

富山県黒部高温岩体放熱量調査報告

湯原 浩 三*

YUHARA, K. (1981) Heat discharge from the Kurobe-Sennindani dry hot rock, Toyama Prefecture, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 32(4), p. 227-239.

Abstract: A huge body of hot rock is found in a tunnel of Kurobe-Jobu railway between Sennindani and Asobara. Hot springs and fumaroles are not so many in the tunnel and the rock body may be considered as so-called "Dry hot rock". Temperatures of the rock surfaces show 98°C at the max., and their high values correspond to fractured zones of the rock. Heat discharges from the rock surface to the air and by hot springs and fumaroles were observed. The total heat discharge was 3×10^6 cal/sec relative to 12.3°C which is lowest air temperature in the tunnel. The 98% of the total is heat transmitted from rock surface to air.

要 旨

富山県黒部峡谷の関西電力専用軌道の阿曾原と仙人谷の間にある高熱隧道において、昭和50年10月12日から昭和51年1月18日までの間に、隧道内壁面温度分布調査、壁面よりの放熱量調査、噴気・温泉による放熱量調査、通気・通水による放熱量調査が行われた。

壁面の岩盤温度は仙人谷坑口より約100mから400mの範囲に高温部があって、最高98°Cを観測した。また、高温部はいずれも隧道の軸を横断する方向に延びており、その中心には微弱な噴気孔がある。壁面温度の分布から、Newton冷却を仮定して、壁面よりの放熱量として301.5 kcal/sec が得られた。

隧道内の温泉や噴気は数も少なく量も微弱であるが、それらを個々に測定して合計すると、平均気温12.3°Cを基準として、温泉によって1.2 kcal/sec、噴気によって5.7 kcal/sec の熱が放出されている。結局、調査地域の総放熱量は、12.3°C基準で約 3×10^6 cal/sec であった。

一方、通気による放熱量も測定され、その値は374.8 kcal/sec で上の値より大きい。この違いの原因の1つは、横坑からの熱の出入があるためと思われる。

1. 緒 言

富山県黒部峡谷の阿曾原谷と仙人谷の間には、関西電力黒部川第三発電所導水路トンネル、黒部専用鉄道上部軌道トンネル、新黒部川第三発電所導水路トンネルの3本の高熱隧道がある(第1, 2図)。前二者は昭和11年8月に着工し、その掘さく中最高140°Cの高温岩盤に

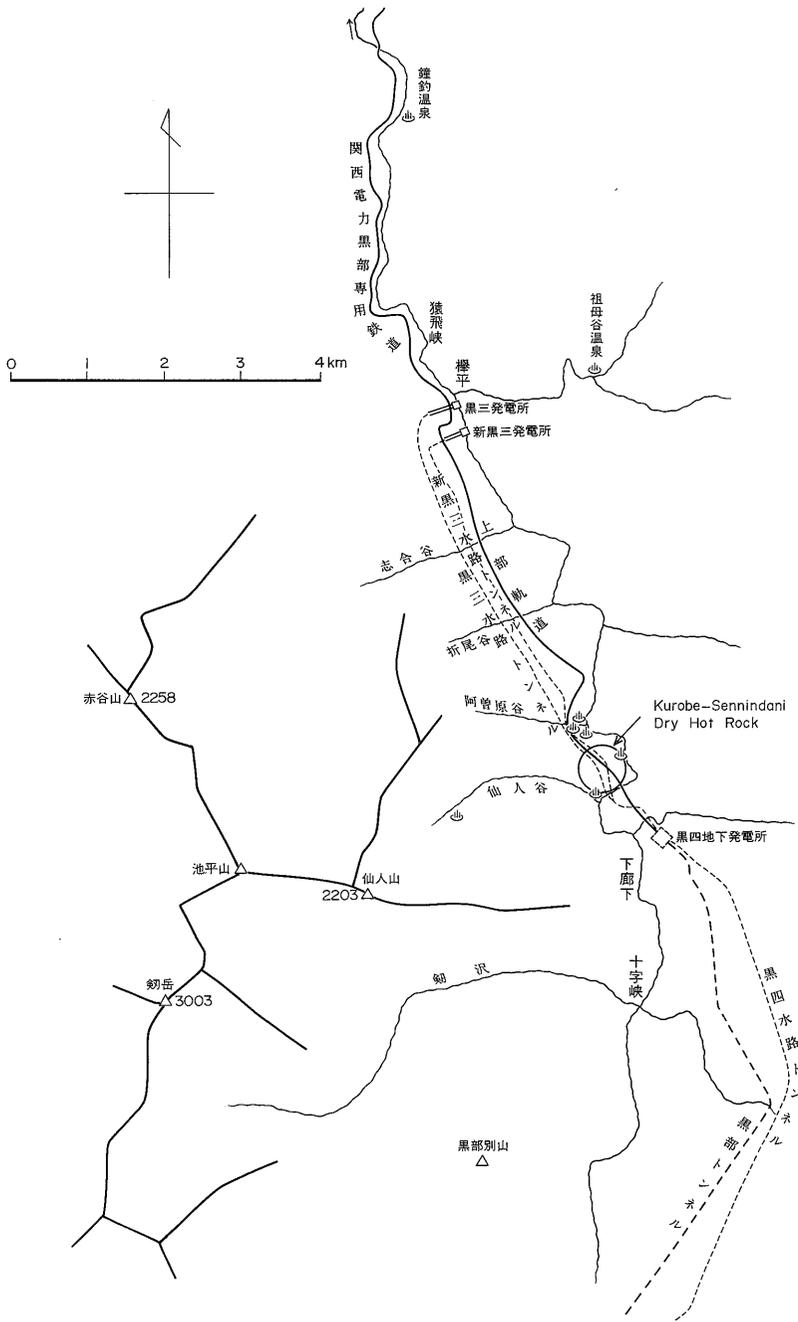
遭遇し、非常な難工事の末、昭和15年11月21日に完工したものである。当時の記録はなかなか得られなく、藤井(1939)の報告を知るのみであって、詳細については不明な点が多い。したがって、吉村(1967)の小説中の記載は貴重な記録といえるかもしれない。新黒部川第三発電所導水路トンネルは、昭和35年12月に着工し、昭和37年8月21日に貫通した長さ1,273mのトンネルである。松居・吉田(1962)によれば、このトンネルでも100°C以上の高熱部が長さ963mもあり、最高温度は175°Cにも達している。掘さく中60カ所、トンネル延長にして約20%で噴気・温泉の湧出があったが、その他は乾燥しており、岩盤温度は乾燥している所が高かったといわれている。

以上の3本の高熱隧道のうち、2本の導水路トンネルは検査の時以外は水が一杯に流れており調査は不可能であるが、軌道トンネルは列車通過時以外は通行可能で、諸種の調査をすることができる。そこで、この軌道トンネルを利用し、高温岩体を内部から調査・研究することが行われた。

