.
- 尾崎次男 (1980) 宮城県, 鬼首地熱地域における温泉観測 (53年度). 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和53・54年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 95-113.
- 高島 勲 (1978) 宮城県鬼首地熱地域宮沢温泉における昭和51年度雨雪量・気圧および水質観測. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和51年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 58.
- (1979) 鬼首地区宮沢温泉における雨雪量・気圧および水質観測. 地熱地域の熱水系に関する研究, 昭和52年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地質調査所, p. 41.
- 山口久之助 (1972) 羊蹄山の湧水とその水収支について, 地学雑誌, vol. 81, p. 290-306.
- 湯原浩三 (1963) 温泉の湧出量と雨量. 温泉科学, vol. 14, p. 1-8.
- ・小鯛桂一・幾志新吉 (1967) 箱根強羅地区の温泉と地下水の関係について. 温泉科学, vol. 17, p. 102.
- (1968) 湧出量と泉温の関係について. 温泉科学, vol. 18, p. 148-156.

(受付: 1981年1月14日; 受理: 1981年3月18日)