

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

—地熱地域における熱水系に関する研究 第2報—

尾崎 次男* 菅野 敏夫*

Hydrological Investigation of Stream Flow
in the Onikobe Geothermal Area

Tsugio OZAKI and Toshio KANNO

Abstract

Water discharge, temperature and specific resistivities of the stream flows in the Onikobe basin where the geothermal activities are very active, were measured in order to get basic informations on the water and heat balances of Onikobe geothermal system.

The stream flow measurements were carried out from July 24 to August 5 in 1973. 108 measurement points were set in the drainage basin of 180 km² in the Onikobe area.

As the amount of precipitation was almost nothing during the measurements, it is considered that the distribution of specific discharge calculated from the field measurements are close relation with amount of seepage which is connected to geological constitution of the area.

Therefore specific discharges of each subdivided eleven drainage area were calculated (table 1) and were classified into two groups i.e. the area having the discharge higher than mean value of 0.013 m³/sec/km² and the low specific discharge area which is lower than the mean value.

According to the map of specific discharge distribution map (figure 3), lower discharge areas are distributed in the southern part of the central mountains which consist of mudstone or argillaceous altered rocks made by geothermal activities. On the other hand, higher discharge areas are distributed at the northern half and southeastern end of the central mountains where volcanic rocks are predominated.

Based on the temperatures and discharges of stream flow, the specific heat discharges were calculated and divided into high and low heat discharge areas which are classified by the mean value of 140 kcal/sec/km² (figure 5). According to this map high heat discharge areas are distributed in the southeastern and northwestern parts of the central mountains with the trend of NE-SW direction.

要 約

(1) 宮城県鬼首の地熱・温泉地域における地下水賦存に関する研究の基礎的資料をうる目的で、流域面積約 180 km² の江合川水系に含まれる河川の 108カ所について、流量、水温および水比抵抗などの測定を行った。

(2) 本調査時における河川流量の大部分は流域から湧出した地下水から涵養されている。したがって、河川流量の測定から間接的に地下水湧出量の規模の大小が推定できる。

1 km² 当たりの地下水湧出量は、宮沢・吹上・赤沢および片山などの地熱・温泉地区では 1 日に 0.6-1.3 mm である。これに対し、安山岩類の熔岩が卓越する流域で

は、1 日に 3-8 mm と地下水湧出量が多い。

(3) 流域の河川流量と岩層分布および地質構造などに関連して検討した結果は次のようであった。a) 降水の浸透能が小さい粘土層・シルト層および変質作用を受けた岩石が卓越する流域では地下水量は小さい。b) 無層理で白色の浮石質砂岩層で構成される流域では地下水湧出量は皆無あるいは僅少である。c) 断層の存在と地下水が多量に湧出することとの関係は認められない。d) 地下水湧出量が多い流域では、下流側で低透水性の地層あるいは岩石が河床に露出しているなどの事実から流域からの地下水が河川に湧出する機構は、1) 高透水性の地層で構成される流域であっても、その地層と下位にある低透水性地層の位置に関係する。2) 地下水は相対的に高透水性地層と低透水性地層の境界面から湧出するが、

* 環境地質部

低透水性地層上面の形状が凹面をなす場合には湧出量が多い。

(4) 高日向山地の東側斜面および南斜面では、地上に露出する泥岩・凝灰質泥岩などの上面で1日に4mm前後の地下水が湧出する。地下水湧出量の量的規模から推定すると、高日向山地の東側斜面および南側斜面に賦存する地下水の大部分が地上に湧出するため下位にある岩層に浸透する地下水量はきわめて少ないものと思われる。

(5) 山王沢の支流、中の沢の水温は19.1℃、水比抵抗は3,000 Ω-cm前後を示していることから、中の沢流域には温泉の存在あるいは水質不良な地下水の存在が推定される。

河川流量と水温の関係から求めた流出熱量の結果によると、高熱量を示す地域は吹上一女釜・男釜一古沢を結ぶ方向と寒湯一中の沢一片山を結ぶ方向に分布する。

(6) 降雨が少ない時期に実施した河川の流量測定結果から、間接的に地下水湧出量の規模が把握できた。さらに流域を構成する岩層および地質構造などと地下水湧出量の関連について検討した結果、流域からの地下水が河川に湧出する機構の一端が明らかとなった。

1. 緒言

工業技術院の新エネルギー技術研究開発計画(いわゆるサンシャイン計画)の中で実施されている「地熱地域の熱水系に関する研究」の一環として宮城県鬼首地熱地域の水文調査研究を行った。熱水系の研究とは、地下の地熱貯留槽への天水の補給量を推定し、これによって地熱資源の最適採取技術を確定するための基礎データを得ようとするものである。

この目的に沿って、昭和48年には地熱地域の地表および地表に近い部分における水分分布の概要を把握するため、広域的な水分分布調査を計画実施した。本地域における水文研究の一部についてはすでに発表(尾崎, 1975)した通りである。調査研究に際しては鳴子町当局から多大な御便宜を賜わった。ここに深く感謝の意を表する。

2. 調査のねらい

山岳地域の自然河川において、晴天がつづいた後でも、なお流水がある理由は、流水の大部分が流域から湧出した地下水によって涵養されているからである。したがって、比較的晴天がつづく低・渇水の時期に各河川の流量を短時間に実測することが可能であれば、間接的であるが各流域から湧出した地下水の量的規模が把握できるものと考えられる。また、流域を構成する岩石および地層中に浸透した補給水量が岩石および地層中から湧出

した地下水量に等しいと仮定すれば、補給水の量的規模が判断できる。

流域を構成する地質が河川の流出にどのような影響を与えるかを検討するため、まず全域の地質を参考にして11の水文地質区に区分した。この地域の地質調査は片山・梅沢(1958)、中村・他(1959)、松野・西村(1965)、山田(1972)などによって実施されている。ここでは、主として松野・西村の結果を参考として、一つの水文地質区(流域)が出来ただけ単一の岩石・地層が卓越するように区分した。ついで各水文地質区について、上流、下流の変化も把握できるように測点を選び、河川流量・水温および水比抵抗などの測定を行った。河川流量・水温・水比抵抗などの測定は、まず中央山地¹⁾から発源する河川、ついで外側山地から発源する河川の順に実施し、さらに若干の代表的な流域の河川について実施した。河川流量は、測定可能な0.001 m³/sec以上の流量規模の河川を対象とし、小型流速計を使用した流量測定から求めた。また、河川流量は時間的に変化するので、この変化量を知るために、2, 3の河川(つつみの沢・あらかわ・荒雄川)について隔日後に重複して測定を行った。

3. 調査の概要

調査期間 昭和48年7月23日—8月6日

調査範囲 宮城県玉造郡鳴子町鬼首地内の荒雄川と田代川の合流点から上流の江合川の流域(面積約180 km²)。

(第1図参照、関係地形図、1:25,000、軍沢・鬼首)

調査対象

実測した河川流量 108カ所

河川表流および温泉の水温測定 139カ所

河川表流および温泉の水比抵抗測定 135カ所

調査用機具

T・F型流速計、 $V=0.224N-0.002$

V : 流速 (m/sec), $N = \frac{n}{T} n$: 流速計の回転翼の回転数, T : 所要回転数の秒数 (sec) $\frac{1}{10}$ 目盛棒状温度計,

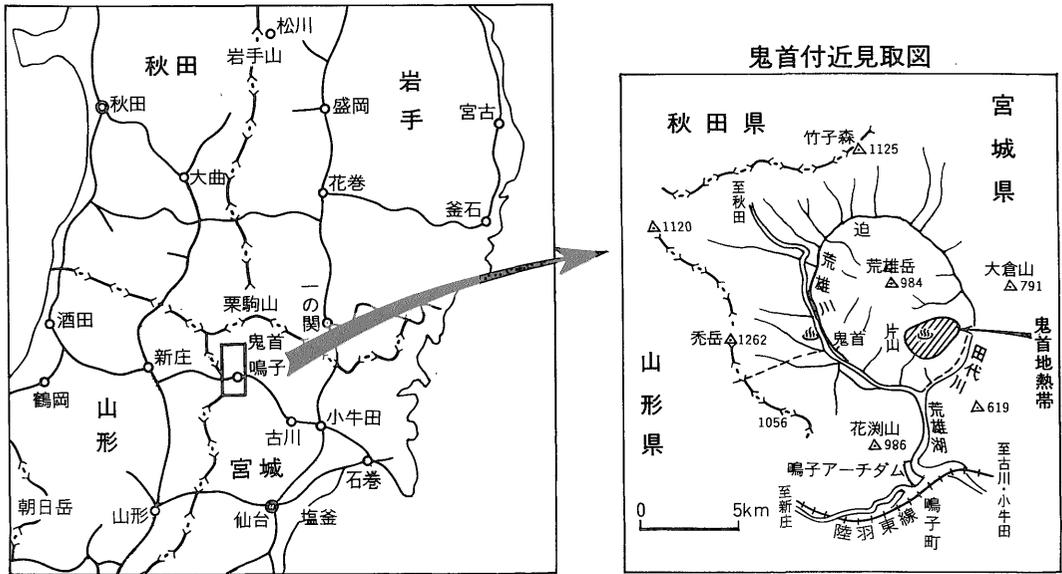
CM-3M型携帯用電導度計

4. 調査結果

調査地域内にある河川・湧泉および温泉などについて測定した流量・水温および水比抵抗などの結果を第1表に、測定位置を第2図に示した。

4.1 河川の流量と比流量

1) 調査地域の地形は概ね荒雄岳を中心とした中央山地と荒雄川・田代川に沿った環状低地とその外側山地に大別できる。



第1図 鬼首地熱地域の位置図

水文地質区分毎の水量規模を比較するため、河川流量と測定地点から上流の流域面積から求められる比流量(単位面積当たりの流量, 単位は $m^3/sec/km^2$ で示す。以下単位を省略する)をそれぞれ求め、その結果を第1表に示した。第1表に示した比流量値にはバラつきがあるので、この結果を見易いように、荒雄川の no. 72 地点における比流量値 $0.0131^{2)}$ を全流域平均の比流量値と見なし、この値を上廻る流域と下廻る流域に大別した結果を第3図に示した。さらに、水文地質区分毎にまとめた比流量・水温・水比抵抗などの結果を要約し第2表に示した。

