

大分県温泉調査研究会報告

第 55 号

平成 16 年 7 月

目 次

別府温泉南部域の温泉水への海水混入の検出 (1)ストロンチウム同位体による試み	由 佐 悠 紀 外 2 名	(1)
くじゅうタテ原地域指山湧水の水文化的研究	山 田 誠 外 1 名	(5)
マグマ性ガスの移動速度が噴気ガス形成に与える影響 —大分県九重硫黄山における例—	網 田 和 宏 外 1 名	(11)
温泉を活用した入浴と運動プログラムの検討(第 2 報) —温泉を健康づくりに活かすために—	佐 藤 貴 子 外 13 名	(19)
慢性心不全患者に及ぼす温泉浴の効果について	尾 山 純 一 外 1 名	(25)
関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化(IV) —抗TNF- α 抗体投与によるIL-6とIL-1raの変化—	安 田 正 之	(27)
最近の温泉(権)紛争について(中) —戦前の「大分県鉱泉取締規則」をめぐって—	大 野 保 治	(29)
大分県における湧水・地下水の水文学的研究	河 野 忠	(53)
地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究(4)	田 中 良 和 外 1 名	(69)
由布院盆地の地下構造と堆積物に関する研究(2)	井 上 直 人 外 2 名	(77)
由布岳における自然電位観測	宇 津 木 充 外 1 名	(81)
温泉入浴の睡眠時無呼吸症候群への影響 第 2 報	畑 知 二 外 2 名	(87)

序

このほど、百年も前の明治38(1905)年2月に、別府町と浜脇町(いずれも当時)の温泉調査が実施されていたことが分かりました。調査関係者は、発注者が大分県知事：大久保利武、受注者が鉱山監督官：松田繁、調査協力者が大分県技手：姫野馳男・伊丹賢平の各氏です。松田氏の手になる報告書の冒頭に記された調査の背景を部分的に引用しますと「……近来所々ニ穿井ヲ試ミ……温泉ノ数ハ頓ニ増加シ……別府浜脇両地域内ノミニテモ、温泉湧出ノ箇所190余ノ多キニ達シ、尚漸次其数ヲ増加スルノ傾向アルヨリシテ、同地方ノ泉源ニ支障ヲ及ボシ、或ハ旧来ノ温泉ニ影響ヲ及ボサザル哉ノ憂慮ヲ生ゼシムルニ至レリ……」(句点は筆者)とありますから、早くも温泉井乱掘の傾向が現れていたようです。したがって調査の目的は、現代の用語で表現すれば「温泉資源の保全」ということになるでしょう。これは、昭和24(1949)年に発足した本調査研究会の目的(会則第三条)と同じ精神に立っていると言えます。

報告書は、別府を中心とした一帯の地質・火山活動・地熱温泉活動の概要を述べ、次いで別府と浜脇の温泉の現況を詳述し、最後に温泉の保護策を提案するという、堂々たるものです。現在の別府市全域の温泉については、いくつかの温泉脈の存在が論じられ、それぞれの脈の泉質が掲げられているのですが、それらの泉質は「大分県案内ニ拠ル」とありますので、明治38年以前に既に、大分県内の温泉に関する基礎的な調査がなされていたことがうかがわれます。わが国が近代化への道を歩み始めたばかりの時代に、そうした調査が行われていたことに驚きを禁じえません。さて、眼目の温泉保護策ですが、松田氏は(1)温泉の源となる水源の涵養と(2)掘削の制限の二つを挙げ、その具体策を提案しています。それらは定性的なものとは言え、考えの基本は現代の我われに通じています。

本調査研究会の五十年を越す活動が目指してきたものは、図らずも、百年前の調査内容に対して、より深い科学的根拠を与えて定量化することであったと思います。そうした方向に沿って、本年もここに報告第55号を出版する運びとなりました。調査研究をご担当いただいた会員諸氏、ご支援いただいた関係行政機関並びに事務局の方々に深く感謝を捧げ、今後の研究の進展と本会の持続的発展を期待し、引き続きのご協力をお願いいたします。

大分県温泉調査研究会

会長 由佐悠紀

別府温泉南部域の温泉水への海水混入の検出

(1)ストロンチウム同位体による試み

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

由 佐 悠 紀・柴 田 知 之
芳 川 雅 子

要 旨

別府温泉東南端域から温泉水を採取し、それらのストロンチウム(Sr)同位体比($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)を測定し、当該地域に於ける温泉源への海水混入の現状把握とSr同位体比の海水混入の指標としての有効性を検討した。その結果、温泉水のSr同位体比は0.7041から0.7054の値を示した。最も低い同位体比は泉源域の地層の同位体比を示すと考えられるものとほぼ同じであった。この同位体比が海水混入を受けていない温泉水のSr同位体比であると仮定し、温泉水と海水の混合モデル計算を行ったところ、海水が1.3%以上混合すれば、Sr同位体比が0.7050より高い値を持つ温泉水が生じる事がわかった。この敏感な変動は、Sr同位体比が海水の混入の有効な指標となりうることを示す。さらに泉源をSr同位体比が0.7050以上と0.7041~0.7046の2グループに分けて、吉川・北岡(1977)の Cl^- 濃度分布図に重ねてプロットしたところ、彼らの Cl^- 濃度による海水混入の推定結果と調和的であり、海水の侵入域はこの30年間拡大していないことが推測できた。

1. はじめに

別府温泉の東南端に位置する朝見川河口一帯では、1926年に実施された別府温泉で最初の地球化学的調査によって、温泉水への海水混入が認められていた(山下ら, 1937)。それから50年後、吉川・北岡(1977)は、山下ら(1937)の調査以降に得られたデータを整理するとともに、新たな調査を行って、海水の混入域(海水浸入域)が海岸沿いに北方へ拡大したことを明らかにした。その後、この地域における海水混入の調査は行われていない。

