

大分縣大岳地熱地帯調査報告

—特に変質帯と噴気・温泉との関係について—

中村久由* 安藤武*

Résumé

On the Relation between Altered Zones and Fumaroles and Hot Springs
in the Otake Thermal Region, Oita Prefecture

by

Hisayoshi Nakamura & Takeshi Ando

The Otake thermal region situated on the south of the Handa Plateau, Oita Prefecture, has contained three fumarolic areas named Kora, Otake and Komatsu, from north to south.

This region consists of two pyroxene andesite and hornblende andesite of Daisen type covered by volcanic detritus. In the pyroxene andesite area two altered zones, trending to NNE, are developed.

Each altered zones involve the older and younger parts. Suji-yu, Hizen-yu and the other hot springs characterized by containing Cl' are situated on the older parts, while fumaroles and hot springs of ground water type as Kuro-yu and Teno-yu are placed on the younger parts. From the relation between volcanic detritus and altered andesite it seems that rock alteration by fumarolic action remove gradually from the older to the younger, namely N to S or E to W.

Judging from chemical properties, hot springs containing Cl' relate genetically to the deep vadose water, and ground water type to the shallow one in the thermal region.

Though Cl' dissolved in hot springs it is regarded as one of the volatile matter derived from so-called volcanic emanation and it is rather probable that the deep vadose water dissolves Cl' , not in the form of HCl as halide salts which are fixed on the ascending way to the surface from the source of volatiles.

The facts that the fumarolic gasses in the Komatsu area have high content of H_2S and nothing in hot spring of ground water type in this area, show vadose water in Kora and Otake areas were put under the different condition, because ground water is one of the mostly affective factors on geothermal steam.

1. ま え が き

おおたけ 大岳地熱地帯というのは大分県玖珠郡飯田高原はんだの南側に位置し、数カ所の噴気群を含むほぼ南北に抜がった地帯に与えた名称である。この地帯については既に地熱調査の一環として、1952年12月、全地域の地質概査および温泉水・噴気ガスの調査が行われ、特にこの地帯の最北部を占める河原地区こうらでは、地温分布調査・地化学探査さらに電気探査も行われている。

この地帯を概観すると上記の河原地獄の南に、大岳・小松地獄がほぼ南北の方向に連なり、この両側を流れる玖珠川沿岸には、筋湯ひぜん・拵湯等の温泉が湧出している。

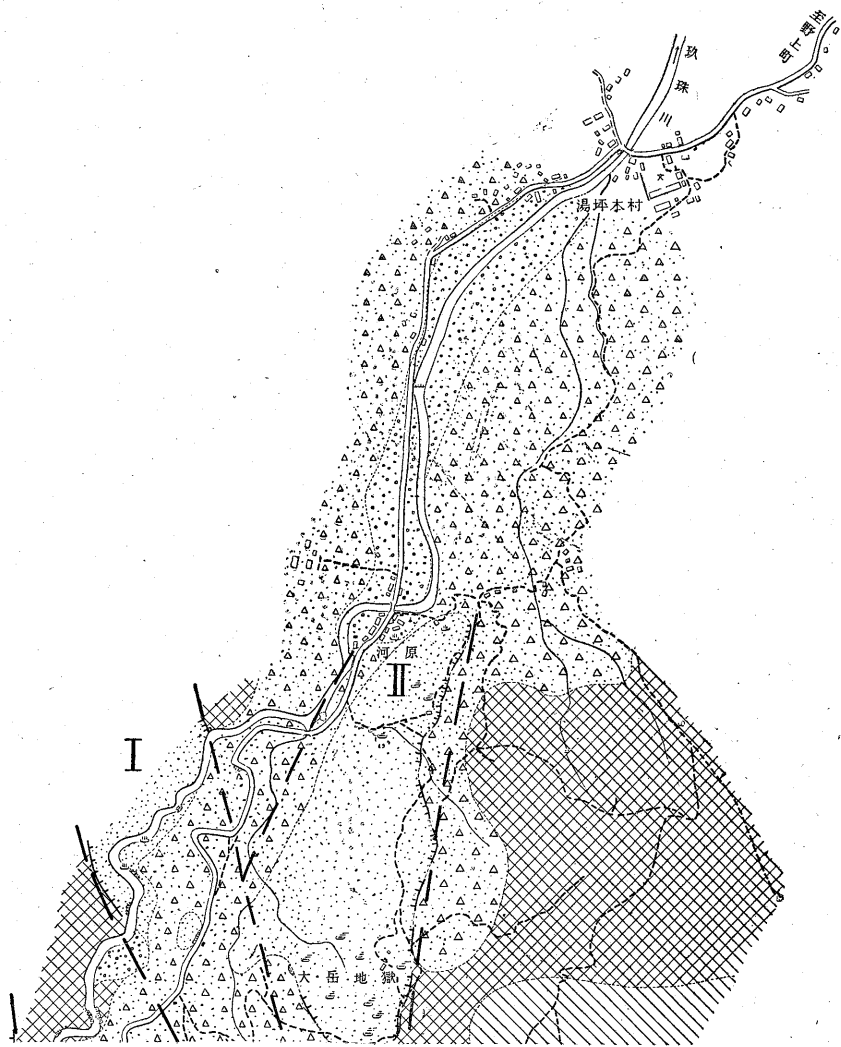
わが国の地熱地帯のうちにはその側面に温泉を伴う場合が少なくない。また噴気群の分布も、しばしばある方向性を有することが知られている。噴気地帯にみられるこのような現象については、これまでもいろいろな解釈が与えられているが、温泉地質の面からみて、その理由を裏づける資料はあまり知られていないようである。