4.2 河川の水比抵抗

調査地域における河川の 135カ所において水比抵抗の測定を行った(第1表)。

河川の水比抵抗値は 35,000-410 Ω -cmの範囲にあり、その値は不規則である。ここでは、便宜上水比抵抗値を、20,000 Ω -cm以上を示す地区、20,000-10,000 Ω -cmを示す地区および 10,000 Ω -cm以下を示す地区に大別した水比抵抗分布を第4図に示した。

4.3 河川の水溫

流量測定地点において、それぞれ河川の水溫を測定した(第1表)。

本地域における熱量の概数を把握するため、河川の水溫と流量の値および流域面積から単位面積当たりの熱量

を試算した。試算に当たっては、もっとも低い水溫を示した、あらかじめ(no. 18)の水溫 $10^{\circ}C$ および上沢尻左支流の水溫 $10.2^{\circ}C$ などの値を参考にして、本地域の年平均氣溫を $10^{\circ}C$ と見なした。また各河川で測定した水溫をそれぞれの河川流域を代表する水溫と仮定し、この水溫から平均氣溫($10^{\circ}C$)を差引いた水溫の値に比流量値を乗じて、単位面積当たりの熱量を求めた。こうして求めた熱量は 0-535 kcal/sec/ km^2 の範囲にある。しかしながら、大部分は 40-100 kcal/sec/ km^2 の範囲に入るので、概略平均 70 kcal/sec/ km^2 の2倍の値 140 kcal/sec/ km^2 以上を示す熱量分布を第5図に示した。

5. 結果の考察

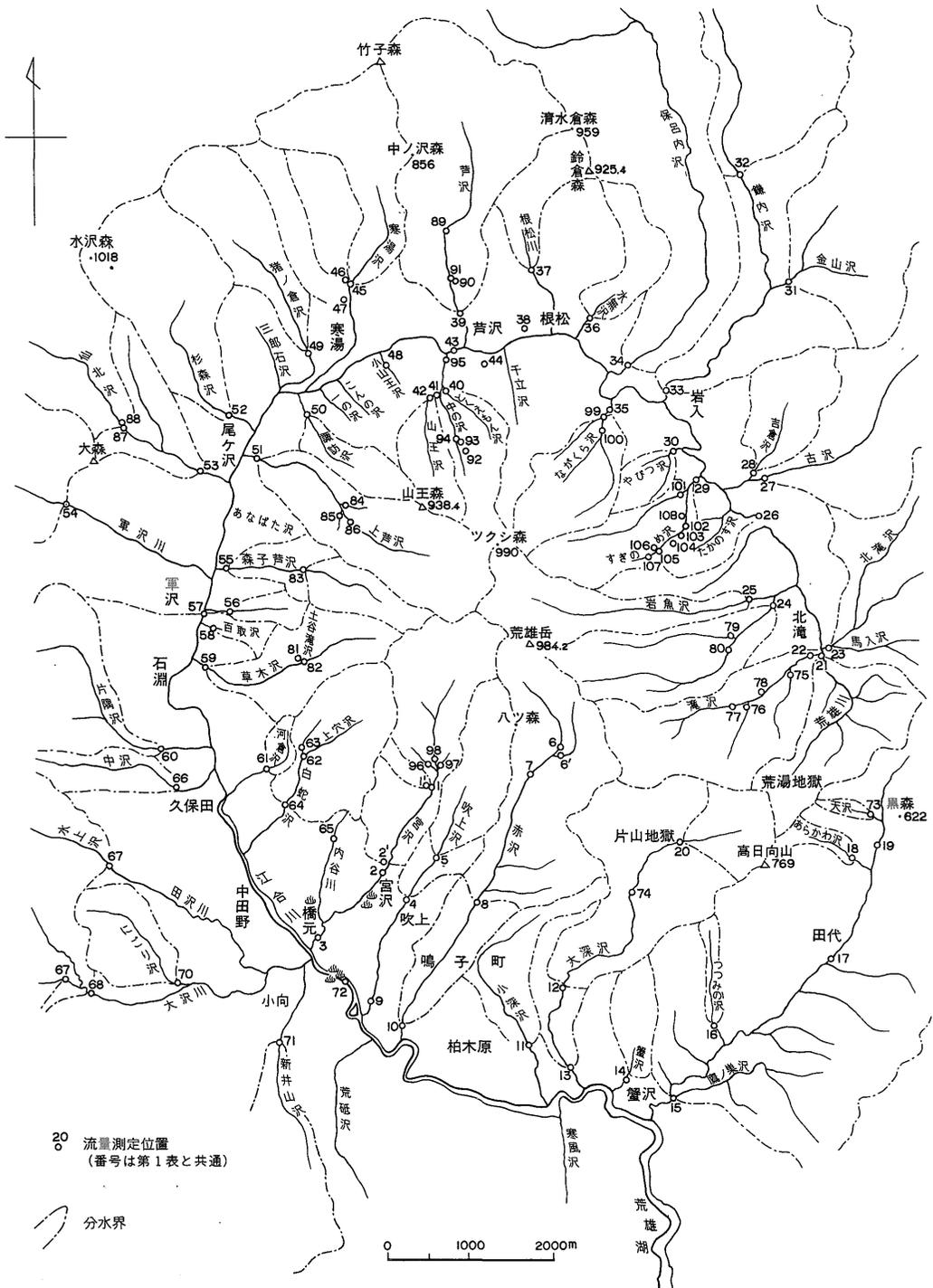
5.1 河川の比流量

流域に降った雨量は直接河川に流入する分と蒸発・蒸散および地下に浸透する分に消費される。河川の流出に影響を与える程度の降雨があった場合、河川流量は短時間に増加するが、晴天がつづけば流量は指数関数的に減少する。降雨後における河川流出量は降雨による表面流出量・中間流出量・地下水流出量³⁾に大別できる。晴天が続いた後も河川流量が枯渇しないのは、河川流量が流域からの地下水湧出によって涵養されているためである。

東北地方は昭和48年6月から7月までの降雨量が例年

2) 調査地域のほぼ全域の水が排水される荒雄川最下流の地点(no. 72)における比流量値を全域平均の比流量と見做した。

3) DAVIS and DEWIEST (1966) p. 28 によると降雨後における河川流出量(stream flow)は河道降雨(channel precipitation)、表面流出(surface runoff)、中間流出(interflow)および地下水流出(ground-water flow)に分けられる。本文では河道降雨は表面流出に含める。



第2図 流量測定位置図

第1表 江合川流域における河川の流量・水温および水比抵抗測定結果と比流量

番号 no.	水路名	測定場所	測定 年月日 1973.	天候	流域 面積 A km ²	流量 Q m ³ /sec	比流量 Q/A m ³ /sec/km ²	気温/水温 ℃	水比抵抗 ρ Ω-cm 25℃換算	流出熱量 kcal/sec /km ²
1	宮沢川	鳴子町鬼首宮沢	7.24	曇	1.91	0.020	0.0104	19.0/16.2	11,500	64
1'	同右支流	同	"	"				16.2	12,000	
2	宮沢川	同	"	"	2.90	.027	0.0093	20.6	2,000	99
2'	同右支流	同	"	"		.004		19.6	9,500	
3	宮沢川	同 橋元	"	"	3.45	.033	0.0096	26.6	2,000	159
5	吹上沢	同 吹上	"	"	1.65	.010	0.0061	21.6	12,000	71
4	同	同	"	"	1.90	.023	0.0121	27.0/43.4	1,100	404
9	同	同 吹上湯沢 橋上流	"	"	2.42	.035	0.0145	33.5	1,000	340
6	赤沢	同	"	"	0.92	.014	0.0152	19.5	9,700	144
6'	同左支流	同	"	"		.006		17.2	13,500	
7	赤沢	同	"	"	1.56	.025	0.0160	44.4	5,000	550
8	同	同	"	"	3.39	.028	0.0083	22.0/26.4	600	136
10	同	同 赤沢橋下	"	"	4.53	.032	0.0071	22.4	1,000	88
20	大深沢 no.4 温泉	同 片山	7.25	晴	0.92	.008	0.0087	28.2	1,380	158
12	大深沢	同 神滝	"	"	3.97	.040	0.0101	24.7	690	148
13	同	同	"	"	4.72	.080	0.0169		800	
11	小深沢	同 寒風沢	"	"	1.14	.001	0.0009	15.8	10,100	5
14	かに沢	同 蟹沢	"	"	0.60	.030	0.0500	15.6	10,100	280
15	田代川	同 鱗ヶ淵	"	"	13.10	.225	0.0172	15.8	10,200	100
16	つつみの沢	同	"	"	0.24	.006	0.0250	12.7	21,400	68
17	田代川	同 荒湯	"	"	5.10	.072	0.0141	15.5	15,300	76
18	あらかわ	同 田代	"	"	0.26	.021	0.0808	21.7/10.0	20,200	0
19	田代川 水道水源	同 片山	"	"	2.14	.023	0.0107	16.2	14,300	66
21	荒雄川	同 北滝	"	"	2.02	.026	0.0129	24.3	820	184
22	滝沢	同	"	"	2.55	.013	0.0051	24.4/24.3	7,600	73
23	北滝沢	同	"	"	3.17	.033	0.0104	17.5	16,400	78
24	濁り沢	同	7.26	"	2.18	.010	0.0046	23.6/17.9	11,200	82
25	岩魚沢	同	"	"	2.13	.007	0.0033	17.6	18,500	25
26	荒雄川	同	"	"	15.94	.094	0.0059	23.9/19.2	4,400	54
27	古沢	同 岩入	"	"	2.83	.053	0.0187	19.4	8,400	175
28	吉倉沢	同	"	"	1.07	.018	0.0168	19.0	5,100	151
29	すぎのめ沢	同	"	"	1.32	.015	0.0114	26.5/20.5	11,900	120
30	やびつ沢	同	"	"	0.38	.007	0.0184	15.0	11,600	92
31	金山沢	同	"	"	7.20	.046	0.0064	28.0/19.5	16,800	61
32	鎌内沢	同	"	"	3.77	.024	0.0074	23.3	23,000	98
33	同	同	"	"	10.10	.028	0.0028	21.7	15,500	33
34	保呂内沢	同	"	"	11.25	.254	0.0225	20.8	15,500	243
35	ながくら沢	同	"	"	1.82	.039	0.0214	17.1	15,200	152
36	水無沢	同 根松	"	"	0.60	.012	0.0200	11.3	15,900	26
37	根松沢	同	"	"		.001		16.2	14,700	
38	すずくら沢	同	"	"	0.84	.001	0.0012	16.2	15,700	7
39	芦沢	同 芦沢	"	"	4.60	.072	0.0157	24.5/15.9	14,400	89