阿曾原、仙人谷間の隧道内の岩石は、北部は古期閃緑岩類で南部は新期花崗岩類である。閃緑岩類は灰黒色を呈し堅い。花崗岩類は第三紀層と推定される粗粒質又は細粒質の黒雲母花崗岩で白っぽい色をしている。この花崗岩類も比較的堅硬であって、隧道内壁はコンクリート巻立は行われていない。しかし亀裂が多く発達し、所々に弱い噴気や少量の温泉の湧出があり、岩盤温度も高く、岩盤壁面には変質鉱物が生成している(吉田, 1978)。

今回の調査の目的は、黒部専用鉄道上部軌道隧道の仙人谷坑口より北方700mの区間において、温泉、噴気、熱

* 九州大学工学部 地殻熱部併任

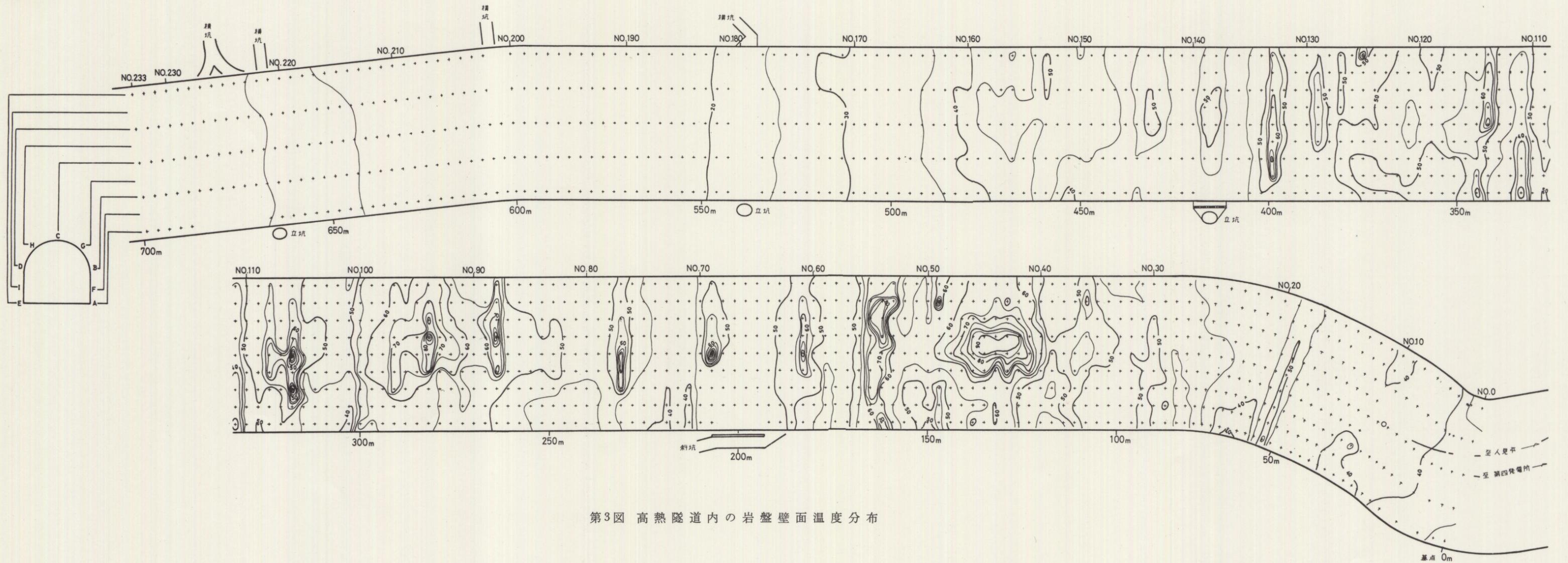


第1図 黒部仙人谷高温岩体の位置

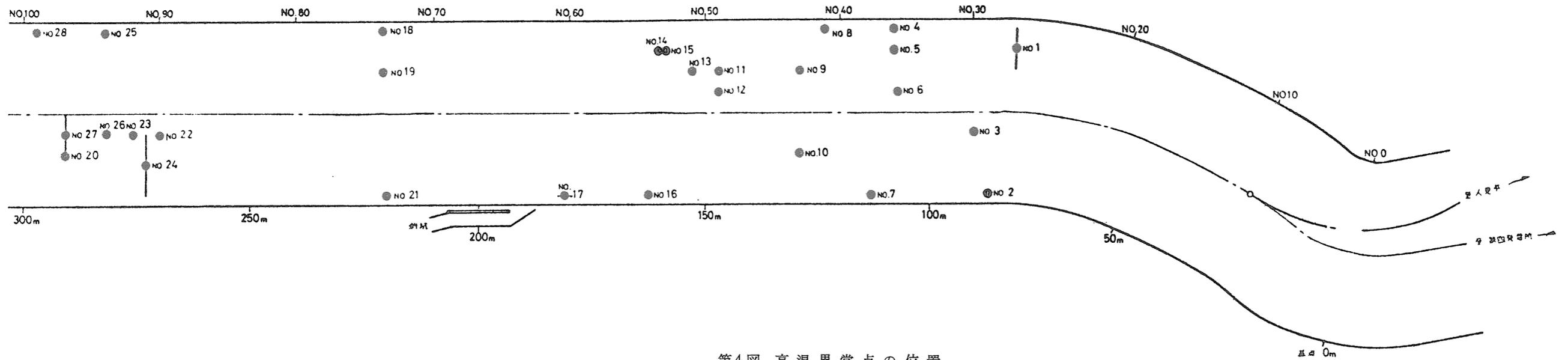
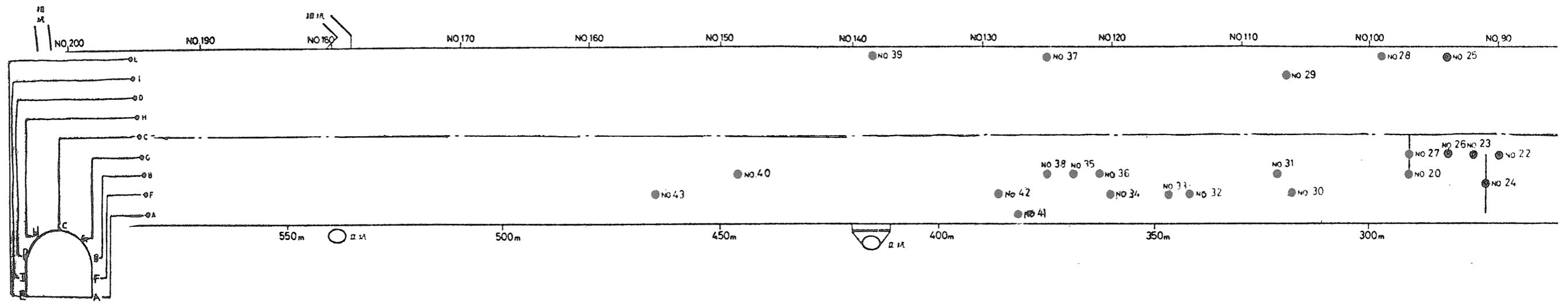
伝導によって、周囲山体から隧道内へ放出される熱量を測定することである。調査項目は