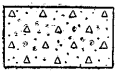
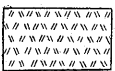
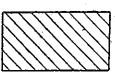
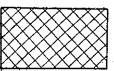
本文は上述の問題を考察する手掛かりの1つとして、変質帯の分布とその性質に着目し、調査結果の概略を纏め、併せて大岳地熱地帯における噴気と温泉との関連について、解釈の一端を述べたものである。

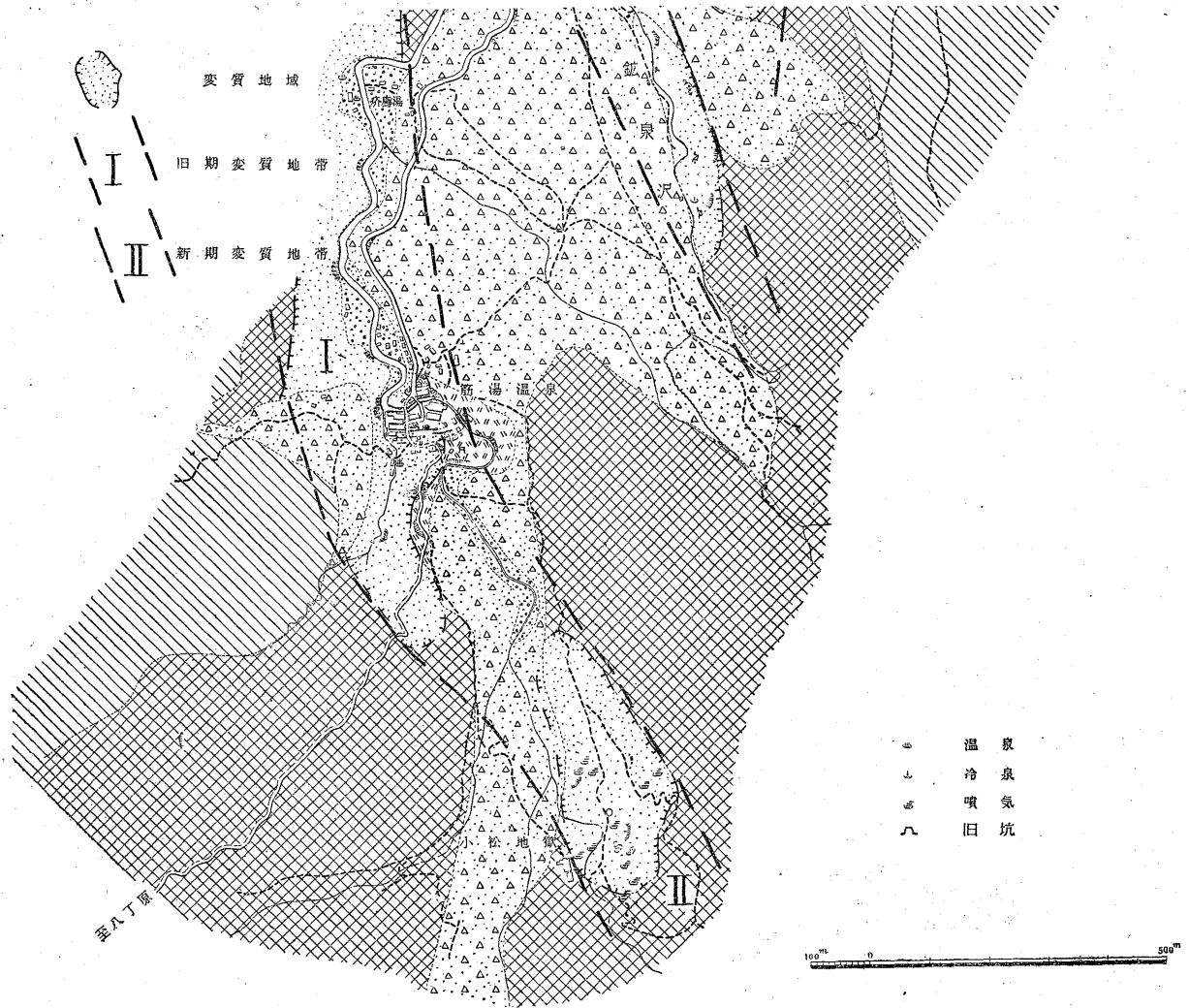
2. 地質概説

黒岩山周辺の全般的な地質については既に前報告で説

* 地質部



-  冲積層
-  泥流
-  火山灰層
-  角閃石安山岩
-  輝石安山岩



第1圖 大分縣玖珠郡飯田村大岳地區地質圖

明されているので1)2), こゝでは大岳地熱地帯内の地質状況だけの説明に留めておく。