第 1 表 つづき

番号 no.	水路名	測定場所	測定 年月日 1973.	天候	流域 面積 A km ²	流量 Q m ³ /sec	比流量 Q/A m ³ /sec/km ²	気温/水温 °C	水比抵抗 $\frac{\rho}{Q-cm}$ 25°C換算	流出熱量 kcal/sec /km ²
40	とくえもん沢	鳴子町鬼首峠	7.26	晴	0.20	0.005	0.0250	13.9	8,200	93
41	中の沢	同	"	"	0.86	.019	0.0221	19.1	3,100	201
42	山王沢	同	"	"	0.65	.005	0.0077	17.1	6,700	55
43	荒雄川	同	"	"	62.90	.780	0.0124	29.0/24.2	10,000	176
44	千立沢	同	7.27	"		.003		22.2/15.9	9,400	
45	寒湯沢	同	"	"	2.17	.013	0.0060	11.4	10,500	8
46	同右支流	同上の台	"	"	0.90	.029	0.0322	13.6	13,200	116
47	同	同	"	"	0.71	.001	0.0014	19.0	15,300	13
48	小山王沢	同	"	"	0.17	.002	0.0118	17.8	14,200	92
49	猪の倉沢	同 寒湯	"	"	1.93	.033	0.0171	17.0	24,200	120
50	諏訪沢	同 高剝向	"	"	0.64	.003	0.0047	26.3/20.9	13,200	51
51	上芦沢	同 尾ヶ沢	"	"	2.62	.089	0.0340	17.2	9,000	245
52	杉の森沢	同	"	"	2.82	.036	0.0127	25.5/18.5	21,000	108
53	仙北沢	同	"	"	11.20	.054	0.0048	19.3	20,500	47
54	軍沢川	同 軍沢	"	"	24.40	.103	0.0042	25.8	15,800	66
55	森子芦沢	同 岡台	"	"	1.23	.023	0.0187	17.5	10,500	140
56	百取沢	同 軍沢	"	"	0.26	.001	0.0038	18.8	7,100	33
57	荒雄川	同	"	"	126.30	1.891	0.0150	24.1	11,600	212
58	左支流	同	"	"	0.19	.001	0.0053	17.7	10,500	41
59	草木沢	同 山桑	"	"	1.42	.035	0.0246	27.6/22.4	7,100	305
60	片隅沢	同 中川原	"	"	3.94	.041	0.0104	17.7	22,200	80
61	河倉沢	同 谷地	7.28	"	0.39	.001	0.0026	23.5/18.2	8,500	21
62	上穴沢	同	"	"	0.71	なし		17.5	10,600	
63	白蛇沢	同	"	"	0.41	.001	0.0024	18.5		20
64	同	同	"	"	1.42	.004	0.0028	17.5	12,200	21
65	内谷川	同 川東	"	"	0.12	.002	0.0167	18.2	13,800	137
65'	同	同	"	"		なし				
66	中沢	同 久保田	"	"	2.32	.015	0.0065	28.0/22.3	19,600	80
67	水上沢	同 沢口	"	"	2.02	.026	0.0129	14.5	35,000	58
68	大沢川	同 大沢	"	"	4.32	.070	0.0162	17.7	31,900	125
69	同支不動沢	同	"	"	2.90	.014	0.0048	15.5	30,800	26
70	同支にごり沢	同	"	"	1.17	.002	0.0017	24.9/23.1	14,800	22
71	新井山沢	同 小向	"	"	2.54	.026	0.0102	17.9	19,100	80
72	荒雄川	同 轟	"	"	179.1	2.347	0.0131	24.8/24.8	9,500	194
16	つつみの沢	同 田代	7.29	"	0.24	.005	0.0208	20.3/12.0	21,000	42
16'	同上流	同	"	"		.007		10.3	20,000	2
17	田代川	同	"	"	5.16	.070	0.0137	14.4	15,000	60
18	あらかわ	同	"	"	0.26	.022	0.0846	10.7	21,000	59
18'	あらかわ上流	同	"	"		.018		10.1	21,000	
73	天沢	同	"	"	0.22	.010	0.0455	10.8	19,500	36
74	大深沢	同 片山	"	"		.040		32.6	570	
21	荒雄川	同 北滝	"	"	2.02	.026	0.0129	21.2	800	144
22	滝沢川	同	"	"	2.55	.011	0.0043	22.0		52
75	同支流	同	"	"	0.40	.002	0.0050	19.2	6,300	46

第1表 つづき

番号 no.	水路名	測定場所	測定 年月日 1973.	天候	流域 面積 A km ²	流量 Q m ³ /sec	比流量 Q/A m ³ /sec/km ²	気温/水温 °C	水比抵抗 ρ Ω-cm 25°C換算	流出熱量 kcal/sec /km ²
76	滝川支流	鳴子町鬼首北滝	7. 29	晴	0. 38	0. 002	0. 0053	16. 3	9, 500	33
77	滝川	同	"	"	1. 36	. 001	0. 0007	21. 7/23. 3	13, 800	9
78	同用水	同	"	"		. 008				
24	濁り沢	同	"	"	2. 18	. 013	0. 0060	19. 2		55
79	同支流	同	"	"		. 004		15. 8	14, 000	
80	濁り沢	同	"	"		. 004		21. 5/19. 3	8, 500	
25	岩魚沢	同	"	"	2. 13	. 008	0. 0038	18. 0		30
81	草木谷	同 山 桑	7. 31	"	0. 18	. 010	0. 0556	22. 0/13. 0	8, 200	167
82	草木	同	"	"	0. 56	. 019	0. 0339	14. 8	5, 600	163
55	森子芦	同 岡 台	"	"	1. 23	. 029	0. 0223	15. 5	10, 200	123
83	同	同	"	"	0. 74	. 026	0. 0351	12. 1	11, 800	74
51	上芦	同 尾ヶ沢	"	"	2. 62	. 081	0. 0309	23. 5/16. 2	8, 200	192
84	右	同	"	"	1. 73	. 043	0. 0249	12. 5	6, 600	62
85	左	同	"	"	0. 09	. 009	0. 1000	10. 2	8, 400	20
86	上芦	同	"	"	0. 17	. 013	0. 0765	23. 0/17. 0	9, 500	535
59	草木	同 山 桑	"	"	1. 42	. 036	0. 0254	24. 5/21. 0	6, 400	279
87	仙北	同 尾ヶ沢	8. 1	曇後晴		. 196		26. 0/15. 6	19, 500	
88	同	同	"	"		. 277		25. 6		
53	同	同	"	"		. 130		25. 6/18. 0	19, 700	
39	芦	同 芦 沢	"	"	4. 60	. 066		25. 6/15. 9	13, 300	
89	同	同	"	"		. 057		25. 7/18. 2	14, 100	
90	同	同	"	"		. 026		11. 4	13, 300	
91	同	同	"	"		. 031		15. 9	13, 300	
92	中の	同	"	"		. 008		19. 7	4, 300	
93	同	同	"	"		. 002		19. 5	2, 900	
94	同	同	"	"		. 002		18. 4	2, 900	
41	同	同	"	"	0. 86	. 021	0. 0244	19. 8	3, 100	
40	とくえもん	同	"	"	0. 20	. 002	0. 0100	14. 3	7, 700	
42	山王	同	"	"	0. 65	. 007	0. 0108	24. 9/16. 9	6, 200	
95	同	同	"	"		. 014		25. 7/20. 2	3, 900	
37	根松	同 根 松	"	"		. 002		25. 4/19. 1	13, 500	
2	宮沢	同 宮 沢	8. 2	"	2. 90	. 045	0. 0155	21. 3	6, 600	
2'	同	同	"	"				23. 0	9, 800	
1	同	同	"	"	1. 91	. 036	0. 0188	19. 2	11, 500	
1'	同	同	"	"				24. 3/19. 5	10, 300	
96	同	同	"	"		. 002		14. 7	12, 400	
97	同	同	"	"		. 001		14. 0	11, 800	
98	同	同	"	"	1. 67	. 015	0. 0090	22. 7/17. 9	12, 200	
2	同	同	"	"	2. 90	. 033	0. 0114			
12	大深	同 神 滝	"	"	3. 97	. 040	0. 0101	26. 4/27. 6	410	
13	同	同	"	"	4. 72	. 104	0. 0220	25. 7/27. 3	500	
2	宮沢	同 宮 沢	8. 3	曇俄雨	2. 90	. 024	0. 0083	27. 7/22. 5	5, 200	
35	ながくら	同 岩 入	"	"	1. 82	. 043	0. 0236	25. 0/16. 2	13, 600	
99	同	同	"	"		. 010		23. 0/16. 8	12, 900	

