

## 長崎縣雲仙地熱地帯調査報告

## 地熱調査班

## Résumé

## Studies on the Unzen Fumarol in Nagasaki Prefecture

Unzen fumarolic area, situated on the western part of Unzen-dake active volcano in the Shimabara peninsula in Nagasaki, pref. is composed of three hells (Jigoku in Japanese), of Furuyu, Shinyu and Bessho. Their metamorphosed zone widely spread over an area of about 1,100 m from north to south and 700 m from east to west. The zone is characterized by the presence of white kaoline and free silica. In the survey equithermal lines were drawn in the map. The highest temperature was about 96°C at Shinyu. Unzen fumarol is now violently acting.

## 1. 緒言

雲仙地熱地帯の調査は、29年度の地熱調査計画に基づいて実施された。調査規模は、調査費の都合で地表調査を主とした概査に止める予定であったが、たまたま長崎県から調査の申請がでていたので、一部受託調査を行うことにし、計画になかった試錐調査を加え、30m深度の試錐3本を行った。地元温泉業者は源泉に影響することを恐れて、試錐調査に賛成しなかつたが、試錐地点、方法等を話し合いによつて解決し、その結果噴気に影響しないようにして、地温および表層地質を探查することに努力した。本調査における調査員は次の通りである。

地質 近藤信興・安藤武

化学 前田憲二郎

試錐 塚本由三

雲仙は、九州における屈指の地熱地帯であることは疑いなく、その規模は調査によつて始めて判明した。今回の調査にあつては、長崎県商工課が協力ならびに尽力下されたことをこゝに厚く感謝する。

## 2. 位置 (安藤)

雲仙地熱地帯は、島原半島の最高峰普賢岳(1,359.7m)の南西に位置し、長崎県南高来郡小浜町内にある噴気帯および変質帯を含む南北約2km、東西約1kmにわたる地域である。この地帯は雲仙国立公園の中心をなし、古くから雲仙温泉郷として開発されており、バスの運行は盛んで交通の便はいうにおよばない。遠く博多方面から直通バスを用いて遊ぶものもあり、長崎市・熊本市との連絡は僅かに2時間内外に過ぎない。

## 3. 地質および地形概説 (安藤)

雲仙岳は絹笠火山地区・九千部火山地区および普賢火

山地区に大別される。絹笠火山地区はこれらの火山群中で最初に生成されたものである。普賢火山地区は絹笠—九千部火山活動に引続いて噴出し、有史時代においても数次にわたる火山活動が記録されている。この地熱地帯は、絹笠火山地区に存在し、角閃安山岩質の熔岩および集塊岩から構成されている。なお島原半島の南部地域には、雲仙岳の基盤をなす新第三紀層以後の地層が分布し、浅海性砂質粘土層・玄武岩熔岩・玄武岩質角礫凝灰岩・複輝石安山岩および集塊岩の分布が知られている。

