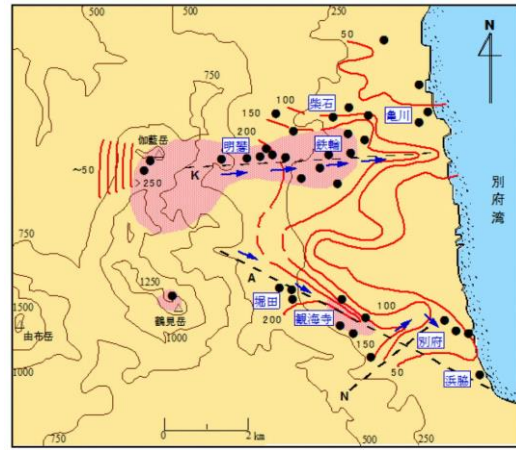


コード番号	4409305
所在地	別府市
位置情報	北緯 33.2795° 東経 131.5003°
地形図名	2万5千分の1地形図 別府東部 別府西部
概説	別府温泉とは、別府八湯（明礬・鉄輪・柴石・亀川・堀田・観海寺・浜脇・別府）を中心に、「鶴見岳・伽藍岳」東麓の火山山麓扇状地に展開する泉源地の総称である。温泉水は、伽藍岳付近で火山ガスと地下水の混ざった原温泉水（Na-Cl型熱水）が、扇状地の南北両縁を画する朝見川断層と鉄輪断層に沿って拡散しながら泉質を変えて形成されている。【前回調査 柴石温泉 4409072、血の池地獄 4409073、海地獄 4409075、坊主地獄 4409076】
詳細説明	別府温泉は、活火山の「鶴見岳・伽藍岳」の東麓に広がる火山山麓扇状地に2292箇所の泉源地が存在し、毎分約9万ℓの湧出量と豊富な泉質を誇るわが国最大規模の温泉地であり、5万年程前には誕生した（由佐，2018）。現在、その多くは掘削による泉源である。昭和初期には、扇状地北縁の明礬、鉄輪、柴石、亀川の4地区と、扇状地南縁の堀田、観海寺、浜脇、別府（北浜一帯）の4地区の合計8地区（別府八湯の由来）では自噴湧出していた。別府地域の地質（星住ほか，1988）によれば、北縁には鉄輪断層が、南縁には堀田－朝見川断層がそれぞれ存在している（いずれも活断層）。これら断層に沿って自噴していたと考えられる。別府温泉の場合、「鶴見岳・伽藍岳」の活動に伴う火山ガスと地下水が混在して原温泉水（Na-Cl型熱水）が生じ、それが断層に沿って拡散しながら泉質と温度を変化させている（由佐，2018）。豊富な湧出量は豊富な地下水に支えられている。別府温泉の形成には活火山、活断層（正断層活動）と地下水流動、陥没地の存在が大きな役割を果たしている。近年、揚水量の増加により、湧出量の減少と温度の低下、泉質に変化が起きている（由佐，2018）。
現況	湧出量の変化や温泉水位や温度変化が観測される地域も指摘されている。 （現地調査員：熊本智之）
文化財としての指定状況	・国指定重要無形民俗文化財「別府明礬温泉の湯の花製造技術」（指定：平成18年3月15日） ・国選定重要文化的景観「別府の湯けむり・温泉地景観」（選定：平成24年9月19日）
その他指定等	
学術上の評価	評価：典型的な火山性温泉として、長時間の観測調査に基づく学術的国際的価値が高い。 ランク：V

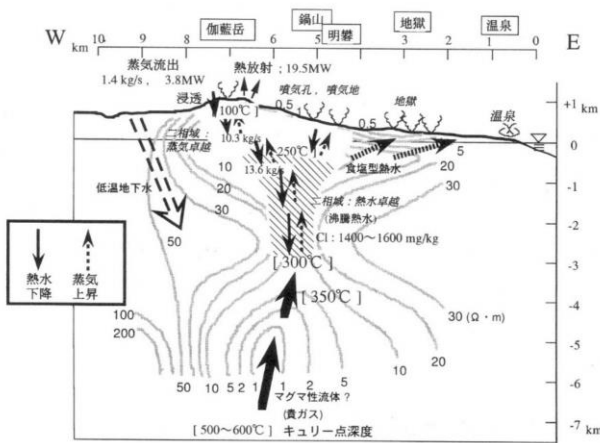


鉄輪温泉街



海面下 100mにおける地温分布 (°C)

矢印は温泉水の流動方向、●は昔の自然湧出温泉、網掛け部分は熱水と水蒸気が共存する範囲 (由佐, 2018)



泉質形成機構の模式図 (由佐, 2018)

位置情報

(産総研地質調査総合センター地質図 navi)

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=33.2795&lon=131.5003&z=13&layers=seamless_geo_v2&pin=1&label=_305

引用文献

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎 (1988) 別府地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 131p.