第 1 表 つづき

番号 no.	水路名	測定場所	測定 年月日 1973.	天候	流域 面積 A km ²	流量 Q m ³ /sec	比流量 Q/A m ³ /sec/km ²	気温/水温 ℃	水比抵抗 ρ Ω-cm 25°C換算	流出熱量 kcal/sec /km ²
100	ながくら沢	鳴子町鬼首岩入	8. 3	曇		0.040		15.0	16,000	
101	すぎのめ沢	同	"	"		.019		24.7/17.5	14,400	
102	同	同	"	"		.003		19.3	14,000	
103	同	同	"	"		.003		18.5	17,400	
104	同	同	"	"		.001		20.0	12,800	
105	同	同	"	"		.005		16.5	19,000	
106	同	同	"	"		.002		15.0	19,200	
107	同	同	"	"		.001		24.2/ 8.1	15,900	
108	同	同	"	"		.001		19.0	9,800	
29	同	同	"	"	1.32	.056	0.0424	19.3	13,300	
2	宮沢川	同 宮沢	"	"	2.90	.099	0.0341	21.8	8,000	

* 流量測定は測定可能な 0.001 m³/sec 以上の河川を対象とした関係で流量値は小数以下 3 位まで示した。
 単位面積当たりの熱量は平均気温を 10°C として次式から求めた。
 熱量 = 比流量値 × (水温 - 平均気温)
 kcal/sec/km² = m³ × 1,000/sec/km² × (°C) ただし 1000 cm³ = 1 kg とする。

にくらべていちじるしく少なく、数10年ぶりの干ばつに見舞われた。本調査時の 7 月 24 日から 31 日までの降雨量は、原観測所で 0 mm、片山観測所で 0.5 mm、鳴子観測所が 2.2 mm であった。最高雨量は 1.2 mm であったから、河川流出に直接影響を与える程度の雨量でない。しかし、8 月 1 日には 1.5 mm から 9 mm の降雨量があり、降雨による表面流出の影響が考えられる流域があるので、8 月 1 日以降の流量測定値は参考程度にとどめた。7 月中の合計雨量⁴⁾は原観測所が 6.2 mm、片山観測所が 21.0 mm、鳴子観測所が 58.2 mm と例年にくらべて少ない降雨量であったので、7 月 24 日から 31 日までの河川流量は主として流域から湧出した地下水によって涵養された量と考えて差支えないと思われる。

したがって、第 3 図に示した高比流量地域と低比流量地域は、それぞれの河川流域からの地下水湧出量の規模を示したことになる。

このように調査地域内の河川流域で地下水湧出量がそれぞれ相違する理由は、降水量の多寡・植生および透水性などが流域毎に相違するためと考えられる。中央山地区南東部の低比流量地域には神滝・吹上・宮沢・片山・北滝の温泉が分布しており、また、片山・荒湯地獄の北方にはシルトを主とする鬼首層が分布している。片山・荒湯地獄付近の地表は荒廃しており林相は貧弱である。これに対し高比流地域には、けん著な温泉が少なく、鬼首層の分布が少ない。本調査時における河川流量を地下水

湧出量とし、日降雨量に対応させるため、比流量値を 1 km² 当たりの平均水深⁵⁾に換算した。その結果、温泉が分布する流域では、宮沢川が 0.9 mm、吹上沢が 1.3 mm、赤沢川が 0.6 mm、片山地熱地区の大深沢が 0.8 mm 程度となる。以上の値を平均すると 0.9 mm 程度となる。これを高比流量地域である高日向南面山地と比較すると、例えば同山地から発源する蟹沢は 4.2 mm となるので、上記の低比流量地域における地下水の湧出規模は高日向南面山地にくらべて非常に小さく、両者の相対的な量的割合は、おおよそ 1 : 5 となる。同様に高比流量地域の荒雄岳北西斜面地域と比較すると、その値は 1.8-2.0 mm であるので、その割合は 1 : 2 程度となる。

5.2 比流量から推定した河川水の湧出機構

流域の地質および地質構造⁶⁾と湧出量の関係を把握するため、代表的な数流域について実施した比流量調査結果を要約すると、

(1) 流域面積が 1 km² 以内で、主として凝灰質砂岩層で構成される流域から発源する河川(河倉沢・上穴沢・白蛇川・内谷川など)の流量は皆無あるいは僅少であった。これらの河川流域で見られる浮石質砂岩層(宮沢層)は白色・無層理の場合が多く固結度が低い。したがって地表に降った少量の雨水は直接河川に流出すること

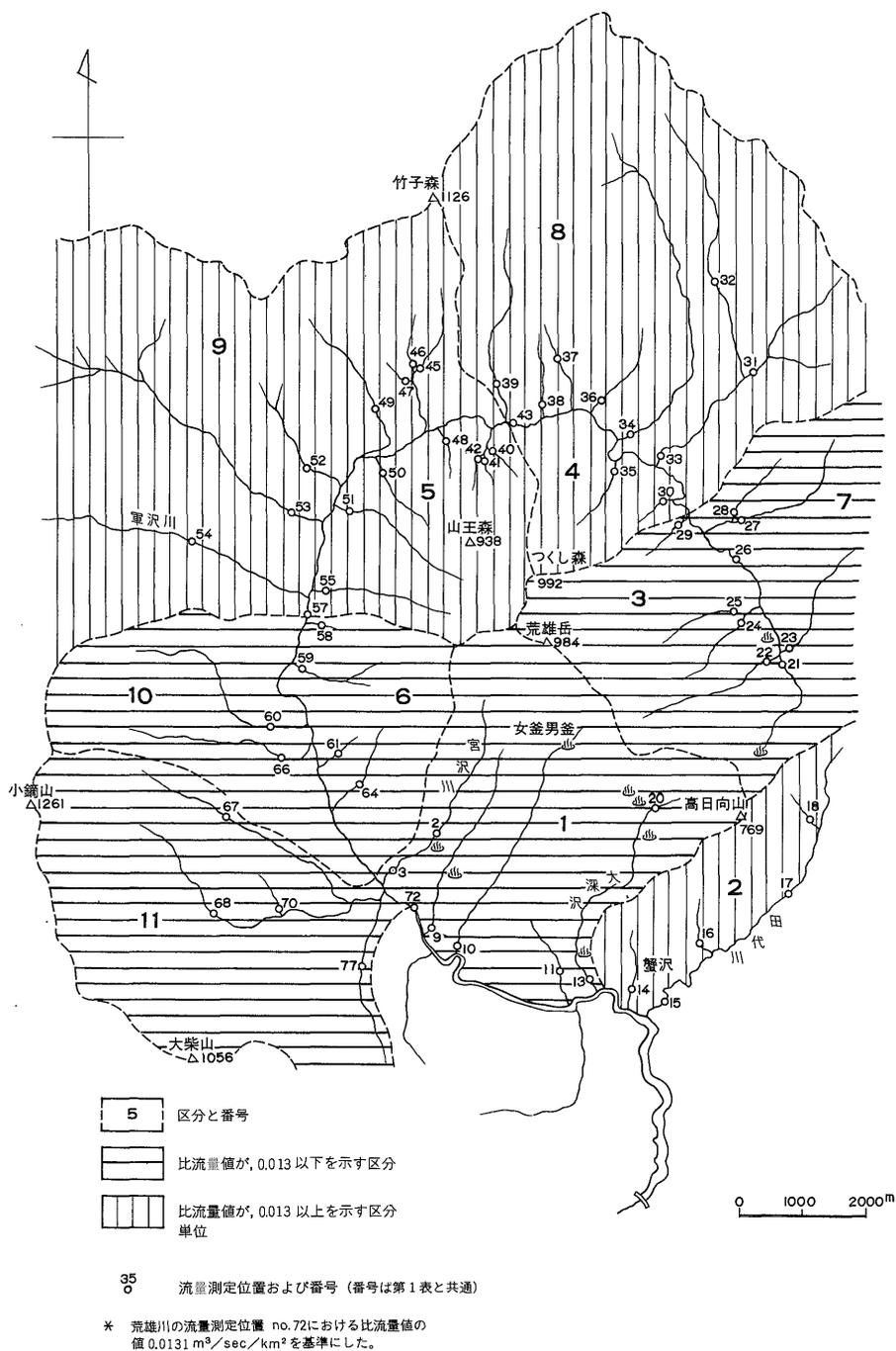
5) 比流量値 (m³/sec/km²) × $\frac{86,400}{1,000 \times 1,000} \times 1,000 = 1 \text{ km}^2$ 当たりの平均水深 (mm/day)