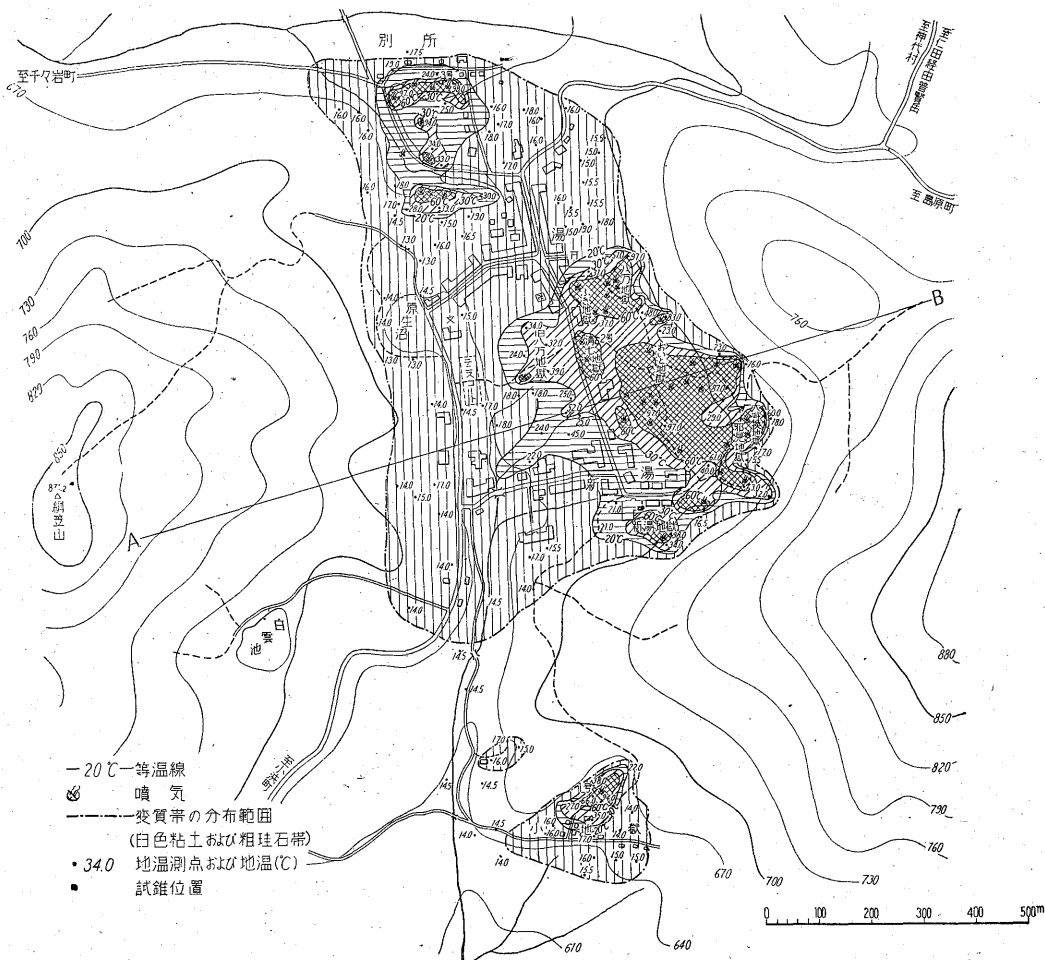
この地熱地帯は、標高ほぼ700mに位し、その東西は矢岳(939m)および絹笠山(871m)に囲まれ、南北は比較的に開析されており、地熱地帯のほぼ中心にあたる新湯以南は砥石川(有家川の1支流)の集水範囲となり、古湯以北の水は合して千々石川となつている。

## 4. 地温分布 (安藤)

調査方法は、これまで行つているのと同様に、ハンドオーガーを用いて1.5m深度における地温を測定したが、建造物などの多い地帯であるため、測定地点はこれまでのように格子状に配置しなかつた。測点を適所に配置し、簡易測量によつて既存の地形図に記入した。

地温分布状況は、地表に近接したいわゆる天然蒸気存在状態に関連があり、等温線図は地熱地帯における地温分布の様相とその規模を示すもので、地温分布は蒸気帯の性質などを考慮する要素ともなつている。またこのような穿孔調査は現在の地温を探查するのみならず、一連の熱化学的作用によつて形成された変質帯の規模、ならびにその変質程度を調査するために行われている。

地温を調査した結果は第1図の通りであり、20°C、30°Cおよび60°Cの等温線を描いておいた。60°C線内は噴気群が散在する高温帯であり、噴気帯と呼んでいるも



第1図 長崎縣雲仙地熱地帯の変質帯および地温分布図

のである。20℃線はこの地帯の異常地温帯としたものの限界である。なお調査当時(昭和29年5月)における変質帯内の最低地温は13~14℃であつたので、20℃線外にも多少は微弱な地温異常が存在する。

### 5. 噴気帯の性質(安藤)

噴気帯およびおもな噴気孔は、第1図に記入した通りであり、別所噴気帯には多数の噴気孔が分布し、小地獄には1カ所大きな噴気露頭がある。地熱地帯の中心部には八万地獄・ふき地獄・清七地獄・おいと地獄・大叫喚地獄・邪見地獄・新湯地獄等と呼ばれている大噴気のはかに多数の小噴気孔が散在する。特に八万地獄・大叫喚地獄・邪見地獄・新湯地獄等は一大変質帯の東ないし南東の山際に分布し、噴気帯が急に未変質の非地温帯に接する傾向を示している。このことは噴気が漸移的に多少南東方向へ押されつつあることを暗示している。変質帯内あるいは周辺における噴気の移動は、噴気に作用する

