地域社会研究

第33号
2021.3.30

特別号

別府"温泉"大学
BEPPU 湯NIVERSITY

「別府"温泉"大学」とは？
……篠藤　明徳　1

日本温泉文化の原点　一遍上人の道
～ダイバーシティ温泉の魅力～
……飯沼　賢司　2

座談会　「一遍上人の拓いた鉄輪温泉」　6

卒業記念「別府"温泉"大学の湯」で温泉染
～卒業を温泉で染めよう～　レポート
……石川　万実　9

温泉と自然
……由佐　悠紀　11

別府と温泉エネルギー
……阿部　博光　18

赤い絵具を巡る冒険
……上野　淳也　22

温泉水を利用した
「別府温泉水あまざけ」の開発
……塩屋　幸樹　26

温泉学概論（過去5年間）　30

別府大学地域社会研究センター

「別府“温泉”大学」とは？

別府大学地域社会研究センター
所長　篠藤　明徳

別府大学は、世界的温泉郷である別府市に立地し、キャンパス内に４つの泉源、天然温泉が８つあるという特別な大学です。そのような特色を持つ別府大学は、昨年度より「別府“温泉”大学」として広報をしていますが、本号ではその特集を行います。

一遍上人と鉄輪温泉

まず、別府温泉郷は、日本の温泉の歴史を語る上で特筆されるものです。伊予国風土記に道後温泉は速水の湯（別府温泉）から海底を通って引いたものとの記述があります。また、豊後国風土記には、血の池地獄の記述もあります。鎌倉時代、伊予国の奥道後から出た宗教家・一遍上人が別府に上陸し、地獄を鎮められ、鉄輪温泉郷が拓かれた、と言われています。こうした歴史的背景を飯沼賢司学長が講演しました。

次に、その歴史や現在の鉄輪温泉郷を盛り上げている３人の女性との座談会が続きます。

また、キャンパス内の温泉を案内しながら、泉源４つと天然温泉の湯を紹介します。

公開授業「温泉学概論」

別府大学は、このような温泉に恵まれた大学ですが、既に10年以上にわたって「温泉学概論」を開講し、一般の人々も受講できる公開授業としてきました。「温泉学」は、飯沼学長が提唱してきた環境歴史学の考えから出発したものですが、その内容は毎回多彩です。その中から、本号では４つの授業を紹介します。

温泉は自然の恵みですが、由佐悠紀・京都大学名誉教授は、別府温泉郷の泉源等を地球物理学の観点で講義されました。京都大学は、別府市に地球熱学研究所を設置していますが、由佐教授は、同研究所の所長を務められてきました。

阿部博之教授は、再生エネルギーの研究者ですが、大分県の地熱発電についても著書を著しています。上野淳也教授は、大学の近隣に所在する鬼の岩屋古墳の赤色塗料は、血の池地獄から採取されたものであることを明らかにします。塩屋幸樹准教授は、これまで発酵食品の分野で、温泉を使った商品開発を学生とともに取り組み、地域社会の活性化を図ってきました。「温泉学概論」の講義のいくつかは、オンラインでも見ることができます。

別府“温泉”大学の開学

21世紀は、自然環境とともに癒しを求める時代と言われています。温泉は、日本では日常のありふれたものと感じられますが、世界的にみると、決してどこにでも存在するものではありません。ごく限られた地域にしか存在していません。その意味で、日本最大の温泉郷である別府に立地し、キャンパス内にも天然温泉を有する別府大学は、この地の恵みを守り、その意義を広く社会に知らせる使命を持っています。これが、別府“温泉”大学の開学宣言です。この小冊子が、人と温泉が織りなしてきた、世界的に稀有な“別府温泉郷”の扉を開き、皆様方を誘うことを期待しています。

日本温泉文化の原点　一遍上人の道

～ダイバーシティ温泉の魅力～

別府大学
学長　飯沼　賢司

1 はじめに

今日は、「日本温泉文化の原点　一遍上人の道～ダイバーシティ温泉の魅力～」をテーマにお話します。このテーマいったい何なんでしょうか。最初は違うことを考えていたのですが、このテーマで話してほしいと広報室から厳しい方針が示され、今回はその方針に沿って講義を組み立てました。スライドにある「一遍上人」「油屋熊八」「別府“温泉”大学」の３つをつなげてお話します。

さて、「別府は日本温泉文化発祥の地」。そんな怪しいことを言っていいのか、私も首をかしげるところです。日本最古級の温泉といえるのは道後温泉です。あと有馬温泉も古いです。どっちが古いかは議論になりますので、あえて最古級とします。しかし、道後温泉はこの別府温泉の温泉を引いてできているということは有名な話です。また、一遍上人は伊予の道後のあたりの出身で、上人ヶ浜に上陸して鉄輪に来たという伝説もあります。そのようなことから、「上人ヶ浜～鉄輪の道は、日本温泉の聖なるライン」だと。さらには、「そのどまん中に別府大学があるのだから、日本に、世界へ温泉文化を発信する。これが別府“温泉”大学である」と、広報室が打ち立てたんですね。広報というのは非常にコワいですね。その広報の口車に乗せられる学長はもっと恐ろしいのですが（笑）。

まず、別府の温泉の多様性についてお話します。まず泉質の豊富さ。10種類の泉質のうち７種類が別府にある。こんなに種類がある温泉地は他にありません。

飯沼賢司学長

それから、温泉の利用の仕方も多様です。入湯ということでも、個人宅の内湯から共同湯、宿の湯とさまざまです。蒸し湯という形態もあります。サウナとは違い、温泉の蒸気を利用するというのは珍しい。さらに、観光として「地獄」を見学したり「湯けむり」の景観を楽しむことができます。また「湯の華」などの温泉を活用した産物も作っている。温泉の蒸気を使って「地獄蒸し」料理もする。地熱で発電もできる。

宿のスタイルも多様です。鉄輪には十数件の湯治宿があります。都市部で、湯治宿が生き続けているのは極めてまれです。旅館、ホテルもあり、近年高級リゾートホテルもできました。

人材の多様性では、今日お話をする一遍、熊八などにはじまり、他地域から来た人たちが別府を開発してきました。そして、よそ者たちが別府に新しい風を起こし、文化が非常に多様になりました。別府には、何でも受け入れる雰囲気があります。そこはまず押さえておく必要があります。

2 風土記と一遍上人

「風土記」というのは、713年に元明天皇が日本全国に命じてその国の産物や風土、伝承などを報告させた、古代の報告書です。『豊後国風土記』には、温泉があったと書いてあり、その一つに「赤湯」というのが出てきます。郡（こおり）の北、竈山の近くにある赤湯と書かれているのでこれはまちがいなく、血の池地獄でしょう。

「玖倍理湯（くべりゆ）」というのは、郡の役所の西、河直山（かのうやま）の東にある、と書かれており、現在の鉄輪は「かのう」といわれており、江戸時代になって「鉄の輪」と当て字になり、最初から「鉄輪」ではなかったんですね。そこには間欠泉があって、そのため「慍（いかり）湯（ゆ）井」といい、俗に「玖倍理湯井」といったと記述されています。

当時の光景は、江戸時代に描かれた「鶴見七湯廼記（つるみしちとうのき）」によるともくもくと煙が出るような地獄の風景が広がっていました。人が簡単に住めるような場所ではなかったと思われます。

豊後国風土記の中には、こんな記述もあります。**この山の一つの峡（を）、崩え落ちて、慍（いか）れる泉、処々より出でき。湯の気は熾（さか）りて熱く、飯（いひ）を炊（かし）ぐに早く熟（な）れり。**

日田の奥のほうの五馬山（いつまやま）というところの話で、多分天瀬のことを言っているんだと推定されます。今の地獄蒸しのような方法が風土記の時代からあったということを推測できます。

鶴見七湯廼記（所蔵：大分県立歴史博物館）

ではここから一遍上人の話をしましょう。別府が、なぜダイバーシティ温泉と言えるのか、ダイバーシティというのは多様性ということです。いろんなところから人が集まって来て、あちこちの人が知恵を出し合って温泉を開発しました。一遍はその一人です。

一遍は四国から渡ってきて、豊後府内（現大分市）の大友頼泰（大友領の惣領）に会います。一遍は時宗の開祖ですが、ここで他阿（たあ）という人物と出会います。他阿は浄土宗の僧侶でしたが、一遍の宗教家としての才能を認めて時宗に帰依します。この帰依によって大友頼泰は一遍を支援するようになります。

そして一遍は、大友氏が地頭職をもつ別府の鶴見村の鶴見権現を訪れます。権現は、山を信仰の対象にして、山中に上宮、中宮、下宮があり、鶴見権現の下宮が火男火売神社になります。「鶴見七湯記」の中にも往時の鶴見権現として、大変立派な神社が描かれています。

「一遍上人年譜略」の中には、

鶴見嶽のかたわらに温泉あり、これ熊野権現の方便の湯なり

と書かれています。一遍は、「温泉」（鶴見の湯）の権現宮にあった社頭の楠木に名号を小刀で刻み、「別時念仏」を行ったと記しています。熊野というのは実は、温泉なのです。

平安時代末、白河・鳥羽・後白河の法皇たちは、熊野詣で行います。なぜ、熊野詣でに行くかというと、身体を再生するため、要するに温泉に入りに行っていたのです。熊野の本宮から入ったところに温泉があります。方便の湯というのは、温泉のことを指していると考えられます。

鉄輪の風呂本に「永福寺」という寺がありますが、もとは一遍上人が開いた寺で当初は「湯滝山松寿寺」でした。この寺院は廃絶・再興を繰り返し、明治24年（1891）に尾道の永福寺の寺号をもらい、時宗の寺として再興された。松寿寺というのは、一遍の童名が松寿丸であったことに由来しています。そしてお寺の近くに温泉神社があり、そこに祀られていたのが「大巳貴命（おおなむちのみこと）」「少彦名命（すくなひこなのみこと）」

の二人です。

ここで『伊予国風土記』を見てみましょう。『伊予国風土記』は、『豊後国風土記』のように多くの部分が残っているのではなく、断片的な引用文が残っているだけです。その中にこんな記述があります。

少彦名命と大国主命が伊予の国を訪れたとき、少彦名命が病で倒れ仮死状態となります。それを嘆き悲しんだ大国主命は、豊後水道の海底に長い管を敷いて、速見の湯（別府温泉のこと）を道後へ運び、少彦名命を湯浴みさせたら病気が回復したというのです。

ということは、道後温泉の源泉は実は別府温泉なんです。そこから、別府は道後温泉より古く、日本最古の温泉、温泉文化発祥の地といえるのではないかという仮説が出てくるわけです。

道後温泉には、聖徳太子が病気療養したということが『伊予国風土記』逸文に書かれています。聖徳太子の来湯について書かれた碑文があるとされていますが、見つかっていません。

14世紀に、道後温泉の近くに河野氏が築城した「湯築城（ゆづきじょう）」の城跡があります。一遍は河野氏一族として、道後の近くで生まれています。ですから、道後温泉については一遍はよく知っていたでしょう。

布教のために最初にやってきたのがなぜ豊後だったのか、大友氏との関係もありますが、道後温泉のルーツである「速見の湯」にぜひ行きたいと思っていたのではないでしょうか。道後温泉が古い温泉だということは、色々なところで出てきます。日本で最古と断定することはできませんが、最古級といえます。その道後温泉は、速見の湯を引いたことからはじまったのであれば、最古級の温泉より先にあったことから、別府の温泉は日本最古と言えるのではないでしょうか。

さて、一遍は鉄輪の地獄を鎮め、湯治場を開いたと言われていますが、史料がなく伝説となっています。江戸時代には、そのような伝説が出来上がっています。一遍は、四国の伊予の名族河野氏出身であり、道後温泉と密接な関係を持っています。鉄輪の温泉神社の祭神が四国の道後温泉の祭神と同じであることは注目する必要があります。

伊予の僧一遍が別府（速見）温泉の価値を見出したことで、鉄輪の温泉の歴史は始まりました。このようなことから、一遍が辿った道後温泉から鉄輪に続く道は、「温泉文化発祥の聖なるライン」であると言えるのではないでしょうか。

3 新しき一遍、熊八の登場

続いて、油屋熊八に迫っていきましょう。熊八も一遍と同じく四国の宇和島出身です。「山は富士、海は瀬戸内、湯は別府」というキャッチコピーで別府の名を全国に広めた別府観光の父であります。

熊八は文久３年米屋の息子として生まれます。熊八青年は、一旦は家業を継ぎますが、明治25年に大阪へ行って時事新聞の経済担当の記者になります。それがきっかけとなり、株に手を出します。株の研究をしているうちに、株の仲買商人になり、油屋将軍といわれるほど金を動かすお金持ちになるのですが、あっという間に破産をしてしまいました。廃業し、すってんてんになって、明治30年に渡米し、カナダ、メキシコを旅して、クリスチャンになりました。31年～43年は、謎の時代でこの間の活動は、明らかになっていません。

それから、奥さんの縁をたどって別府に移り住み、知人の紹介で明治44年に亀の井旅館を開業します。44年は、日豊線の別府駅が開業した年で、49年には大阪商船が大阪別府館間の航路就航が控えていました。熊八はここに商機を見出し「別府はいける！」という先見の明で別府に宿を開業しました。