6) 本節に述べる考察の地質および地質構造のデータは主として松野・西村 (1965) により、これに筆者らの観察を加えたものである。

4) 昭和46年7月の雨量は原が 399 mm、鳴子は 366 mm
 昭和47年7月の雨量は原が 346 mm、鳴子は 363 mm

第2表 水文区分流域に分布するおもな岩層と地熱徴候

区分 no.	大地形 区分	おもな河川	測定位置	分布する特長な岩層	地熱徴候
1	中 央 山 地	宮沢川・吹上沢 赤沢・小深沢 大深沢	no. 3, no. 9 no. 10, no. 11 no. 13	凝灰質泥岩・浮石質砂岩 集塊岩・凝灰質泥岩 集塊岩(宮沢層) 石英安山岩質熔岩	噴気・温泉あり
2		蟹沢・つつみの沢 あらかわ・天の沢	no. 14, no. 16 no. 18, no. 73	凝灰質泥岩・集塊岩 安山岩質砂岩(宮沢層) 石英安山岩質熔岩	蟹沢温泉あり
3		荒雄川・滝沢 濁り沢・岩魚沢 すぎのめ沢	no. 21, no. 22 no. 24, no. 25 no. 29	石英安山岩質熔岩・シルト シルト(鬼首層) 凝灰質泥岩・凝灰質砂岩(宮沢層)	北滝温泉あり
4		やびつ沢・ながくら沢	no. 30, no. 35	含礫石英安山岩質凝灰岩(荒雄岳層) 凝灰質泥岩・凝灰質砂岩(宮沢層)	岩入温泉あり
5		山王沢・小山王沢 諏訪沢・上芦沢 森子芦沢	no. 40, no. 41 no. 42, no. 48 no. 50, no. 51, no. 55	花崗岩・含礫石英安山岩質 凝灰岩・火山砕屑質砂岩・礫岩 凝灰質泥岩・凝灰質砂岩 砂礫(鬼首層)	寒湯鉱泉あり
6		百取沢・草木沢 河倉沢・白蛇沢 内谷川	no. 56, no. 59 no. 61, no. 64 no. 65	含礫石英安山岩質凝灰岩(荒雄岳層) 凝灰質泥岩 凝灰質砂岩(宮沢層)	遠橋温泉あり
7	外 側 山 地	北滝沢・古沢 金山沢・吉倉沢	no. 23, no. 27 no. 28, no. 31	安山岩・緑色凝灰岩(蟹沢層) 砂礫層(鬼首層)	古沢に温泉徴候あり
8		鎌内沢・水無沢 保呂内沢・芦沢 すずくら沢	no. 32, no. 36 no. 34, no. 39 no. 38, no. 37	含礫石英安山岩質凝灰岩 砂礫層(鬼首層)	地熱徴候なし
9		寒湯沢・猪の倉沢 杉の森沢・仙北沢 軍沢川	no. 45, no. 46 no. 47, no. 49 no. 52, no. 53, no. 54	含礫石英安山岩質凝灰岩 砂礫層(鬼首層) 高位段丘礫	寒湯鉱泉あり
10		片隅沢・中沢	no. 61, no. 66	シルト・扇状地 高位段丘礫	地熱徴候なし
11		田沢川・濁り沢 大沢川・新井川	no. 67, no. 68 no. 70, no. 71	シルト・扇状地 段丘礫・花崗岩	地熱徴候なし

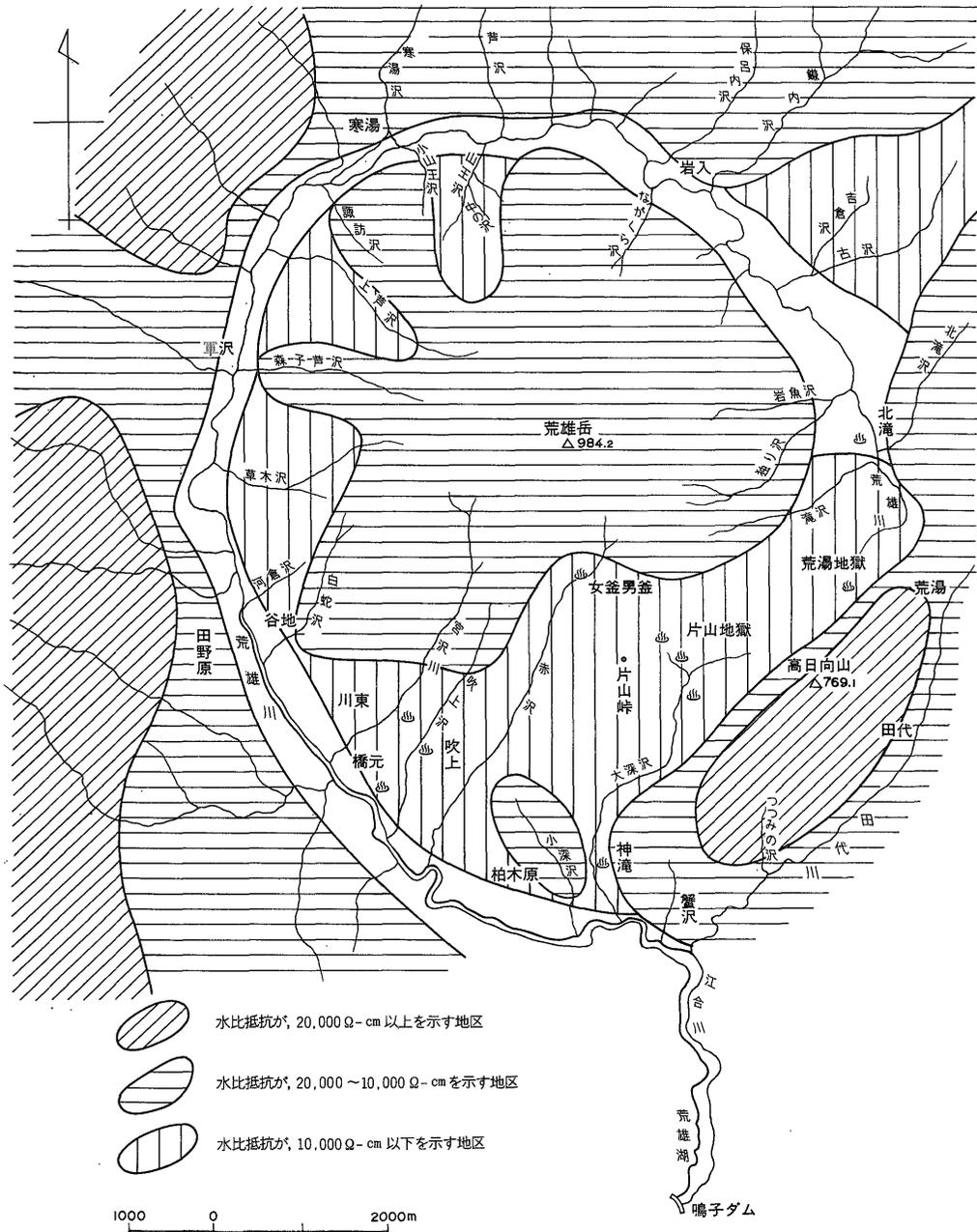


第3図 水文地質区分による比流量

第3表 水文区分流域における比流量と水温・水比抵抗の関係

区分	流量 (Q) 流域面積 (A) 比流量 (Q/A)	水温 (t) 水比抵抗 (ρ)	流域に分布する岩層と水理的特徴
1	0.181 15.12 0.0119	15.8-44.4 600-13,500	本地区には多数の噴気および温泉が分布し地質は主として宮沢層からなる。吹上沢・赤沢の中流から上流域は安山岩質集塊岩を挾有する細粒凝灰岩を主とする。噴気・温泉地の凝灰岩は変質のため固化しており、概して透水性に乏しい。下流域には浮石および浮石質砂岩が広範に分布する。また局所的に巨礫を混じえる河岸段丘が発達しており、いずれも透水性にすぐれている。
2	0.057 1.32 0.0432	10.0-15.8 10,100-21,400	本地区の地質は高日向熔岩で代表される。本熔岩(石英安山岩)は宮沢層を覆って分布し、熔岩ドームの形態をもっている。高日向熔岩とその下位にある集塊岩(宮沢層)の境界付近に湧泉を生じている。水温が低く、概して水比抵抗が他の地区にくらべて高い。水の保留能力が大きい地域である。
3	0.071 10.20 0.0070	17.5-24.3 820-18,500	本地区の地質は主として鬼首層からなる。本層は青灰色の泥ないしシルトと細粒砂の薄層の互層によって特徴づけられる。一般的に水の保留能力が少ない地域である。
4	0.046 2.20 0.0208	15.0-17.1 11,600-15,200	本地区の地質は主として宮沢層からなる。下流域は主として浮石および浮石質砂岩と泥岩あるいはシルト岩の互層で特徴づけられ、中流から上流域にかけては集塊岩と安山岩質凝灰岩の互層で特徴づけられる。分水嶺をなすツクシ森の北西部にかけて礫岩が広く分布し、一般的に水の保留能力が概して大きい地域である。
5	0.146 6.37 0.0230	13.9-20.9 3,100-15,300	本地区の地質は主として花崗岩・緑色凝灰岩・宮沢層・鬼首層からなる。中流から上流域は花崗岩が局所的に緑色凝灰岩が広範に分布する。中流から下流域は宮沢層の礫岩・集塊岩・浮石質砂岩および厚層のシルト岩の互層が分布する。最下流は鬼首層が小規模に分布する。本地区は断層・褶曲など複雑な地質構造で特徴づけられる。水の保留能力が概して大きい地域である。山王沢支流中の沢は水温が高く水比抵抗が低い。
6	0.044 4.21 0.0102	17.5-22.4 7,100-13,800	本地区は主として花崗岩・緑色凝灰岩および宮沢層などの岩層からなる。上流域には緑色凝灰岩と花崗岩が小規模に分布し、宮沢層と断層で接している。宮沢層は泥岩・浮石質砂岩・シルト岩・安山岩質凝灰岩・細粒凝灰岩の互層からなる。上流側の川水は浮石質砂岩の地域に入ると伏設する傾向があり、渇水期には水枯れの沢が多い。
7	0.150 14.27 0.0071	17.5-24.3 5,100-16,800	本地区は主として安山岩・緑色凝灰岩・鬼首層などの岩層からなる。鬼首層は吉倉沢および古沢の下流域に小規模に分布する。水の保留能力は小さい地域である。
8	0.363 21.06 0.0171	11.3-23.3 14,400-15,900	本地区は主として緑色凝灰岩・安山岩・宮沢層・鬼首層などからなる。緑色凝灰岩は河川の上流域に、安山岩類は鎌内沢・保呂内沢上流域の北東部に分布する。鬼首層は中流から下流域に分布する。鎌内沢および保呂内沢の中流から下流にかけての流路沿いには、砂礫を主とする沖積層が発達し、川水は伏設する傾向がある。しかし宮沢層のシルト岩が分布する最下流で湧出する。
9	0.269 44.13 0.0061	11.4-25.8 10,500-24,200	本地区の地質は主として花崗岩・緑色凝灰岩・鬼首層と段丘堆積物などの岩層からなる。花崗岩・緑色凝灰岩は中流から上流域に分布し、下流域に鬼首層が、またその上位に段丘礫層が局所的に分布する。軍沢の下流流路沿いに砂礫を主とする沖積層が発達し、川水は伏設する傾向がある。最下流の右岸では伏流水が湧出する。
10	0.056 6.27 0.0090	17.7-22.3 19,600-22,200	地区の上流域は主として花崗岩・緑色凝灰岩が、中流から下流にかけては鬼首層が広く分布する。鬼首層を覆って上流で扇状地堆積層が、下流の荒雄川河岸沿いに段丘礫層が分布する。段丘堆積層と荒雄岳層の境界から湧泉が生じている。
11	0.124 10.05 0.0118	14.5-23.1 14,800-35,000	地区の上流域は主として花崗岩からなり、中流から下流にかけて鬼首層が分布する。さらにこれらを覆って上流の山麓付近に扇状地堆積層が広く発達し、荒雄川沿岸沿いに段丘礫層が分布する。主として砂礫からなる扇状地堆積層は透水性に富み、川水は伏設浸透する。しかし、鬼首層のシルト層が分布する付近で湧出する。