外圧、主として緻密な含水粘土と滲透地下水とによつて段々烈しく行われ、噴気の継続する限り、外圧の低い空隙地帯に集められる傾向を示すことが多い。旧八万地獄地帯は、現在噴気現象が衰微しているが、この地帯における顕著な変質、すなわち天然蒸気による酸化圏内における岩石の熱化学的最終生成物である粗珪石の著しい分布などから、噴気勢力の中心は、過去においてはこの地帯にあつたものと推定される。

### 6. 噴気および温泉(安藤)

この地熱地帯には多種類の噴気孔が分布するが、噴気露頭には、その地点の標高に相当する沸点以上の温度を有するものはない。噴気ガスは炭酸ガスを主とし、硫化水素を伴うが、亜硫酸ガスは検出されない。おもな噴気孔8カ所について、噴気ガスを分析した結果は第1表の通りである。噴気の凝縮水は遊離硫酸の析出によつて白濁するようなことはなく、ほとんど無色透明であり、

第1表 雲仙地熱地帯噴気ガス分析表

	噴気孔の温度 (°C)	水蒸気: ガス比		ガス百分率(Dry state)					噴気ガス百分率 (Wet state)					
		水蒸気	ガス	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	残ガス	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	残ガス
小地獄 1	97	98.2	1.8	9.1	tr.	88.9	0	2.0	98.2	0.0164	tr.	0.1600	0	0.0036
小地獄 2	97	98.2	1.8	9.8	〃	88.3	〃	1.9	98.2	0.0176	〃	0.1589	0	0.0034
八万地獄	97	98.2	1.8	7.8	〃	90.3	〃	1.9	98.2	0.0140	〃	0.1625	0	0.0034
おいと地獄	97	98.3	1.7	7.9	〃	90.1	〃	2.0	98.3	0.0134	〃	0.1532	0	0.0034
邪見地獄	98	98.0	2.0	6.5	〃	91.3	〃	2.2	98.0	0.0130	〃	0.1826	0	0.0044
新湯地獄	97	98.2	1.8	7.6	〃	90.5	〃	1.9	98.2	0.0137	〃	0.1629	0	0.0034
別所(中央)	96	96.6	3.4	6.5	〃	91.8	〃	1.7	96.6	0.0221	〃	0.3121	0	0.0058
別所(酒井宅裏)	96	96.6	3.4	7.7	〃	90.1	〃	2.2	96.6	0.0262	〃	0.3063	0	0.0075
平均	97	97.8	2.2	7.9	tr.	90.2	0	1.9	97.8	0.0171	tr.	0.1998	0	0.0044

Vol. % 分析者: 前田憲二郎

第2表 噴気凝縮水の分析表

単位 mg/l

	pH	R pH	total CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>4</sub>	F	Cl	NH <sub>4</sub>	HBO <sub>2</sub>
小地獄	4.3	5.7	77	18.4	tr.	tr.	tr.	0.5	tr.
八万地獄	4.4	5.7	154	12.6	〃	〃	〃	〃	〃
おいと地獄	4.3	5.8	187	16.2	〃	〃	〃	2.3	〃
邪見地獄	4.5	5.6	198	17.1	〃	〃	〃	0.3	〃
新湯地獄	4.5	6.0	99	10.6	〃	〃	〃	0.6	〃
別所	5.8	6.9	209	22.2	〃	〃	〃	32.3	〃

分析者: 前田憲二郎

遊離炭酸を駆逐した pH は 6.0 内外 (測定範囲では 5.7 ~ 6.9) である。なお噴気の凝縮水について分析した結果は、第2表の通りである。

この地帯で利用されている温泉は、山手の湧水 (冷水ないし微温泉) を噴気孔に導いて加温したいわゆる人工温泉がおもである。したがって成分濃度は泉源の位置・加温方法・季節・降雨などによつて異なっているが、いずれも酸性硫化水素泉ないし酸性明礬緑礬泉と呼ばれるような性質を有し、遊離硫酸を含むことが普通である。なかには遊離硫酸あるいは分解粘土粒子が浮遊して、微白濁を呈するものもある。可溶性固形成分の総量は一般に 0.3~1.0 g/l であるが、2.0 g/l に及ぶものもある。邪見地獄の南側の山際では 40°C 内外の温泉が湧出している。また変質帯内における地下水の加温された温泉を試錐によつて利用しているものもある。