大正バブルとともに亀の井旅館は発展し、大正３年に発行された日本全国の商工人名録には、亀の井旅館が記載されています。大正11年に旅館を改装してホテルにし、大正後期には

油屋熊八（写真提供：平野資料館）

別府一のホテルになったのです。チップを廃止、酒を飲ませない、など大胆な発想を打ち出していきます。

熊八は日本初のバスガイドを誕生させたこともよく知られています。「別府お伽倶楽部」の活動や鳥観図絵師の吉田初三郎によるパンフレット制作も注目すべきところです。しかし、熊八の神髄は、なんと言っても文化人との連携です。与謝野晶子・与謝野鉄幹などなどさまざまな文化人を別府に招き、別府について書いてもらうことで、評判を高めていくのです。

与謝野晶子との関係の深さについては、近年見つかった、亀の井ホテル20周年の催しのために下書きしたとみられる祝辞の原稿から窺うことができます（大分合同新聞2018年８月18日掲載）。熊八は、昭和６年に亀の井ホテルの20周年として「全国大掌大会」を開催し、与謝野晶子・鉄幹夫妻や、久留島武彦、天野雉彦（口演童話家）、江見水蔭（小説家）、土屋大夢（ジャーナリスト）を招いています。その祝辞として、与謝野晶子は、亀の井の20周年は国家の発展と平和を促す、外国人を呼び寄せる国際観光の拠点。熊八は賀川豊彦と並ぶ尊敬する人。「人が世に生きて行く最高の理想は、平和なる事業を以って他人を益しつつ、同時に自分もその事業を由って独立するという事」亀の井の事業はそれに合致している、など、どれほど謝礼を貰ったのかわかりませんが、辛口で知られる与謝野晶子がこれほどに褒めていることは珍しいことです。

ちなみに、本学の創設者、佐藤義詮は、東京お茶の水にあった文化学院大学部の１期生で、与謝野晶子の教え子です。

熊八の事業は文化的な側面を持っており、童話を語る口演活動「別府お伽倶楽部」は、油屋熊八（ピカピカのおじさん）、梅田凡平（にこにこのおじさん）、原北洋（みずひきのおじさん）、宇都宮則綱（チャップリンのおじさん）などで結成し、別府の新しい時代を作ろうとしていました。さらに、日本全国から世界へを目指し、「「山は富士、海は瀬戸内、湯は別府」」のキャッチフレーズを梅田凡平が富士山に掲げたり、アメリカの日曜学校では、陣羽織を着た桃太郎の格好で別府を宣伝したそうです。

吉田初三郎作のマップを見てみると、別府を基軸に大阪、その先に由布院、阿蘇、雲仙、長崎、博多から釜山、反対側は上海までつながっており、国際的な視野を持っていたことがうかがえます。熊八はこの時に、すでにインバウンド戦略を掲げていたのです。

そして、別府のお隣、由布院にもいち早く将来性を見込んで、金鱗湖の辺に、１万坪の用地を購入し、賓客を迎える亀の井別荘を建設しました。与謝野鉄幹・晶子、犬養木堂、藤田嗣治らを私費で迎え、接待した。これも熊八の観光戦略でした。熊八が誕生させた少女車掌（バスガイド）らも由布岳をさし、「山を越ゆれば由布盆地、四季山水の眺めよき、金鱗湖畔亀の井の別荘がある所です」と、由布院を宣伝しました。

4　新時代の別府とともに

熊八の発想力、行動力、宣伝のセンス、人間関係、流れ者のしなやかさ、キリストの博愛精神、そして別府への愛、地域の枠を超えた仲間づくり。これが別府の原点です。

それは、伊予からやってきた一遍以来の別府の伝統であり、ここを踏まえていかなければ、別府の発展はありません。地域の中で保守的に固まってしまっては別府ではありません。いろいろなことを乗り越えていくしなやかな心、そういうセンスが別府の本質だということを考えていく必要があると思います。

今、別府は、新しい時代の幕開けの時代です。新しい時代が別府に訪れつつあることを、みなさんも感じているのではないでしょうか。別府は停滞期がありましたが、長野恭紘市長が新しい試みをしています。そして、ハイクラスの国際ホテルの開業など、新しい動きが始まっています。

そういう中で、別府大学は別府“温泉”大学という、聖なるラインのどまんなかを行く「湯（ユ）ニバーシティ」として生まれかわろうとしています。温泉を掘り下げれば素晴らしい研究もできますし、素晴らしい連携ができます。そこを大切にしていくことが別府“温泉”大学だと思っています。

座談会
「一遍上人の拓いた鉄輪温泉」

左から篠藤、飯沼学長、三浦祥子さん

左から後藤美鈴さん、安波治子さん

出席者：三浦祥子さん、後藤美鈴さん、
　　安波治子さん、飯沼賢司学長
司　会：篠藤明徳

飯沼賢司学長の講演に続いて、鉄輪温泉を盛り上げる３人の女性に登壇いただき、学長を囲んで座談会を開きました。三浦祥子さんは、鉄輪に住んでおられますが、大分県で長い間、雑誌の編集に携わり、また、ライターとして多くの本の執筆を行ってきました。後藤美鈴さんは、温泉旅館“入舟荘”の２代目女将として働く一方、一遍上人の足跡を探求し、普及するなど、鉄輪のまちおこしを担ってきました。安波治子さんは、鉄輪の旧家に生まれ、登録文化財である冨士屋ギャラリー一也百を主宰しています。

篠藤：本日は鉄輪温泉を代表する３人の女性にご登壇いただき、一遍上人、鉄輪温泉についてざっくばらんにお話していただきたいと思っています。

三浦：科学的に温泉を調査研究し、啓蒙するNPO法人・別府温泉地球博物館に関わっています。伊予の風土記に道後の湯は速水の湯を海底で引いたものであるという記述があるのは、大変不思議な気がしています。そこで、京都大学名誉教授の由佐先生に聞いてみますと、２万年前の氷河期、海面は現在よりも100メートル下がっていたというのですね。つまり、豊後と伊予は陸つづきであったわけです。そんな背景があるのではないか、と思いをめぐらしています。

後藤：私は別府の生まれではありません。30数年前に結婚して大分の佐賀関から鉄輪に来ました。夫の実家が貸間“入舟荘”をしていました。鉄輪温泉では毎年９月に湯浴み祭りがあり、稚児行列がありますが、私の２人の子供も参加しました。はじめは、一遍上人に関して何も知りませんでした。しかし、鉄輪温泉にとって一遍上人がとても大切な人であると分かり、一遍上人探求会を作って本を発行しました。その時に、飯沼学長など別府大学の先生のご協力をいただきました。また、紙芝居で一遍上人のことを伝える活動にも取り組んできました。湯治場としての鉄輪温泉にとって、一遍上人はとても大切な方です。

安波：湯治文化が色濃く残っているのが鉄輪温泉郷です。もともと泉源のあるところに家があって、家の一室を貸していたのが貸間でした。そこ

から、貸間が大きくなり、多くの客が泊まるようになりました。そこで、地獄釜の周りに人々が集い、交流する場ができてきたのです。

篠藤：東工大の教授が私のところに来ましたので、別府大学のキャンパスを案内しました。ここには４つの泉源があり８つの天然温泉の浴場があると説明しましたら、びっくりしていました。東工大にはノーベル賞受賞者がいますが、別府大学には天然温泉がある、と胸を張りました（笑）。外から別府温泉郷を見ると、びっくりするのですね。別府大学は、人文学でフランスを代表するモンペリエ大学と姉妹大学ですが、フランスの大学の先生方も鉄輪に泊まっているといいますね。

飯沼：先ほど三浦さんの言われた２万年前の話は、壮大ですね。別府の背後には、鶴見山、伽藍岳があり、別府はその麓にある温泉郷です。恵みの湯であると同時に、危険な存在でもあります。恵みと災害の中で人々は生きています。台風も同様に災害であると同時に、大量の水をもたらす自然の恵みでもあります。

先ほどのフランスの先生方の話ですが、大学としてはホテルも用意したんですが、鉄輪が良いと言うのですね。私も別府出身ではありません。初めて別府に来た時はびっくりしましたね。地面が暖かい、それにいたるところ湯気が出ている。別府の人には当たり前の光景なのでしょうが、そうした価値は外から来た人間が発見したのですね。

三浦：「温泉天国」と言う単行本がありますが、そこに作家・田辺聖子さんが書いていたものが載っていますので、持参しました。カモカのおっちゃん（田辺さんのご主人ですね）と一緒に鉄輪温泉に泊まった時のことです。100年も前の話です。田辺さんは、別府の印象を「街全体、ゆだっている感じ」と表現しています。見事な表現ですね。2000を越える源泉があると言う別府温泉郷。「作家が描いた鉄輪温泉」を集めると、楽しいだろうと思っています。

後藤：私が鉄輪にお嫁に来た頃、共同浴場は混浴でした。臨月の私が入っている時、近くのおじいちゃんが入っていてびっくりしました。私の主人が困ると言うと、おじいちゃんは「わしは困らん」と。まあ、おおらかというか（笑）。

鉄論温泉の様子もどんどん変わっていますが、温泉は何と言ってもストレスにいい。心も癒す場所ですね。時間がゆっくりと流れている。共同浴場があっての鉄輪温泉だと思います。100円払えば、誰でも入れます。

冨士屋ギャラリー　一也百

安波：冨士屋は明治32年に建てられました。私の家は代々旅館をしていましたが、現在、蒸湯の横に建っていたのが本館で、その新館として建てられたものです。私は、取り壊そうと思い、解体業者を呼んだのですが、壊せなかった。建物は様々な歴史を刻んでいるのですね。この貸間が密集する湯治場は、地獄めぐりのエリアとは違ったものです。人の記憶を留める意味があります。風情が残っているエリアですね。今、古い建物が壊されそうになると相談されます。「とりあえず、治子ちゃんに預けておこう」と（笑）。

お湯の中ではみんな平等という感覚がありますね。一遍上人の教えなのかな。NPO法人ベッププロジェクトが「混浴温泉世界」というモダンアートの大規模展覧会を連続して開催しましたが、その名づけ親である総合ディレクターの芹沢高志さんは、「混浴」と言っても鉄輪では全く驚かない。組合管理の共同浴場を行ったり来たりするので、家の中と外が曖昧。温泉では、性別、肌の色、全く関係ない、と言っています。

篠藤：別府大学駅の下にある上人ヶ浜は自然が残る唯一海浜ですね。そこに、一遍上人が上陸したと言い伝えられています。そこから鉄輪温泉に至

蒸湯跡地横の一遍上人像

る古い道の中ほどに別府大学は立地しているわけですが、その近くに鬼の岩屋古墳があります。その石室の赤色は、血の池地獄から取られたものと明らかにされています。一遍上人によって鎮められ、温泉郷となった鉄輪温泉。この道を「一遍上人の道」として現在顕彰しています。最後に、別府大学に期待されることを一言お願いします。

三浦：別府大学には泉源があり、温泉浴場もあるのですから、是非、温泉神社を建てたり、大学の中に銭湯を作って欲しいですね（笑）。

後藤：現在、世界の人にSNSなどで発信できます。是非、若い学生の力で情報発信をしていただきたいですね。

安波：ある調査によると、１ヶ月に１回から２回しか温泉に入らないというのですね。それも50％の人々が。別府大学では、毎日温泉に入る学生を育ててください。別府大学の学生が鉄論まで歩いて来て、温泉に入って欲しいですね。

篠藤：飯沼先生は、この４月（2019年）に別府大学の学長に就任いたしました。また、11月には、別府“温泉”大学の学長にも就任され、「ダブル学長」になったわけです（笑）。ホームページを見ていただくと、飯沼学長が砂湯に入る動画が掲載されています。“体を張って”アピールしています。全国800近くの大学の学長で、ここまでするのは飯沼学長だけです（笑）。最後に、学長一言お願いします。

飯沼：学内温泉の開放は、理事長も関心を持っていますね。別府“温泉”大学で、世界に打って出たいと思っています。また、鉄輪温泉から別府全体の活性化も願っています。これからも一緒に頑張りましょう。

座談会を終えて：「女性パワーによる活性化」

近年、鉄輪温泉は新聞、テレビなどでもよく取り上げられています。これも長年のまちづくり運動の成果だと思いますが、とりわけ、女性たちのパワーが素晴らしい。

今年度の温泉学概論の最終講義にご登壇いただいた菅野静さんもその一人です。「湯治ぐらし」というシェアハウスを３軒（予定を含め）展開しています。別府大学の学生も入居する予定と聞いています。また、湯治宿・柳家の女性社長の力も大きいですし、「ひろみや」さんの女将さんは、様々なスペースを利用し、月毎の異なった企画展を行ったり、溜まり場を提供しています。

蒸し湯を中心として、散策できるエリアに、こうした場所が点在している魅力は大きいですね。地獄巡りに代表されるエリアと全く異なった「湯治場」としてのエリアが、女性の力で現代的に蘇っています。湯布院とは全く違った、庶民的癒しの空間を作っています。踊り念仏を唱えた一遍上人が拓き、農閑期にコメ・野菜などを持ってきて自炊したお百姓さんたちが愛した鉄輪温泉が、ストレスの多い現代の人々をお暖かく包んでくれています。