この地帯の構成地質は輝石安山岩, 大山型の角閃石安山岩およびこれらを覆つて低地帯に分布する火山碎屑物よりなる。

輝石安山岩は暗灰色の緻密な岩石で板状あるいは柱状節理が著しく, 疥癬湯下流の玖珠川沿岸および鉾泉沢に露出する。

角閃石安山岩は地域の一部にしか認められないが, 地域東側の黒岩山, 西側の一目山に広く分布する。

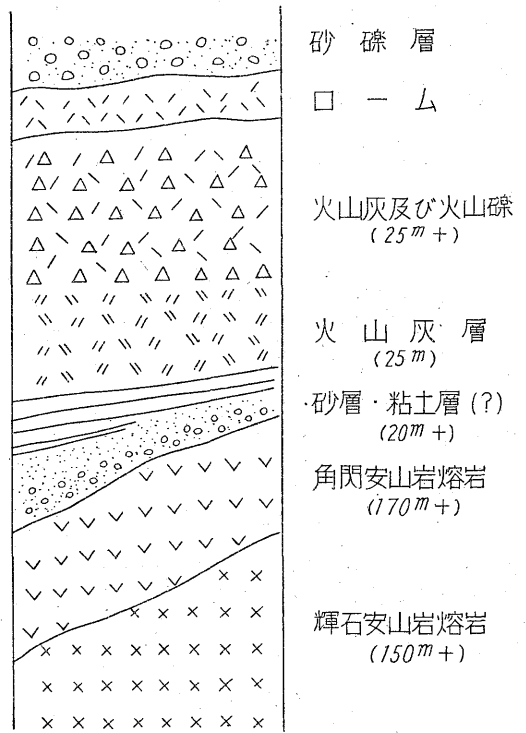
火山碎屑物は主として火山灰および火山礫よりなる。この碎屑物の下部に火山灰のやゝ厚い堆積がみられ, 筋湯附近に局部的に発達する。またこの火山灰層の基底と思われる砂泥層が, 筋湯より疥癬湯に至る玖珠川沿岸に露出するが, 著しく変質をうけているためその分布は明らかでない。火山灰および火山礫は, 一見泥流あるいは押出し土石流に類似する地層で, 玖珠川本流および支流沿いに分布し, あたかも原地形の低地を埋めた感を抱かせる。

