

京都大学理学部附属
地球物理学研究施設要覧



Geophysical Research Station
Faculty of Science, Kyoto University

1986

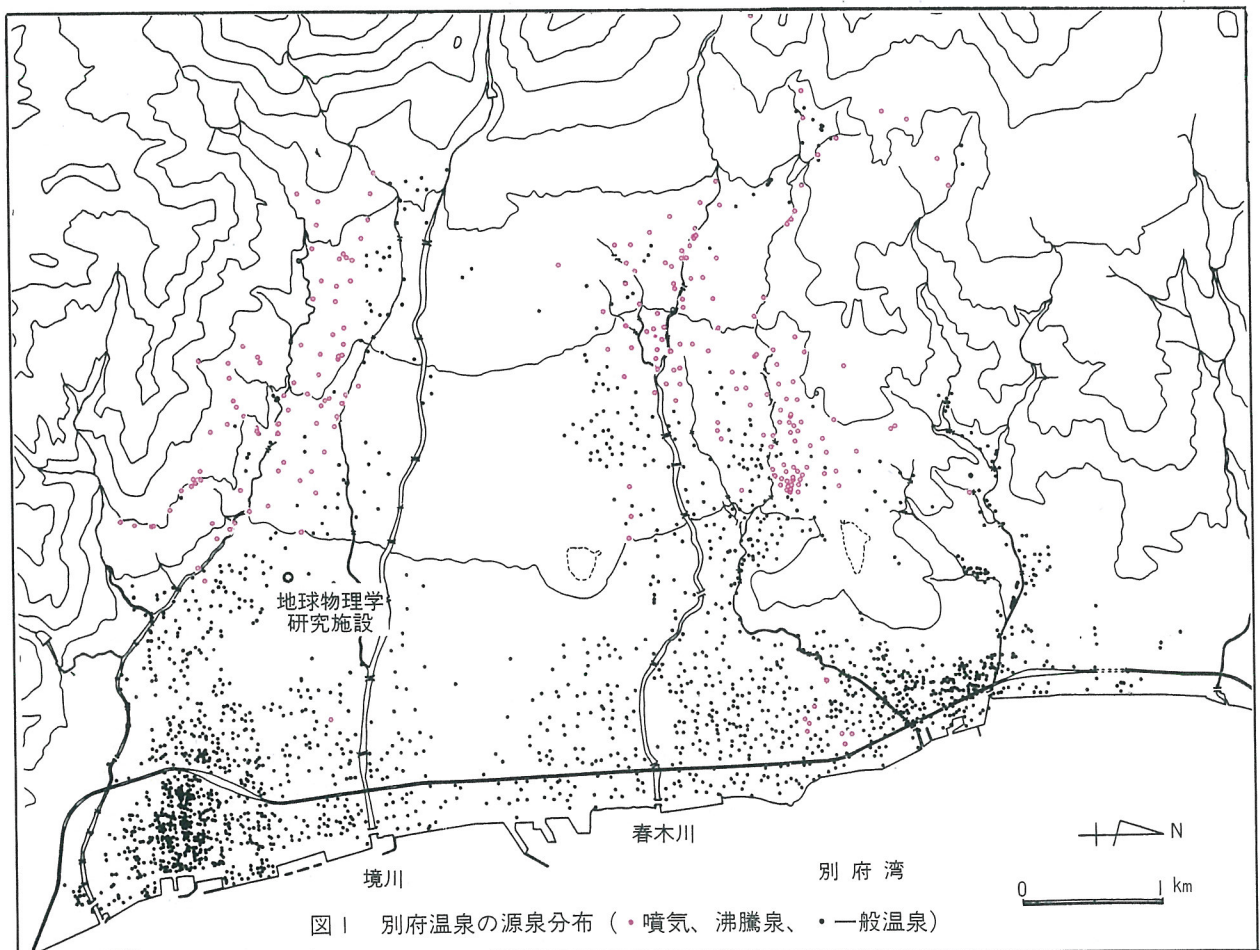
日本人は温泉好きの国民と言われる。しかし、温泉は災害をもたらすことのほとんど無い穏やかな現象であり、また、過去の湯治場を主体とした温泉利用のイメージのせいもあって、温泉が社会的注目を集めることは稀である。ところが、日本全国で2000ヶ所余を数える温泉地を訪れて宿泊する人の数は、年間延1億人を越えており、国民のほとんどすべてが、年に一度は温泉を楽しんでいる勘定になる。これほどまでに、温泉は国民生活と深いつながりがあるにもかかわらず、その性状を学問的に研究する機関はきわめて少ない。その中にあって、本研究施設は、温泉と地熱に関する諸現象を、地球物理学的に研究してきたわが国で唯一の研究機関であり、世界的にもユニークな存在である。そして今、世界各地で進められている地熱開発によって、地下深所の情報が蓄積されるにともない、本研究施設における温泉・地熱の研究は、地殻における熱エネルギーと物質の供給・発散という地球科学の重要な過程の解明へと、その研究領域を拡げつつある。