ところで、飯沼学長も司会を担当した私も鉄輪に住んでいます。つまり、登壇した５人は鉄輪の地域住民です。互いによく知っていることもあり、くだけた雰囲気で座談会をすることができました。これも鉄輪温泉の力かな、と思いを強くしました。参加された皆さん、ありがとうございます。

（文責、篠藤）

卒業記念「別府“温泉”大学の湯」で温泉染

～卒業を温泉で染めよう～　レポート

別府大学
広報室室長補佐　石川　万実

温泉染とは

2021年２月15日（月）、別府大学４号館１階の彫塑室にて、「温泉染研究所」代表のユキハシトモヒコさんを講師に迎え、学内の温泉を使った「温泉染」を体験するイベントを開催しました。３月に卒業を控えた国際言語・文化学科の芸術系コースの４年生９名が参加しました。

温泉染は、古くから染料や塗料として抗菌作用や生地を丈夫にする為などに使われてきた天然染料柿渋や草木の染料と温泉を使って染める染色法です。ユキハシさんは、５年ほど前から温泉染を研究しており、自宅でできる温泉染キットの開発や、オンライン体験会などを行い、温泉染を広めています。

今回は、キャンパス内にある学園関連施設「大分香りの博物館」の足湯の温泉を使用し、温泉染で卒業記念の手ぬぐいを制作しました。

いざ温泉染へ

はじめに、ユキハシさんから自己紹介をいただきました。ユキハシさんは、服飾学校卒業後フリーランスで、映画や舞台衣裳製作に携わっていました。東日本大震災がきっかけとなり、2013年より「旅する服屋さんメイドイン」として、車に足踏みミシンや染色道具を積み、日本各地を旅しながら、その土地ならではの制作を行う活動を始めました。その後、2016年に別府に移住。別府の豊富な湯量と個性豊かな温泉に感銘し、温泉染研究をスタートしました。街を歩き、出会った温泉で温泉染を行うと、場所ごとに染まる色が変わることに面白さを感じたと、温泉染の魅力をお話いただきました。

続いて、ユキハシさんから、学生たちに温泉染をレクチャーいただきました。あらかじめ柿渋で染めた薄茶色の手ぬぐいを、輪ゴムや糸で縛ったり、板を挟んだりして、模様ができるよう準備をしました。

講師のユキハシトモヒコさん（前列中央）と完成した手ぬぐいを披露

その後、「大分香りの博物館」のハーブガーデンの足湯に移動しました。香りの博物館の温泉は、学内の第一源泉から引いており、地下250mから約63度の温泉が湧き出ています。足湯の湯口から汲んだ新鮮な温泉を長方形のコンテナに貯め、その中に手ぬぐいを浸します。

ユキハシさんが事前に行った染色テストで、継続的に温泉をかけることでより濃く染まることが判明したので、参加した学生・教員が一列になり、バケツリレーで、コンテナに温泉を汲み入れ、新鮮な温泉を循環させました。

30分ほど浸すと濃い茶色に染ってきました。仕上げに、細かな部分にもお湯がいきわたるよう布をよく揉んで、温泉から引き上げました。

別府ならではの卒業記念

再び、彫塑室に戻り、縛っていた輪ゴムや紐、板を外すと、茶色く染まった布に、薄茶色の模様が浮き上り、学生たちから歓声が上がりました。それぞれの模様のオリジナルの温泉染手ぬぐいが完成しました。

参加した学生からは「温泉で染めものができるなんて面白い！」「こんなに模様が浮き上がるとは思わなかった。大学に温泉を活用して、来年以降も続けたらいいと思う」などの感想が聞かれました。講師のユキハシさんも「温泉染を通して別府の温泉の魅力を感じてもらえた。学生のみなさんに楽しんでもらえてうれしい」と、話していました。

今回の企画では、キャンパス内の温泉を体感してもらうとともに、別府の温泉の多様性を知ってもらう機会となり、“湯のまち”でのキャンパスライフの締めくくりになったと思います。ハーブガーデンの温泉で濃い茶色に染まりましたが、また違う温泉に浸すと色が変化するそうです。この手ぬぐいを持って別府の温泉や、他県の温泉巡りをして、自分色の手ぬぐいに染めながら、長く使ってもらえることを願っています。

別府を楽しみ尽くそう

広報室では、2019年より「別府“温泉”大学」として、学内の温泉をテーマとした研究・教育について情報発信を行っています。その中で、学生たちが４年間の大学生活を別府で過ごしていても、別府の温泉に親しむ学生が少ないことが判ってきました。キャンパス内にも温泉があることも知られていません。

日本一の温泉地にキャンパスがあるので、学生たちにもっと別府を楽しみ尽してほしい。今後も学内の温泉を活用し、地域と連携して温泉を体感し、温泉に親しむきっかけを作っていきたいと考えています。

（協力：豊の国千年ロマン観光圏事務局）

大学に隣接する大分香りの博物館の温泉を使って染めました

温泉と自然

京都大学
名誉教授　由佐　悠紀

由佐悠紀先生は、地球物理の研究者で、温泉資源の保護と適正利用に関する多数の業績をおもちです。1966年から京都大学にお勤めになり、2004年まで大分県別府市にある京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設で研究を行われておられました。現在は、日本温泉科学会理事、大分県温泉調査研究会会長、別府市文化財保護審議会委員を務められています（編集部）。

1　地球の創生

講演中の由佐悠紀先生

非常に丁寧なご紹介をいただき、面映ゆい気がしています。研究を始めて50年以上経っているので、ご覧の通りかなり年をとっています。今日は、「温泉と自然」というテーマでお話しさせていただきます。この温泉学概論は、いろんな分野の先生方がお話しのようですけど、自然科学系は私一人のようなので、温泉とはどういうものか自然科学的な立場からご紹介したいと思います。

最初に別府市がこの6月に公開しました「Beppu The Onsen Journey」というインバウンドのお客さんを対象とした別府温泉の紹介の動画がありますのでご覧いただきたいと思います。その後、解説を含めて温泉の自然科学的な特徴をご紹介したいと思います。

（YouTube省略：サイトはhttps://www.youtube.com/watch?v=VzbwKqLSvVw）

動画を見ていただきました。この動画の特に自然科学的な部分は私が監修しました。地球がどうできたかということ、それから地球の温度が高い状態になっていたことが紹介されていましたが、そのあたりのところからお話ししたいと思います。

地球の内部の温度が高いということは昔から想像されていました。火山活動がある、地熱地帯（地獄）がある、温泉が湧いている、鉱山の坑道で深く掘ると熱くなってくるなど、地球の内部は熱いのだろうと思わせる場所があったからです。

しかし科学的な観点からそういうことが研究や議論の対象になったのは案外新しいのですね。19世紀の半ば1860年代頃で、日本は明治維新で江戸時代から明治時代に変わっていく頃です。イギリスにケルビン卿（本名ウィリアム・トムソン）という大物理学者がいました。絶対零度という言葉を聞いたことがあると思います。摂氏で言うと

「Beppu The Onsen Journey」

－273度です。温度には上限はないのだけれども一番低い温度というのはあるというようなこと絶対温度という概念をうちたてた人です。

その頃、我々の住んでいる地球は一体何かということが自然科学界で話題になったらしくて、1862年にケルビン卿はある数理モデルを作りました。地球はできた時に溶融状態にあり、ドロドロに溶けていたが、それが冷却されて現在のようになったというモデルです。そして、地球の年齢は2000万年～４億年と結論づけました。

最初、地球は溶融していたという仮定をおいたのですが、なぜそのような仮定をしたのかという根拠はありませんでした。それが後世の疑問となったのです。そして、長くても４億年を超えないだろうという数値についても、疑問視されました。地球上にはいろんな岩石がありますが、その一つに堆積岩があります。土粒子が溜まって圧力がかかり岩石になった。これができるまでに大変な時間がかかるわけです。地質学者は、４億年程度で厚い堆積岩の地層ができるはずがない、と反論したのです。

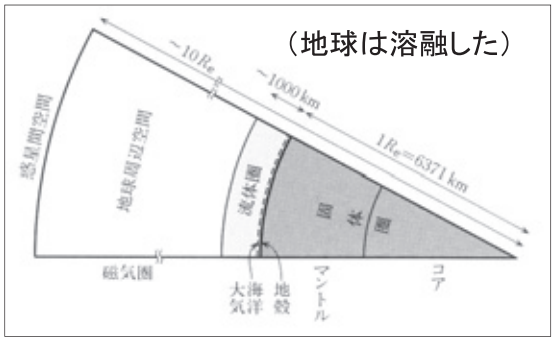
生物学者からも疑問が呈されました。チャールズ・ダーウィンが進化論を発表しましたが、原始生物から現在の高等生物への進化が４億年程度でできるはずがないというわけです。

このような議論が起こる中、ダーウィンは、「まだ我々が知らないことがこの世の中にはあるのではないか。その効果があるのではないか」とサジェッションしました。そして、20～30年後の19世紀末から20世紀初頭に「放射能・放射性元素」が発見されました。ラジウムを発見したキュリー夫妻の名前をご存じだろうと思います。そして、放射壊変に伴って発熱することが発見されました。

この発見により、ケルビン卿の「地球は一方的に冷えてきた」という仮定が成り立たなくなったのです。地球は、発熱していることがわかったからです。

一方、日本では明治維新以後に、多くの外国人研究者がやってきました。その中に自然科学者もいました。その人たちが驚いたのは、東京に住んでいると地震がよく起こるということでした。欧米では地震はまれでした。それで、次第に地震の研究が進んできました。その結果、一つの非常に重要な成果が生まれました。それは、地球の内部はいくつかの領域に分かれていて、地球の中心には核と呼ばれる領域、その外側にはマントルという領域、地球の表面には地殻と呼ばれる領域があり、それらが層になっているという発見でした。

図１　地球の大局構造：層構造（1930年前後）



岩波講座地球惑星科学「1地球惑星科学入門」より

層にわかれているということは物質が分かれているということですから、そのような現象が起こりやすい状況にならなくてはいけない。ということは、地球はいったん溶けたことがあり、重力の作用によって、地球の中心にはおそらく鉄類など密度の大きいものが集まり、外側の部分には軽い岩石、さらに外側には大気がある、というような層構造のモデルができました（図１）。

これより少し後になりますが、太陽を中心とした惑星系はどのようにしてできたのかが議論になりました。現在では、「太陽系は、宇宙空間に漂うガスやダスト（低温の固体微粒子）から誕生した」と考えられています。

宇宙空間は温度が低い（３ケルビン〔K〕：－270℃）中で、万有引力で集まったガスやダストが惑星になる、つまり低温のものが集まり惑星になるというのです。

ですが、地震の研究で、惑星はドロドロに溶けていた、つまり高温になっていたということがわかりました。そこで、この現象をどう説明していくかが問題となりました。

まず、先述した放射壊変による発熱によるものではないかと考えられました。その計算も行われました。地球上にある放射壊変する物質の量を見積もり、それが何年経ったら地球が溶けるぐらい

の温度になり得るかということを見積もりました。そうすると３Ｋの物質だったとしても、80億年くらいかければ地球は完全に溶けるということがわかりました。これで「わかった」ということになりそうだったのですが、そう簡単にはいきませんでした。

この頃、放射性物質を使って岩石の年齢を測定することが可能になり、一番古い岩石は、30～40億年くらい前の堆積岩ということがわかりました。堆積岩は、陸地ができて、壊れて、微粒子になり、海に入り、沈殿し、固まってできるわけです。すると30億年くらい前に陸地がすでにあったということになります。すると、数十億年くらいでは間に合わない。それで、放射性物質の壊変によるという推論は、可能性はあるけども、実際的ではなさそうだということになりました。

さて、それでどうするかが問題です。46億年前に、それ以前から宇宙空間の隕石類が集まってだんだんと成長して、現在ほどの大きさの地球になりました。その後も、周囲にまだ隕石がたくさんあるので、それがぶつかります。隕石がもつ位置エネルギーが地球の中心にむかって動く運動エネルギーにかわり、それがぶつかるとエネルギーは熱に転換し、温度が上昇します。

先ほどの「Beppu The Onsen Journey」の動画では、その量を見積もりました。ぶつかるときの速度は秒速10～20kmです。それでどれくらい岩石が溶けうるかを計算した結果、１グラムの隕石が衝突すると数10グラムの岩石が溶けることがわかりました。これくらい大きなエネルギーを持っているわけです。そのエネルギーによって地球はドロドロに溶けたという考え方が、現在は受け入れられるようになっています。

つまり、今と同じ大きさになった創生時（46億年前）の地球は宇宙空間物質の衝突によって融解し、その後、地球は放射性壊変による発熱により温められながら、冷え続けてきた、というふうに結論づけられました。19世紀中頃にケルビン卿がつくったモデルは、放射壊変による発熱が考えられていなかったのですが、最初にドロドロだったということの背景には、衝突のエネルギーがあったのです。