なおこの地域全般はロームに覆われているが, 一応このロームを除き大岳地熱地帯の地質図を示すと, 第1図の通りである。また第2図はこの地帯の模式的な地質概念を示したものである。

3. 変質帯

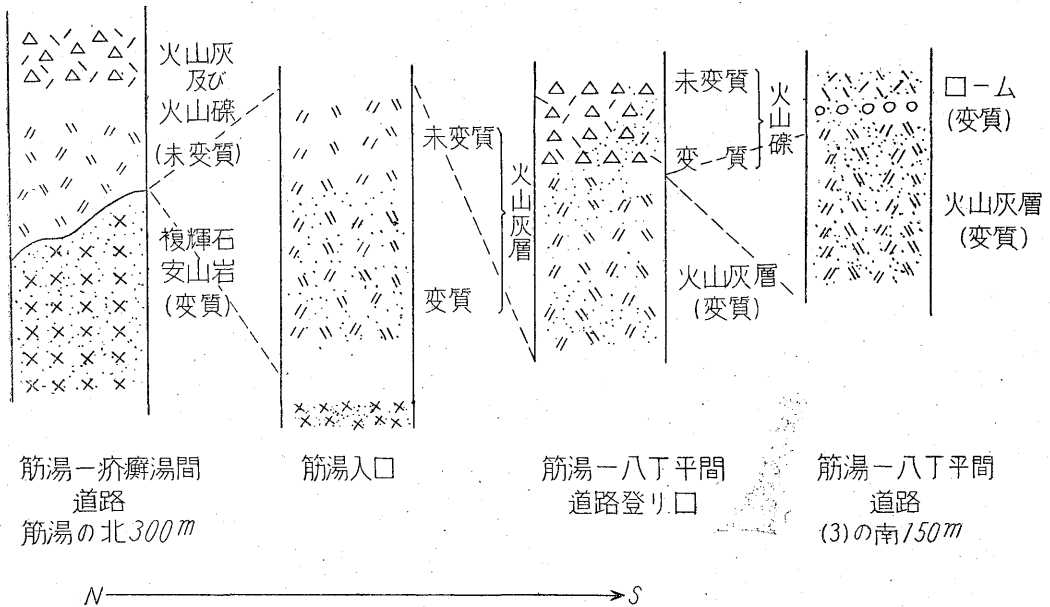
3.1 分布と変質の順序

この地帯の変質帯は比較的広汎な地域を占めている



第2図 大岳地熱地帯模式柱状断面図

が, その分布状況をみると次の2帯に大別される(第1図)。すなわち, 疥癬湯から筋湯を経て小松地獄に至る一帯と, 疥癬湯下流より河原・大岳地獄を経て鉾泉沢に至る一帯とである。説明の便宜上, 前者には筋湯変質



第3図

点線は概略の層準を示す

帯、後者には大岳変質帯と名づけておく。

玖珠川沿岸の露出に沿つてこの2帯の関係をみると、両者は直接連絡せず互にほぼ北北西の方向に併走しているようである。

特に筋湯変質帯では、変質作用が漸次北から南へ移行した形跡を示すことは注目に値する。いま上述の関係のみられる2,3の地点の相互関係を示すと、第3図の通りである。

一方、大岳変質帯ではその関係が明瞭に認められる地点を欠くが、後述の変質帯の性質より判断すると、この地帯でも疥癬湯の下流より鉦泉沢に連なるものは時期的に旧く、河原・大岳噴気地帯のそれは新期の変質作用によるものと思われる。したがつてこの場合は西より東に変質作用が移行したといふことができる。

第1図には便宜上、変質帯を時期的に旧期と新期とに分け、その分布状況を示してある。

3.2 変質帯の性質

飯田高原には大岳地熱地帯のほかに、玖珠鉦山附近に変質帯がみられ、こゝではかなりの硫化鉄を胚胎している³⁾。

大岳地熱地帯でも鉦泉沢に硫化鉄を採鉱した旧坑が残つており、比較的硫化鉄に富む地帯がある。この含硫化鉄変質帯は旧期の変質帯にみられる特徴で、旧期の変質帯における変成産物としては、比較的堅い白色の陶土化が卓越している。