別府温泉

別府湾から九重・阿蘇を経て島原半島に至る中部九州は、地盤が沈降し続ける地溝帯である。九州を斜断して並ぶ数多くの火山は、この地溝帯を中心に、おもに第四紀になってから噴火した新しい火山である。これらの活動は、あちこちに、地熱温泉活動をもたらした。

地溝帯の北東端に位置する別府温泉は、地熱発電（九州電力）が行なわれている九重地域とならんで、その活動がもっとも活発な地域である。標高1000mを越える鶴見火山群から海岸に至る東西約5km、南北約8kmの範囲に地熱・温泉活動が展開しており、掘さくされた温泉井は3000口にも達する。その北縁と南縁は、それぞれ、ほぼ東西に走る断層によって境され、中央の陥没帯は、背後の山々から流出した砂礫で埋められた扇状地である。

高地部では高温の蒸気や食塩泉型の熱水が噴出し、低地扇状地には、さまざまな泉質の温泉が湧出する。このように、ひとつの流域内に、活発な地熱活動から多様な泉質の温泉までが一望のもとに観察され、しかも、それらの分布状態に規則性の見られることが別府温泉の特徴であり、一連の地熱現象を研究するモデル地として最適の条件を備えていると言える。



沿 革

本研究施設は、大正の末期、地球物理学教室の故志田順教授らの努力と、大分県および別府市の援助により、一般地球物理学研究のほか、火山・地熱に関する総合的研究を目的として、別府市の現在地に開設された。

赤煉瓦造りの本館建物は、大正11年7月に着工、12年12月に完工し、13年1月26日から一部の研究と業務が開始され、大正15年10月に開所式が挙行されて本格的な研究が始まった。

設立当初は地球物理学教室に所属し、地球物理学研究所と呼ばれたが、昭和12年、本学官制の改正に伴い、熊本県阿蘇山麓にある火山研究所と統合されて理学部附属となり、火山温泉研究所別府研究所と改称された。

昭和34年3月、文部省令により、理学部附属地球物理学研究施設として独立し、別府温泉を主な研究対象域として、温泉・地下水・地熱の研究を行なうとともに、これらと密接に関係する地震・気象などの観測を継続している。

また、昭和9年10月、東京電灯株式会社（現東京電力株式会社）から、大分県玖珠郡飯田村の噴気井と附属設備および建物が寄贈されたのを機に、附属飯田観測所が設けられ、以来、九重地域の地熱温泉現象の研究・観測を行なっている。

施設および設備

1. 敷地

(イ)地球物理学研究施設（大分県別府市） 21,410m²

本館敷地は、開設当時49,500m²を別府市より無償貸与されたが、昭和21年駐留軍に約2/3が接収され、昭和32年接収解除後には、その一部が自衛隊用地と幹線道路新設等のため削減された。この間、昭和33年に3,318m²が京大所有地となり、昭和55年には18,092m²が買収され、残りの部分は別府市に返還されて現在の敷地面積となった。

(ロ)附属飯田観測所（大分県玖珠郡九重町湯坪） 1,536m²

昭和9年開設当時、飯田村から村有地19,800m²の無償貸与を受けたが、昭和39年に噴気井周辺の1,536m²が本学に寄贈されたので、残りの部分を返還し現在に至っている。