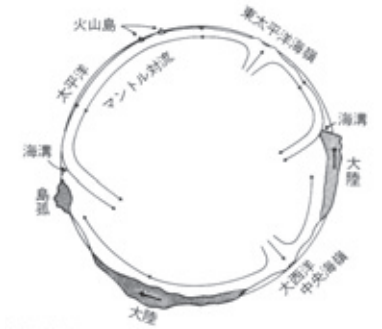
はじめに地球全体が溶けて、次第に層構造になっていくと、それまでの地球と違った様々な現象が展開することになります。最も基本的なものは、マントル対流です。地球の中心は鉄類がある核で、その外がマントルになっています。ここは岩石ですが、高温ですから柔らかい。すると、地球の中心は温度が高く、外側は低いので、対流がおこります。物理的には、軽いものが下にあり、重いものが上にあるという不安定な状態とみることができます。不安定だと、動き出そうとします。岩石ですが、温度が高いので柔らかくて、飴みたいにゆっくりと動きます。それがマントル対流です。

そして、そのマントル対流の上に地殻があります。私達が住んでいる陸地を含むかたまりがマントルの動きによって動きます（図２）。そのかたまりをプレート（板）と呼びますが、その板が、あっちにいったり、こっちにいったりして、ぶつかったり、離れたりします。その板の境界部分で、いろんな現象が起こります。地震、火山活動、熱水活動（温泉）などです。

こうして、マントル対流が起こり、地殻を動かし、様々な現象が生じるという一つのストーリーが組み立てられるようになりました。先ほどの動画の前半部分がここを描いていたわけです。

図２　マントル対流

対流の上昇部分（海嶺）で海底の地殻が生まれ、下降部分（海溝）で海底の地殻が消失する。



2　温泉とは何か？

そのような自然の中の一つの現象が、温泉です。温泉の定義ですが、もともとはごく自然で簡単なもので、「地中から出てくる温かい水」というものです。しかし、温泉を学問の対象としてとらえていこうとすると、次のようになります。

「その土地の普通の地下水の温度より高温の水が地中から地表に出て来る現象」。普通の地下水の温度は、時や場所によって異なりますが、基本的にはその土地の年平均気温よりも１～４℃高いのが、その土地の普通の地下水の温度になります。では、その年平均気温はどうやって決まるのか。それは太陽エネルギーでできあがっています。

太陽エネルギーでできた年平均気温よりも高温というわけですから、他のエネルギーで温まっているのです。その他のエネルギーとは何かといえば、地球ができたときのエネルギー及び放射性物質の発熱です。

基本となる年平均気温ですが、1981～2010年の平均では、一番北の稚内が6.8℃、青森が10.4℃、東京は16.3℃、大阪が17.0℃、別府あたりで16.0℃、沖縄が23.1℃です。各地で年平均気温が異なっていますので、各地域の温泉の温度が異なるということになります。

各地で温泉の温度が違うのは温泉行政では困ります。そこで、全体をとりまとめられるような温度を基準として法律で定めましょう、ということになりました。自然現象だけれども、法律が関わって定められているのは温泉ぐらいのものです。非常に珍しいです。

では、どこを基準に温度を定めるのかということになるわけですが、温度が高いところを基準にしておけば日本全国をカバーできるだろうというので、日本では25℃と定めました。

これまでは「温度」という点から温泉の定義についてお話ししたのですが、もう一つ別に「薬理効果や医療効果」がある水という点で説明をしたいと思います。病気の時に飲むと良い、傷口をその水であらうと傷が治るという水があります。これは、水に含まれている成分の作用です。それは昔から知られていて、「鉱泉」あるいは「鉱泉水」（ミネラルウォーター）と呼ばれてきました。

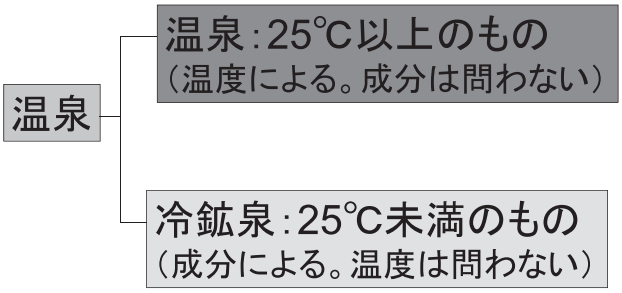
これも特殊な水です。先程は「温度の特殊性」ということでしたが、「成分の特殊性」があるのです。これも研究の対象でした。法律としても、成分的な基準があったほうがマネージメントしやすいという要請もありました。それで、「普通の水と、物理的・化学的に性質の異なる天然の水が、地中から地表に出てくる現象」というように温泉が定義されました。温度のほうは「物理的」という言葉を使い、成分のほうが「化学的」という言葉を使うわけです。日本では法律で定めていますが、日本だけではなく、世界の国々も温泉の定義をしています。

日本では昭和23年に「温泉法」が定められ、第２条で「この法律で『温泉』とは、地中からゆう出する温水、鉱水及び水蒸気その他のガス（炭化水素を主成分とする天然ガスを除く。）で、別表に掲げる温度又は物質を有するものをいう」と定められました。

別表には、次のように定められています。一つは、「温度は摂氏25℃以上」です。もう一つは、化学的な成分が、「溶存物質（ガス性のものを除く）が1000mg 以上（温泉１kg 中）・遊離炭酸 CO_2 250mg 以上（温泉１kg 中）のいずれか一つ」です。このスライドでは、成分はこの二つしか挙げていませんが、ほかにもあります。ちなみに、温度と成分は、「and」ではなく「or」で、どちらか一方を満たしていれば温泉となります。

このように、法律的には、温泉は二つに定義されました。一つ目は、温度が「25℃以上のもの（温度による。成分は問わない）」です。二つ目は温度が「冷鉱泉・25度未満のもの（成分による。温度は問わない）」です（図３）。

図３　温泉法による温泉の種類



3　温泉の研究

そうすると、温泉が自然科学的に成立する要件は、次のようになります。一つ目は「熱源」です。まず温度が高くなくてはいけない。二つ目は、その熱源にあたためられ温泉となる媒質である「水」です。三つ目は、その水が出てくる「水（流体）

の通路」が必要です。四つ目は「物質源（副次的）」です。つまり、温泉が自然科学的に成立するには、熱・水・通路、それに副次的に物質源が必要です。そして、温泉の研究は、この四つについて研究していくことになります。

まず、一つ目の「熱源」です。その土地の地下水の温度は、その土地の気温によって決まります。基準は年平均気温で、これに関わるエネルギーは太陽エネルギーです。温泉には、この太陽エネルギーとは別のエネルギー（熱源）が必要です。それが、地球ができたときの熱と放射性物質の熱です。

次に、二つ目の「水」です。基準となるのは普通の地下水です。そして、その地下水は天水（降水、循環水）と思われます。ただし、科学的には、天水であるかどうかは、自明ではありません。三つ目の「水（流体）の通路」です。これは先述したとおり、地下水が地中から地表に出てくるためには通路がなくてはなりません。最後に、四つ目の「物質源」です。広義の定義により、化学的な性質を規定する物質源が付け加わったものです。副次的とはいえ、温泉科学の重要な対象です。

以上四つの要件を少し詳しくみてみます。まず、水源についてです。天水であろうと思われますが、もしかすると別の水があるのではないか。あるとすれば、どれくらいあるのか。なければ、天水であることの証拠はどうやってみつけるか。別の水というのは、岩漿水（岩漿はマグマ。それにともなう水）だろうか。などといったことです。

地球ができて以来、初めて現れた水を考えてみます。地球創生時、エネルギーは地球外からもたらされました。そして、水も小惑星などがもたらしました。そうしないと、つじつまがあいません。その時にもたらされた水が、そのままの状態であるかどうかを調べようとしました。

最初の研究は、19世紀半ばに、ブンゼンがアイスランドの温泉について行いました。その水が天水だろうか、それとも岩漿水が入っているだろうかという研究が行われました。結論は、天水でした。

その後、20世紀中頃から、重水を用いた研究を経て、水分子の水素・酸素安定同位体比を用いた研究手法が発展しました。水素には重い水素と軽い水素があります。酸素にも重い酸素と軽い酸素があります。その組成を調べた結果、世界中の温泉水は「天水起源」で説明可能ということでほとんど決着がつきました。

日本の温泉水（地熱水）も、大部分が天水であることがわかります。そして数は少ないのですが、マグマにくっついている水蒸気もあります。これを調べてみますと、海水が変質していることがわかりました。それで現在は、温泉水の主な源は天水であるという結論になりました。

それから、水（流体）の通路ですが、これは別府がそうであるように、断層運動があって、割れ目が通って、そこを通って温泉が湧き上がってくるということです。それだけではなくて、天水が温泉の源ですから、天水は地下に浸透しなければならないわけです。わき上がる通路は、天水がしみこむ通路にもなっています。地下にマグマがあり、蒸気が上がってきていますが、その通路でなくてもならないわけです。

通路が重要であるという証拠を例で示したいと思います。一つは「富士山」、もう一つは「鶴見岳」です。「富士がみえるところには温泉はない」と言われます。富士山は優勢な温泉系のない活火山です。降水量の77％が、山麓で湧水として流出し、残りの23％が蒸発するということがわかっています。深いところに行って温泉になる水が無い。

そうすると、富士山はどうみることができるのか。まず、山（土地）があまり破壊されていない、単純な美しい山で、地下に割れ目がないであろうと考えられます。割れ目がないので天水が深くまでしみこむことができない。地下には熱源があるのに、温泉には成りにくいのだろうと解釈されます。

他方、鶴見岳は優勢な温泉系（別府温泉）のある活火山です。降水量の53％が土地の浅い層で流出する地下水になり、16％が深層地下水である温泉になり、残りは蒸発します。鶴見岳は山の形が富士山と比べて複雑な壊れた形をしています。山がよく破壊されていて、水の通路が発達し、天水が深部の熱源と出会い、温泉になるわけです。

全国の多くの温泉地にある山は、鶴見岳タイプです。箱根は温泉地として有名です。箱根の地形図をみると、カルデラになっていて、山がよく壊れています。九州の中部の地形図を見ると、いたるところに割れ目があり、土地が壊れてしまっているかんじです。

最後に熱源と物質源についてです。もともとの熱源というのは、隕石などがぶつかってできたエネルギーです。物質源も隕石などです。世界の温泉分布をみてみますと、一番多いのは太平洋をめぐる地域、次いでインドネシアから中国の雲南省を通り、チベットを通り、南ヨーロッパに至るところです。そして活火山分布をみると、温泉分布とだいたい重なります。これらをみると次のように言えます。「活火山があるところには温泉がある。しかし、温泉があるところに活火山があるとは限らない」ということですね。活火山は熱源となりうるので、温泉はだいたいある。でも、割れ目がなければ温泉は発達していないのです。しかし、温泉があるところに活火山があるとはかぎりません。地球内部の熱で温められた温泉があります。つまり、温泉は「火山性温泉（熱源：マグマ溜まり）」と「非火山性温泉（熱源：地球内部の一般的な熱流）」の二つに大別されます。

別府温泉もふくめて、日本の温泉はほとんど火山性温泉です。1960年頃の日本の温泉分布をみると、太平洋側には温泉が少ないことがわかります。大分県も南部には温泉が少ないです。宮崎県も太平洋側にはない。これには理由があります。日本には活火山を含む第四紀火山（約260万年前よりも新しい時代に活動をした、また、これからも活動する可能性のある火山）がありますが、分布をみてみると、これも太平洋側にはないのです。温泉の分布は、火山の分布に重なるのですね。活火山があり、その火山より大陸寄りに温泉は分布しているというのが、日本の温泉の特徴です。

なぜ、そのようになっているのかといえば、温泉がわくところには、マグマ溜まりがあるということです。その深さは、活火山の地下約10キロメートル程度です。温度は、溶融状態の温度は、1000℃程度です。

火山性温泉のでき方、加熱の仕方というのはどうなっているのか。その一つはマグマ溜まりから地層を通しての熱伝導、もう一つはマグマ溜まりからの高温流体（マグマ発散物・火山ガス）の混入です。マグマ溜まりから火山ガスがでます。主成分は水蒸気です。水蒸気が上がってきて、浸透してきた水に混入する。そうすると温度がぐっとあがります。

マグマ溜まりから上がってくる火山ガスは、直接には採取できませんが、その名残のようなものをときどき採取できます。主成分は水蒸気です。他にいくらか多めに入っているのは、塩化水素、二酸化硫黄、硫化水素、二酸化炭素の４つです。塩化水素はよく水に溶けます。マグマ溜まりから火山ガスが来て天水と出会い、塩酸が生じます。二酸化硫黄も水に溶けやすい。これが天水に出会うと硫酸が生じます。つまり、強い酸性の水ができます。そうすると強い酸が周囲の岩石を溶かして、岩石の成分が溶け出すのです。ナトリウムやカリウムが溶け出す。そうすると、あたかもNaCl（食塩）の溶液のような塩化物泉ができる。硫化水素も酸化されて水に溶けると強い酸性の水になります。CO_2は水に溶けると炭酸水になります。

4　10の泉質とその原因

泉質は医療効果の観点から、10種類に分けられています。単純温泉、塩化物泉、炭酸水素塩泉、硫酸塩泉、二酸化炭素泉、含鉄泉、酸性泉、含よう素泉、硫黄泉、放射能泉です。このうち、塩化物泉、炭酸水素塩泉、硫酸塩泉、二酸化炭素泉、酸性泉、硫黄泉は火山ガスによるものと説明することができます。