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 隧道内壁面温度分布調査 2. 壁面よりの放熱量調査 3. 温泉による放熱量調査 | <ol style="list-style-type: none"> 4. 噴気による放熱量調査 5. 通気による放熱量調査 6. 流水による放熱量調査 7. 総放熱量の算出 |
|--|---|

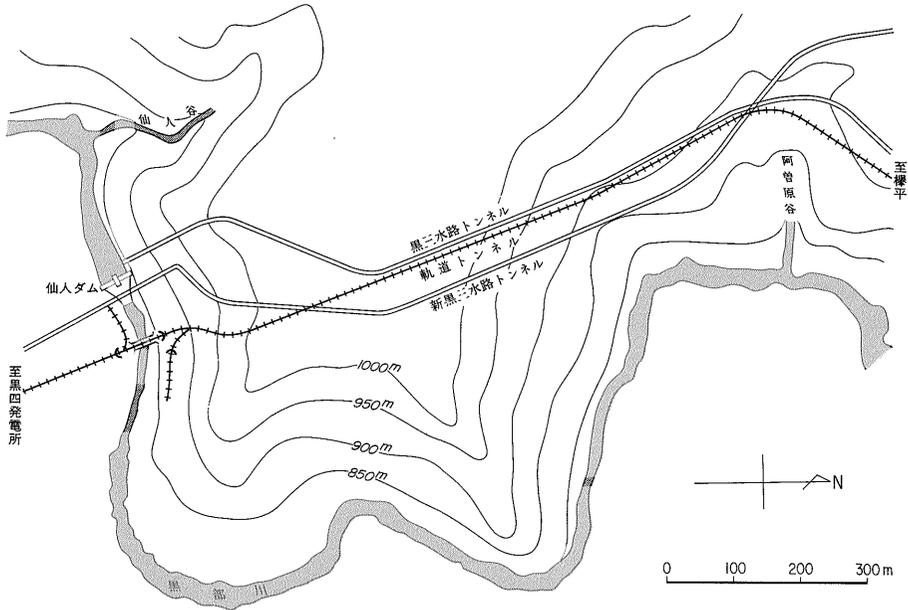
であって、第1次調査は昭和50年10月12日から昭和50年



第3図 高熱隧道内の岩盤壁面温度分布



第4図 高温異常点の位置



第2図 3本の高热隧道の位置関係

10月25日までの間、第2次調査は昭和51年1月14日から昭和51年1月18日までの間に行われた。

2. 隧道内岩盤壁面温度分布調査

隧道内において、仙人谷坑口より27mの地点を基点とし、それより3m間隔で断面をとり、各断面内で5点、特に高温部では一断面9点の壁面温度を表面温度計を用いて測定した。測定数は計1,643点である。壁面温度は最低15℃、最高98℃を観測した。高温壁面はほとんどその中心に噴気孔がある。第3図は、壁面温度分布を示したものであって、仙人谷坑口より約100mから400mの範囲に高温部があって、高温部はいずれも隧道の軸を横断する方向に延びている。

前述のように、壁面温度の高い所は多くの場合その中心に噴気孔がある。そこでこれらの高温異常点の温度分布を詳しく調べるために、噴気孔の周辺1-2m²の範囲で、0.2m間隔で岩盤表面温度を測定した。測定を行った高温異常点の位置を第4図に、それぞれの異常点での詳細温度分布のいくつかの例を第5図に示す。この図からも明らかなように、高温部は極く限られているので、第3図に示した壁面温度分布では、3m間隔にとった測定点と測定点の間になって、見落されているものもかなりある。第4図に示した測定点の位置が、必ずしも第3図の高温部と一致しないのはこのためである。また、第5図からも高温部が幅数10cmの細い帯状に延びている

ことがはっきりと認められる。ここには細かい割れ目があって、それを通して蒸気が噴出し周囲岩盤に熱を与え、高温異常点を形成しているものと解釈できる。

3. 岩盤壁面よりの放熱量調査

岩盤壁面からの熱の放出は Newton の冷却法則に従っていると仮定すると、単位面積から単位時間に放出される熱量 q は

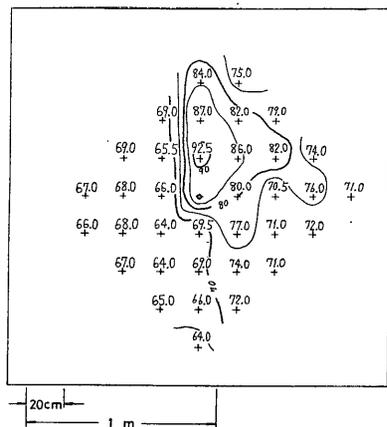
$$q = H (T - T') \quad (1)$$

ここで T は壁面温度、 T' は空気温度、 H は放熱係数である。今回は放熱係数として 3.0×10^{-4} (cal·cm⁻²·sec⁻¹·deg⁻¹) (福富, 1961) を採用した。

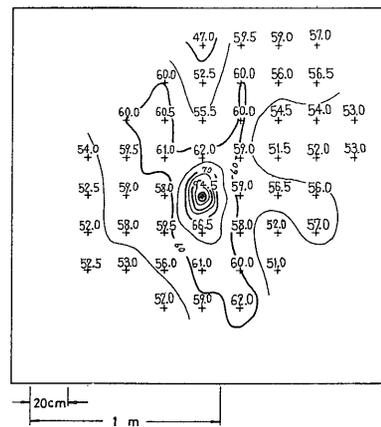
壁面温度は、前節でのべたように、3mおきにとった各断面内で5-9点測定されているので、それらの平均をとって T の値とした。隧道内の気温は、第6節で述べるように、70mおきにとられた各断面内で5点測定が行われているので、それらの平均値を各断面での値とし(第4表)、さらにその値を内挿して、3mおきの気温 T' を求めた。

次に、(1)式より求めた q に3m幅の隧道壁面の面積を乗じて、3mごとの岩盤壁面よりの放熱量を算出した。ただし、壁面面積の算出には70mごとに測定した断面周囲長に3mを乗じたので、実際の値とは若干の違いがある。

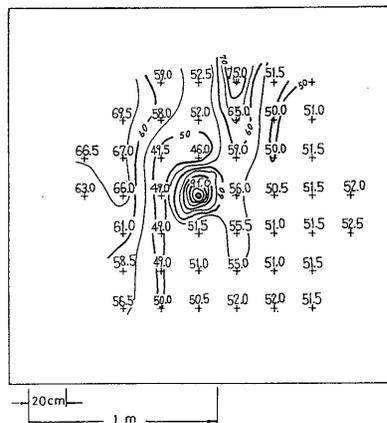
以上の方法で求めた岩盤壁面からの放熱量を、仙人谷



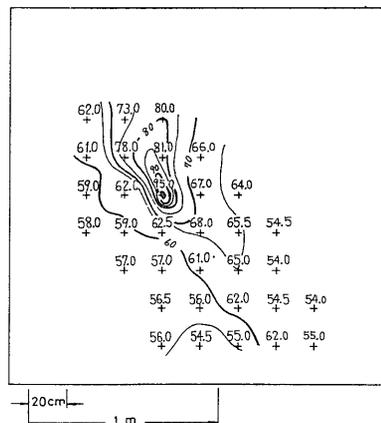
No. 5
 測線 108m
 測点 I
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 _____ °C