これに対して、新期の変質帯はむしろ現在みられる噴気作用によるもので、白色ないし暗青色の脆弱な粘土のほかに珪質部分の生成もみられる。いま新期の変質帯のなかから珪質部分の代表的な試料を選び、その分析結果を示すと第1表の通りである。

第1表

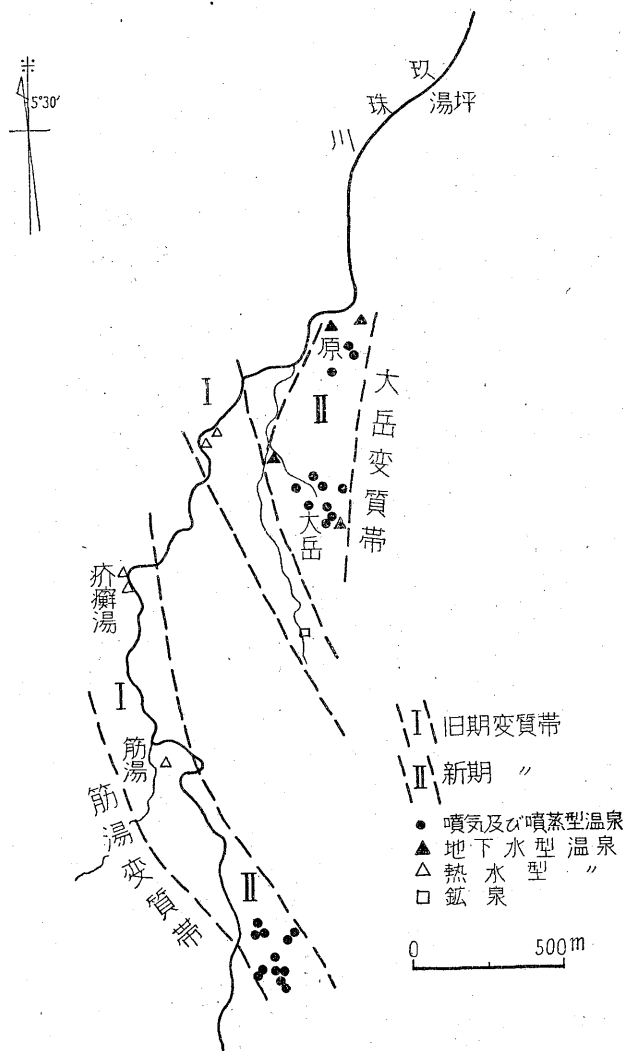
| | |
|--------------------------------|--------|
| SiO ₂ | 93.88% |
| Al ₂ O ₃ | 1.34 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.36 |
| TiO ₂ | 0.68 |
| CaO | tr |
| MgO | tr |
| K ₂ O | tr |
| Na ₂ O | tr |
| Ig.loss | 2.83 |
| H ₂ O(-) | 0.15 |
| total | 99.24 |

(分析 安藤 武, 試料採取カ所河原地嶽)

3.3 変質帯と温泉・噴気の分布との関係

大岳地熱地帯における温泉・噴気の分布は、ほぼ北東方向に連なつているようにみえるが、前項で述べたように温泉・噴気の存在は、北北西の方向に併走する2帯の変質帯と密接な関係がある。

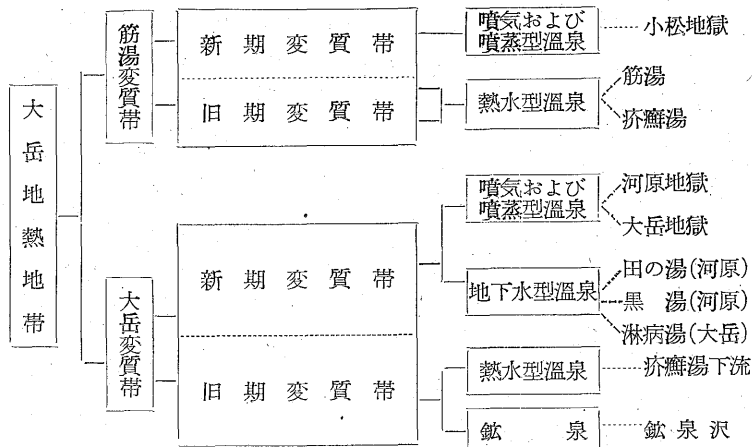
この地帯全般の温泉・噴気の化学性については、既に前年元所員下河原達哉・島田信位により調査されているので、その資料を参考にして噴気・温泉と変質帯との関連をみると、ほぼ次のような傾向がみられる。すなわちいわゆる熱水型温泉^{註1)}で特徴づけられる筋湯・疥癬湯および疥癬湯下流の温泉は、上記の2変質帯のうち、旧期変質帯あるいは旧期と新期変質帯の漸移帯に位置して