木戸道男 (1991) 「九重-別府地溝」形成史と火山活動. 構造地質, no. 37, p. 63-74.

由佐悠紀 (2018) 別府温泉の地学的成り立ち. 地質と調査, (一社) 全国地質調査業協会連合会, no. 152, p. 31-36.

コード番号	4408306
所在地	別府市南立石、堀田
位置情報	北緯 33.2887° 東経 131.4590°
地形図名	2万5千分の1地形図 別府西部
概説	堀田断層は、湯布院町から別府市～大分市に分布する別府地溝南縁断層帯の一つで、「堀田－朝見川断層群」として新しい時期に活動した活断層である。最新の活動は6500年以降の活動とされてきたが、1596年慶長地震時の活動も推定される。堀田断層の変位量は最大34m、南側隆起の北落ちの正断層である。
詳細説明	別府湾から浜脇～朝見神社～観海寺に延びる朝見川断層は、南立石板地町付近で走向を西北西－東南東から東－西方向へ変え、従来の堀田断層と平行に延び断層が2条に分岐している。千田（1995）によれば、堀田断層の南方には、別府扇状地の中で高位面をなす高度140～320m、勾配11.8m%の扇状地面が分布する。この面は従来高位扇状地面として分類されていたが、その堆積物の上部付近に降下テフラ層K-Ah（鬼界アカホヤテフラ）が挟まれていたことが判明した。またK-Ah火山灰の上・下位の扇状地堆積物には同質の砂～シルトサイズの基盤中に鶴見岳起源の角閃石安山岩質の垂円～角礫が含まれている。結果、扇状地形成途中にK-Ah火山灰が地表を覆い、さらに礫層が覆った後で断層が活動し現在の断層崖が形成された。堀田断層においてK-Ah火山灰降下後、数回の変位があったと推定される（千田，1995）。1596年慶長地震時の活動も推定される（文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科，2017）。
現況	杉乃井ホテルから北西約300mに位置する八幡地獄から見ると、朝見川断層の崖が間近に見える。断層崖が迫る民家の後ろの崖は崩落し、民家から続く山道を登っていくと断層崖の上の南立石本町に出る。山道沿いの谷川は急流で、川の石は安山岩の垂角礫で粘土層も一部見られた。途中には落差5mほどの滝があり、その滝から少し登ると水がしみ出ている層があった。現在、南立石付近は道路工事中で切り通しの露頭が見える。露頭全体が分級がよくない安山岩の垂角礫層からなる扇状堆積物の露頭であり、露頭の上部付近には、K-Ah火山灰とみられる層がある。朝見川断層から分岐したとされる堀田断層は、八幡地獄辺りから高速の本村橋－堀田の堤－白糸の滝をへて西へと延びている。（現地調査員：柳本典枝）
文化財としての指定状況	指定なし
その他指定等	
学術上の評価	評価：堀田－朝見川断層の活動で形成された35mの高度差を持つ堀田地区の崖は、地形的に明瞭であるため学術上の価値が高い。 ランク：IV



白糸の滝の崖は堀田の堤まで断層崖が続いていると考えられる



堀田温泉掘削井戸の後ろの崖は堀田断層の断層面で、大小角礫の入った層で形成されている堆積物

位置情報

(産総研地質調査総合センター地質図 navi)

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=33.2887&lon=131.459&z=13&layers=seamless_geo_v2&pin=1&label=_306

引用文献

千田 昇 (1995) 別府扇状地の形成時期と堀田-朝見川断層群の活動. 地学雑誌, p. 895-898.

文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科 (2017) 別府-万年山断層帯 (大分平野-由布院断層帯東部) の重点的な調査観測 (竹村恵二代表)、平成 26 年~28 年度報告.

https://www.jishin.go.jp/database/project_report/beppu_haneyama-h28/ (2020 年 12 月閲覧)