* 流量 (m³/sec)
流域面積 (km²)
比流量 (m³/sec/km²)
水温 (°C)
水比抵抗 (水温 25°C, 換算 ρ-cm)

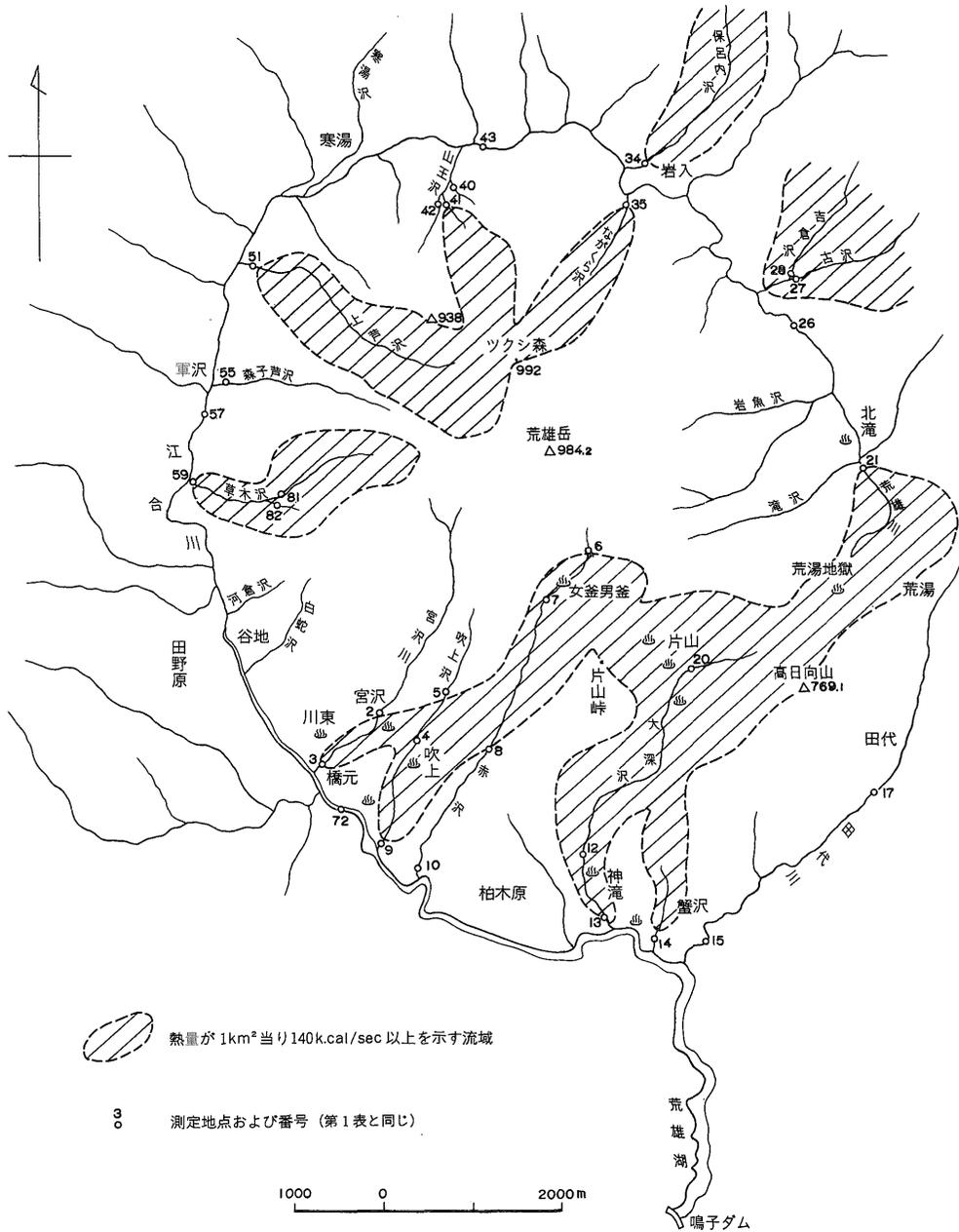


第 4 図 江合川流域における河川の水比抵抗

なく、地下に浸透するものと思われる。

(2) シルトおよび砂礫からなる鬼首層が分布する滝沢で7月29日に実測した結果では、第2図に示した no. 78 地点でかんがい用の取水があったから、no. 22 地点の実際の比流量は、流域外に流出した用水量を加算すると、 $0.0075 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ となる。滝沢の右支流 no. 75 地点お

よび no. 76 地点の比流量は $0.0050 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 程度を示している。また、滝沢の上流 no. 77 地点における比流量値は $0.0007 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ ともっとも低い値を示している。no. 77 地点までの滝沢は主としてシルト層中を流れており、no. 77 地点から no. 22 地点まではシルト層およびシルト層の下位にある礫層を浸食して流下する。し



第5図 河川流域における単位面積当たりの流出熱量

たがって、滝沢の no. 22地点までの増加量の大部分は礫層中から湧出した水量と考えられる。

なお滝沢の出口は礫層のさらに下位のシルト層が露出しており、これが低透水性岩層⁷⁾の役割を果しているこ

7) 土の透水性の表わし方に不透水性を用いることがあるが、完全に不透水性であるものは自然界にないので、普通の砂礫の透水性に比較して低いという意味でこの表現を本文では用いた。

とも no. 22 地点の水量増加の一因とみなされる。

(3) 地層分布および地層の構造が複雑である上芦沢流域において7月31日に実施した河川流量測定結果によると、比流量は上芦沢の上流 (no. 86 地点) で $0.0765\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 、左支流 (no. 85 地点) が $0.1000\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ とそれぞれ高い値を示している。また、右支流 (no. 84 地点) の比流量は $0.0250\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ と上の値に比較して

低い値を示している。上芦沢の流域の地質は主として礫岩層、砂岩層、凝灰質泥岩・浮石質砂岩層などの宮沢層とドーム構造を形成する含礫石英安山岩質凝灰岩(荒雄岳層)からなり、上流付近の一部には調査地域の基盤をなす花崗岩が露出する。高比流量値を示す no. 86 地点から上流は含礫石英安山岩質凝灰岩を主とし、一部に花崗岩が露出する流域である。左支流 (no. 85 地点) の流域は主として礫岩層・砂岩層からなるが礫岩層が卓越する。また、右支流 (no. 84 地点) の流域は礫岩・砂岩などの互層で構成される。したがって、上芦沢流域における河川の比流量の値は、見掛上含礫石英安山岩質凝灰岩、礫岩層などの岩層から湧出する水量は砂岩・礫岩などの互層から湧出する水量にくらべて大きいようにみえる。

(4) 含礫石英安山岩質凝灰岩を主とし、一部に基盤の花崗岩が露出する流域の比流量は、森子芦沢の上流 no. 83地点で $0.0351 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 、草木沢の上流 no. 82 地点で $0.0339 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 、草木沢支流土谷滝沢の no. 81 地点で $0.0556 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ を示している。高比流量値を示す no. 81 地点の上流は含礫石英安山岩質凝灰岩(荒雄岳層)を主としており、かつ低透水性の花崗岩が河川の河床に露出あるいは河床下浅く存在している。したがって、これら流域の岩層から湧出する水量は、低透水性の岩層が河川の河床に存在するか、河床下深く存在するかで変化するようである。

(5) 地熱・温泉地域を流れる河川では、(i) 比流量値が河川の上流域で低く、下流に至るにしたがって高くなる河川(吹上沢・大深沢など)および(ii) 比流量値が河川の上流および中流域で高く、中流から下流に至るにしたがって低くなる河川(赤沢)との2つのタイプがある⁸⁾。