海水混入の有無を判定するのに当たって、吉川・北岡(1977)は、トレーサーとして塩化物イオンを用い、その濃度が0.5g/l以上の範囲を海水浸入域と定義した。この限界濃度は便宜的なものであるが、別府温泉南部域の概要を知るのには実用的と思われた。しかし、この限界濃度未満の温泉水に海水が混入していないという保証はない。

近年、表流水-地下水系の研究に、ストロンチウム同位体比($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$:以下、Sr同位体比)が有効であることが、明らかにされつつある(例えば佐藤・中野, 1994; 柚原ほか1999)。水文学分野で長く用いられてきた酸素と水素の安定同位体とは異なり、自然界のストロンチウム同位体はほとんど分別現象を起こさないで、溶存成分の起源や異種の水の混合を解析するのに、優れたトレーサーとなりうる(Barbieri and Morotti, 2003)。

そこで、別府温泉東南端域における海水混入の現状を把握し、併せて海水混入の指標としてのSr同位体比の有効性を検討することを目的として、調査を実施した。

2. 試料および分析方法

試料は、吉川・北岡(1977)で海水混入が認められた源泉すべてと、認められないとされた境界近傍の源泉から採取することを試みた。採取した期間は、2003年11月から2004年2月にかけてである。しかし、この地域の市街状況は大きく変化しており、かつて海水混入が認められた源泉の多くは、廃棄されたり、

使用停止の状態にあって、採取できたのは2源泉のみであった。これらに加え、吉川・北岡(1977)による海水浸入域の境界近傍の7源泉、今回新たに採取した1源泉、あわせて10源泉から、洗浄したポリプロピレン容器に、温泉水を採取した。また、温泉水の水温・pH・電気伝導度をラコムテスターpH計WP10で現地測定した。

Sr同位体分析は、基本的にYoshikawa et al. (2000)およびShibata et al. (2003)の方法に従い、京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設で、以下のような手順で分析した。同施設のクリーンラボ内で、温泉水1mlをテフロンビーカーに分取し、濃硝酸数滴を加えた後、ホットプレートで蒸発乾固した。さらに1ml 6M HClを加えた後、再び乾固した。これから、DCTAを用いたイオン交換法を用い、オープンカラムで(Yoshikawa et al., 2000)Srを単離した。Sr抽出中のブランクは1pgであった。質量分析は、同施設に設置されている9個のファラデーカップを装備した表面電離型質量分析計(ThermoFinnigan Triton T1[®])を用い、静的マルチコレクター法(Shibata et al., 2003)で測定した。なお、測定中の同位体分別効果の補正係数には⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.1194をもちいた。標準物質の繰り返し測定結果は、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.710268±0.000019(2σ, n=10)であった。

3. 結果

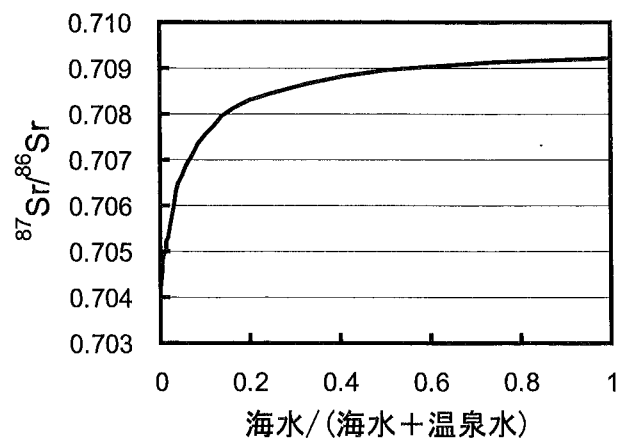
温泉水の温度・pH値・電気伝導度・Sr同位体比を表1に示した。源泉の番号は、吉川・北岡(1977)と同じである。No. 9、15および87の温泉水は⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比が0.7050より高く、残り7つの温泉水は0.7046以下であった。

表1 別府温泉東南端の温泉水の分析結果
(採水2003年11月12日-2004年2月12日)

No.	泉温 °C	pH	電導度 μS/cm	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ _m	備考
	56.0	7.68	909	0.704190	0.000010	二幸荘(近映江)
9	44.8	7.78	2480	0.705114	0.000008	旅館新玉:犬走
15	46.4	7.18	1661	0.705375	0.000018	垣迫医院
32	43.0	7.29	1206	0.704533	0.000008	原田耕作:旧熊谷医院
33	>44.3	6.71	1285	0.704493	0.000020	奥島:旧美鶴荘
35	43.2	6.60	1061	0.704416	0.000009	安部 栄
38	>39.9	7.09	1136	0.704521	0.000014	小代医院
54	47.2	7.22	1088	0.704487	0.000013	松原温泉
59	>49.0	7.38	1910	0.704562	0.000007	旅館東菊
87	41.8	6.74	1455	0.705379	0.000011	山東電気

4. 考察

温泉水と海水が混合した時に生じるSr同位体比を見積もるため、温泉水と海水の混合線を計算した。海水のSr同位体比とSr濃度は、それぞれ0.7092および7.65ppm(Goldstein and Jacobsen, 1987)を用いた。温泉水の同位体比は、今回採取した温泉水の中でもっとも低いSr同位体比(0.7042)を用いた。この値は、由布岳・鶴見岳の安山岩の値(0.7042~0.7045: Notsu et al., 1990)とほぼ同じである事から、温泉水に含まれるSrの起源は火山岩類であることが示唆される。温泉水のSr濃度は、海水が混合した比率の最大値を見積もるために、別府温泉で報告されている値(0.1~0.4ppm; 大分県温泉調査報告)から最も高い0.4ppmを採用した。これにより、海水が1.3%以上混合すれば、Sr同位体比が0.7050より高い値を持つ温泉水が生じる事がわかった(図1)。