コード番号	4401307
所在地	別府市
位置情報	北緯 33.2847° 東経 131.4914°
地形図名	2万5千分の1地形図 別府東部 別府西部
概説	別府扇状地は活火山鶴見岳 ^{つるみだけ} の東山麓を別府湾に向かって扇状に広がる緩傾斜地である。南側の朝見川断層と北側の鉄輪断層に挟まれた地溝を鶴見岳の火山噴出物および侵食土砂が埋めて形成されている。【前回調査 別府扇状地 4401079】
詳細説明	別府扇状地は北縁の鉄輪断層 ^{かんなわ} と南縁の堀田-朝見川断層の活動により生じた地溝に、鶴見岳・伽藍岳 ^{がらんだけ} の火山体が平田川・春木川水系と境川・朝見川水系によって侵食された土砂がそれぞれの流域に堆積してできた火山山麓扇状地である。扇状地の形成には春木川と境川が主体をなしている。春木川は伽藍岳、内山の東斜面から流下するが、自衛隊駐屯地西方の境川上流に春木川の旧河道跡が認められることから、春木川上流部が境川に河川争奪されたと考えられる。春木川は、高平山の崩壊地である湯山から流下する平田川に合流していたが、春木川の侵食作用が増した結果、平田川を争奪して、照波園町から北石垣に至る小規模な扇状地と、上人ヶ浜の円弧状三角州的な地形を形成したと推定される。境川は一時的に朝見川に合流していたようであり、境川扇状地の領域が朝見川まで及んでいる。河川争奪跡から、河道変遷が北から南に向かって行われたと思われ、別府扇状地の内部は北から南に向かって低下するような動きが継続している。大分自動車道建設時に扇頂部の堆積物に7300年前の鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)が挟まれているのが確認され、朝見川・堀田断層が5.5m/1000年以上を示すA級の活断層と推察されている(千田, 1995)。京都大学地球熱学研究施設の敷地で実施したボーリング調査から、扇状地は、地表面から深度150mまでは非変質の地層が分布し、それ以深では変質した粘土化帯を伴う凝灰角礫岩層に変わっている。非変質の地層は、さらに、深度61.5mを境に巨礫まじりの緩い礫層と固結度の低い凝灰角礫岩層に分けられる(由佐ほか, 1994)。千田(1995)によれば、堀田地区で沖積層が20m以上あると述べている事から、緩い礫層は沖積層と考えられる。(現地調査員: 熊本智之)
文化財としての指定状況	<ul style="list-style-type: none"> ・国指定重要無形民俗文化財「別府明礬温泉の湯の花製造技術」(指定: 平成18年3月15日) ・国選定重要文化的景観「別府の湯けむり・温泉地景観」(選定: 平成24年9月19日)
その他指定等	
学術上の評価	<p>評価: 地殻活動によって扇状地の形成が継続中である点が学術的に貴重。</p> <p>ランク: III</p>



日出ポケットパークから見た別府扇状地



別府扇状地の立体地形図（国土地理院（電子 web）に活断層図（都市圏活断層図）を重ねた図）

位置情報

（産総研地質調査総合センター地質図 navi）

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=33.2847&lon=131.4914&z=13&layers=seamless_geo_v2&pin=1&label=_307

引用文献

別府市教育委員会（2012）第1節 地形・地質. 文化的景観 別府の湯けむり景観保存計画, 別府市, p. 17-24.

千田 昇（1995）別府扇状地の形成時期と堀田－朝見川断層群の活動. 地学雑誌, vol. 104, p. 895-898.

由佐悠紀・北岡豪一・神山孝吉・竹村恵二（1994）掘削による地下温泉水の層構造の検出－別府温泉南部域での試み－. 温泉科学, vol. 44, p. 39-44.



<u>コード番号</u>	4410308
<u>所在地</u>	別府市大字南立石
<u>位置情報</u>	北緯 33.2816° 東経 131.4702°
<u>地形図名</u>	2万5千分の1地形図 別府西部
<u>概説</u>	別府は戦前から、その北部地域で地熱開発が進められた場所である。戦後は、南部地域での開発も進められた。別府市観海寺にある杉乃井ホテル地熱発電所は、ホテル専用の地熱発電所として建設された。利用する噴気等は、鶴見岳・伽藍岳の地下で作られ、朝見川断層に沿ってこの場所に供給されている（由佐，2018）。
<u>詳細説明</u>	<p>別府市街地が広がる鶴見岳東山麓の火山扇状地は、その南端に地形的な段差が生じている。この段差箇所朝見川断層が通過している。地熱発電所を所有する「杉乃井ホテル」はこの段差の南西側の台地状地形にあり、ホテル敷地の南端に地熱発電所がある。別府における戦後の地熱開発は別府市南立石白竜地区における地質調査所による1948年の実験用噴気孔掘削にはじまる。1950年には新たに1m傍らで実験用噴気孔が掘削された。この2本の噴気孔の活動が弱まったため、発電試験は白竜地区の既存の噴気孔で実施され、1951年に点灯試験に成功した（工業技術庁，1952）。白竜地区から遠くない別府市観海寺に杉乃井ホテルが使用する電力を賄うために、本格的な地熱発電所を建設し、1981年より出力3000kWで運転を開始した（星住ほか，1988）。</p> <p>発電に使用する蒸気は、仕上げ口径80mm、深さ250～300mの蒸気井戸（生産井）で採取され、気水分離器で蒸気と温泉水に分離される。蒸気は湿分分離器で除湿された後に、発電タービンに送られて電気を発電し、使用後の蒸気は復水器で温水に戻され、冷却塔で冷やされて蒸気の復水に再利用される。由佐（2018）によれば、別府温泉の温度分布および泉質分析から、伽藍岳付近で形成された原温泉の一部が朝見川断層に沿って流れており、観海寺付近は発電に適した高温域にあたる。</p>
<u>現況</u>	建設当初は3000kW出力を許可されていたが、現在は2006年以降、1900kWの設備容量で稼働しており、冷暖房、温水プール、イルミネーションなどホテルの約46%（2012年度実績）の電力を賄っている（杉乃井地熱発電所パンフレット）。 （現地調査員：熊本智之）
<u>文化財としての指定状況</u>	指定なし
<u>その他指定等</u>	
<u>学術上の評価</u>	<p>評価：戦前から地熱開発が進められた別府地域で、戦後に南部地域で発電に成功した場所で、民間による地熱活用を進めた発電所として価値がある。</p> <p>ランク：Ⅲ</p>