No. 7
 測線 113m
 測点 A
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 94.5 °C

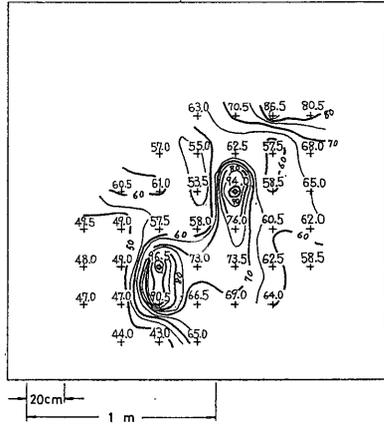


No. 8
 測線 123m
 測点 E
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 91.0 °C



No. 10
 測線 129m
 測点 D B
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 95.0 °C

第5図-1 噴気孔周辺の岩盤壁面温度



No. 11

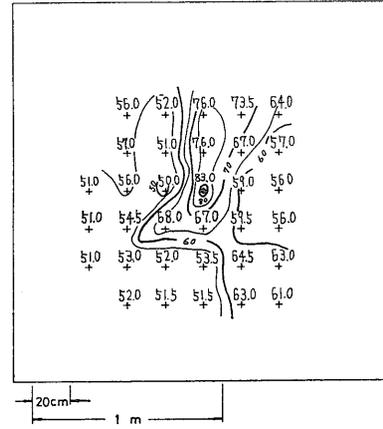
測線 14.7 m

測点 D

中心温度

泉温 94.0 °C

噴気温 76.5 °C



No. 13

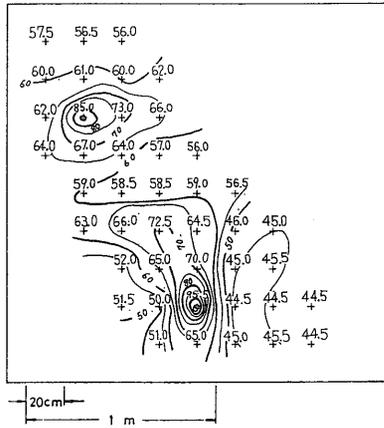
測線 153 m

測点 D

中心温度

泉温 83.0 °C

噴気温 83.0 °C



No. 15

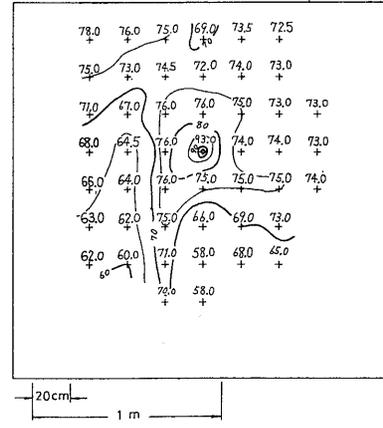
測線 159 m

測点 I

中心温度

泉温 85.0 °C

噴気温 95.5 °C



No. 16

測線 162 m

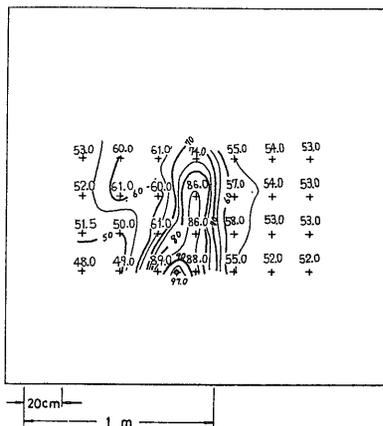
測点 A

中心温度

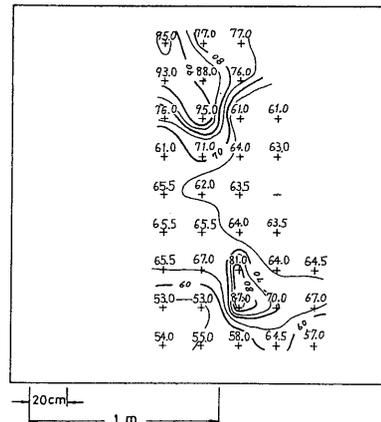
泉温 83.0 °C

噴気温 93.0 °C

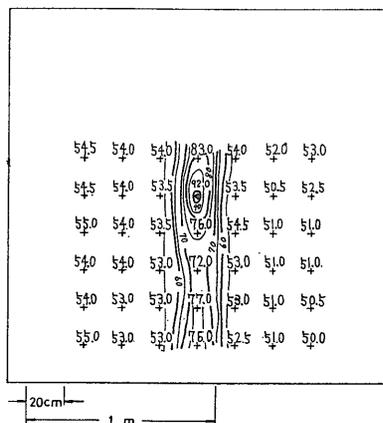
第 5 図-2



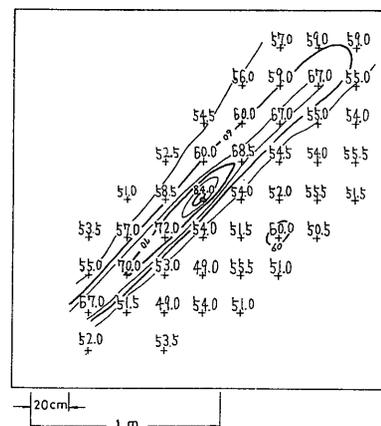
No. 17
 測線 180~183 m
 測点 A
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 97.0 °C



No. 20
 測線 291 m
 測点 B
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 _____ °C

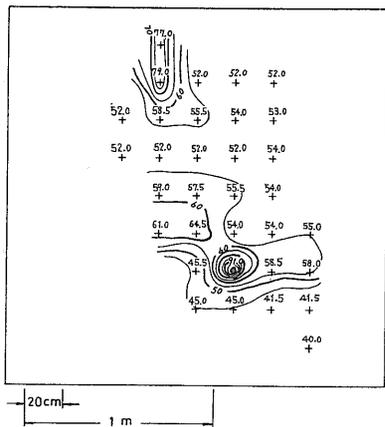


No. 21
 測線 220 m
 測点 A
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 92 °C