吉川・北岡(1977)などの温泉水分析値を参照す

図1. 温泉水と海水の混合モデル計算結果

れば、この地域の背景的な温泉水のCl⁻濃度は、低いもので50~150ppm程度である。このような温泉水に、Cl⁻濃度19 g/kgの海水が1.3%混合すれば、温泉水のCl⁻濃度は300~400ppm程度となる。したがって、温泉水のCl⁻濃度が500ppm未満であっても、海水が混入している可能性がある。逆に、背景的な温泉水のCl⁻濃度が高い場合は、Cl⁻濃度が500ppm以上であっても、Sr同位体比が低ければ、海水の混入を受けていないか、極めて少ないことになる。

今回得られたSr同位体比を、0.7050以上と0.7041~0.7046の2つのグループに分けて、(吉川・北岡, 1977)のCl⁻濃度分布図に、重ねてプロットした(図2)。海水が混入していると思われる3つの温泉水(☆)は、いずれも朝見川沿いの地域に分布している。これらは電気伝導度も高く、調和的である。他方、Sr同位体比から海水の混入が無いと思われる5つの温泉水(△)は、吉川・北岡(1977)の海水浸入域外にあり、電気伝導度も低い。また、電気伝導度は比較的高いが、Sr同位体比の低いNo. 59は、吉川・北岡(1977)でもCl⁻濃度は136 ppmであった。これらのことから、この約30年間に、海水浸入域は拡大していないように思われる。

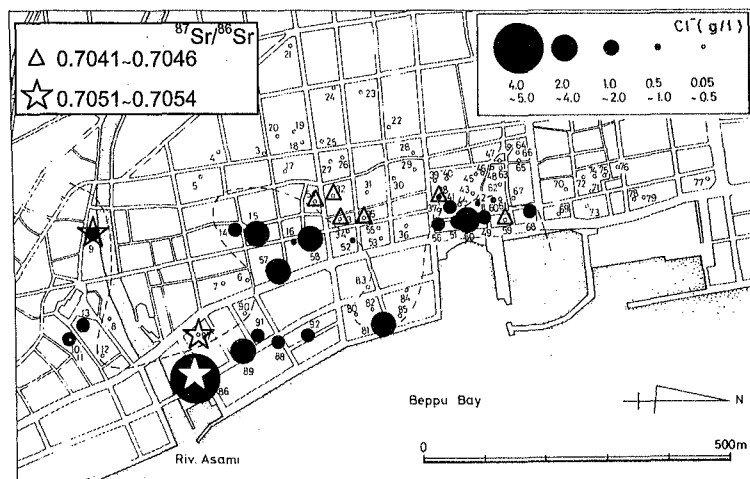


図2. 温泉水のSr同位体測定結果
吉川・北岡(1977)に加筆

5. まとめ

今回の調査・検討による結果は、以下のようである。

- (1) Sr同位体比は、温泉水への海水混入の有効なトレーサーとなりうる。
- (2) 別府温泉の東南端域の海水混入域は、この30年間に拡大していないようである。

謝辞

温泉水の採取に快く応じてくださった各源泉所有者の方々に感謝します。

参考文献

- Barbieri, M. and Morotti, M. (2003) : Hydrogeochemistry and strontium isotopes of spring and mineral waters from Monte Vulture volcano, Italy, *Applied Geochemistry*, 18, 117-125.
- Notsu, K. Arakawa, Y. and Kobayashi, T. (1990) : Strontium isotopic characteristics of arc volcanic rocks at the initial stage of subduction in western, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 40, 181-196.
- Goldstein, S. J. and Jacobsen, S. B. (1987) : The Nd and Sr isotopic systematics of river-water dissolved material : implications for the sources of Nd and Sr in seawater, *Chemical Geology*, 66, 245-272.
- 佐藤 努・中野孝教 (1994) : ストロンチウム同位体を用いた地熱流体母岩の推定 - 奥鬼怒温泉地域の例 - *地質ニュース*, 47, 23-26
- Shibata, T. Yoshikawa M. and Tatsumi, Y. (2003) : An analytical method for determining precise

Sr and Nd isotopic compositions and results for thirteen rock standard materials. *IFREE Report for 2001–2002*, 363–367.

山下逸二郎・木戸 隆・丸太頼三 (1937) : 別府市内温泉のクロール量分布, 地球物理, 1, 89–93.

吉川恭三・北岡豪一 (1977) : 別府南部温泉地域への海水浸入, 大分県温泉調査研究会報告, 28, 17–25.

Yoshikawa, M., Shibata, T. and Tatumi, Y. (2000) : The Sr, Nd and Pb isotopic ratios of GSJ standard rocks, Annual Report of Institute for Geothermal Sciences, FY, 2000, 30.

柚原雅樹・渡辺直喜・中川勉・厨川亮子・高橋俊郎 (1999) : 五島山地および笹神丘陵の天然水および岩石のSr同位体組成, 新潟大災害研年報, 21, 83–95.

くじゅうタデ原地域指山湧水の水文化学的研究

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
山田 誠・大沢 信二

要 旨

くじゅうタデ原地域指山湧水の水文化学的特性を明らかにするために、主要化学成分濃度、溶存炭酸の炭素安定同位体比及び水の水素・酸素安定同位体比の測定を行った。これらの測定結果から一つの小さなエリアに異なる水質を持つ湧水が湧出している要因について考察を行った。その結果、異なる湧出口から流出する湧水は同じ涵養標高を持ち、溶存炭酸の起源は大気及び土壌ガスであり、一部の湧水には強酸性の温泉水が混入していることが明らかとなった。また、小さなエリアに異なる水質を持つ湧水が湧出している主因は、細分化された地下水流動経路の水理地質環境の違いにあるものと考えられた。