露頭の噴気と坑井による噴気との間では、その成分は多少異なるものであるが、露頭の噴気から穿孔によつて取り出す天然蒸気の性質を、ある程度察知することができるものである。噴気および温泉の化学的性質からみると、この地帯に賦存する天然蒸気は、比較的の不凝縮性

ガスの少ない水蒸気を主とした良質のものであると推定される。

### 7. 変質帯の分布と性質 (安藤)

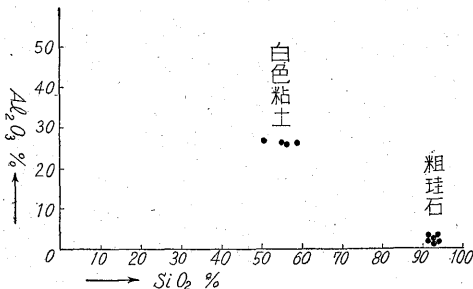
この地域の硫気作用による変質帯を、便宜上、雲仙変質帯 (別所・古湯・新湯地区を含む一連の変質帯を雲仙変質帯と呼ぶことにする) と、その南にある小地獄変質帯とに大別する。前者は南北約 1,100 m, 東西 50~700 m に及ぶほぼ楕円形に近い形をして、比較的広い面積を占めている。これらの変質帯は優白色の含水粘土によつて構成されており、さらに地温帯 (20°C 以上の地帯) においては、その表層は粗珪石をもつて特徴づけられている。すなわち変質帯の地表における珪質部分と、粘土質部分との関係をみると、ほぼ地温帯すなわち珪質帯の関係を示している。この地帯の粗珪石 (珪質物) および白色粘土の化学成分は第3表の通りである。なお小地獄・清七地獄および別所地獄の噴気帯において、各深度 30 m の穿孔探査を実施した結果によると、緻密な粘土層はこの深度以上に厚く、この地帯のいわゆる酸性変質帯は比較的厚く発達していることがわかつた。

第3表 雲仙地熱地帯の変質物

成分	試料 白色粘土 %	粗珪石 %
SiO <sub>2</sub>	55.44	92.86
TiO <sub>2</sub>	0.83	2.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.13	1.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.71	0.13
FeO	0.21	0.00
Fe	1.65	0.13
MnO	0.00	0.00
MgO	0.13	0.00
CaO	0.11	0.00
Na <sub>2</sub> O	tr.	tr.
K <sub>2</sub> O	〃	〃
H <sub>2</sub> O+	10.20	2.12
H <sub>2</sub> O-	2.68	0.72
S	1.89	0.15
SO <sub>3</sub>	tr.	tr.
total	99.98	99.79

分析者：前田 憲 二 郎

変質帯の調査の際、白色粘土とともに粗珪石を考慮に入れている理由は、両者の間に成分の漸移関係がほとんどなく、変質現象の急激な飛躍が認められ、特徴的な性質を示すことである。粗珪石の分布には、現在の噴気とともに、地熱地帯における噴気帯生成以来の時間的長短・あるいはガス成分の性質・温度等の現象を考察する手掛りが含まれている。粗珪石の生成には強い酸性の環境が必要であることは、地熱地帯の温泉成分についての手掛りも含まれており、pH 3.0 以下の温泉水では、急激に礬土の溶存量が増加している。変質物には水分のほかにチタン・鉄等の成分も多少含まれているが、主要成分である SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> との関係を、これまでに調査された試料の分析結果によって図示すると第2図の通り



第2図 白色粘土および粗珪石中の SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量

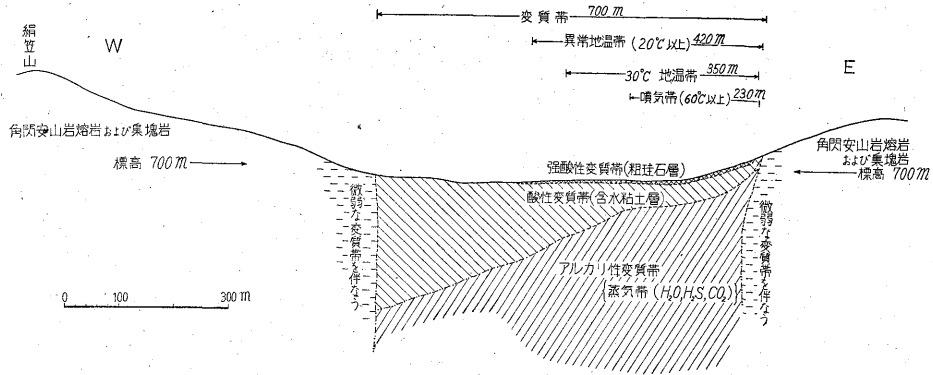
で、一般に粘土では SiO<sub>2</sub> 50~60%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 25~27% であり、粗珪石では SiO<sub>2</sub> 90~95%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1~4% である。