No. 22
 測線 270 m
 測点 G
 中心温度
 泉温 _____ °C
 噴気温 84.0 °C

第5図-3



No. 28

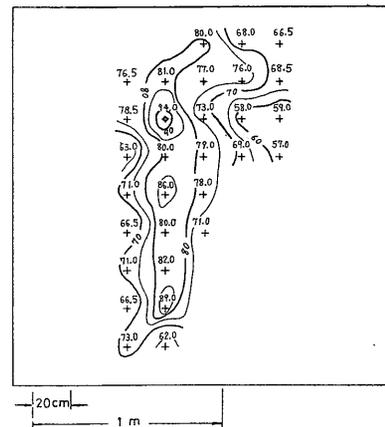
測線 297 m

測点 D

中心温度

泉温 _____ °C

噴気温 71.0 °C



No. 30

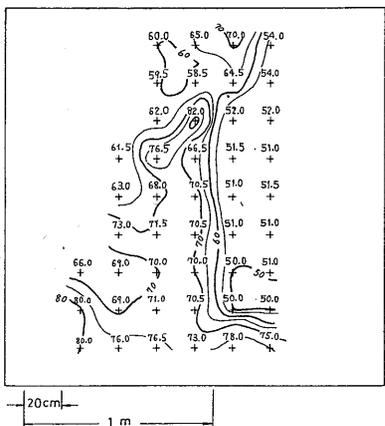
測線 318 m

測点 B

中心温度

泉温 _____ °C

噴気温 94.0 °C



No. 32

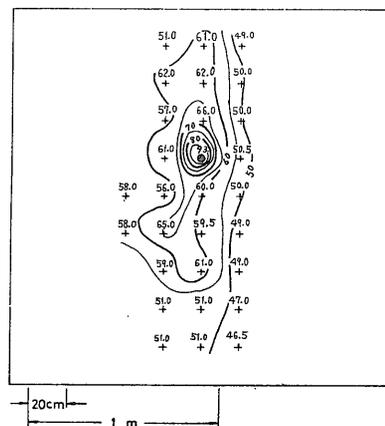
測線 342 m

測点 F

中心温度

泉温 _____ °C

噴気温 _____ °C



No. 33

測線 347 m

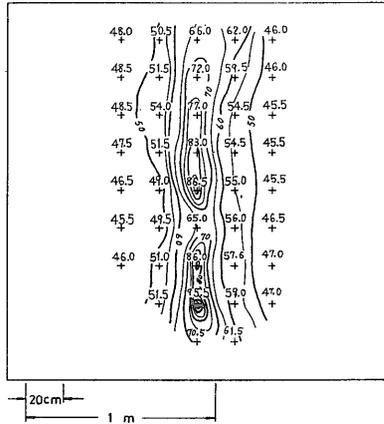
測点 F

中心温度

泉温 _____ °C

噴気温 93.0 °C

第5図-5



No. 39

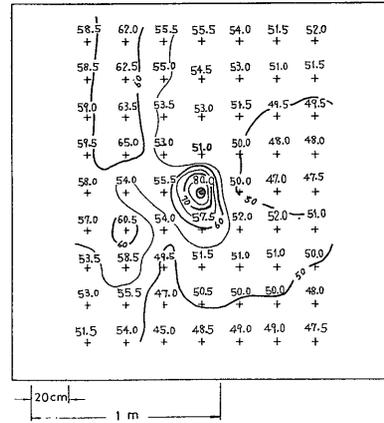
測線 415.5m

測点 E

中心温度

泉温 $^{\circ}\text{C}$

噴気温 95.5 $^{\circ}\text{C}$



No. 40

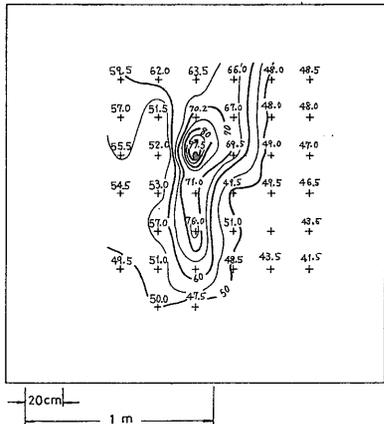
測線 446m

測点 B

中心温度

泉温 $^{\circ}\text{C}$

噴気温 80.0 $^{\circ}\text{C}$



No. 42

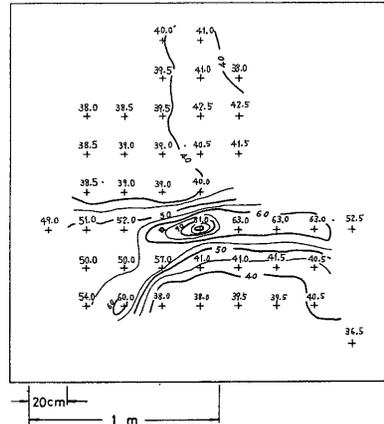
測線 386

測点 F

中心温度

泉温 $^{\circ}\text{C}$

噴気温 97.5 $^{\circ}\text{C}$



No. 43

測線 465m

測点 F

中心温度

泉温 $^{\circ}\text{C}$

噴気温 $^{\circ}\text{C}$

第 5 図-6

入口より70mの地点から700mの地点まで合計すると301.5 kcal/sec となる。この値は全国地熱基礎調査報告書に記載された0°C基準の値612 kcal/sec の約1/2である。

4. 温泉による放熱量調査

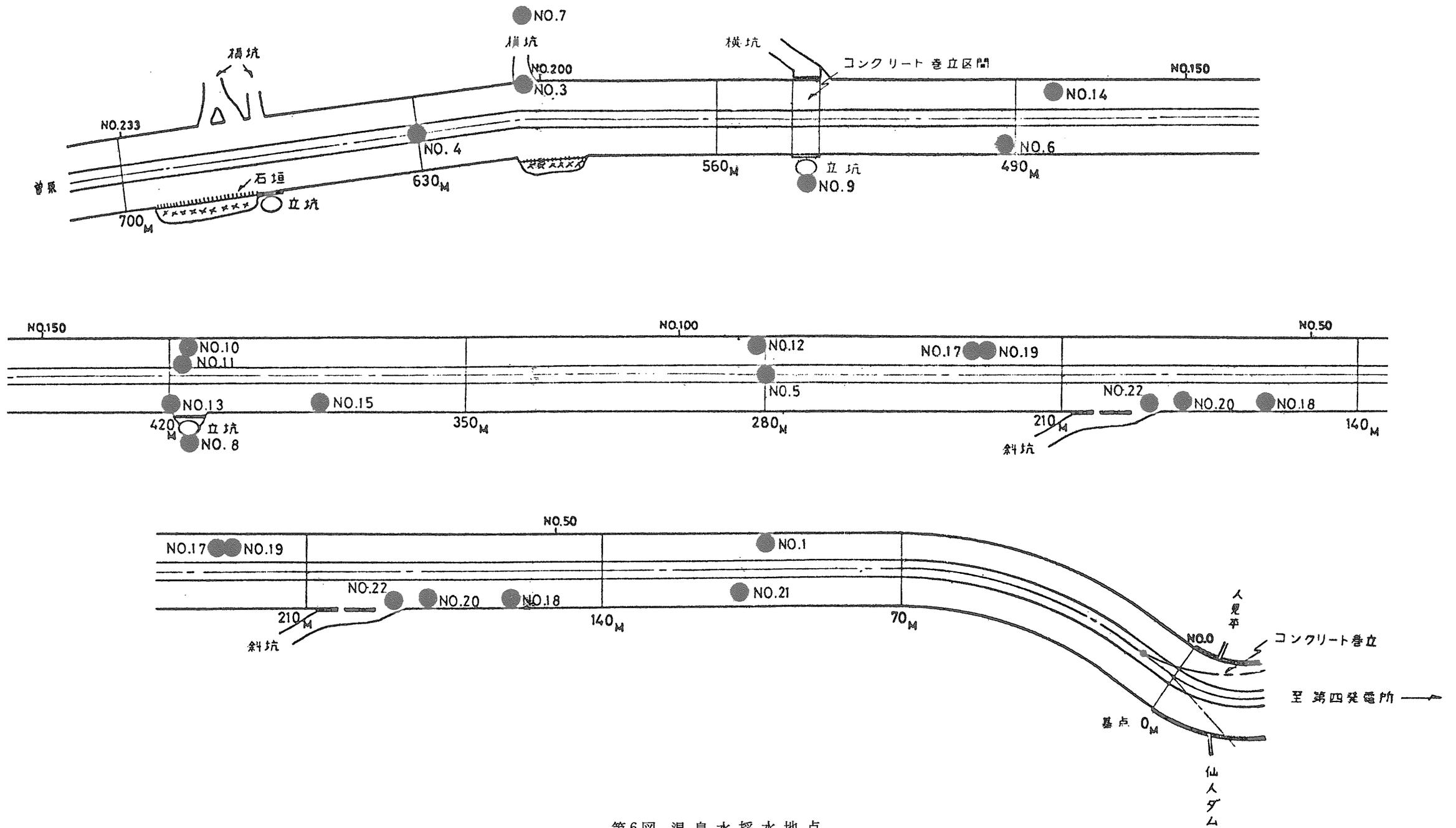
隧道内に湧出する温泉は仙人谷坑口から100mから280mの間にしかなく、その数も少ない。湧出量はいずれも微量であって、滴が垂れるという程度の状況である。したがって湧出量の測定できるものは少ない。第1表は泉温、湧出量の測定結果と、それより算出した温泉による