1. はじめに

くじゅうタデ原地域はくじゅう連山の北側に位置し、県道別府一の宮線と指山、湯沢山の間で囲まれた標高約1000mの湿原である。指山湧水はタデ原湿原の南側に位置し、長者原から雨ヶ池越へ向かう登山道の途中に登山道に沿って数メートル間隔で数箇所から湧出し、一つの湧水地を形成しタデ原湿原へと流出している(図1)。それぞれの湧出口の水質はすべて異なっており(河野, 2002)、一つの小さなエリアから湧出する湧水としては非常に特異なものであると言える。

近年、湧水への関心が高まっており、水環境保全のための基礎データとして湧水の水文化学的特性の重要性が認識されつつある。大分県内でも多くの湧水が調査され、その水文化学的特性が明らかにされている。しかし、指山湧水は上記のような特異性にもかかわらず、いくつかの水質分析データ(川野・他, 1988; 河野, 2002; 志賀・他, 2002)があるのみで、その水文化学的特性に関して詳細に研究された例は無い。

そこで本研究では、指山湧水の水文化学的特性を明らかにするために、水質の異なる6つの湧出口(図1; St.1~St.6)から湧水を採取し、主要化学成分濃度、溶存炭酸の濃度と炭素安定同位体比及び水の水素・酸素安定同位体比の測定を行った。

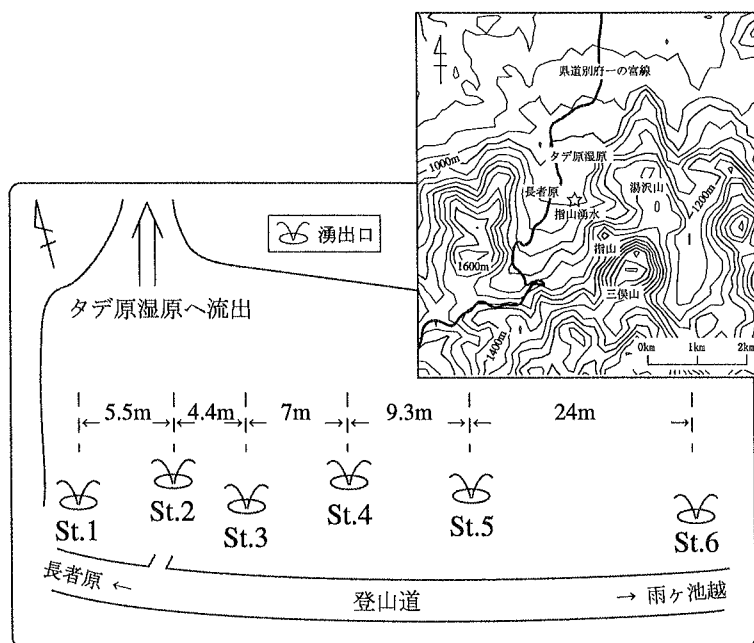


図1 指山湧水周辺地域及び採水地点概略図

2. 試料の採取と分析

試料の採取は2002年11月に行った。同時に現地では水温、pH、電気伝導度及び流量(合計流量)の測定を行った。

主要化学成分測定用試料は100mlポリエチレン瓶に採取し、溶存炭酸(DIC: Dissolved Inorganic Carbon)の炭素安定同位体比測定用試料(1L)とDIC濃度測定用試料(100ml)はガス不透過性に優れたプラスチックボトル(ニッコー製テクノボトル: BAREX®)に採取した。実験室に持ち帰った試料は測定までボトルのまま冷蔵庫内(5℃)に保存した。

主要化学成分濃度の測定には、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻についてはイオンクロマトグラフ(DIONEX, DX-120)を用い、HCO₃⁻は滴定法(4.8アルカリ度)を用いて測定した。DIC濃度は試料を硫酸酸性にして炭酸成分をすべてCO_{2(aq)}に変換し、イオンメータ(東亜電波製IM-1B)に接続した二酸化炭素電極(東亜電波製CE-235)を用いて、絶対検量線法により分析した。

DICの炭素安定同位体比(¹³C/¹²C)は、試料(1L)に水酸化ストロンチウムを加え加熱して得られたSrCO₃に濃リン酸を滴下して、発生するCO₂を質量分析計に導入し測定した。また、水のD/H比と¹⁸O/¹⁶O比は、それぞれ金属亜鉛を用いた還元法、二酸化炭素平衡法によって測定した。炭素安定同位体比及び水素・酸素安定同位体比は標準物質の同位体比からのずれをδ値(‰)で表した(δ = [(R_{sample}/R_{standard}) - 1] × 1000)。ここでR_{sample}、R_{standard}はそれぞれ試料と標準物質の同位体比を表す。炭素及び水素・酸素安定同位体の標準物質の同位体比にはそれぞれ、国際標準物質のV-PDB(Peedee層のベレムナイト化石)の同位体比、標準海水(SMOW)の同位体比を用いた。δ¹³C、δD、δ¹⁸Oの測定精度はそれぞれ±0.1‰、±1‰、±0.1‰である。これらの安定同位体比の測定はニュージーランド地質核科学研究所の安定同位体分析室(Stable Isotope Laboratory, Institute of Geological and Nuclear Sciences)で行った。測定結果を表1に示した。

表1 湧水の現地測定及び採取試料の化学・同位体分析結果

Sampling Point	Sampling Date	W.T. (°C)	pH	E.C. (mS/m)	DIC (mg/l)	δ ¹³ C (‰)	δD (‰)	δ ¹⁸ O (‰)
St.1	2002/11/16	14.4	4.3	56.6	14.3	-15.1	-62.0	-9.1
St.2	2002/11/16	14.3	4.1	54.4	14.9	-13.2	-62.0	-9.2
St.3	2002/11/16	13.5	4.4	33.1	16.0	-15.7	-61.7	-9.2
St.4	2002/11/16	13.4	4.6	30.4	15.3	-12.8	-61.4	-9.2
St.5	2002/11/16	13.1	5.4	22.9	11.9	-13.6	-60.7	-9.2
St.6	2002/11/16	12.6	6.3	35.5	46.5	-8.0	-60.6	-9.2