2. 建物

煉瓦造二階建 建坪511.5m² 延坪1412m², 木造雑屋 建坪39.66m² 延坪39.66m²

3. 工作物

噴気井（口径200mm、深度100m：飯田観測所）、地下水位観測井（口径38mm、深度40m：地球物理学研究施設）、浸透量測定装置（地球物理学研究施設）

4. 主要設備機器

ウィヘルト地震計、電磁式地震計、液体シンチレーションスペクトロメータ、X線回折装置、熱分析装置、原子吸光分析装置、精密密度測定装置、化学分析機器、温度・水位・流量観測機器、気象観測機器

職 員（昭和61年1月現在）

教授1、助教授1、助手2、技官2、非常勤1、併任教授5

研 究 報 告

地球物理、Bulletin of the Geophysical Research Station、京都大学理学部地球物理学研究施設報告（1～12）

研 究 の 概 要

温泉・地熱現象とは、地表から浸透した天水が地下の熱源と出会い、その熱エネルギーを地表に運び出す現象である。その道程で、さまざまな化学物質を溶かし出したり、沈澱させたりする。すなわち、地殻表層における物質（水・化学成分）および熱エネルギーの供給と発散の過程としてとらえることができる。

地球内部に分布する放射性物質の壊変によって発生したエネルギーは、熱伝導・地殻変動・火山活動・地熱温泉活動などの諸過程を経て発散してゆく。これらのうち、火山噴火や地震などは短時間の間に集中的にエネルギーを放出するので、その現象は激しく、災害をひき起すのである。それに対し、地熱温泉活動は、長期にわたって徐々にエネルギーを放出する安定した現象であるが、それにより発散されるエネルギー量はかなり大きい。日本列島においては、比較的長期間を平均すると、約60%が熱伝導によって発散し、火山活動と地熱温泉活動がそれぞれ約20%ずつを受け持つとされている。ちなみに、地震による放出は1～2%にすぎない。

このように、地熱温泉活動が地球全体の活動に占める位置は大きい。本研究施設においては、地熱温泉現象に注目して、その現象の運搬手段である水や蒸気など地下流体に関する研究を深めると共に、その容器である地層の特性と履歴や地熱の寿命などを研究し、地球科学の発展に貢献しようとしている。

他方、温泉は国民の憩いの場として、地熱はエネルギー源として国民生活と深くかかわり合っている。その開発・利用・保全などは現実の問題として重要であり、本研究施設では、この方面の基礎的研究もあわせて行なっている。

これらの研究は、世界のもっとも代表的温泉地である別府温泉を中心として、本施設創設以来の豊富な調査資料に基き、進められている。

また、本研究施設は学部学生や大学院学生の実習・研究の施設として利用され、教官は京都大学理学部で温泉物理学の講義を担当している。

1. 基礎資料の整備

〔温泉総調査〕

別府全域に分布する噴気・沸騰泉・一般温泉の利用状況・採取量（噴出量）・温度（噴出熱量）等を10数年毎に一斉調査している。化学成分の分析も、しばしば行なっている。これらの資料は、地熱温泉研究の基礎資料として重要であり、大規模温泉地について、このような長期にわたる系統的な調査資料は他に類を見ない。

〔温泉・地下水の継続観測〕

創設以来、個人所有泉を利用して、泉温・湧出量を毎週観測してきたが、温泉水位の低下と共にポンプが使用されるようになり、湧出量の観測が不可能となった。そのため、現在は、自記水位計による地下水位継続観測や沸騰泉・温泉での定期的な採水・分析を行なっている。しかし、温泉活動の消長をモニターし、良質の資料を蓄積するには不十分で、本施設所有の観測井の掘さくが切望される。また、飯田観測所では、噴気井からの噴出量と温度を継続観測すると共に、周辺に分布する温泉の観測も行なって

表1 一般温泉採湯量経年変化

調 査 期	口 数	平均温度	採 湯 量
境川以南		℃	千 ^m ³/日
1924(大正13)	826	53.38	16.3
1933(昭和8)	756	54.04	18.8
1949(" 24)	674	52.11	18.8
1959(" 34)	738	52.05	14.8
1975(" 50)	1,064	53.5	17.1
境川以北			
1949(昭和24)	305	58.3	18.4
1956(" 31)	470	56.2	15.8
～1963(" 38)			
1975(" 50)	1,122	54.7	15.0