放熱量である。表中左より2列目の測点(m)は仙人谷坑口よりの距離で測定位置を表わしたものである。測定が行われた100mから180mの区間は主として隧道の上面から温泉水が滴下しているため、その代表的なものの量を測定し、3m幅の断面内の温泉数を乗じて、その間の湧出量と放熱量を算出した。昭和51年1月16日現在、100mから180mの区間の温泉湧出量は23.6 cc/sec。その放熱量は0°C基準1.43 kcal/sec であった。

次に隧道内22カ所で採水し主要化学成分について分析を行った。採水箇所は第6図に、分析結果は第2表に示す。採水番号のNo. 1, No. 18, No. 20, No. 21, No. 22

第1表 温泉の泉温、湧出量、放熱量

番号	位 置 (仙人谷入 口よりm)	3 m 幅 断 面 で の 泉 源 数	泉 温 (°C)	湧 出 量 (cc/min)	3 m 幅 断 面 か ら の 湧 出 量 (cc/min)	3 m 幅 断 面 か ら の 放 熱 量 (kcal/min)
1	100	}	45.5	0.67	}	70.2
2	101		48.0	0.78		
3	102		50.5	0.27		
4	102		47.0	2.96		
5	105	90	49.0	0.43	38.7	1.900
6	108	30	52.0	0.40	12	0.624
7	111	60	53.0	1.00	60	3.180
8	114	30	54.0	0.30	9	0.486
9	117	60	49.0	0.67	40.2	1.970
10	120	60	56.0	0.27	16.2	0.907
11	123	75	67.0	0.90	67.5	4.523
12	126	60	51.0	0.38	22.8	1.163
13	129	30	74.0	0.60	18	1.332
14	132	30	46.0	0.75	22.5	1.035
15	135	60	90.0	3.75	225	20.250
16	138	60	54.0	0.75	45	2.430
17	141	45	53.5	0.43	19.4	1.035
18	144	90	60.0	1.20	108	6.480
19	147	90	53.0	0.60	54	2.862
20	150	30	51.0	2.50	75	3.825
21	153	60	53.0	0.80	48	2.544
22	156	120	55.0	1.00	120	6.600
23	159	45	59.0	1.76	79.2	4.673
24	162	60	57.0	1.20	72	4.104
25	165	30	57.0	5.00	150	8.550
26	168	30	47.0	0.35	10.5	0.493
27	171	60	46.5	0.13	7.8	0.363
28	174	15	45.0	0.32	4.8	0.216
29	177	15	48.0	0.14	2.1	0.101
30	180	30	57.0	0.55	16.5	0.941
計					1414.4 23.6(cc/sec)	85.957 1.43(kcal/sec)



第6図 温泉水採水地点

第2表 温泉分析表 (mg/l)

番号	位置 (仙人谷入口よりm)	泉温 (°C)	pH	Cl	SO ₄	HCO ₃	Na	K	Mg	Ca	Fe	Al	SiO ₂	備	考	
1	102	39.5	8.9	330	60	85.8	255	26.8	0.6	7.6	<0.1	—	66.8	右側 300分で0.4l, 高さ2mのところの雫		
2	102	43.0	9.2	484	31	141	380	48.4	0.4	3.0	<0.1	—	71.8	浴場		
3	606	6.5	7.9	2.7	28	11.6	4.4	0.9	2.2	5.8	<0.1	—	13.8	左よこ孔湧き水, 2 l/min		
4	630	14.9	5.7	2.9	29	6.5	4.2	1.0	1.6	11.8	<0.1	—	7.2	流水, 側溝よりあふれた水		
5	280	13.5	5.5	1.3	15	5.3	2.8	0.8	0.8	12.4	<0.1	—	5.4	流水, 側溝よりあふれた水		
6	492	17.8	3.2	12.0	305	4.0	38.6	4.9	3.8	45.4	3.4	26.3	5.7	左, 2.5×1.5 (m ²) の溜り水		
7	606	不明	5.1	2.1	32	22.5	5.5	0.7	2.2	19.4	<0.1	—	17.8	右, したたり水, 6分で1l, 横坑の30m位入ったところ		
8	414	不明	3.7	4.8	154	—	10.7	2.4	3.0	27.0	0.5	15.1	5.8	たて坑水 (左側) サク内の5-6m下の水		
9	537+2	不明	6.2	4.2	9	22.5	17.8	0.2	0.8	8.8	<0.1	—	5.4	左下たて坑5-6mの所の溜り水		
10	415.5	不明	2.1	0.8	741	—	19.3	9.8	2.2	19.6	2.2	66.7	65.4	右, 雫 (ポタリ, ポタリ)		
11	417	15.8	4.6	3.2	24	—	3.0	1.0	1.2	11.8	<0.1	—	6.2	左, 流水の一時溜り水		
12	282	95.0	2.4	3.2	656	—	28.2	13.0	3.4	41.2	10.2	53.5	77.7	右側隅溜り水, 30分で1.5l		
13	419	不明	2.0	4.5	912	233	18.6	13.0	3.8	7.0	6.4	78.2	86.1	左, 雫60分で0.1lコンクリートサクの上		
14	481.5	不明	7.1	9.3	40	—	0.4	0.1	12.6	55.8	<0.1	—	63.8	右, 雫60分で0.1lパイプ		
15	384	23.6	2.7	1.9	807	—	19.3	53.6	5.2	7.0	13.7	81.6	9.4	左隅溜り水, 流水の流れ込んだ可能性大, 上1m噴気あり (96°C)		
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
17	231	47.0	2.6	4.8	806	—	26.7	9.1	6.8	8.2	14.7	837	18.0	右隅溜り水, 2コあるうちの1コ		
18	161.5	88.0	2.2	4.5	1,830	—	77.2	28.6	8.6	5.8	63.9	215	112.3	左側湧き水, レールより1.5m離, 温泉水, 噴気多し		
19	228	34.3	3.5	3.2	118	—	4.4	1.8	1.6	8.8	0.6	10.4	14.6	右側隅溜り水, 少量		
20	181	51.0	3.1	2.9	212	—	8.9	3.4	2.8	6.4	6.9	291.0	31.5	左側湧き水, 壁の近くで湧水点が多くそれが集まっている		
21	108	48.5	2.1	2.9	2,804	—	51.9	29.8	22.0	5.8	169.5	23.2	87.5	左側溜り水, 少量, 上0.5mに噴気孔, 噴気温度95.5°C		
22	189	37.5	2.8	1.3	257	—	7.4	4.5	2.2	5.8	3.5	—	33.5	左隅溜り水, 少量		