別府では、マグマ溜まりから火山ガスが上がってきて、天水と出会います。生じた熱水が上昇してくると、圧力が低下して、沸騰して熱湯と蒸気に分かれます。熱湯は、ずっと流れていって、鉄輪温泉あたりに達します。

蒸気のほうにはH_2Sが入って、これがどこで上がってくるかというと、明礬温泉や塚原温泉です。その中のH_2Sは、新しい地下水と混じり、

含まれている酸素で酸化されて硫酸が生じます。そのような酸性の水は鍋山や明礬、鉄輪辺りを流れています。

さらに、流れていって、天水がしみ込みながら、海岸部の温泉となります。別府は、こうした温泉の経路がよく観察できます。塚原・明礬・鉄輪、それから照波園や亀川などの泉質がどうやってできるのか、先程から話してきた泉質形成のモデルで説明できます。このモデルは、いろんな温泉についても説明が可能です。霧島や東北の大きな温泉地についても説明できます。

繰り返しになりますが、火山性温泉では火山ガスと天水が出会うということが重要です。そうすると火山性温泉の熱源も物質源も同根であるといえます。具体的には、火山ガス（マグマ発散物）ということになります。

先述しました火山分布図ですが、ここには「火山前線」があります。火山はこの線上に分布しています。この火山前線はどのようにできているのか。世界中の火山孤の分布をみますと、各火山孤の側に線がありますが、これは「海溝」です。つまり、海溝と火山はペアなのです。日本も日本海溝、南海トラフ、琉球海溝と並行して火山が分布しています。

フィリピン海プレートは、マントル対流に引っ張られて、九州にぶつかって沈み込んでいる。沈み込んでいるプレートの温度は低いのです。でも、冷たい海底部分が沈み込んでいる上に、熱い火山がある。これは非常に不思議です。実は、プレートが沈み込むときに、海水も一緒に引きずり込んでいる。水があると、岩石は溶けやすいのです。つまり、引き込んだ海水は温泉に関係していると考えられます。温泉にはいろんな化学成分が含まれていますが、その成分のよってきたるところは何かということですね。温泉の成分はわかっていた。でもそれぞれの源は何か、ということがわからなかったのです。ですが、この20～30年のうちに、モデルができつつある。つまり、海水または海水に含まれている成分が、温泉成分に関わっているのではないかということです。

日本列島の下に太平洋プレートやフィリピン海プレートが沈み込んでいく。地下約100キロメートルの深さに達すると、温度はいくらか上昇して1000℃くらいになります。そうすると、岩石が溶けてマグマになる。マグマになったときに、海水の成分が移る。それでガスを含んだマグマが上がってきてマグマ溜まりに溜まり、噴火に至る。

海底の堆積物には、サンゴや魚の骨や貝ガラなども含まれています。これらが地中で熱せられてCO_2を生成すると考えられます。これが別府温泉のCO_2です。明瞭なのは長湯温泉です。あそこは炭酸泉で有名ですが、CO_2の70％は海由来のおそらく珊瑚礁（炭酸カルシウム）からきているのでしょう。

海水にはNaClがありますが、これからHClが生成するのではないか。このように海底の物質や海水が巻き込まれ、マグマに溶け込み、温泉となって再び地表に出てくると考えられます。

フィリピン海プレートが南海トラフで沈み込み、別府の地下100キロメートル下でマグマとなり、マグマ溜まりを形成し、上昇して来る火山ガスが天水と出会って別府の温泉ができている。沈み込み帯は、火山・温泉を介した海域・陸域間の物質循環系であります。

南海トラフというと、地震・津波が気になるところです。それに対応しなければならないと言われていますが、九州に火山・温泉が存在するためには、南海トラフでフィリピン海プレートが沈み込まなければなりません。地震・津波と火山・温泉はペアであるということです。温泉を楽しむのもよいと思いますが、このように温泉がどのようにできるのかについて考えてみるのも意義あることではないかと思います。

別府と温泉エネルギー

別府大学国際経営学部国際経営学科
教授　阿部　博光

世界的に有名な温泉都市・別府。東西５キロ、南北８キロにわたる火山麓扇状地で毎分８万3058ℓもの温泉が湧出（別府市、2020）し、これは日本一の規模を誇っている。そんな別府では、2011年の東日本大震災によって起きた福島原発事故、気候変動による自然災害の頻発などを受けて、自然エネルギーのひとつである温泉を有効活用すべきとの声が強まった。本講義では別府における温泉エネルギー活用の現状と課題を紹介する。

なぜ自然エネルギーは注目されるのか

そもそも温泉などの自然エネルギーがなぜ注目されるようになったのか。理由は大きく分けて３つ挙げることができる。

まず「純国産」のエネルギーであることだ。例えば約99％を輸入に頼る石油は、その80％以上が中東諸国から来ている。すなわち中東で紛争などが起きれば日本へのタンカー輸送ができなくなる恐れがある。価格も高騰し日本経済は大打撃を受けることになる。しかし、身近にある自然をエネルギーとして活用すれば、そのような懸念は解消される。また自然エネルギーは実質「無料」であるため、発電所建設など初期の設備投資、メンテナンス費用の負担だけで済むことになる。

次に環境に優しいエネルギーだからである。石油や石炭のように地球温暖化悪化の原因となる二酸化炭素（CO_2）を排出するわけではない。大気汚染も引き起こさない。

昨年、地球温暖化が原因とされる大雨によって国内あちこちが大洪水に見舞われたが、大分県内でも被害が相次いだ。多くの別府大学の学生が被災地に出向いてボランティア活動を行ったこともあった。

図表１　被災地で活動する別大生（広報室提供）

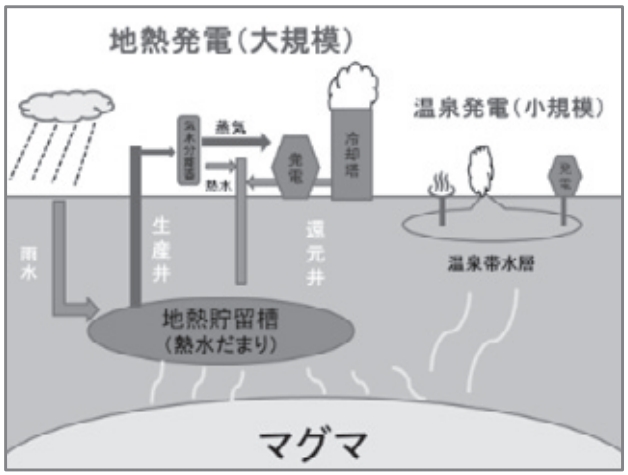
そして安全性の問題である。自然エネルギーは原発のように深刻な事故は起こさない。福島原発事故以来、国民の間にはエネルギー開発に関して安全性を重視する風潮が強まり、その結果、自然エネルギー開発に注目が集まったといえる。

温泉も発電に利用

日本は火山大国である。地熱の保有規模はアメリカ、インドネシアに次ぐ世界３番目となっている。特に大分県の九重連山の地下には大量の地熱が存在しているといわれる。それを裏付けるように九重連山の麓の九重町では日本一の設備容量を擁する九州電力八丁原（地熱）発電所が稼働するなど全部で６つの地熱発電施設（バイナリー発電施設含む）が運営されている。

そして別府の温泉も発電に利用され始めた。そもそも温泉発電も地熱発電と同様、マグマの活動

によって得る熱源を利用している（図表２）。別府の場合、湧出量が日本一だけでなく、温泉発電にとって有利となる条件がそろっている。高温の噴気が出たり沸騰しながら温泉水が噴出したりする場所が348孔にも達し、全国（1,057孔）の３分の１が別府に集中している（由佐、2003）ことなどが挙げられる。



図表２　マグマ活動と発電の関係（筆者作成）

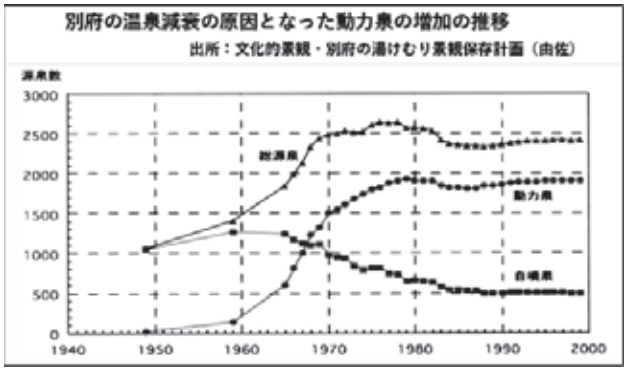
このため別府では、他地域に先駆けて温泉発電の開発が進み、2015年には地場企業が開発した温泉発電システム「湯けむり発電」が市内の「大分県農林水産研究指導センター」に設置され話題を呼んだ。同センターでは温泉熱利用の温室栽培実験施設にICT機能を駆使した「地熱利用スマート農業ハウス」も完成し、海外や県外からも視察者が相次いだ。2013年には安倍晋三首相（当時）が「湯けむり発電」の実証実験を視察し、その場で温泉発電開発規制の緩和に言及したこともあった（図表３）。

図表３　視察する安倍首相（当時）（筆者撮影）

そして別府ではビジネスチャンスとばかりに温泉発電開発が進んだ。2018年９月時点で、全国で稼働する温泉発電施設の数は54件だったが、そのうち30件が別府に集中したのだった。

温泉資源を守れ！

全国で自然エネルギー開発が進んだ理由として2012年に「再生可能エネルギー固定価格買取制度」（FIT）がスタートしたことも挙げることができる。この政策は、自然エネルギーで開発された電力を電力会社が高く買い取ってくれる制度であり、事業者の間で「湯量が豊富な別府で温泉発電をやればもうかる」との認識が強まったとみられる。



図表４　別府の温泉動力泉増加の推移（由佐　2012）

しかし実際のところ、別府の温泉資源は既に限界に近付いているのが現状である。温泉開発の加速に伴って動力泉の導入が急拡大したからだ（図表４）。動力泉の比率が全体の80％に達している現状は、地下から天水循環を無視して無理やり温泉をくみ上げていることを意味する（由佐、2012）。

このため別府市は温泉発電導入に明確な指針を設ける必要があると判断し、2016年に「別府市温泉発電等の地域共生を図る条例」を制定。さらには諮問機関「別府市温泉発電等対策審議会」の答申を受けて、温泉発電開発等を回避すべき地域「アボイドエリア」を指定するなどの条例の厳格化に踏み切った。

さらに一部の事業者による温泉発電開発によって①騒音被害や景観損壊②熱排水による河川の生態系や農業への被害―などの問題も表面化した。

当初のマスコミ報道は温泉発電開発に好意的な内容が目立ったが、開発を疑問視する記事も出始めた（図表５）。

図表５　温泉発電開発で浮上した問題点（筆者作成）

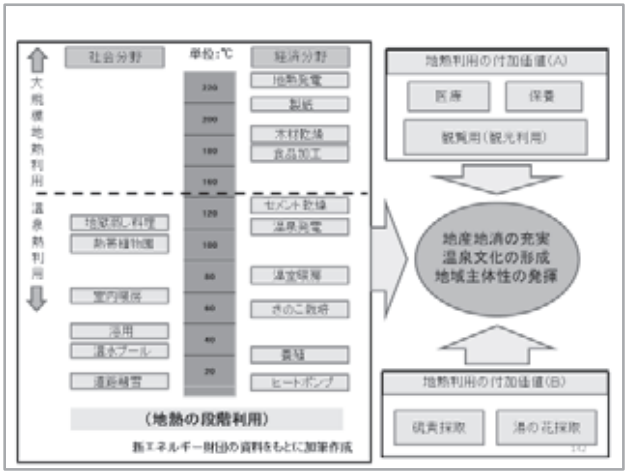
環境に優しく、地域活性化にもつながるはずの温泉発電開発。地域住民の生活環境に被害を及ぼし、まして温泉資源に影響を与えるのであれば本末転倒である。

温泉熱の有効活用を

それでは、どのような温泉エネルギー開発が求められるのか。

まず温泉資源を守るために「温泉熱の有効活用」が重要になる。すなわち事業主体が可能な限り地域に地熱のカスケード利用の広がりをもたらすことが必要だろう。温泉発電はあくまで温泉熱利用の一環であるとの原点に立って温泉熱の二次、三次利用へと展開させることができれば、地場産業の多様化や温泉地の再生・活性化につながっていくと予想される。

図表６が示すように、カスケード利用は一般的に220℃前後の大規模地熱発電から始まり、熱湯の温度が下がる過程で、木材乾燥、食品加工、温泉発電、温室暖房、養殖、そして料理や室内暖房、道路融雪などに活用が可能だ。これとは別に地熱は他の自然エネルギーにない特有の付加価値を持っている。それが医療や保養、観覧であり、硫黄や湯の花の採取でもある。



図表６　地熱のカスケード利用と付加価値（筆者作成）

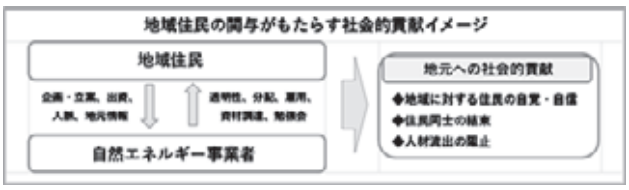
このような総合的かつ段階的な地熱利用が、地域にエネルギー地産地消のシステムをもたらし、ひいては温泉文化の形成へとつながっていくと予想される。