いる。そのほか、鶴見山中腹では、井戸を借用して地下温度測定を随時実施している。最近、本施設敷地内に浸透量測定装置を設けて、地下水涵養量を求めるための観測が開始された。

〔気象・地震観測〕

創設以来観測を継続し、月報を作製している。温泉現象との関係を求めるほか、この地域の気候特性、地震の群発性傾向、脈動の調査などが行なわれた。

〔別府湾海洋調査〕

別府温泉には海面変動の影響が著しい。温泉の海底湧出とそれに関係のある海洋学的特性を明らかにするため、別府湾全域にわたる調査が行なわれた。

〔地質および地下資料〕

創設当初から別府地域の地質調査が行なわれ、温泉や地熱地域の分布と対比された。また、温泉井掘さく時に随時地下温度を測定すると共に、コア試料を収集解析し、地下状態の推定に役立ててきた。図3は、その資料から求めた地下200 mの地温分布で、地下温泉水の流動状態をよく反映している。これらは浅部の温泉水層に関するものであり、地熱温泉現象の研究を深めるには、深層ボーリングを行なって、地熱構造に関する資料を収集蓄積することが望まれる。

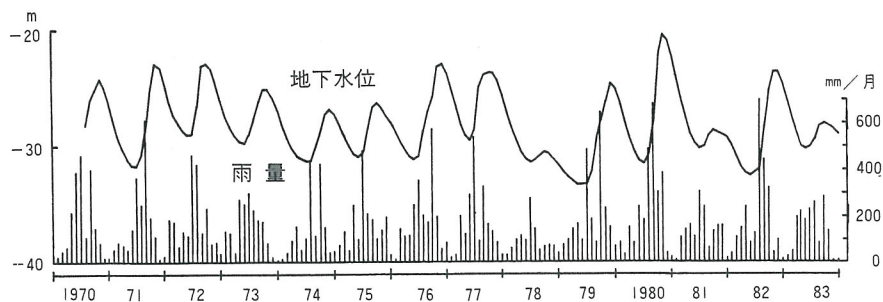


図2 地下水位変化の観測例

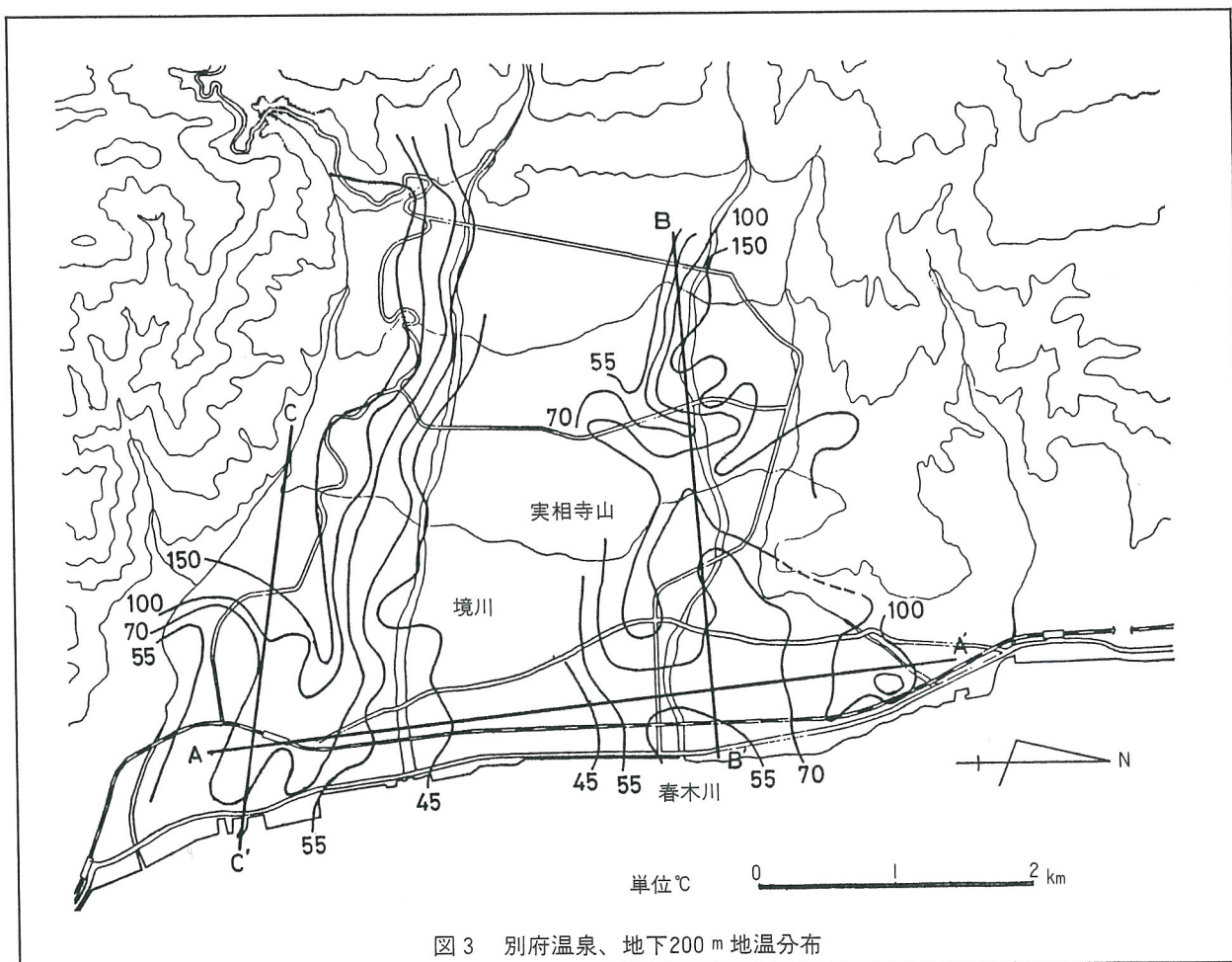


図3 別府温泉、地下200 m 地温分布

2. 海岸地下水の研究