は前述の滴下温泉水の集ったものであるが、No. 12, No. 17, No. 19は前述のものとは別の温泉である。No. 12は湧出量が0.8 cc/secと比較的大きく、0°C基準の放熱量は0.08 kcal/secである。上の番号以外の採水は湧水や側溝中の流水または起源不詳のものである。

結局、温泉の湧出による放熱量は0°C基準で1.5 kcal/secとなる。これを第4表に示した隧道内最低平均気温12.3°Cを基準温度として換算すると1.2 kcal/secとなる。

温泉水の水質はpH 2-9.2の範囲にあり、一般的に濃度は薄い。ただ、硫酸イオン濃度が比較的高く、鉄、アルミニウムなども多く含むことから、二次的に生成した可溶性硫酸塩鉱物が溶け込んでいるものと考えられる。

5. 噴気による放熱量調査

隧道内に噴出する噴気の量も非常に少ない。仙人谷坑口より約100mから400mの間にかけて23孔の噴気孔がある。

第3表 噴気の温度、噴出量、噴出熱量

番号	位置 (数字は仙人谷入口よりm, 英字は断面上の位置)	噴気温度 (°C)	噴気孔断面積 (cm ²)	噴出量 (g/sec)	噴出熱量 (cal/sec)
1	87 (A)	97.0	7.5	0.06	257.3
2	113 (A)	94.5	80.5	3.19	3033.6
3	123 (E)	91.0	7.1		12.3
4	129 (E-D)	95.0	15.0		12.1
5	147 (D)	96.5	4.9		2.4
6	147 (H)	94.0	25.0		2.8
7	153 (D)	83.0			
8	162 (A)	93.0			
9	180 (A)	97.0			
10	230 (I)	93.0	10.0		8.5
11	232 (E)	93.5	2.0		0.4
12	273 (A, G)	96.0	17.5	0.05	583.7
13	282 (G)	96.0	30.0		3.6
14	282 (E)	91.0	3.0		3.2
15	291 (B, C)	94.0	10.0	0.00	93.3
16	297 (E)	91.0	0.3		1.2
17	318 (F)	94.0	32.0		10.6
18	321 (F)	90.8	2.0		0.3
19	347 (F)	93.0	600.0	0.04	1630.7
20	360 (F)	95.0	6.0		0.8
21	382 (A)	93.2	19.6	0.00	89.0
22	386 (F)	97.5	3.0		2.5
23	399 (B)	68.2	3.0		0.1
計				3.34	5748.4

る。調査の行われた昭和50年10月20日前後の時点では、噴気は乾いた状態にあった。測定された噴気孔の位置を第7図に、測定結果を第3表に示す。これより、噴気としての噴出量は計3.3 g/sec、その放熱量は0°C基準で5.7 kcal/secであった。これを前と同様12.3°C基準にしても放熱量は5.7 kcal/secと変わらない。

6. 通気による放熱量調査

隧道内では自然に空気が流れている。したがって、風向は時間的に変化する。

隧道内で70mごとに10カ所の断面をとり、まず実測により断面積を正確に算出した。次に各断面において、断面中央部の高さ0.5m, 1.5m, 2.5mのところと、高さ1.5mでそれぞれ左右の壁から0.5mはなれたところの計5カ所で乾球温度、湿球温度、風速、気圧を測定した。次に第8図に示すように、各断面を5つの小断面に分割し、5カ所の測定値がそれぞれの小断面の値を代表するものと考えた。各小断面を単位時間内に通過する熱量Qは

$$Q = V\sigma C_p T + V\sigma_w i$$

によって与えられる。ここで

V: 移動する空気の体積 (cm³)

σ : 空気密度 (gr/cm³)

C_p : 空気の定圧比熱 (cal/gr · deg)

T: 空気の温度 (°C)

σ_w : 絶対湿度 (gr/cm³)

i: 温度 T°C のときの水蒸気のエンタルピ (cal/gr)

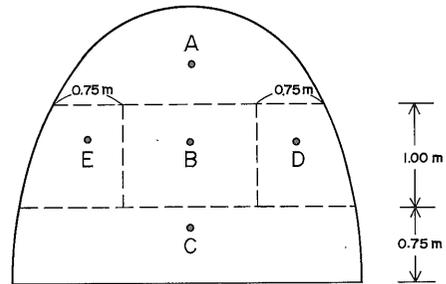
である。更に

$$\sigma = \frac{P \times 10^3}{2.87 \times 10^3 \times (T + 273)} \cdot \left(1 - \frac{e}{P}\right)$$