第4図 変質帯と温泉・噴気の分布状況

註1) いわゆる温泉成分のうち、難揮発性の塩化物(例えば NaCl 等)の含有で特徴づけられる型の温泉を指す。

第 2 表



おり、一方、噴気・噴蒸型温泉^{註2)}および地下水型温泉^{註3)}は、いずれも新期変質帯の上に存在するというのである。

この関係は変質帯上に位置する温泉・噴気の分布をみるとよく理解されるので、第4図に変質帯と温泉・噴気の分布状況とを図示したが、さらにこの関係を模式的に示すと第2表の通りである。

以上述べた変質帯上の温泉・噴気の分布状況に加え、下河原・島田の調査資料を参考にし、両変質帯における温泉・噴気現象を比較してみると、次のような相違が認められる。

- 1) 熱水型温泉の湧出温泉は、一般に筋湯変質帯に伴なうものほど高い。
- 2) 筋湯噴気地帯では、自然湧出の地下水型温泉がみられないのに対して、大岳-河原噴気地帯では数カ所に地下水型温泉を伴なっている。
- 3) 河原-大岳噴気地帯における蒸気露頭の硫化水素含量は、小松地獄に比べ一般に低い値を示す。

以上列挙した諸点は、筋湯および大岳変質帯における温泉・噴気現象の概括的な特徴であるが、これらの事項を総括すると両変質帯の間に、次のような性質の相違が考えられる。すなわち、筋湯変質帯に比べ大岳変質帯の方が、より地下水の影響をうけているらしいということである。

噴気と地下水との関係については、なお調査研究の余地を残しているが、これまで述べた観察結果とその推論を基にして、大岳地熱地帯の問題点に2,3触れてみることにする。

註2) 噴気地帯のいわゆる地獄・沸泉等といわれるもので、地表水が噴気により加温されて生じた温泉を指す。

註3) Cl⁻ その他の成分が一般の地下水に類似する型の温泉を指す。

3.4 大岳地熱地帯における噴気と温泉との関係

前項で述べたように大岳地熱地帯の噴気・温泉は、大別して (a) 噴気あるいは噴蒸型温泉, (b) 地下水型温泉, (c) 熱水型温泉, の3群に分かたれ、また、地域的な分布の上からみると、この地帯は噴気地帯と温泉地帯の2帯に区別される。

ここで噴気地帯というのは噴気および噴蒸型温泉のほかに地下水型温泉の存在も含めて、地表あるいは地表近くまで蒸気が到達しているとみられる地帯を指し、温泉地帯というのは塩化物を初め、難揮発性のいわゆる熱水成分で特徴づけられる熱水型温泉の湧出地帯を指す。

「まえがき」のなかでも述べたように、地熱地帯のなかには側面に温泉地帯を置く場合が少なくない。大岳地熱地帯もまたその代表的な1つであるが、幸いこの地帯では変質帯の生成過程についての資料に加えて、変質帯と密接な関連をもつ温泉・噴気の分布と性質についての資料も得られており、これら資料を総括すると、噴気と温泉の存在を成因的に1元的な繋りの上で考えることにはさして異論はないと思われる。

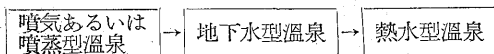
一般に噴気地帯周辺に存在する熱水型温泉の生成については、次のような説明が与えられている。すなわち、岩漿から発散する揮発成分が深部まで滲透した地下水に吸収され、水蒸気の凝縮に伴なう潜熱を発生すると同時に、この加温された地下水は塩化水素ガス等を溶解して酸性となる。そして遊離塩酸を含むこの強酸性地下水は湧出過程で接触する途中の岩層によつて中和され、いわゆる熱水型温泉の性質を帯びるようになるというのである。