地熱地帯に近接して河川の存在する場合、あるいは割

合に急峻な地形が発達しているような場合には、変質帯の一方的な侵蝕ないし地熱地帯の崩壊によつて、変質帯の様相は複雑になつていくことが多い。しかし、雲仙変質帯は比較的平坦な地形に発達しているため、多少の変移があつても、変質帯と噴気現象との関係をよく現わし、変質帯の特徴をよく知ることができる。

変質帯と地温帯との関係は、噴気現象の盛衰と噴気帯生成以来の時間の経過とを暗示するものであり、変質帯すなわち噴気帯といえるような初期の状態を経て、現在のような珪質変質帯、すなわち蒸気帯といえるような状態となつたものと解することができる。そしてこの蒸気帯では、比較的浅い試錐によつて、容易に天然蒸気を取り出すことができるものと考察される。

変質帯と地温の平面的な分布との関係については、すでに述べた通りであるが、これらの垂直的な分布・性質については、深い試錐探査が全く行われていないので、具体的にはほとんど明らかになされていない。しかしこれまでの資料等を参考として、雲仙変質帯の性質を東西(第1図A—B断面)の断面で模式的に示すと、第3図のようなものである。地熱地帯には、主として天然蒸気中の硫化水素の酸化に起因した酸性温泉の存在することは、すでに一般に知られている通りであり、これらの酸性水の滲透範囲あるいは蒸気の凝縮が著しく行われ、かつ天水の作用し易い地表に近い範囲においては、硫化水素の酸化——酸性水の分布——酸性変質——含水粘土の生成によつて特徴づけられるいわゆる酸性変質帯が形成される。なお噴気帯ないし地温帯においては、その表層は強酸性水的作用による珪質物すなわち粗珪石と呼んでいるものの薄い層が生成する。このような酸性変質帯の厚さは一定したものではなく、地熱地帯の地質構造・噴気現象の強弱・消長等に、ある程度支配されて、特有の性質を持つものである。さらに変質帯の深部は、多少の粘土化とともに、特に変質岩中における方解石・沸石の晶出をもつて特徴づけられている。このことは大嶽(大分県玖珠郡飯田村)・湯之野(鹿児島県始良郡霧島村)等の地熱地帯の深い試錐によつて知られている。噴気露頭の存在によるのみならず、地下においても凝縮と蒸発とを繰返すことによつて、地下に圧力勾配が生じ、熱が下方から上方に運ばれることによつて地熱地帯を形成し、存続しているものと解されている。そうして方解石の晶出液はアルカリ性を帯びるものと考えられ、このような方解石・沸石の晶出帯を、上部の酸性変質帯に対してアルカリ性変質帯と呼んだ。なお噴気帯は現在天然蒸気がほぼ地表に達している所であるが、穿孔によつて噴気させるためには、このような噴気帯においても、その深度は酸性変質帯すなわち含水粘土帯以下の深さに及ぶ必要



第3図 雲仙地熱地帯東西断面図(第1図のA-B断面)

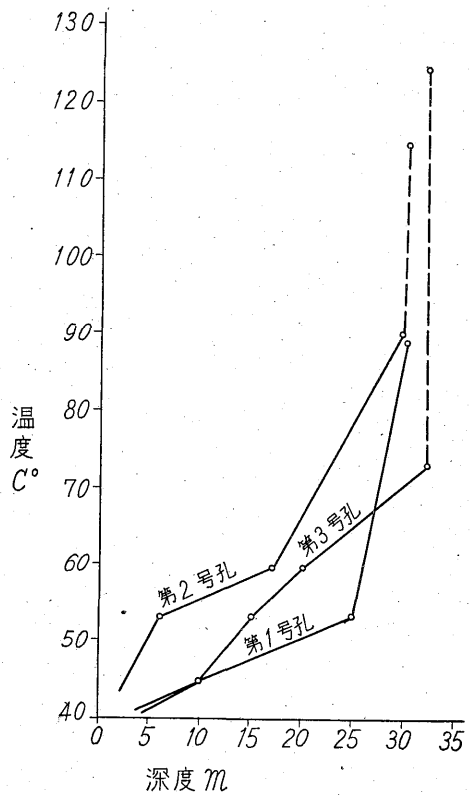
第1号孔(小地獄)	第2号孔(清七)	第3号孔(別所)
深度(m) 図表 地質	深度(m) 図表 地質	深度(m) 図表 地質
0 灰	0 灰色粘土	0 灰
10 白色	1.5 変質安山岩	10 白色
20 粘	7.5 灰	10 粘
30 土	10 白色	18.5 変質安山岩
	20 粘	20 灰白色粘
	22.6 土	32 粘
		32 土