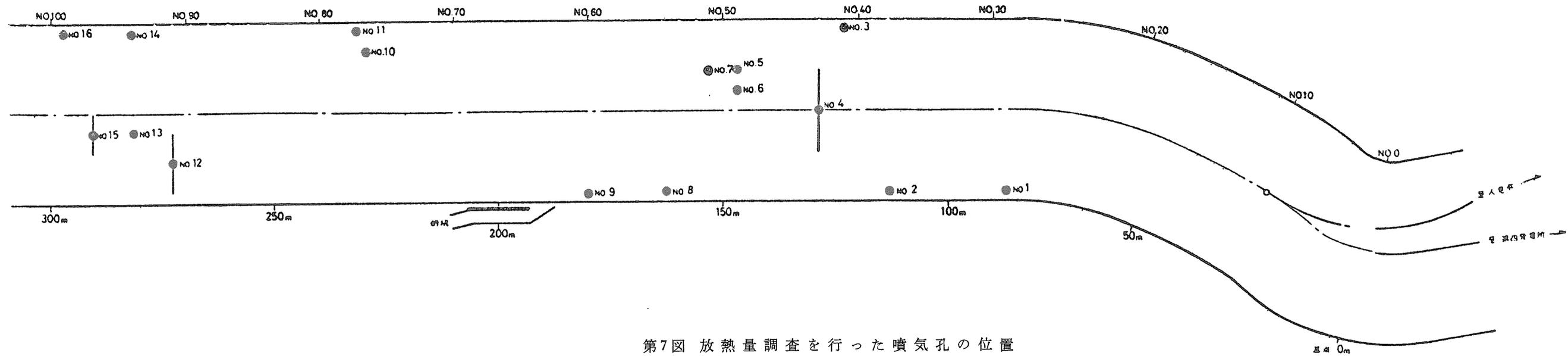
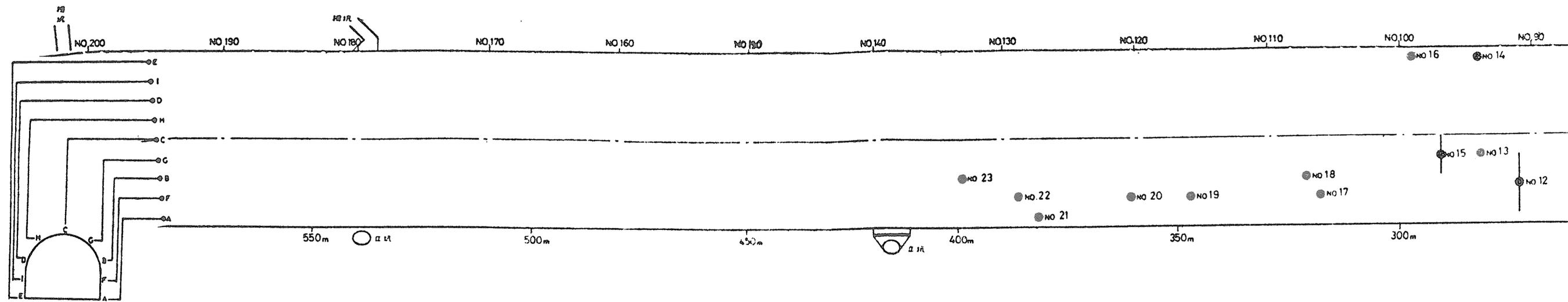
$$\sigma_w = \frac{2.165 \times 10^{-4} \times e}{T + 273}$$

$$e = E'(T') - \frac{2}{3}(T - T') \cdot \frac{P}{755}$$

であり



第8図 隧道断面内での通気観測点の位置



第7図 放熱量調査を行った噴気孔の位置

第4表 隧道内の気温, 風速, 通過熱量

位置 (仙人谷 入口より m)	断面 周囲長 (m)	平均 気温 (°C)	平均 風速 (cm/sec)	通過 熱量 (kcal/sec)	区間 放熱量 (kcal/sec)
70	7.7	34.8	167	384.3	- 3.5
140	8.0	35.1	129	387.8	-28.2
210	6.5	31.2	241	416.0	78.0
280	9.0	30.0	195	338.0	77.2
350	11.9	25.5	142	260.8	82.4
420	10.9	20.6	120	178.4	71.7
490	9.3	16.8	71	106.7	29.0
560	8.9	13.4	121	77.7	26.6
630	8.2	13.1	57	51.1	41.6
700	9.1	12.3	8	9.5	
計					374.8

P: 気圧

T': 湿球温度(°C)

E'(T'): T'における飽和水蒸気圧(mb)

である。

次に70m距てた2つの断面を通過する熱量の差から、その間に岩盤から通気に供給される熱量(区間放熱量と名付けた)を求めた。その結果を第4表に示す。結局、700m地点から70m地点までの間に岩盤から通気に供給される熱量として374.8 kcal/sec という値が得られた。

210m地点から70m地点にかけて、通過熱量が若干減少している。第4表を見ると断面内の平均気温は210m地点よりも140m地点の方が約4°C上昇しているのに、平均風速は241 cm/sec より129 cm/sec と小さくなっており、そのために通過熱量が小さくなっている。これについては、第3図などに見られる200m地点にある側坑を通過して坑内通気の一部が逃げ出しているものと思われる。

7. 流水による放熱量

隧道床面の片側には幅約40 cmの側溝があって、その中を水が流れている。この水は場所によっては溝から溢れて線路床一面に拡がっていたりする。この流水について、70mおきに水温、流速、断面積を測定した。水温は全区間を通じて9°Cで一定しており、この流水によって運ばれる熱量は場所によって変化なく、坑道壁面からの放熱量を算出する際には流水によって運ばれる熱量を考慮しなくてもよいことがわかった。

8. 総放熱量の算出

壁面温度分布から求めた放熱量、噴気による放熱量、

温泉による放熱量を加え合わせたものを調査地域の総放熱量とした。

70m地点より700m地点までの間の総放熱量は

壁面より 301.5 kcal/sec (隧道内気温基準)
 噴気により 5.7 kcal/sec (12.3°C基準)
 温泉により 1.2 kcal/sec (12.3°C基準)
 計 308.4 kcal/sec

である。この値は通気による放熱量調査より求めた熱量374.8 kcal/sec の82%に当る。この違いの原因としては、(イ)放熱係数が適切でない、(ロ)横坑、斜坑からの熱の出入がある、(ハ)壁面からの放熱量が、その地点での気温(12.3~35.1°C)に対する値である、等が考えられるが、今のところこれ等を補正することはできない。それよりもむしろ、このような誤差を含むにも拘らず、両者の値はよく一致しているというべきであって、黒部高熱隧道内の高温岩体より放出されている熱量は12.3°Cを基準として 3×10^5 cal/sec であるといえる。

黒部仙人谷高温岩体の調査にあたっては、関西電力株式会社工務部、北陸支社、黒部川電力所の各位に絶大な御支援、御協力を戴いた。厚く御礼申し上げる次第である。放熱量調査は川崎地質(株)の柴藤喜平物探部長他の困難な作業によって遂行されたものである。ここに厚く御礼申し上げる。

(提出: 1978年4月10日)

文 献

- 福富孝治(1962) 1 m 深地温に就いての2, 3の問題. 北海道大学地球物理学研究報告, no. 9, p. 45-53.
- 藤井雄之助(1939) 黒部川第3号発電所工事中阿曾原温泉地帯高熱隧道工事に就いて. 水力, vol. 2, no. 4, p. 5-16.
- 松居正次・吉田 稔(1962) 新黒三高熱トンネルの施工. 発電水力, no. 58, p. 59-68.
- 吉村 昭(1967) 高熱隧道. 新潮社版, 230p.
- 吉田哲雄(1978) 地質及び生成鉱物から見た黒部高熱隧道における地熱活動. 高温岩体に関する基礎的研究(昭和51・52年度文部省科学研究費総合研究報告書), p. 35-42.

(受付: 1979年11月20日; 受理: 1980年9月5日)