本研究施設における研究活動は、潮汐・気圧・降雨などの変化が温泉現象に与える影響を解析することから始められた。湧出量や泉温の時間変化が精力的に観測され、その特徴を説明するための地下水理モデルが考察された。これに基き、被圧地下水の流動理論・揚水理論・井戸群理論などが展開され、地下水理学の発展に指導的役割を果たした。その後各地で進展した海岸地下水の開発利用に、この研究が寄与したところは大きい。

3. 温泉源保護の研究

第二次大戦後温泉開発が進むと共に、湧出量の減少・温泉水位の低下・泉温の低下・泉質の変化など、温泉の涸渇現象が全国各地の温泉地で現われた。そのため、温泉源の保護と開発を調和させるための施策が必要となった。本研究施設では、数多くの揚水試験を実施し、新規開発が既存温泉に与える影響や地下温泉水層の特性に関する新しい知見を加えた。これにより、温泉源の保護・開発に科学的基礎が与えられ、また、研究面では流域規模の地下水理学を展開する基礎が作られた。

近年、別府温泉上流部で進展した高温水開発にともない、低地部温泉の一部に水質の変化が現われ注目されている（図6）。長期観測によって得られたこの資料は、目下急務とされている地熱開発が周辺温泉に及ぼす影響の機構を解明する上で、きわめて有用なものと考えられる。

4. 温泉水の涵養・滞留過程の研究

これまで、地下水位・温泉水位・泉温・泉質等の分布と変化を通して、地下温泉水の涵養・滞留過程の解析法が研究されてきた。近年は、温泉水に含まれるトリチウム（水素の放射性同位元素）濃度の分析を行なって研究の進展をはかっている。