「ウィン・ウィンの関係」の構築を

次に重要なのは地元への利益還元を意識した開発である。「ウィン・ウィンの関係」の構築だ。自然エネルギー開発事業者が売電によって得る利益は、電力を使用する一般市民が電力会社に支払う「賦課金」がもとになっている。事業者はこの事実をしっかり受け止め、地域への利益還元に取り組む必要がある。

事業者は地元住民が信頼と安心感を持てるように透明性を維持させた開発を行ったうえで、地域貢献に結び付くような利益の還元を行う。地域住民が出資したり、土地を貸与したりして開発に関わり、利益の分配を受ける。また部品調達、技術供与などで地元企業と連携を強化することも考えられる。そうなれば、地域住民の生活環境に影響を与えるような開発は自ずと回避されていくのではないだろうか。

地域社会をしっかりと巻き込んだ自然エネルギー開発が実現すれば、住民の間には自分たちの地元に対する愛着が増したり、自信が生まれたりする。そうなると、人材の地域外流出が阻止できたり、住民同士の結束が強まったりする効果も生じてくる（図表７）。



図表７　自然エネルギー開発と地域の関係（筆者作成）

温泉エネルギーの観光・防災利用

さらに、温泉エネルギー開発に持続可能性を持たせるために重要なのが多面的な活用だろう。中でも観光利用、防災利用は今後欠かせない活用方法になる。

筆者は2013年、八丁原発電所を訪れた見学者を対象に、宿泊や食事、土産代などの出費に関するアンケート調査を実施し、その結果、見学者らが１年間で地元・九重町に落とす金額は約５億2500万円との試算を出すことができた（図表８）。

12年度 八丁原発電所の見学者
経済効果は５億円
別府大教授が試算
観光資源としても有益

図表８　地熱発電所見学の経済効果を伝える新聞

調査対象は地熱発電所だったが、温泉発電施設でも同様のことが言える。火山活動によって形成された風光明媚な景観、大地の恵み、自然の恩恵である地熱（温泉）を肌に感じることで観光客は癒される。またエネルギー学習としての価値も生み出しているのではないか。

あまり知られていないが、日本で初めて地熱発電が稼働した場所は別府市鉄輪である。1925年（大正14年）のことで、当時の状況を報じた新聞も残されている（図表９）。場所も「天然坊主地獄」の横の林の中であることは特定されている。具体的な位置はわかっていないが、今後は貴重な観光資源に発展する可能性を秘めている。

図表９　「別府が地熱発電発祥の地」を伝える報道

一方、防災拠点を意識した開発もみられる。兵庫県の日本海側に位置する湯村温泉では、日帰り温泉施設となっている福祉避難所には温泉発電装置が設置された。施設内では非常用コンセントや携帯充電機能を充実させた。大地震などが起きた際、情報入手、家族との連絡が不可欠となる。湯村温泉は停電が起きても温泉発電によって携帯が充電できる体制を整えており、備えがあることで地域全体に安心感を生んでいる。

このところ、南海トラフ大地震の発生が懸念されている。気候変動による被害も悪化しており、別府では温泉熱を活用した防災対策を充実させることが求められる。

参考文献

阿部博光『大分発・環境エネルギー最前線　新段階に入った開発、大分力は発揮できるか』、2019、大分合同新聞社
阿部博光『大分発・自然エネルギー最前線　自給率日本一の実力』、2011、大分合同新聞社
別府市温泉課「温泉百科・温泉データ」、2021、別府市
由佐悠紀「温泉を科学する」、『別府市誌第１巻』、2003、別府市、pp. 160-175
由佐悠紀「温泉・湯けむりの自然科学的概要」、2012、『文化的景観別府の湯けむり景観保存計画』、別府市、pp. 52-55

赤い絵具を巡る冒険

別府大学文学部史学・文化財学科
教授　上野　淳也

はじめに

別府大学文化財研究所は、平成21～24年にかけて、別府市実相寺字天神畑所在の鷹塚古墳の発掘調査を実施した。著者は、４年間に渡り調査指揮を取ったが、今後、この古墳を抜きにして大分県史を語ることができなくなるほどの成果をあげた。

事実、この調査を受けて、鷹塚古墳を含む実相寺古墳群は、平成22年には市指定文化財に、平成25年には県指定文化財の指定を受け、平成29年には遂に鬼の岩屋古墳群と合わせて国の史跡としての指定を受けた。この古墳は、現状で県内唯一の飛鳥方墳で、大分県最大の石室を持つ巨石墳であり、且つ石室内は赤色顔料で装飾されている[i]。

この調査過程で、別府大学文化財研究所の平尾良光教授は、ハンドヘルド蛍光Ｘ線分析計を用いて石室内の赤色顔料の成分測定を実施した。赤色顔料は、“鉄”を主成分とするベンガラという顔料であることが判明し、特徴的に“砒素”を含むものであることが指摘された。

1　赤い絵具の沸く泉

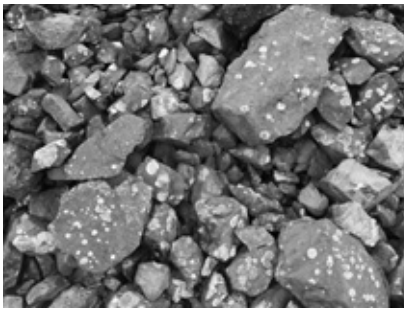
平成21年、別府市の柴石温泉の血の池地獄は、国の名勝に指定された。成分は、酸化マグネシウムと酸化鉄で成り立っている。

７世紀後半から８世紀後半に成立したと言われる『万葉集』には“赤池”の記載が見られ、明治の別府市の地籍図にも“赤池”の地籍名が確認できる。他にも８世紀初頭に成立したと考えられている『豊後国風土記』には、竈門山の“赤湯泉”の記載がある。

「此の湯泉の穴は、郡の西北の竈門山に在り。その周りは十五許丈なり。**湯の色は赤くして泥有り**。用いて屋柱を塗るに足る。泥、流れて外に出づれば、変りて清水となり、東を指して下り流る。因りて**赤湯泉**と曰ふ。」[ii]

『豊後国風土記』の“用いて屋柱を塗るに足る。”と言う記載からは、“赤湯泉”の赤い泥を顔料・塗料として木造建築物に塗布していたことが判明する。実際、ベンガラを木造住宅に塗る習俗は、世界各国でも見られ、スウェーデン共和国のダーラナ地方ファールン市が有名である。世界遺産ファールンの大銅山地域は、青銅製大砲が大量に生産された17世紀に急速に発展した鉱山町である。この鉱山からは、キャラコ=パイライト（CuFeS2）が採掘され、銅（Cu）と酸化鉄（FeO2）と硫黄（S）に分離・生成された。極寒のスウェーデンにおいて木造家屋の痛みを防ぐために第二酸化鉄を家屋に塗布していたことが知られる。

別府市域においても、神社仏閣などに、“赤湯


第１図　ファールン鉱山の赤く変色した鉄鉱石

第２図　中須賀稲荷の石灯籠

第３図　明治時代における別府市域の地籍図[iv]

泉”の赤色顔料が用いられていたことが想像に難くない。別府市域に赤色顔料を塗布した古い木造建築は残されていないが、別府大学近隣の石灯籠や墓石などには、赤色顔料が塗布されていた痕跡が確認される。これらに用いられている赤色顔料は、蛍光Ｘ線分析を実施すると、やはり鉄を主成分とする“ベンガラ”であり、砒素を含むものであることが確認される。

一方、８世紀初頭に成立したと考えられている『日本書紀』には、「伊予温湯宮」（道後温泉）の記述があり、「伊予国風土記」の逸文には「湯郡（＝道後温泉）」について、以下のようにある。

「大穴持命、見て悔い恥ぢて、宿奈比古那命を活かさまく欲して、**大分の速見の湯を、下樋より持ち渡り来て**、宿奈比古那命を漬し浴ししかば、暫が間に活起りまして」[iii]

別府温泉の湯を、豊後水道の海底を通して、道後まで“下樋”（地下導水管）を使って引いたという想像力たくましい話であるが、古墳時代前期（３世紀中頃～４世紀中頃）の奈良市纒向遺跡や行橋市延永ヤヨミ園遺跡では、すでに“木樋”が出土している。大分県内でも５世紀の杵築市御塔山古墳からは木樋形埴輪と囲形埴輪が出土し、水を用いた祭祀の存在が指摘されている。水を用いた儀礼祭祀の存在が指摘されることが多いが、上記、『日本書紀』で大穴持命が宿奈比古那命を“湯”に漬けたことは非常に象徴的な記載である。その後も、６世紀には大阪府の狭山池遺跡で、７世紀中頃には奈良県の水落遺跡で、同後半には水城跡で、８世紀には福岡県みやこ町池田遺跡や奈良県高取町の薩摩遺跡から貯水池・用水に伴う“木樋”

が検出されている。

『日本書紀』には、景行天皇・厩戸王・舒明天皇・斉明（皇極）天皇・中大兄皇子・大海人皇子など皇族が伊予湯泉を訪れたことが記されており、鷹塚古墳と同じ飛鳥時代に集中していることも興味深い。『万葉集』や『風土記』から、奈良時代には、別府の温泉は、都にも知れ渡っていたことが把握されるが、文字によって記載される以前、すなわち、先史時代における“人間”と“赤色顔料”という温泉資源との係わりを調査していくことで古墳時代まで遡ることができる。

2 ベンガラについて

遺跡から出土する赤色顔料には、水銀朱(Hg)、鉛丹（Pb)、ベンガラ（FeO2）の３種類が知られる。これらはいずれも鉱物資源に由来するものであるが、ベンガラに関しては、①赤鉄鉱などを粉砕して作るもの、②土壌中や水分中に生息する“鉄バクテリア”が水に含まれる鉄イオンを酸化させることによって生じる鉄酸化物を焼成して生成するものに、大きく二分される。

別府温泉の泉質は、鉄分を多く含むもので、別府大学構内に埋蔵される円通寺遺跡の発掘調査中にも褐鉄鉱の塊である“高師小僧”が多く出土する。くしくも、円通寺遺跡の弥生時代後期の住居跡からは、必ずと言っていいほど“鉄器”が出土し、集落の発展を示すもののようにも思われるし、集落の発展がこれらの“鉄器”に由来するものであるかのようにも思われる。場所によっては、市内の水田の底にも、通称“盤”と言われる褐鉄鉱の堆積層が確認される。そのような意味では、“水稲耕作”と“褐鉄鉱”の関係も不可分であると言えよう。

しかし、今回の“砒素”を含む“赤い泥”に関しては、市内では、現在のところ、“血の池地獄”のみで確認されている。

別府温泉には、泉源によっては微量の砒素が含まれ、年間数ｔの砒素が別府湾に注がれている。勿論、別府湾の水量に対しては微々たる量である。火山性噴出物の内、火山ガスには二酸化硫黄（SO2）や硫化水素（H2S)、塩化水素（HCl)、水銀蒸気（Hg）等が含まれるが、温泉成分としてはメタ亜ヒ酸（HAsO2)、総硫黄（S)、ヒ酸水素イオン（HAsO4）や第一マンガンイオン（Mn）等が挙げられる。“砒素”の由来は、火山活動に伴う噴出物・温泉成分であると考えられる。砒素を含む赤色顔料には、リン（P）や硫黄（S）が多く含まれる傾向がある事実もこれを支持するものと思われる[v]。

同様の状況は、鹿児島県や宮崎県においても確認されている。鹿児島県三島村の硫黄島の長浜港は、鉄錆色で染まった海水で有名である。硫黄島という名前からも分かる通り、現在でも噴煙が上がる活火山である。この港に堆積する土や赤く染まった石を蛍光Ｘ線で分析した結果、砒素やリン・硫黄が検出された。

また、新燃岳を抱える霧島連山域のえびの市や小林市では、古墳時代後期の地下式横穴墓から、特徴的な遺物である“朱玉”が出土する。この“朱玉”からも、砒素が検出される。

これらの調査結果から、やはり“砒素を含む赤色顔料”と火山活動は不可分であるように思われる[vi]。

3 私立大学ブランディング事業

平成28年度、別府大学文学部は、「九州における文化遺産保護研究の拠点形成のための基盤整備事業」として文部科学省の私立大学ブランディング事業に採択された。この事業に伴い、装飾古墳の多い九州で、この“赤い泥”、すなわち赤色顔料に関する研究を進展させる事にした。この調査成果を受け、別府市内外における様々な遺跡における赤色顔料の調査を実施した。別府大学校内遺跡である円通寺遺跡出土の弥生土器に塗られた赤色顔料からは砒素が検出されなかった。また、実相寺古墳群近隣の春木芳本遺跡古寺地区の石棺内遺物は５世紀後半頃の遺物組成を示すが、この石棺内に塗布された赤色顔料からも砒素は検出されなかった。砒素が含まれる赤色顔料が塗布された別府市内における古墳の石室としては、別府市の鷹塚古墳及び鬼の岩屋古墳群・天神畑２号墳、そして浜脇横穴墓群からも微量ではあるが確認され