第4図 試錐柱状図

があり、アルカリ性変質帯内において、爆発噴気するほどの適当な裂隙に掘りあてることが必要である。

8. 試錐調査 (塚本)

使用機械 利根 RL 50型, 2連式プランヂャーボン



第5図 温度測定図

プ, 5HP クボタ発動機。

試錐方法 軟らかい粘土部はビットで掘進し、比較的硬い変質安山岩の部分は、タングステンカーバイトチップを植えつけたクラウンで掘進した。

温度測定 ドリルロッド内部に温度計保持器を装置し溜点温度計を保持器に挿入して各測温深度で循環水を90分間停止して測定した。

試錐1号孔 (小地獄)

掘進中にしばしば小規模な噴出を伴なつたが、粘土層のためスライムが多く、かつケーシングパイプを使用しないので、本格的な噴気はみられなかつた。

試錐2号孔 (清七地獄)

上部に変質安山岩があり、その下部は粘土層である。掘進終了後に自噴し、約 60 l の孔内残留物を噴出した。温度測定図のうち点線で結んだ点は、孔底温度測定後さらに温度計を挿入したドリルロッドを、孔底に約 15 時間放置した後の温度である。

試錐3号孔 (別所地区)

粘土層中に厚さ約 4 m の変質安山岩がある。温度測定図の点線部分は、2号孔と同じく温度計を孔底に放置し、約 10 時間経過した後の温度である。

9. 結 言

地熱開発候補地の1つとして、地質調査・地温分布調査・噴気の化学的調査および3本の浅い穿孔探査を実施した。その結果地熱の利用あるいは研究地帯として、十分に価値のあることが認められた。

地熱開発は既存の泉源を破壊し、その地域の温泉の利用および開発と利害とが、相反するような危惧を抱いている者も多少あるが、穿孔によつて地下の蒸気を取りだしても露頭蒸気にはほとんど影響しないのみならず、その大きな熱エネルギーは、温泉源としても合理的に利用されるものである。

新湯・古湯・別所地区の噴気帯を包含するいわゆる雲

仙変質帯は、南北約 1,100 m、東西約 700 m に及ぶ広い面積を占めている。この変質帯は優白色の含水粘土帯をもつて構成され、さらにそのなかの地温帯においては、表層は粗珪石をもつて特徴づけられている。変質帯と地温帯との関係は、噴気帯生成以来の噴気現象の盛衰を暗示しており、変質帯すなわち噴気帯といえるような初期の状態を経て、現在は地温帯すなわち珪質変質帯すなわち蒸気帯といえるような地熱地帯を形成している。なおこの地域の噴気の性質は良好である。地熱地帯における変質帯の進化過程は、地熱の利用を前提とした地熱地帯の適応条件を検討する場合、1つの大きな指針であるとともに、噴気・温泉さらに地下水等の問題とも関連して、地熱を解する鍵となるものと考えられる。

(昭和29年5月～6月調査)

おもな文献

- 1) 駒田玄之助：温泉岳火山地質調査報文、震災予防調査報文、第84号、1916
- 2) 日本火山学会：雲仙岳、火山、Vol. 3, No. 1, 1936
- 3) 中村久由・安藤武：大分県大岳地熱地帯調査報告、地質調査所月報、Vol. 5, No. 8, 1954
- 4) 中村久由・安藤武：秋田県後生掛地熱地帯調査報告、地質調査所月報、Vol. 5, No. 9, 1954
- 5) 近藤信興、安藤武：天然蒸気の研究(その1)、地学雑誌、Vol. 62, No. 2, 1953