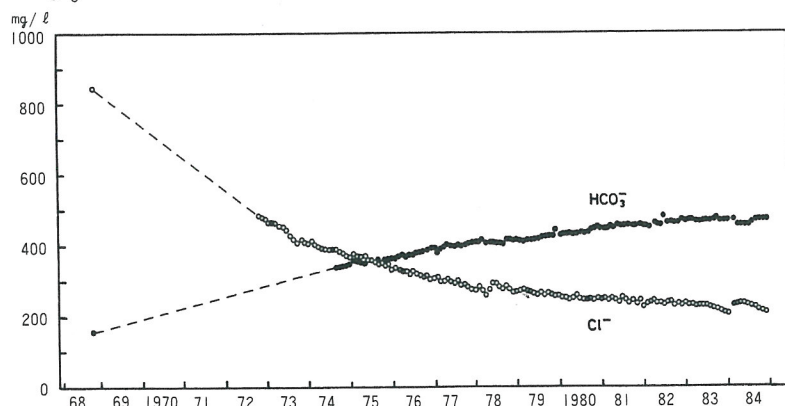


図6 低地部沸騰泉のCl・HCO₃濃度変化

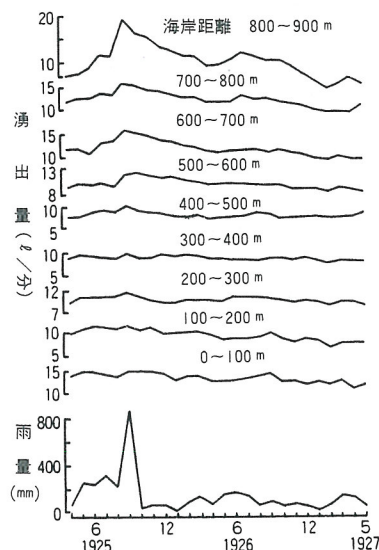


図4 別府温泉の湧出量と降雨の関係

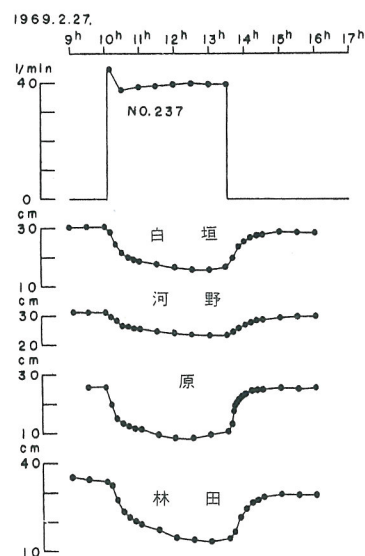


図5 揚水試験による水位変化

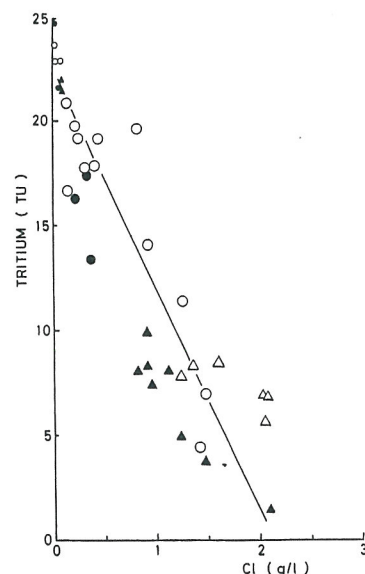


図7 トリチウムとClの関係

5. 温泉生成機構の研究

別府温泉における従来の研究を通して、食塩型熱水とそれから分離した蒸気が、浸透水と混合して温泉水が形成されるという基本モデルが提出された。このモデルに基づき、多種多様な泉質の生成機構の研究が進められている。

6. 深部熱水の研究

別府温泉のみならず、世界各地の活発な地熱・温泉地域では、その地下深所に液体として存在する食塩型熱水の分布が確認されている。一方、同位体化学の発展により、熱水の水そのものは天水起源であることが明らかとなった。本研究施設では、地熱環境下における地下流体の流動・蒸気の分離・食塩型熱水の生成と貯留等、地球科学的に重要な諸機構の研究を行なっている。

将来計画

温泉を主体とした本研究施設の研究内容は、海岸地下水の研究から深部熱水の研究へと奥行を深め、それに応じる研究機構の整備が必要となった。とくに、深部熱水研究の重要性に対処するため、現人員による**温泉・地下水研究部門**に加え、**熱水環境研究部門**の新設を計画している。

温泉・地下水研究部門

従来の研究を継承発展させ、主に地下流体の流動（ポテンシャル流・熱対流・相変化をとまなう二相流等）を総合的に取扱う。

熱水環境研究部門

地下深部にわたる試料を対象とした広範な地球科学的手法を導入して、熱水の存在環境に関する基礎研究を集中的に推進する。そのため、各種資料が豊富で、研究の立地条件に恵まれた別府温泉とその周辺域において、深部熱水層に達するボーリングを行ない、地下資料を系統的に収集解析する。