る。これらの調査から、別府市域では、古墳時代後期以降の遺跡になると砒素が含まれ始めるという事実が把握された。

この事象から、“赤湯泉”が噴出した、或いは発見されたのが６世紀前半以降の古墳時代後期となる可能性が指摘された。

また、大分県西部の玖珠町鬼塚古墳と日田郡法恩寺古墳といった装飾古墳からも砒素を伴う赤色顔料が検出されている。しかし、日田・玖珠郡に隣接する肥後国阿蘇郡の上御倉・下御倉古墳の石室からは、砒素を検出することはできるが、非常に微量である。阿蘇は、褐鉄鉱が豊富であるので、赤色顔料の由来が別府市域とは異なる可能性がある。一方、豊前地域の甲塚方墳や綾塚古墳からは、微量の砒素が検出されたが橘塚古墳からは検出されなかった。宇佐の四日市横穴墓群・豊後高田の穴瀬横穴墓群でも調査を実施したが、砒素は検出されていない。

今後、南側の大分郡方面へ調査域を広げて行くことによって、より確かな流通域を明らかにすることができるようになるであろう。

4 まとめ

上記、砒素及びリン・硫黄を含む赤色顔料が用いられた古墳の分布状況を見ると、現状では、別府市―玖珠町―日田市と、筑後に抜ける奈良時代に整備された旧官道、現高速道路東九州道・現国道210号線に沿うように検出されている。

以上のことから、鷹塚古墳という豊後最大の石室を持つ飛鳥方墳の存在と、砒素を含む赤色顔料を用いた装飾古墳の分布について考察すると、大和政権にとって、速見郡(現別府市)は、大和側から即ち海路から九州への入り口であり、筑後・肥後方面だけではなく豊前・日向・伊予国へも向けた“交通結節点(ハブ)”として重要な拠点であったことに気付かされる。

律令体制が完成する以前には、後に豊後国と呼称されるようになる領域の中心は、大分郡ではなく速見郡（現別府市）であった可能性も考えなくてはならない。

また、砒素を含む赤色顔料を用いた装飾古墳の分布は、官道敷設以前の豊後国内における“交通路”及び“政治的な地域間のつながり”を示していることが指摘できる[vii]。

i　別府市教育委員会，2016,『実相寺古墳群』，―別府の大型横穴式石室墳に関する総括調査報告書―，別府市教育委員会.

ii　秋本吉郎校注，1958,「豊後國風土記」，『風土記』，日本古典文学大系2, 岩波書店．他にも河直（鉄輪）山の東に「玖倍理湯井」があるとの記載や、「慍湯井」という竜巻地獄と思しき間欠泉の記録もある。

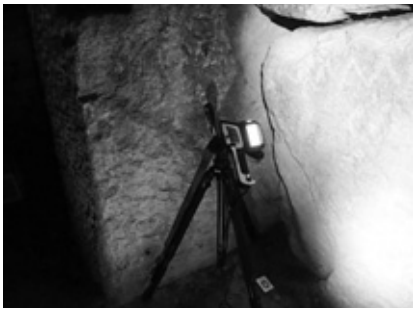
iii　秋本吉郎校注，1958,「逸文　伊豫國風土記」，『風土記』，日本古典文学大系2, 岩波書店.

iv　別府市編，1985,『別府市誌』，別府市

v　上野淳也，2019,「古墳時代の赤色顔料の蛍光Ｘ線分析とその結果」，『九州における文化遺産保護研究の拠点形成のための基盤整備事業』，別府大学

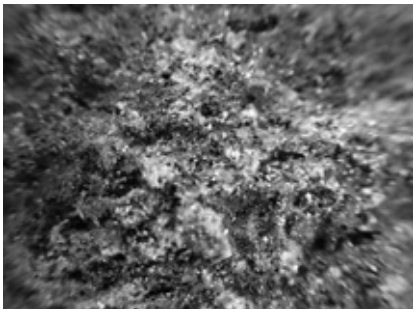
vi　因みに、６世紀初頭の榛名山二ツ岳の噴火に伴う火山灰に埋まった遺跡として有名な群馬県の金井東裏遺跡からは、“赤玉”と言う球状の赤色顔料の塊100点以上がまとまって出土している。

vii　上野淳也，2017,「鷹塚古墳の時代」，『大分県地方史』，第230号，大分県地方史研究会.

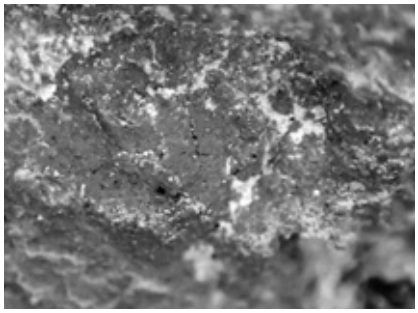


第４図　鬼の窟１号墳赤色顔料調査状況

第６図　鬼塚古墳赤色顔料調査状況



第５図　鬼の岩屋古墳赤色顔料



第７図　鬼塚古墳赤色顔料

温泉水を利用した「別府温泉水あまざけ」の開発

別府大学食物栄養科学部発酵食品学科
講師　塩屋　幸樹

1 BEAMS EYE on BEPPUへの参加

BEAMS EYE on BEPPUとは、2017年より始まった別府市とアパレル企業のビームスとのコラボレーションプロジェクトである（図１）。本プロジェクトの目的は、別府の「稼ぐ力」の強化に向けた新たな「ものづくり」であり、公募で集まった別府市内の事業者とともに「あたらしいみやげもの」の開発を行うことであった。本プロジェクトは３年間にわたり実施され、計35の事業者が参加し、別府らしい新しいお土産を提案し、商品化している。我々の発酵食品学科では、2018年に「温泉水あまざけ」の開発、2019年には社会福祉法人べっぷ優ゆうと共同で「甘酒クッキー」の開発で参加した。発酵食品学科以外にも、別府大学からは短期大学部食物栄養科の育ドル娘の「いくどるさんぽ」、大学全体として「温泉学概論」、香りの博物館から「おおいた香りのUVジェル」を提案し、参加していた。本書では温泉水を利用した温泉水あまざけの開発について報告していきたい。なお、各事業主が開発した商品の詳細は専用サイト（https://www.beams.co.jp/special/teamjapan/beppu2019/book/）で確認することができる。

図１　BEAMS EYE on BEPPU
（https://www.beams.co.jp/special/teamjapan/beppu2019/book/）

2 甘酒について

甘酒は日本に古くからある飲み物で、江戸時代には夏の代表的な飲み物として庶民に親しまれていた。そのため、甘酒の季語は夏となっている。甘酒は飲む点滴といわれるほど栄養価が高く、当時は夏バテ防止対策として飲まれていたようだ。現在では、科学的に腸内環境の改善による便秘予防、免疫力向上、美肌効果なども報告されている。このような効能が多くのメディアで報道されることで、2016年ごろから甘酒ブームが起こっている。

さて、これまで甘酒と一括りに述べているが、実は甘酒には２種類ある。１つは酒粕を原料として水と砂糖を加えたものである。酒粕とは、日本酒製造において醪を搾った後に残る固形物のことである。そのため、日本酒の独特な香りが特徴で、アルコール分も含まれていることもある。もう１つは、米麹と米からつくる麹甘酒である。こちらはノンアルコールで飲みやすく、現在スーパーなどに多く陳列されているものはこちらの麹甘酒である。米麹とはコウジカビ（図２）を蒸米に繁殖させたものである。コウジカビはアミラーゼなどの酵素を大量に産生し、お米の主成分であるデンプンをグルコースまで分解する。このグルコースが甘酒の甘味や栄養分となっている。このグルコースを栄養源として、酵母と呼ばれる微生物によりアルコール発酵したのが日本酒になる。このように甘酒の甘さはお米由来であり、砂糖などを添加しなくても十分な甘さになっている。このことは意外と知られておらず、試飲会を行って

いると甘酒の中に砂糖が入っているかと聞かれることが度々あった。

先ほど述べたが、昨今の発酵食品ブームの影響もあり、ここ数年で甘酒の市場も５倍以上となっている。現在販売されている甘酒の形態について少しまとめたい。容器は缶、ビン、紙パック、プラスティック、パウチなどが使用されている。容量については、180g 程度の飲み切りサイズから、１Ｌといったたっぷりと飲めるタイプのものもある。また、先ほど述べたように麹甘酒の原料は麹と蒸米と水だけとシンプルなもののため、各社他の製品との差別化を図っている。例えば、使用する米にこだわったり、甘酒に地元の特産品の果汁・果実を加えたりすることで様々なバリエーションが増えている。その中、仕込みに用いる水にこだわっている商品はあまり見られなかった。

図２　コウジカビの顕微鏡写真

③ BEAMS EYE on BEPPU への参加と温泉水あまざけ試作品の製造

BEAMS EYE on BEPPU における開発の流れとしては、一般公募（2018年４月）、選考会（2018年７月）、ビームスジャパンのバイヤーとの打ち合わせ（2018年８月と９月）、東京でのイベント開催（2018年11月～12月）となっていた。東京でのイベントは11月となっているが、製品の写真撮影や納品の関係があり、10月末までに製品を完成させる必要があり、かなりタイトな開発スケジュールとなっていた。

我々が実際に製品開発に取り組んだのは６月頃からであった。先ほど述べたように、麹甘酒で水にこだわった製品が少なかったため、別府に豊富にある温泉に着目した。温泉とは、「地中からゆう出する温水、鉱水及び水蒸気その他のガスで、温度または物質を有するもの」と定義されている。別府市内には別府八湯があり、様々な泉質も存在している。そのため、異なるタイプの温泉を仕込み水に用いることで、味の異なる別府独自の商品を開発することが期待できると考えた。

そこでまずは大学周辺の４つの温泉施設から温泉を頂き、甘酒を製造した。製造方法は以下の３通りを検討した。

① 温泉でお米を炊き、温泉で仕込む
② 温泉でお米を炊き、水道水で仕込む
③ 水道水でお米を炊き、温泉で仕込む
④ 対象として水道水でお米を炊き、水道水で仕込む

米麹は普通の水道水で洗米し、蒸煮した蒸米を用いて製造した。配合比は、麹：米：水を0.8：１：2.5で混合し、60度で16時間発酵を行った。官能評価は、発酵食品学科の学生に協力してもらった。評価法は、単純に４種類の中から一番美味しいものを選んでもらう方法をとった。その結果、④の普通の水で製造するよりも①～③の方法で製造した甘酒の方が美味しいという結果になった。特に、①の全ての工程に温泉を用いた甘酒の選択肢が多かった。残念ながら実際の製造には通常の水を用いて米を蒸すため、③に近い方法で製造することになったが、製造方法により味が異なることは有益な情報となった。

④ 温泉の選抜と温泉水あまざけの製造

温泉水あまざけの試作を行うと同時に、実際の商品化・販売に向けて検討を行った。まずは、温泉を仕込み水として商品をつくれるかどうかを別府市にある東部保健所に相談した。しかし、飲料水として販売する場合、基準が厳しく、我々が試作に使用した温泉では販売が難しいということになった。温泉を薄めて使用することも検討したが、その製品を温泉水あまざけとして販売することに抵抗もあった。

温泉が使用できないかもしれないという状況の下、７月の選考会に臨んだ。偶然にも、同時期にBEAMS EYE on BEPPUのプロジェクトに参加していた別府美美温泉水が旅館の温泉をすでにミネラルウォーターで販売していることが分かった。別府美美温泉水と協議し、幸いにもこの温泉水を使用した温泉水あまざけを製造することが可能となった。製造にあたり、上記と同じ条件で試作品を製造した結果、これまでの試作品と違い、口当たりがよくまろやかで甘味が増した甘酒になっていた。また、学生による官能評価でも高評価となっていた。この時点で８月であり、商品化の道筋が見えてきた。

次に問題となったのが実際の製造についてである。我々の研究室で製造・販売は難しかったので、甘酒製造の大手である佐伯市にある有限会社亀の甲にOEM製造を依頼した。温泉水を用いた製造にも快諾して頂き、製造スケジュールを調整して頂き10月以内に製造可能となった。そこで、実際の商品に関して検討したのが容器のサイズであった。180ml、300ml、900mlと様々なサイズがあり、製造コストを考えると900mlがよかったが、素材がガラスのため重くなってしまうというデメリットがあった。逆に、180mlは軽くお土産として良いサイズであったが、価格が高くなるというデメリットもあった。そこで、価格と重さのバランスを考え、300mlの容器で販売することにした。実際の製造時には発酵食品学科の学生３名と一緒に工場を訪れ、製造の見学及び手伝いも行った。