このような機構で熱水型温泉が生成される場合は、地域的に当然あり得ることと思う。しかしこの機構で説明を与えるためには、いかなる場合においても塩化物を発

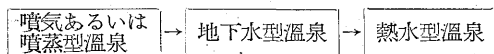
散するほどの高温な火山性エマネーションと、その爆発成分を吸収するまで深部に滲透した相当量の地下水の存在を前提としている。そしてさらに両者の関係については深部まで滲透した地下水と、より深部からのエマネーションとが、ある面において熱力学的な平衡を保ち、その状態で地下水中に塩化水素ガス等の強酸性ガスが供給されるという状態が想定されるのである。

大岳地熱地帯の場合、現在までの資料から直ちに噴気と温泉との関係について立入った考えを述べることは、多分に危険を伴う恐れなしとしないが、調査結果のなかから問題と思われる幾つかの点をあげ、特に噴気・温泉と地下水との関係を考えてみたいと思う。

- ① まず変質帯全般の性質であるが、これは現在みられる噴気作用と変質産物との関連から、帰納的に旧期変質帯もまた過去の噴気作用によつて、生成されたと考えられる。
- ② 旧期から新期に亘る変質帯の生成が、連続的な時間的な進行に伴うことは、なんらかの原因により北から南、あるいは西から東へと噴気地帯が移動したことも示している。
- ③ 噴気地帯から温泉地帯へと遠ざかるほど



という分布を示すことは、噴気と温泉との関係についても



の変化過程を辿ることを暗示する。そしてこれらの関係は地下水の滲透程度に関連がある。

- ④ 噴気地帯の移動現象はその原因のいかにかわらず、外圧として地下水の多量な地域に新しく噴気地帯の出現する可能性は少ない註4)。
- ⑤ 時間の進行に伴う変質帯の移動現象という事柄に加えて、現在、噴気、噴蒸型温泉および地下水型温泉が新期変質帯の上に存在し、一方、熱水型温泉が旧期変質帯の上に存在する事実は
 - a) 地下水の滲透と噴気地帯の移動
 - b) 地下水の滲透過度と泉質の変化
 という2つの現象の間に密接な関連のあることをも暗示する。
- ⑥ 上で述べた事柄を総括すると、地下水の滲透深度は時間の進行に伴なつて増大することを示しており、したがつて、地下水の滲透深度が時間の函数であれば、滲透深度と関連ある泉質の変化もまた、時間の進行に

伴なつて変化するとみることができる。いゝかえると地下水型温泉は時間の進行に伴ない(すなわち地下水の滲透深度の増加に伴なつて)熱水型温泉に移行するという推論が可能である。

以上の考え方にに基づき、大岳地熱地帯における噴気・温泉と地下水との関係を要約すれば、次の諸点をあげることができる。

- ① 噴気地帯の形成は初生的に地下水の少ない地域を前提とする。そしてこの事柄は旧期から新期に亘る変質帯の生成過程にも共通した条件である。
- ② 地表における噴気地帯の出現は、噴気に伴う熱化学的作用によつて変質帯を形成する。そしてこの噴気作用は変成産物として含水粘土の生成を促がす。
- ③ 地形的な特徴が示すように変質帯の侵蝕は一方的に進み、その結果、変質帯は河川の流路となる場合が多い。この地帯においても玖珠川本流および支流の鉱泉沢は、いずれも旧期変質帯に流路を求めている。この結果、変質帯に沿つて滲透する地下水が、より増大するであろうことは想像に難くない。
- ④ 地下水の滲透は噴気の通路を、漸次、よりせばめる方向に働く。この滲透過程で生成するのが地下水型温泉である。
- ⑤ 噴気地帯が初生的に地下水の少ないことを原則とするなら、岩漿からのエマネーションによつて発散された塩化水素ガスは、その上昇過程で直接地下水に吸収される機会より、むしろエマネーションによる熱化学的な変質作用の因子として接触する岩層に働き、蒸気(あるいは気相)圏内であつても難揮発性の塩化物として固定されるはずである。したがつて、このように考えるなら、噴気あるいは噴蒸型温泉を伴う噴気地帯では、ある深さにいわば CI' 固定線とでもいゝうるものの存在が想定される。
- ⑥ 地下水型温泉を生成した地下水が、さらに深く滲透して蒸気圏内の範囲をせばめつつ、CI' 固定線より下方に達すると、地下水型温泉は成分的に熱水型温泉の特徴を帯びようになる。
- ⑦ 滲透地下水は絶えずその下底あるいは側面で蒸気により加温される。しかし、このような地下水との接触により、蒸気のエネルギーも熱の発散従つて冷却によつて漸次減少し、蒸気凝縮面は逐次深部に後退する。この結果はさらに地下水の滲透を助け、CI' 固定線もまたそれに伴なつて後退すると考えられる。
- ⑧ 噴気に作用する外圧は、滲透地下水と緻密な含水粘土の生成によつて高められ、噴気自体のエネルギーが大きい間は、より外圧の低い(すなわちより地下水圧および岩圧の低い)方向へ移動し、いわゆる噴気の移