これら両部門の協力により、地殻表層における熱エネルギーと物質の供給・貯留・発散という地球科学の重要な諸過程を一連のものとして解明する。これは、地熱エネルギーの適正な開発の問題に対しても、有効な指針を与えるものと期待される。

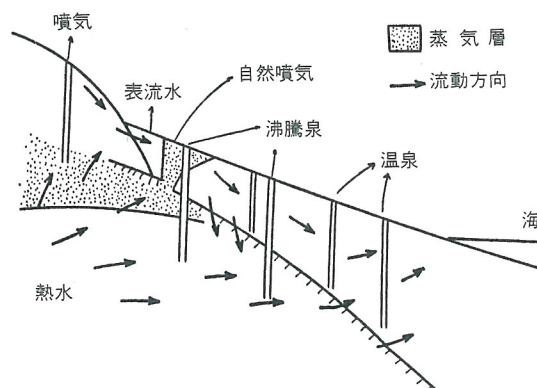


図8 温泉水系概念図

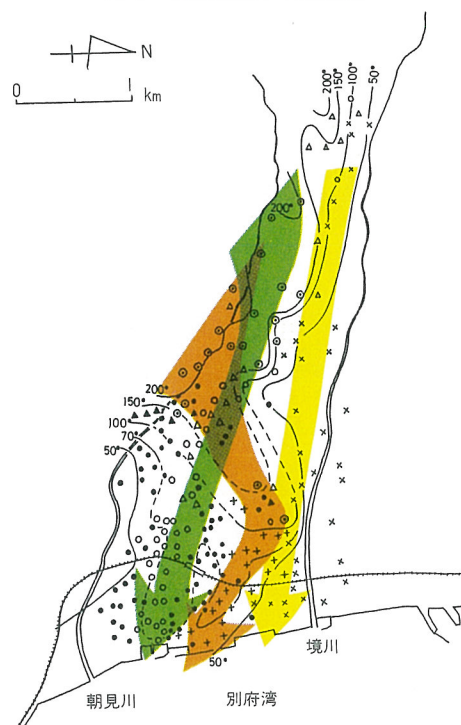


図9 別府南部域の温泉水流動方向