地熱発電所全景



発電所の電気利用状況



地熱発電を利用する杉乃井ホテル（中央奥の白い建物）

位置情報

（産総研地質調査総合センター地質図 navi）

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=33.2816&lon=131.4702&z=13&layers=seamless_geo_v2&pin=1&label=_308

引用文献

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎（1988）別府地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）．地質調査所，131p.

工業技術庁（1952）地熱発電試験研究報告書，第1集．工業技術庁，126p.

由佐悠紀（2018）別府温泉の地学的成り立ち．地質と調査，（一社）全国地質調査業協会連合会，no. 152，p. 31-36.

杉乃井地熱発電所パンフレット；杉乃井ホテル提供



コード番号	4409309
所在地	別府市大字南立石
位置情報	北緯 33.2840° 東経 131.4727°
地形図名	2万5千分の1地形図 別府東部 別府西部
概説	朝見川断層は、別府市朝見川沿い～西大分港付近まで続く別府地溝南縁断層帯（大分平野－由布院断層帯）に属する活断層（府内活動セグメント）である。隣接する堀田断層と併せて、別府温泉における温泉水の主要な流路となっており、断層に沿うように堀田、観海寺、別府、浜脇の温泉地が存在する。当該断層を通じて流下した温泉水は、鉄輪地区同様、岩石との化学反応や地下水との混合によって泉質が変化し、多種多様な温泉が形成される。
詳細説明	段差地形を境に南北地域の地層分布に落差があることから断層と認定されている。これが朝見川断層と称されている。朝見川断層は観海寺付近で2つに分かれる。分かれた南側の断層を堀田断層と称している。千田（1995）は、大分自動車道建設時に別府市堀田において確認された鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）の分布高度から、朝見川断層が5.5m/1000年以上の変位量を伴うA級の活断層と考えている。最新の活動として、1596年慶長地震時の活動も推定される（文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科，2017）朝見川沿いには、別府八湯の堀田温泉・観海寺温泉・浜脇温泉・狭義の別府温泉が点在している。いずれも朝見川の断層崖付近に掘削井が認められる。由佐（2018）は、別府温泉の温度分布および泉質分析から、伽藍岳付近で形成された原温泉の一部が朝見川断層に沿って流れて、前述の温泉地が形成されていると述べている。朝見川断層が温泉湧出に深くかかわっていることが理解できる。
現況	別府市街地南方の朝見川に沿って地形的な段差が生じている。この段差は観海寺付近で30mに達する崖となっており、西方の堀田付近で2つに分かれる。 （現地調査員：熊本智之）
文化財としての指定状況	指定なし
その他指定等	
学術上の評価	評価：朝見川断層が温泉湧出に深くかかわっていることが理解できることから学術上の価値が高い。 ランク：IV



朝見川断層と観海寺温泉



竹瓦温泉（別府八湯のうち別府温泉の代表的温泉）

位置情報

（産総研地質調査総合センター地質図 navi）

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=33.284&lon=131.4727&z=13&layers=seamless_geo_v2&pin=1&label=_309

引用文献

千田 昇（1995）別府扇状地の形成時期と堀田一朝見川断層群の活動. 地学雑誌, vol. 104, p. 895-898.

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎（1988）別府地域の地質. 地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）. 地質調査所, 131p.

文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科（2017）別府一万山断層帯（大分平野ー由布院断層帯東部）の重点的な調査観測（竹村恵二代表）、平成26年～28年度報告.

https://www.jishin.go.jp/database/project_report/beppu_haneyama-h28/（2020年12月閲覧）

由佐悠紀（2018）別府温泉の地学的成り立ち. 地質と調査,（一社）全国地質調査業協会連合会, no. 152, p. 31-36.