Sampling Point	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
St.1	21.7	3.7	11.9	48.3	44.6	0.8	202	n.d.
St.2	23.0	3.6	11.4	45.7	43.0	0.9	193	n.d.
St.3	13.2	2.6	6.4	26.5	28.1	0.8	97.5	n.d.
St.4	12.9	2.6	6.1	23.8	13.0	0.7	88.1	n.d.
St.5	11.7	2.7	5.8	19.0	23.3	0.7	60.6	3.7
St.6	19.4	4.1	10.2	26.3	41.7	0.7	75.3	23.2

3. データ解析と考察

(1) 水の安定同位体比について

St.1~St.6の安定同位体測定結果(δD、δ¹⁸O)をグラフにして比較した(図2)。δD値、δ¹⁸O値はそれぞれ-62.0‰~-60.6‰、-9.1‰~-9.2‰の値を示し、湧出場所による大きな違いは見られない。測定誤差を考えると、各湧出口から湧出する水の安定同位体比はすべて同じであるとみなしてよい。また、図には示さなかったが、これらすべての水はδダイヤグラム(δD対δ¹⁸O図)上で天水線上にプロットされ、降水起源であることを示しており、深部熱水の影響は見られない。

降水はその発生過程(水蒸気の凝縮)で同

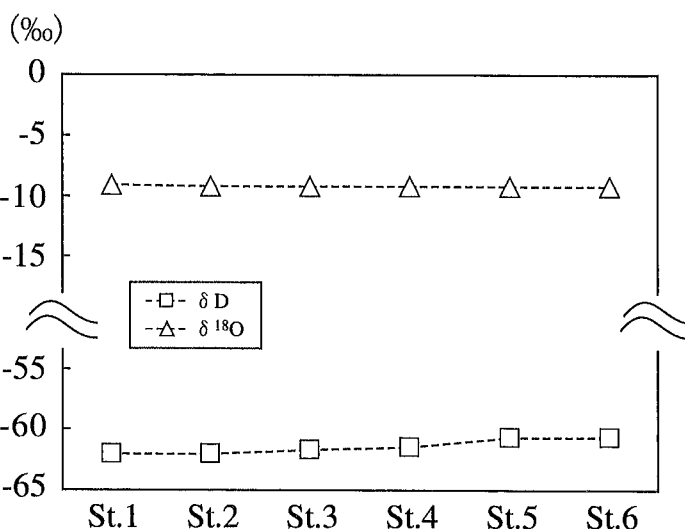


図2 湧水の水素・酸素安定同位体比

位体分別を受ける。ある程度の標高を持つ山体の地表面に達した降水の安定同位体比は標高によって異なる値を持ち(同位体標高効果)、その結果、標高によって様々な安定同位体比を持つ地下水が形成される(Dansgaard, 1964)。言い換えると、ある山体で同じ安定同位体比の値を持つ地下水は同程度の標高で涵養したということになる。湧水は地下水が地表面に現れたものであるので、湧水にも同様の事が言える。このことから、これらの水はすべて同じ涵養域を持つか、もしくは同程度の涵養標高を持つと考えられる。

九重火山地域では地下水の同位体標高効果を用いて地下水涵養線が求められている(山田・他, 2003)。地下水涵養線とは、地形的に涵養源を特定しうる地下水の涵養標高及び同位体比を、標高を縦軸、同位体比を横軸にとったグラフにプロットし、近似直線を引くことによって求められる。この地下水涵養線の式を用いて、涵養標高の不明な地下水の同位体比からその平均涵養標高を求めることが出来る。九重火山地域の地下水涵養線の式は $\delta D_r = -0.0137H - 41.68$ である(山田・他, 2003)。ここで δD_r は涵養される地下水の δD 値(‰)を、 H は標高(m)を示す。この式を用いて指山湧水の平均涵養標高を求めると約1440mとなった。指山の標高は1449mであることから、求められた平均涵養標高は指山の山頂付近を示している。しかし、指山湧水の湧出量は4000ton/dayとかなり多く、指山山頂付近の集水だけでこの量を説明することは難しい。指山の南にある三俣山の標高は1744mであり、この山体であれば指山湧水の湧出量及び平均涵養標高の結果をうまく説明することができ、地形的にみても妥当である。これらのことから、指山湧水の主涵養域は三俣山にあると考えられる。

(2) 主要化学成分について

St. 1からSt. 6の水温・電気伝導度・pHの現地測定結果及び主要化学成分の測定結果を安定同位体比と同様にグラフにして比較した(図3、図4、図5)。前述したように、水の安定同位体比はSt. 1からSt. 6で変化しないのに対し、水温・電気伝導度・pH・主要化学成分は各湧出口で大きく異なっている。

水温はSt. 1からSt. 6にかけて徐々に低下していき最

大値と最小値の差は1.8℃である。また、電気伝導度はSt. 1からSt. 5にかけて低下し、St. 6で再び上昇する。一方、pHの値はSt. 1からSt. 6にかけて徐々に上昇する(図3)。また、主要化学成分についてはそのほとんどがSt. 1からSt. 5にかけて減少し、St. 6で若干増加する傾向を示している(図4)。これらの変化の傾向は電気伝導度の変化の傾向と一致する。SO₄²⁻も他の化学成分と同様の変化の傾向を示すが、他の成分と比べてその変動幅は大きく(図5)、最大値と最小値の差は141mg/lである。

pHとSO₄²⁻に着目すると、pHの増加と共にSO₄²⁻が減少していることがわかる。指山湧水の南側には現在も活発な噴気活動をおこなっている硫黄山があり、その周辺には硫酸酸性の温泉水が存在している(大沢・他, 1997)。指山湧水で最もSO₄²⁻値の高い湧出口(St. 1)は硫黄山側にあり、さらに水温も他の湧出口から湧出する水よりも高く、水温、SO₄²⁻値は共にSt. 1から離れるに連れて低下することから、