註4) 試錐によつて實際得た天然蒸気の温度・蒸気法と、それと興える地下水の影響については、別報文で述べる予定である。

動現象が生ずる。

- ⑨ 大岳地熱地帯の各変質帯が、旧期より新期に亘り同一熱源より連続的に発散するいわゆる噴気作用によつて生成されたとするなら、現在の蒸気露頭の分布に比べて、変質帯の分布範囲がかなりの広さを有することからみても、噴気自体の包蔵エネルギーは相当消費されたと推定される。

さらに、大岳・河原噴気地帯は、地形上・小松地獄に比べてかなり地下水の影響をうけやすい状態におかれているが、大岳・小松の両地域に数カ所地下水型温泉を伴なっている事実は、この状態を裏書きしているようにみえる。

- ⑩ 以上述べたことを綜括すると次のように要約される。すなわち、大岳地熱地帯の噴気・温泉は、成因的に1元的な繋りをもち、特に地下水型温泉と熱水型温泉の生成は、変質帯に伴う地下水の滲透程度に関連がある。そして時間の進行に伴う地下水滲透深度の漸増は、成分的に地下水型温泉より熱水型温泉への移行という結果をもたらす。このように、変質帯の生成地下水滲透の程度および泉質の変化が時間、空間的な繋がりをもちながら、しかも互に密接な関連を有することによつて、大岳地熱地帯は温泉地質学的に体系を整えているといえることができる。

4. あとがき

地熱地帯の地下水が噴気作用にどのような影響を与えるかという問題は、変質帯の生成と変成産物の性質、あるいは噴気から温泉への進化過程等の問題を含むいわゆる温泉地質学的な面ばかりでなく、地熱利用を前提とした噴気地帯の適応条件を検討する場合にも、地下水をそ

の1つに加えねばならぬほど重要な内容をもっている。

今回、大岳地熱地帯の調査より得た資料に加え、これまで知られている噴気・温泉の性質を併せ纏めた結果は、変質帯と噴気・温泉との間に著しい関連のあることを示しており、上述の問題を考察する上に、ある程度の手掛かりを与えているともみることができる。

筆者等はこの資料に基づいて、大岳地熱地帯における噴気から温泉への進化過程を考察し、結論として噴気地帯の地下水は、変質帯の生成に伴う噴気との直接的な繋がりを生じ、噴気自体に影響を与えながら時間、空間的に滲透の深度とその性質を変えるであろうと解釈した。

現在、噴気地帯における地下水の実態を掴むことは、技術的に甚だ困難であるけれども、今後種々の現象面を捕え、温泉地質の面からみたこの問題をさらに発展させる必要があると思われるのである。

(昭和26年11月調査)

文 献

- 1) 近藤信興, 他3名: 大分県大岳および野矢地熱地帯調査報告, 地調月報(近刊)
- 蜷川親治, 他4名: 大分県地熱地帯の電気放射能, 地化学研究調査, 地調月報(近刊)
- 2) 納富重雄: 九重及び花牟礼両火山地質調査報文震予報の1, 1920
- 3) 浜地忠雄: 大分県玖珠郡飯田村玖珠鉍山硫化鉄鉍床概査報告, 地調月報, Vol. 3, No. 2, 1952
- 木下龍城: 火成滲出鉍床 (Exudation deposit) における硫化鉄鉍と硫黄との共生について, 九州大, 理研報地, 質之部, Vol. 3, No. 2, 1951