地熱・温泉地域を流れる河川では、地獄・温泉などの温泉水が河川に流入するから、比流量値が下流側に至るにしたがい高くなるタイプが一般的であると考えられる。しかし、赤沢で中流から下流にかけて比流量値が逆に低くなるのは、下流域に地層からの湧出能力が乏しい凝灰質泥岩・浮石質砂岩層(同様な地層が卓越する小深沢の比流量値は $0.009 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ と低い)が広く分布するためと思われる。

大深沢の no. 20 地点は片山の地熱・温泉地区であって、流域に分布する地獄・温泉などから温泉水が河川に

流入するにもかかわらず河川の比流量値が低い ($0.0087 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$)。流域の地質は主として安山岩質熔岩・集塊岩層で構成される。しかしながら片山地獄付近に露出する安山岩質熔岩・集塊岩層の表面は変質をうけて粘土化しており、また no. 20 地点付近では湖成堆積物の粘土層が分布する。no. 20 地点における比流量が他に比べて低いのは、湧出能力が乏しい粘土層および変質を受けた岩石などが広く分布するためと思われる。

(6) 石英安山岩質熔岩を主とする高日向山地から発源する河川の比流量値は、つつみの沢 (no. 16 地点) が $0.0250 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 、あらかわ (no. 18 地点) が $0.0808 - 0.0846 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 、天の沢 (no. 73 地点) が $0.0455 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ といずれも高い値を示している。これら河川の水温は $10 - 12.7^\circ\text{C}$ を示しており、河川の源流は地下水の露頭である湧泉の場合が多い (no. 16' および no. 18' は湧泉)。

(7) 蟹沢流域の地質は主として凝灰質泥岩層と安山岩質熔岩・集塊岩層からなる。蟹沢の no. 14 地点の比流量は $0.0500 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ と高い値を示す。no. 14 地点付近は固結度が高い低透水性の凝灰質泥岩層である。したがって流域に分布する地層に浸透した地下水の大部分は低透水性の凝灰質泥岩層の上面から湧出するから、no. 14 地点の比流量値は単位面積当たりの地下水湧出量に相当するものと見なして差支えないように思われる。

(8) 断層と比流量との関係について述べる。山王沢および上芦沢などの流域を横切る断層は山王森断層・小豆畑断層および中川原断層などがある。小豆畑断層が各流域を横切る地点の上流側と下流側でそれぞれ河川の流量を測定した。その値は次の通りである。

	Q_1 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$)	Q_2 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$)	$Q_2 \times 100/\text{max}Q_1$ (%)
山王沢	0.0221 - 0.0250	0.0077	31
上芦沢	0.249, 0.0765, 0.1000	0.0309	31
森子芦沢	0.0351	0.0223	64
草木沢	0.0339, 0.0556	0.0254	46

Q_1 : 断層の上流の比流量値
 Q_2 : 断層の下流の比流量値

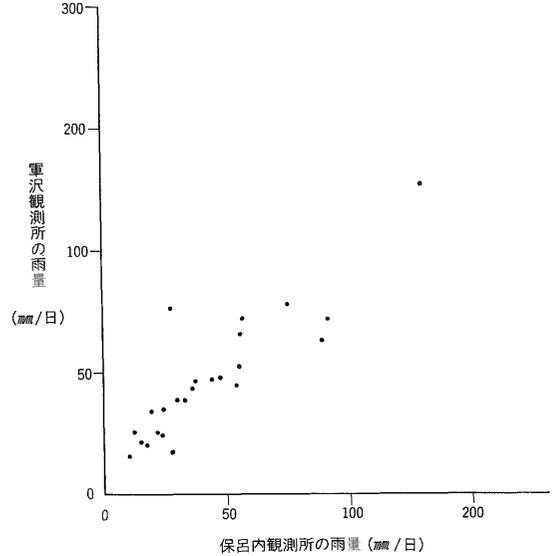
この値からみる通り、4つの沢とも、断層の下流の比流量値は上流の30-60%に減少している。

白蛇沢では流域を横切る山王森断層の存在が推定されている。この断層の上流側の比流量値は $0.0024 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ を示し、下流側の比流量値は $0.0028 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ を示す。白蛇沢の比流量値は断層を挟んだ下流側で高くなる傾向があるが、この場合は全体の比流量値はいちじろしく小さい。

8) 宮沢川では上流域で比流量値が高く、中流で低くなり、下流でふたたび高くなっており、これらのタイプと異なっている。しかし、これは宮沢温泉の飲料および雑用水が no. 1 地点下流で取水(導水管径 100 mm) されているからである。

断層と比流量との関係を見ると、これらの河川流域では、自然状態で断層から直接多量の地下水が湧出する可能性は少ないものと思われる。高日向山地の東縁にはN-S方向の断層の存在が推定されている。この断層の延長は田代南西方では不明である。黒森西方から田代南西方の高日向山地に生ずる湧泉は断層に沿って認められる。蟹沢の下流では流域を横切る断層が推定されている。したがって湧泉の存在および高比流量値を示す河川は、断層の存在に関係があるように思われるが、この関係の実証は得られていない。例えば、高日向山地の河川流域には、湧泉が生じている流域と湧泉が存在しない流域がみとめられる。これらの湧泉が断層泉といわれるものであれば、断層が存在する流域毎に湧泉が生じてよいはずである。しかし、このような事実はない。高比流量値を示す河川では、下流側に低透水性の地層あるいは岩石が地表に露出する流域であって、低透水性の岩層が地下深く伏在する河川流域では、河川流量は皆無あるいはごく少量に限られるようである。高日向山地から発源する河川および蟹沢などの流量の大部分はそれぞれの流域から湧出した地下水である。流域に分布する岩層中に浸透した地下水は高透水性岩層の下位にある低透水性の岩層上面の凹所あるいは谷部に向かって流れ、低透水性岩層が地上に露出する部分で湧出するものと考えられる。

(9) 河川水の湧出機構は降水量分布の地域性および流域の蒸発・蒸散に関係がある植生などの面からも検討する必要がある。本調査地域では主として杉の森林を伐採した流域やかん木および草地の植生の流域では、河川流量は皆無あるいはきわめて少量である。降雨量の地域性は、建設省鳴子ダム管理所の調査によれば、軍沢観測所の降雨量がもっとも多く、保呂内観測所の降雨量がもっとも少なく、原観測所における降雨量は、流域降雨量に近似することが知られている⁹⁾。軍沢と保呂内における日雨量の関係を第6図に示した。降雨量が少なく、森林が伐採される流域では、地下水湧出量は少ないものと考えられる。しかしながら流域の降雨量が少なく、杉の伐採が行われた保呂内沢 (no. 34 地点) の比流量は、 $0.0225 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ を示し、見掛上隣接した鎌内沢および水無沢の比流量値よりも高い。保呂内沢の no. 34 地点の河床は凝灰質泥岩が露出している関係で、これが低透水性岩層の役割を果たしているため、流域の岩層に浸透した地下水は、その大部分が no. 34 地点までに湧出するものと思われる。中田野の南西方には礫層を主とする扇



第6図 軍沢観測所の雨量と保呂内観測所の雨量の関係

状地が発達し、地表面の大部分は草で覆われている。扇状地上を流れる河川は、流量が概して少なく、また流量が下流側に至るまでに伏没する傾向がある。しかし扇状地礫層を侵食し、扇状地礫層の下位にある低透水性の地層あるいは岩石が露出する河川では湧泉 (大清水湧泉・牧場の湧泉など) があって、このため河川流量が多い。

(10) 本調査地域における河川水の湧出機構は、(i) 河川上流域の河谷堆積物からの湧出、(ii) 透水性の岩層の下位にある花崗岩・シルト層・凝灰質泥岩などの低透水性の岩層の存在が大きく関係する。そして流域からの地下水湧出量は下位にある低透水性の岩層が地表上にあるか、地下深く伏在するかによって異なる。

5.3 河川水の水比抵抗

低・湧水期における河川の流量は、その大部分が流域の地下水からかん養されているものと考えられるから、河川水の水比抵抗は流域から湧出した地下水の水質成分を間接的に示していることになる。水比抵抗は水中の溶存成分が増加するとその値が低くなり、溶存成分が減少するとその値が高くなる関係があるから、水比抵抗値は水質を間接的に判断する一つの尺度と見なせる。

調査地域における河川の水比抵抗値は測定場所によって異なり、 $35,000\text{--}410 \Omega\text{-cm}$ の範囲にある。またその値は測定時期によっても異なる。例えば宮沢川の no. 2 地点における水比抵抗は 7 月 24 日に $2,000 \Omega\text{-cm}$ (流量 $27 \text{ l}/\text{sec}$)、8 月 2 日には $6,600 \Omega\text{-cm}$ (流量 $45 \text{ l}/\text{sec}$)、8 月 3 日には $8,000 \Omega\text{-cm}$ (流量 $99 \text{ l}/\text{sec}$) を示し、降雨があつ

9) 昭和46年6月から10月までの合計雨量は、軍沢が 1,273 mm、保呂内が 1,080 mm、原が 1,206 mm、昭和47年6月から10月までの合計雨量は、軍沢が 1,200 mm、保呂内が 949 mm、原が 1,085 mm であった。