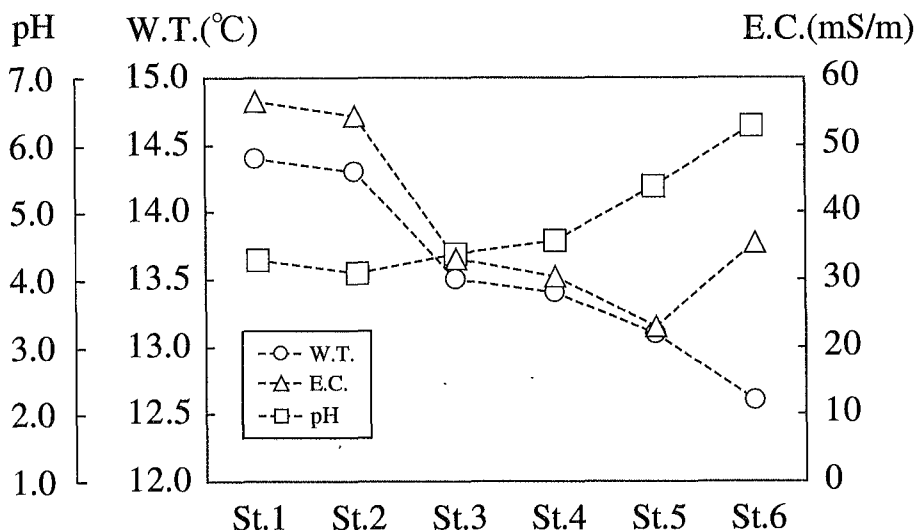


図3 水温(W.T.)、電気伝導度(E.C.)、pH

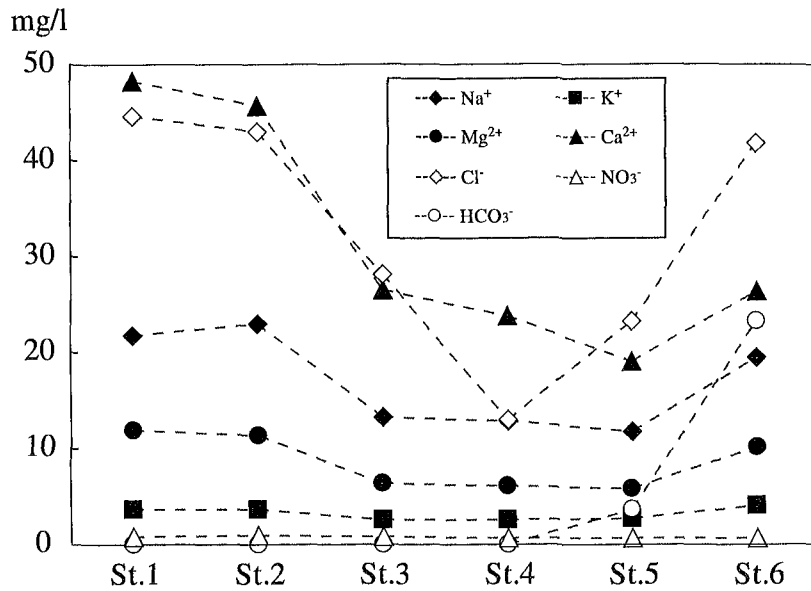


図4 主要化学成分濃度

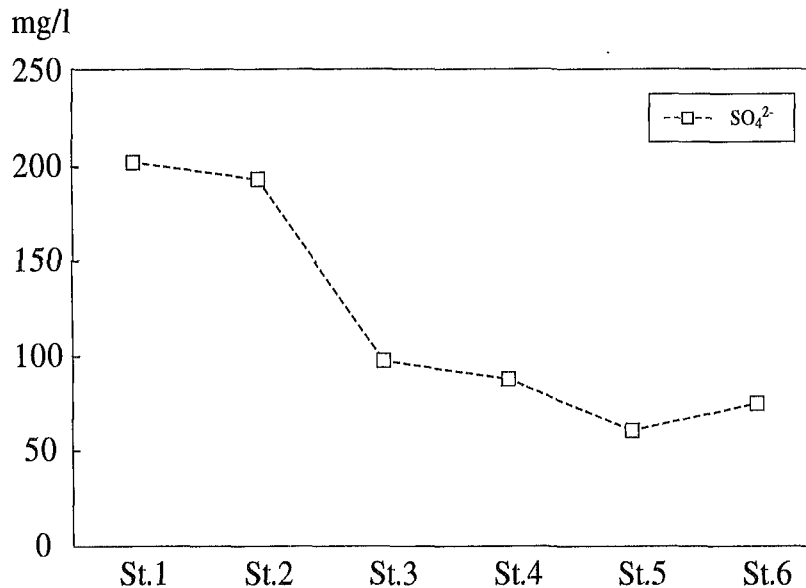


図5 SO₄²⁻濃度

SO₄²⁻値が高い原因は硫酸酸性の温泉水の影響を受けていることであると考えられる。しかし、硫酸酸性の温泉水と今回採取した湧水のSO₄²⁻値は一桁オーダーも違い、湧水の水温上昇も著しいものではない。また、水の安定同位体比からは深部熱水の影響は見られないことから、硫酸酸性の温泉水の混入はわずかであると考えられる。

(3) 溶存炭酸成分について

溶存炭酸の炭素安定同位体比(δ¹³C)及び全溶存炭酸濃度(DIC)を図6にプロットした。δ¹³C、DIC濃度共にSt.1からSt.5はほとんど同じ値を示し、St.6のみそれぞれの値は高くなっている。また、St.1からSt.4ではpHが4.3から4.6の酸性であるためにHCO₃⁻は存在せず、溶存炭酸はCO_{2(aq)}の形態でのみ存在する。