5　ラベル・ポスター製作

温泉水あまざけの原料である温泉と製造元に見通しが立ってきたので、製品のラベルについても制作に取り掛かった。当初からデザインは当大学の学生に依頼したいと思っていたので、文学部国際言語・文化学科　芸術表現コースの根之木英二特任教授に相談したところ、当時の４年生の学生を紹介してもらい、デザイン制作をお願いした。温泉のイメージと糀という文字を使ってデザインして欲しいということを伝え、詳細は学生に任せた。麹と糀はともに「こうじ」の漢字表記である。糀は米にコウジカビが花が咲くように生える様子から生まれた和製漢字である。甘酒の機能性に注目されるようになり、特に女性を中心に甘酒ブームが起こっていた。そこで、本商品も女性をターゲットにしたかったので、糀の方が柔らかいイメージをもつことより、本商品には糀の文字を採用した。数回の打ち合わせの結果、図３のようなデザインとなった。最後に配色について色々と議論したが、別府大学と別府市のイメージに合うとして青に決定した。さらに、300mlの瓶だと背が低く、他の商品より目立たないことも懸念されたことから、首掛けのラベルも作ることにした（図４）。デザインは好評で、その後の試飲会でのアンケートでデザインに目がとまって手に取ったという意見が多くあった。さらに、販売促進用のポスターについても同学生に依頼した。こちらはイメージが共有されていたことより、すぐに完成した（図４）。温泉水あまざけが評価された要

図３　温泉水あまざけのラベル

図４　温泉水あまざけのポスター

因として、商品名とデザインが一致し、手に取りやすいデザインになったことも大きな要因だと考えている。このように、様々な方に協力してもらい、10月の期日までに無事に製品を完成させることができた。

6 あまざけを通した教育

完成した商品は、2018年11月21日から12月18日まで開催された東京の新宿にあるビームスジャパンにて初めて一般に披露された。１階の入り口すぐの左手にBEAMS EYE on BEPPUのイベントスペースが設置されており、同時期に参加した事業者の商品が展示されていた。この期間中に、開発にかかわった発酵食品学科の学生とデザインを担当した学生の計４名と一緒にこの東京でのイベントに参加した（図５）。イベント中は、店内で試飲やアンケート調査を実施した。学生は積極的に訪問客に声をかけ、製品の開発経緯、温泉のことや甘酒について説明していた。さらに、海外の方も多く訪れていたので、英語で温泉や甘酒の説明も行っていた。この経験は学生にとっても有意義になったようで、その後彼らが中心になり温泉水あまざけのPRを行っていた。

県内での販売は、大学に隣接する香りの博物館が最初であった。こちらも開発に関わった学生を中心に６名の学生が試飲会も行った。なお、香りの博物館の江崎一子館長には、本商品の販売に関し多大なご協力を賜り、この場を借りて、厚く御礼申し上げます。その後、県内の商業施設などを中心に試飲会や販売も行い、数多くの学生が参加した。最初は声をかけるのも躊躇っていた学生が、１時間もすると積極的に声をかけ商品説明している姿に成長を感じた。また、数多くのテレビ、新聞、ラジオなどのメディアでも紹介され、学生が開発のきっかけや商品説明を行い、おおいにPRをしてもらった。

次に、我々が取り組んだのが別府市のふるさと納税の返礼品への登録であった。BEAMS　EYE on　BEPPUに参加した事業者中心に説明会があり、我々も登録を行った。2019年11月より登録され、注文は月に１件あるかないか程度であったが、全国に別府大学と温泉水あまざけをPRすることもできた。この配送準備なども学生に手伝ってもらいながら行っている。（現在は在庫の都合上、取り扱いを中止している。）

最後に行ったのが、商標登録であった。この登録にあたっては、大分市にある一般財団法人大分県発明協会の職員に相談した。発酵食品学生の学生とともに協会を訪れ、数回の打ち合わせ後、申請手続きを行った。今回は早期審査で申請したので、2019年12月には、登録することができた。別府大学において商標登録は、本格焼酎「夢香米」に続き２例目であった。

図５　東京でのイベントの様子

7 おわりに

温泉水あまざけが完成してから約２年半たつが、この間に6000本以上販売されている。１本500円で計算すると300万円以上の売り上げで地元に貢献することもできた。また、ふるさと納税の返礼品としてわずかであるが別府市の税収にも貢献することもできた。試飲会やメディアでのインタビューなどをとおして、学生のコミュニケーション能力や表現力向上にもつながったと思っている。しかし現在、新型コロナの影響で、別府市に訪れる観光客が激減し、お土産関連の売り上げも減少している。我々の温泉水あまざけも在庫を抱えた状況で、次回の製造予定が決まっていない。最初に述べたようにあまざけの効能は多くあり、今後は温泉とあまざけの相乗効果について研究することで、温泉水あまざけを次のステージにあげていきたいと思っている。最後に、本温泉水あまざけ開発は多くの学生、教職員、企業の方などの協力のもと行われました。この場を借り、御礼申し上げます。

温泉学概論（過去５年間）

★学外講師

令和２年度　※一部内容が変更になった回があります

回	担当（敬称略）	テーマ
1	別府大学 学長　飯沼　賢司	日本温泉文化の原点～一遍上人の道～
2	★別府の歴史愛好家・絵葉書収集家 小野　　弘	絵はがきで見る別府今昔
3	★平野資料館 館長　平野　芳弘 ★NPO 法人別府八湯温泉道名人会 理事長　佐藤　正敏	別府八湯ウォークと別府八湯温泉道のススメ
4	★別府温泉地球博物館 由佐　悠紀	温泉の地球科学入門
5	国際経営学科 教授　阿部　博光	温泉とエネルギー
6	史学・文化財学科 准教授　飯坂　晃治	古代ローマの浴場文化
7	食物栄養学科 准教授　梅木　美樹	「地獄蒸し」の謎を解く
8	発酵食品学科 講師　塩屋　幸樹	温泉水を利用した商品開発
9	史学・文化財学科 教授　段上　達雄	温泉と信仰
10	国際言語・文化学科 准教授　橋本　正志	近代文学の温泉体験
11	学外温泉　調査	別府八湯まちめぐり
12	学外温泉　調査	別府八湯まちめぐり
13	史学・文化財学科 教授　上野　淳也	温泉と東九州の古墳文化 ―装飾古墳と赤色顔料について―
14	国際経営学科 教授　田沼　宏章	インドネシアでのヘルスケアビジネスを通して感じた“アイル・パナス”の活用
15	★山村　尚志 （別府八湯語り部の会、別府八湯ウォーク事務局） ★菅野　　静 （鉄輪「湯治ぐらし」代表） ・円城寺健悠 （別府大学温泉愛好会部長）	シンポジウム：別府の温泉文化を伝える

令和元年度

回	担当（敬称略）	テーマ
1	別府大学 学長　飯沼　賢司	別府温泉の始まり
2	国際経営学科 教授　阿部　博光	温泉とエネルギー

回	担当（敬称略）	テーマ
3	史学・文化財学科 教授　段上　達雄	温泉土産から考える日本文化
4	国際経営学科 教授　中山　昭則	温泉観光地のできかた　―交通アクセス視点から―
5	国際経営学科 教授　鄭　　玹朱	韓国の温泉事情
6	史学・文化財学科 准教授　飯坂　晃治	古代ローマの浴場文化
7	国際経営学科 教授　鈴木　　晶 鉄輪のみなさん	鉄輪温泉周辺見学
8	人間関係学科 教授　矢島　潤平	温泉入浴はリラックス効果を得られるか？
9	発酵食品学科 准教授　塩屋　幸樹	飲む温泉。温泉水×あまざけ
10	日本温泉地域学会 理事長　濱田　眞之	温泉を利用した地域活性化
11	国際経営学科 教授　鈴木　　晶	訪日中国人観光客の温泉志向変化
12	別府温泉宣伝協会 代表　平野　芳弘	別府温泉の魅力を世界に発信！
13	史学・文化財学科 教授　上野　淳也	赤い絵の具を巡る冒険　―血の池地獄―
14	史学・文化財学科 准教授　宮崎　聖明	華清池の歴史－中国史と温泉
15	食物栄養学科 教授　仙波　和代	明礬の「湯の花」や「地獄蒸し料理」は健康にいいの？

平成30年度

回	担当（敬称略）	テーマ
1	鈴木　　晶	プロローグ～温泉学とは～
2	中山　昭則	別府謎解きの旅　―温泉・歴史・文化―
3	阿部　博光	温泉と自然エネルギー
4	鈴木　　晶	鉄輪温泉周辺見学
5	池口　功晃	温泉地の地域経済効果―日田市天瀬温泉を事例に―
6	飯坂　晃治	古代ローマの浴場文化
7	オカナ・トマース	西欧人からみた大分の温泉
8	★山崎　直子	宇宙・人・夢をつなぐ
9	鄭　　玹朱	韓国の温泉事情
10	段上　達雄	温泉と信仰
11	米元　俊一	世界の風呂文化と日本・豊後の石風呂及び鉄輪蒸し湯（石菖の香り含む）について
12	矢島　潤平	温泉への入浴と心理

回	担当（敬称略）	テーマ
13	飯沼　賢司	別府温泉のはじまり
14	★石川　理夫	温泉と平和―温泉地の特性と存在意義―
15	鈴木　　晶	温泉学のまとめ

平成29年度

回	担当（敬称略）	テーマ
1	鈴木　　晶	プロローグ～温泉学とは～
2	飯沼　賢司	別府温泉のはじまり
3	中山　昭則	別府謎解きの旅　―温泉・歴史・文化―
4	飯坂　晃治	古代ローマの浴場文化
5	尾口　昌康	温泉と心の健康
6	★西村　りえ	温泉地の役割～寅さんとねこと台湾の温泉と～
7	澤西　祐典	温泉と文学
8	米元　俊一	鉄輪温泉の蒸し湯と石菖の香り
9	鈴木　　晶	鉄輪温泉周辺見学
10	段上　達雄	温泉と信仰
11	★平野　芳弘	油屋熊八翁に学ぶ別府観光まちづくり
12	阿部　博光	温泉とエネルギー
13	池口　功晃	天ヶ瀬温泉の地域経済効果
14	平川　史子	別府大学発「湯けむり健康教室」
15	鈴木　　晶	温泉学のまとめ

平成28年度

回	担当（敬称略）	テーマ
1	鈴木　　晶	プロローグ～温泉学とは～
2	阿部　博光	温泉発電と地域社会
3	飯沼　賢司	別府温泉のはじまり
4	中山　昭則	ぶらべっぷ　不思議な温泉空間をみる
5	★豊田　寛三	江戸時代の風呂と温泉
6	★田代　早苗	別府の文化・竹と温泉
7	鈴木　　晶	鉄輪温泉周辺見学
8	南　　喜玄	韓国の温泉事情について
9	池口　功晃	天ヶ瀬温泉の地域経済効果
10	段上　達雄	温泉と信仰
11	★平野　芳弘	油屋熊八翁に学ぶ別府観光まちづくり
12	立松　洋子	調料と理論（温泉の効果）
13	山本　晴樹	古代ローマの浴場文化
14	澤西　祐典	読む温泉
15	鈴木　　晶	温泉学のまとめ

湯に学ぶ、ユニバーシティへ ようこそ♨

別府"温泉"大学
BEPPU 湯NIVERSITY

別府大学は、キャンパス内に４つの源泉があり、8つの温泉施設がある、全国でも珍しい有泉大学です。世界有数の湧出量を誇る別府市に位置する大学として、地域の宝「温泉」をさまざま分野からアプローチしています。これまでの、温泉研究・活動を集結し「別府"温泉"大学」として情報発信を行っていきます。

別府"温泉"大学事務局
（別府大学・別府短期大学部 広報室）
〒874-8501 大分県別府市北石垣82
TEL：0977-66-6262　mail：onsen@beppu-u.ac.jp

編集後記

今号は特別号です。「別府“温泉”大学」が次第に全国的に注目され始めていますが、その特徴を一冊にまとめてみました。大学のホームページではもっと充実したものが掲載されていますが、紙モノも必要だと思い、企画したものです。広く活用されることを望んでいます。

地域社会研究　第33号

発行日　2021年3月30日
発　行　別府大学地域社会研究センター
〒874-8501　大分県別府市北石垣82
TEL 0977-67-0101　FAX 0977-66-9696
E-Mail shinoto@nm.beppu-u.ac.jp　担当　篠藤

別府"温泉"大学

BEPPU 湯NIVERSITY

ー温泉マップー

別府市は、豊富な温泉資源を生かし、古くから保養地として発展してきました。別府"温泉"大学のキャンパスも、戦前に南満州鉄道会社の関連会社である華北交通株式会社の療養所の跡地に建てられました。そのため、キャンパス内には4つの源泉と8つの温泉があります。別府"温泉"大学は、キャンパスに湯が湧く、全国でも珍しい有泉大学なのです。

1 大分香りの博物館 ハーブガーデン足湯

7 8 第2体育館 健康センター

5 室内プール

第一源泉［幼稚園の森の中］

❶大分香りの博物館（足湯）
❷剣志寮（高校剣道部寮）
❸剣志寮（大学剣道部寮）

泉質　アルカリ性単純泉
泉温　63.2度
掘削地下　250m

第二源泉［守衛室裏］

❹守衛室
❺室内プール

第三源泉［職員住宅内］

❻職員住宅

第四源泉［第2体育館］

❼健康センター男湯
❽健康センター女湯

前田温泉清掃活動！

2020年10月から、NPO法人別府八湯温泉道名人会のみなさんと別府大学生が、大学通りの共同温泉「前田温泉」の清掃を行っています。別府の温泉文化を守る一助となればと、学生たちががんばっています！