て河川流量が増加すると水比抵抗値が高くなる関係がある。山岳地域に降った雨の水比抵抗は高いから、河川水の水比抵抗値は降雨による影響を考慮する必要がある。測定した水比抵抗の結果を要約すると、鬼首盆地の外側山地から発源する河川の水比抵抗値は概して高い。また中央山地では荒雄岳および高日向山に発源する河川の上流域では水比抵抗の値は高くなる傾向がある。地熱・温泉地域を流れる河川では、地獄・温泉などから温泉水が流入するので河川の水比抵抗値が低くなる。非地熱地域を流れる河川の水比抵抗値は、おおむね 10,000 Ω -cm 以上を示すが、河倉沢・草木沢・上芦沢・山王沢および吉倉沢などの水比抵抗値は 7,000 Ω -cm 前後を示す。これら河川のうち山王沢の支流中の沢の水比抵抗は 2,900 Ω -cm と低い値を示している。中の沢の水比抵抗が低いのは、この流域に溶存成分に富む地下水の湧出が暗示されるので注目される。

5.4 河川の水温

河川表流水の温度は主として気温の影響をうけて変化するが、地下水および温泉水の流入によって変化する場合がある。第1表に示した河川の水温は10.1-44.4°Cの範囲にあって、その値は不規則である。しかしながら非地熱地域を流れる河川の水温は、おおむね河川の上流部が低く、下流に至るにしたがい高くなる傾向がある。

調査地域における河川水温の地域的特長は

- (1) 高日向山地から発源する河川の水温は10.0-15.6°Cを示す。河川の水温が低いのは、測定地点が地下水の露頭である湧泉から遠くはなれていないためであろう。
- (2) 首尾盆地の外側山地および中央山地の荒雄岳から発源する河川の水温は上流部が低く下流に至るにしたがい高くなる傾向がある。上流部における河川の水温は10.2°Cから16.0°Cの範囲にある。
- (3) 宮沢川・吹上沢・赤沢および大深沢など地熱・温泉地域を流れる河川の水温は、下流に至る間に流入する温泉水および地下水によって不規則に変化する。例えば7月24日に測定した赤沢川の上流から下流に至るまでの水温は、no. 6 地点が19.5°Cを示し、温泉水が流入した直下流の no. 7 地点で44.4°Cとなり、下流の no. 8 地点で26.4°C、no. 10 地点で22.4°Cであった。温泉地域を流れる河川の水温は流入する温泉水および支流の流入（渇水期には地下水の湧出量とみなせる）によって変化する。
- (4) 7月26日に測定した山王沢の no. 42 地点における水温は17.1°Cを示し、この支流のとくえもん沢の no. 40 地点の水温は13.9°C、水比抵抗値は 8,200 Ω -cm を示している。一方、山王沢の支流中の沢の no. 41 地

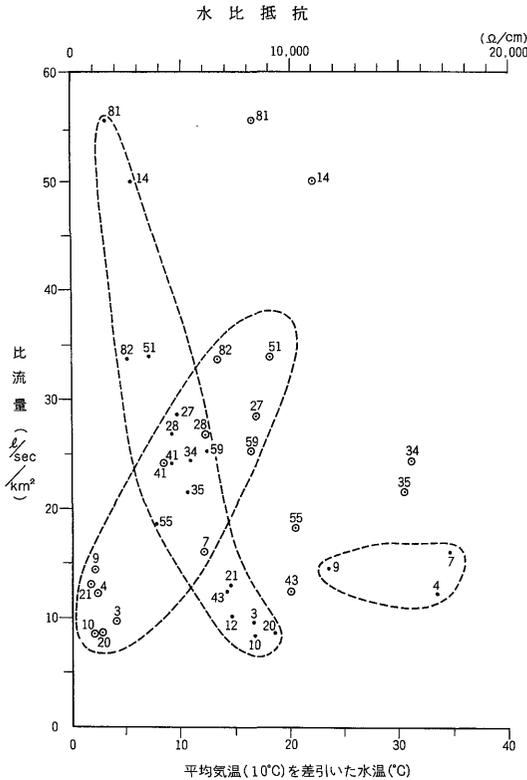
点における水温は19.1°C、水比抵抗値は 3,100 Ω -cm を示している。山王沢の流域にある中の沢の水は、とくえもん沢の水にくらべると水温が高く、水比抵抗値がいちじるしく低い。両者の関係から中の沢流域内には水温が高く、かつ溶存成分に富む地下水湧出の存在が暗示される。

河川流量と水温との関係から測定地点の流出熱量が計算できる。河川の比流量値を用いれば河川流域における単位面積当たりの流出熱量が計算できる。河川の水温は、河川の源泉である地下水の温度、河川水が下流に流れるまでに影響される気温の効果、さらに温泉地域では河川に流入する温泉水の温度などを考慮する必要がある。しかしながら、非地熱地域を流れる河川の水温は上流域で低く下流側に至るにしたがって高くなる傾向がある。したがって夏季に気温の影響をうける河川の流出熱量は、おおむね上流域が小さく、下流域で大きい値を示すものと考えられる。

第5図に示した結果には、平均気温と測定時における気温の差および河川に流入した温泉水の影響を含んでいるが、この結果を要約すると、

- (1) 外側山地における単位面積当たりの流出熱量は概して小さな値を示す。しかしながら、保呂内沢・古沢および吉倉沢などの流出熱量は 140 kcal/sec/km² 以上を示す。
- (2) 中央山地で、単位面積当たりの流出熱量が 140 kcal/sec 以上を示すのは、宮沢、吹上、女釜・男釜、片山、荒湯、神滝などの地熱・温泉地区と蟹沢・草木沢・上芦沢・山王沢支流中の沢およびながくら沢などの流域である。

単位面積当たりの流出熱量は比流量と水温との関係から求めた結果であるから、大きい流出熱量分布を示した流域について比流量と水温の面から検討する必要がある。第7図に比流量と平均気温を差引いた水温および水比抵抗などの関係を示した。これらの関係は第7図中に破線で示したグループと、これに関係ないグループに分けられるようである。第7図中の no. 4, no. 7 および no. 9 は比流量値が低いにもかかわらず水温が高く、水比抵抗は概して低い。この結果は流入温泉水の影響を強くうけているためである。また温泉水が流入する宮沢川 (no. 3)、赤沢川 (no. 10)、大深沢 (no. 12, no. 20) および荒雄川 (no. 21) は比流量値が低いにもかかわらず、概して水温が高く、水比抵抗は 2,000 Ω -cm 以下の値を示す。したがって、水温が高く、かつ水比抵抗値が低い場合には、概ね流入温泉水の影響をうけた結果と考えられる。no. 14 および no. 81 地点の流出熱量が大きい



第7図 河川の比流量と水温および水比抵抗の関係
●印は比流量と水温の関係を、○印は比流量と水比抵抗の関係を示す。

は比流量値が低い値を示す no. 43, no. 55, no. 35 および no. 34 などは比流量がいずれも 10,000 Ω -cm 以上を示すことから、熱量が大きいのは主として気温差による影響と考えられる。

第7図中の no. 82, no. 51, no. 27, no. 28, no. 59, no. 41などは気温差と温泉水の影響が混りあった結果が示されたものと考えられる。しかしながら no. 41, no. 28 および no. 82 などは、いずれも水比抵抗値は 7,000 Ω -cm 以下を示していることを考慮すると温泉水の影響をうけている可能性がある。

調査地域における概略な流出熱量分布を把握するため、河川の水温と比流量の関係から単位面積当たりの流出熱量を試算した。地熱・温泉地域の熱量分布は、流入温泉水の影響を反映した結果が得られた。非地熱地域で流出熱量が大きい流域は比流量値が高い場合がある。また、比流量値が低くとも、気温差と温泉水などの影響が混在して流出熱量が大きくなる場合がある。測定した水比抵抗値を考慮して検討すると、山王沢支流中の沢 (no. 41), 吉倉沢 (no. 28) および草木沢 (no. 82) などは温泉水の影響をうけている可能性がある。これらの河川流域

については、河川水の水質調査により、さらに明らかな結果が得られるものと思われる。

6. 結 言

地熱・温泉地区を含む鬼首地域における河川流域から湧出する地下水量の規模を把握するため、降雨が少ない時期に河川流量を測定した。この結果、間接的であるが地域全体における地下水湧出量の概量が把握できた。また地下水湧出量と流域を構成する岩層および地質構造などの関連から、流域からの地下水が河川に湧出する機構の一端があきらかとなった。本調査の結果から地下水湧出量の規模は、地熱・温泉地域が小さく、高日向山地の南東麓が大きい関係が指摘できる。しかしながら、本調査は例年にない渇水期に実施されたとはいいながら、単に1回の調査である。したがって、この結果をさらに検討するためには、少なくとも地熱・温泉地域および高日向山地などから発源する河川を、それぞれ試験流域として選定し、一定期間の水収支による調査研究が必要である。

文 献

- DAVIS, S. N. and DEWIEST, R. J. M. (1966) Hydrogeology, John Wiley & Sons.
- 片山信雄・梅沢邦臣 (1958) 7万5千分の1地質図幅「鬼首」ならびに同説明書。地質調査所。
- 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。地質調月, vol. 16, p. 353-363.
- 中村久由・他 (1959) 宮城県鬼首環状地内における地質構造と地熱の関係。地質調月, vol. 10, p. 575-600.
- 尾崎次男 (1975) 河川流量を利用した温泉水流出熱量の測定。地質調月, vol. 26, p. 519-522.
- ・菅野敏夫 (1968) 赤城山および榛名山における地下水の補給量推定に関する研究。地質調月, vol. 19, p. 365-382.
- 山田宮三 (1972) 2万5千分の1鬼首地質図。地質調査所。
- YAMADA, E. (1972) Study on the Stratigraphy of Onikōbe Area, Miyagi Prefecture, Japan—With special reference to the development of the Onikōbe Basin. Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 23, p. 217-230.

(受付: 1976年6月7日; 受理: 1977年2月18日)