St.6で見られるやや高い陽イオン濃度は、溶存炭酸が他の湧出口よりも高いことから溶存炭酸と岩石の反応(化学的風化作用)の結果であると考えられる。

DIC濃度から溶存炭酸の二酸化炭素分圧を計算すると、その値は0.005atm~0.01atmとなり、この値は大気及び土壌ガスの二酸化炭素分圧のオーダーと一致する。また、炭素安定同位体比の値(-15.7‰~8‰)も大気(-7‰)と土壌ガス(-30‰~-20‰)の値の間にある。

火山地域の地下水には深部起源の炭酸が含まれることがあるが、九重硫黄山の火山ガスから採取された二酸化炭素の炭素安定同位体比は-4.7‰(平林 他, 1996)で、指山湧水の溶存炭酸はこの値より大きくかけ離れており、このことからその起源は大気及び土壌ガスとするのが妥当である。

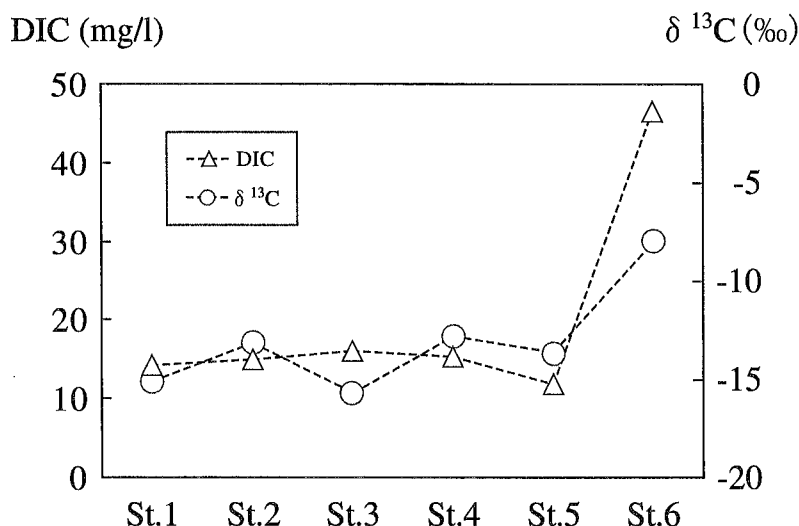


図6 全溶存炭酸濃度(DIC)と溶存炭酸の炭素安定同位体比

(4) 小さなエリアに異なる水質を持つ地下水が湧出している要因について

湧水の形成過程を水移動の観点からとらえると、一般には、降水が地下に浸透し、土壌層を通過した後、その下位にある地層や岩盤中に流入し、地下水となって地層空隙中や裂罅内を流動し、その流路が地表と交差するポイントから流出したものとすることが出来る。本研究で取り扱った指山湧水も、それらの同位体データ(水の水素・酸素安定同位体比、溶存炭酸の炭素安定同位体比)から、大筋ではそのような形成過程を経ていると考えてよい。

以上のように湧水の形成過程は比較的シンプルなものであるが、水-岩石相互作用や起源の異なる水やガスの混入などによって、水質(化学成分の濃度と組成)には多様性が生じることもよく知られていることである。指山湧水の地下水もそのような降水の地下涵養後の作用によって水質形成が行われている例であり、しかも多様な作用が働いているものと推察される。

火山地域の水理構造は一般に非常に複雑であることを考えれば、同じ涵養域を持つ地下水であっても複数の流動経路を形成する可能性はあり、それぞれの流動経路の水理地質環境(土壌層の厚さや裂罅系の発達度など)が大きく異なれば、水質形成に関わる化学反応に違いが生じ、おのずと水質にも大きな違いが現れてよいはずである。指山湧水の場合は、まさにそのような典型例であり、小さなエリアに異なる水質を持つ地下水が湧出している主因は、細分化された地下水流動経路の水理地質環境の違いにあるものと思われる。

以上の解釈の当否を確かめるためには、地下水溶存化学成分と造岩鉱物との化学反応や異種の地下水(温泉水)との混合関係を考慮に入れた分析データの定量的な解析を行う必要があり、今後の研究課題としたい。

4. まとめ

くじゅうタテ原地域指山湧水の主要化学成分、溶存炭酸の炭素安定同位体比及び水素・酸素同位体比を測定することにより、以下のことが明らかとなった。

1. 6ヶ所の異なる湧出口から湧出する湧水の平均涵養標高はすべて同じであり、同じ標高で涵養した地下水が流出している。
2. 主要化学成分は湧出口によって異なり、一部の湧出口から湧出する湧水は強酸性温泉水のわずかな

混入が見られる。

3. 溶存炭酸の炭素安定同位体比から、指山湧水の溶存炭酸はほとんどが大気及び土壌ガスを起源とする炭酸であることが明らかとなった。
4. 小さなエリアに異なる水質を持つ湧水が湧出している主因は、細分化された地下水流動経路の水理地質環境の違いにあるものと思われる。

謝辞

日本文理大学河野忠助教授には指山湧水に関する情報の提供をいただいた。また、ニュージーランド地質核科学研究所のG. L. Lyon氏、W. Gooley氏、K. Rogers氏には水の安定同位体及び炭素の安定同位体測定に便宜をはかっていただいた。ここに記してこれらの方々には深く感謝いたします。

参考文献

- 大沢信二・高原達哉・大上和敏・北岡豪一・由佐悠紀・川野田実夫(1997)：九重硫黄山における強酸性温泉水の形成機構，平成7～8年度科学研究費補助金(基盤研究C)研究成果報告書「活火山における水循環と火山性流体の流出(07640572)」，25-42.
- 川野田実夫・金子敦・志賀史光(1988)：くじゅう地域陸水の水質，阿蘇くじゅう国立公園くじゅう地域学術調査報告書，15-20.
- 河野忠(2002)：大分県中部火山地域における湧水・地下水の水文化的研究，大分県温泉調査会報告，53，21-28.
- 志賀史光・城井堅(2002)：くじゅうタテ原地域の水質，くじゅうタテ原地域自然環境学術調査報告書，19-28.
- 平林純一・大場武・野上健治(1996)：九重山1995年10月噴火と地球化学的研究。研究成果報告書「1995年10月九重火山の水蒸気爆発の発生機構と火山活動推移の調査・研究」。63-73.
- 山田誠・大沢信二・由佐悠紀(2003)：湧水の水素と酸素の安定同位体比から見た九重火山地域の地下水の涵養と流動，九大地熱・火山研究報告，12，66-74.
- Dansgaard, W. (1964)：Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 16, 436-438.