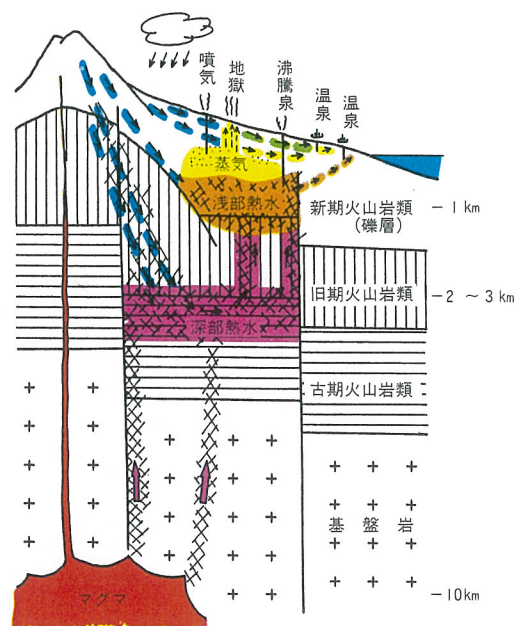
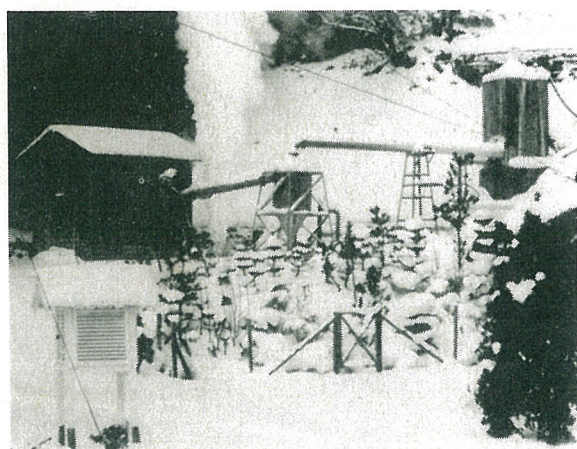
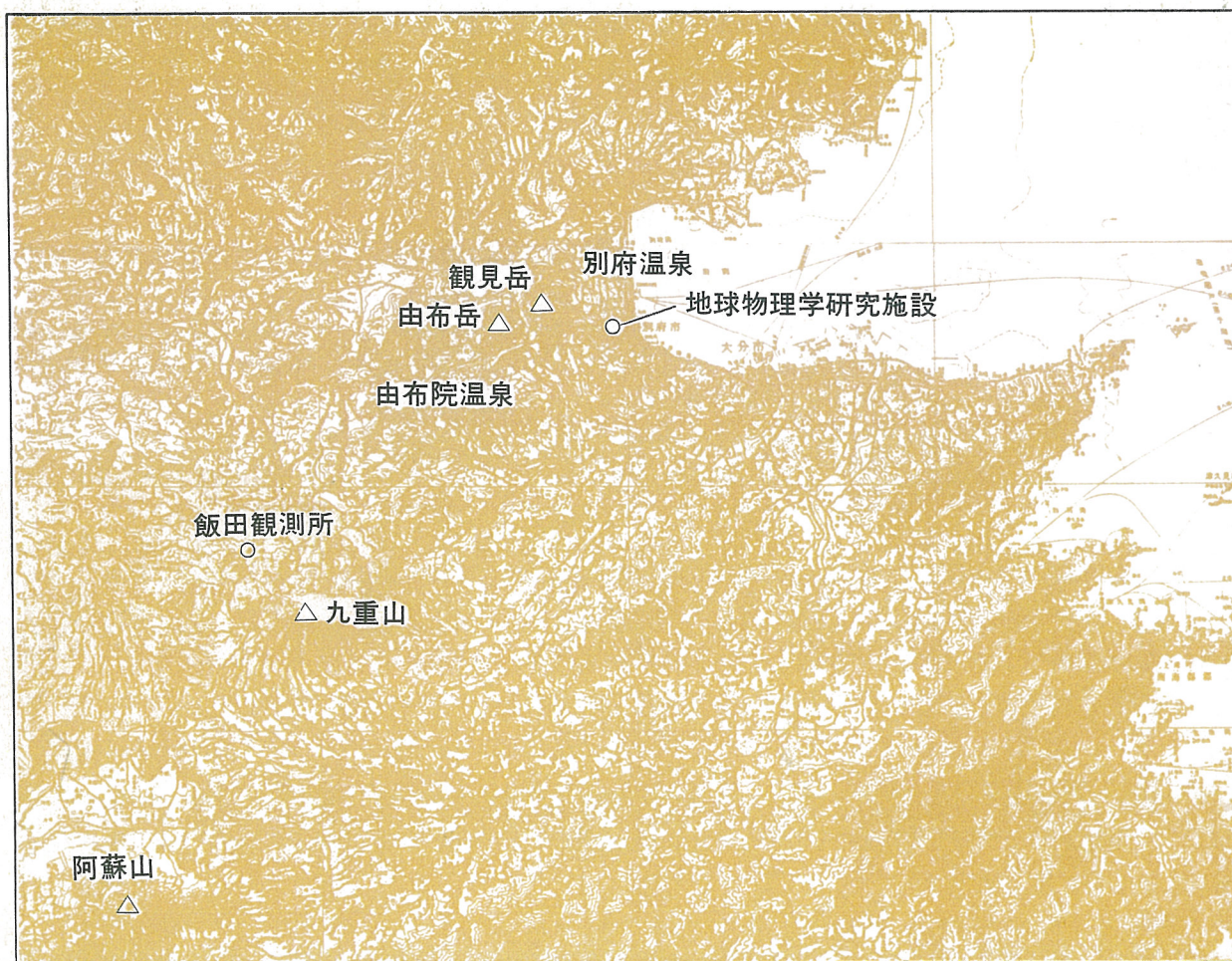


図10 地熱温泉現象のモデル



京都大学理学部附属 地球物理学研究施設

(〒874) 大分県別府市野口原

TEL . 0977-22-0713

附属飯田観測所

(〒879-49) 大分県玖珠郡九重町湯坪

TEL . 097379-2800