マグマ性ガスの移動速度が噴気ガス形成に与える影響

—大分県九重硫黄山における例—

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設(別府)

網田和宏・大沢信二

要 旨

九重硫黄山噴気地域内の12地点において採取された噴気ガスの化学組成と測定されたガス流量の値を用いて噴気ガスに含まれる通気帯空気の体積と地表面におけるガスの噴出速度を算出し、両者の比較を行った。その結果、噴気ガスに含まれる通気帯空気の体積と地表面におけるガスの噴出速度の間に明瞭な正の相関関係が認められ、噴出速度の大きなガスほど多量の通気帯空気を含んでいるという関係が明らかになった。この関係は、地下でマグマ性ガスと表層に起源を持つ流体とが混合して噴気ガスを形成する際に、ガスの移動速度の違いが混合比を変化させ、結果的にガスの化学組成にまで影響を与えていることを示唆している。

1. はじめに

火山地帯などで噴出している噴気ガスは、地下深部の熱源物質から分離した揮発性成分(マグマ性ガス)と表層に起源を持つ空気および水によって形成されている混合流体である。これらの成分の混合関係は、噴気ガスの化学組成や噴気水蒸気の同位体比を用いた解析によって知ることが可能であるため、これまで数多くの地域において噴気ガスを対象とした研究が行われてきた。また噴気ガスの化学組成は、起源となる熱源物質の情報を保持していると考えられており、火山・地熱・温泉の活動の指標として化学成分のモニターなども行われてきた。特に火山においては、噴火前と噴火後でガスの化学組成が異なる事例も報告されており、噴火予知を目指した研究が近年も盛んに行われている(例えば、高岡, 1985; 風早ほか, 1988)。

ところが、噴気温度が数100°Cで噴気水蒸気の同位体比がマグマ性の値を示すような噴気ガスであっても、その化学組成(He/Ar比やHe-N₂-Ar組成)が空気に近い値を示すような事例がしばしば報告されている(例えば、Mizutani et al., 1986; Shinohara et al., 1993; Goff and McMurtry, 2000)。ガスの化学組成から予想される活動の傾向と、同位体比や地表面での噴気現象の観察などから予想される活動の傾向が異なる結果を示す場合、噴気ガスの化学組成や同位体比を用いて活動状態の推定を行うことは困難である。この問題に対して、1995年に大分県九重硫黄山で起こった水蒸気爆発の前後で観測された火山ガスの化学組成の経時変化(Ohsawa et al., 2000)が重要な示唆を与えた。このときに得られた結果は、噴火直後に採取したガスの化学組成が噴火前の化学組成に比べて空気に近い値を示す、というものであった。そしてこの現象は、噴火によって上昇してくるマグマ性ガスの流量が急激に増加し、そのことが大気成分の吸い込みを引き起こしたために生じたものであると解釈された。

流量に代表されるような噴気ガスの物理量の変化が、その化学組成や同位体比に普遍的に影響を与えているとすれば、ガスの化学データの解釈は物理量の変化によって生じる効果を見積もった上で行われる必要がある。噴気ガスの物理量の変化が火山に特有な現象でない以上、この問題は地熱および温泉地域で噴出する全ての噴気ガスに対しても該当する可能性が高く、非常に重要な問題であると考えられる。この問題を解決するためには、起源や相の異なる3つの成分(マグマ性ガスと表層に起源を持つ空気および水)が地下でどのような要因によって混合を起こしているのか、すなわち噴気ガスの形成機構の解明が不可欠となる。しかし、これまで考案された噴気ガス形成モデルに対して観測データを使用して具体

的な検討を加えた研究はほとんど行われてこなかった。

そこで我々は、まず噴気ガスの混合過程を解明することを目的として、大分県九重硫黄山噴気地域内に噴出するガスを採取し、その化学組成と同位体比を用いた地化学解析を行った(網田・大沢, 2003)。その結果、マグマ性ガスと混合する空気と水は、地表直下に形成されている通気帯と呼ばれる領域に存在する通気帯空気と通気帯水であり、3つの成分は通気帯において混合していることが明らかになった(図4)。

そこで本研究では、次なる問題である混合を引き起こす原因、すなわちマグマ性ガスの上昇通路(簡単のために、以降ではガス流路と呼ぶ)へ通気帯空気と通気帯水の吸い込みが生じるための条件の特定を試みた。そのため、九重硫黄山噴気地域で行われた噴気ガスの流量測定の結果を用いてガスの流速やガスに含まれる通気帯空気の体積などを算出し、これらの量を用いて検討を行った。

2. 調査地域の概要

九重硫黄山は、大分県西部に位置する九重火山に属する星生山(標高1762m)から、その北東に位置する三俣山(標高1745m)に向かってのびる尾根付近、東西500m×南北500mの範囲に存在する噴気地域の通称である(図1)。この硫黄山では現在も SO_2 や HCl を含むガスの活発な噴出が見られており、その噴出温度は1960年頃で最高 508°C (Mizutani et al., 1986)、現在でも 100°C ~ 300°C の温度が観測されている(網田・大沢, 2003)。これらの噴気活動は少なくとも17世紀から続いており、静穏期の水蒸気放出量は1日当たり約3000トン、放出熱量は約100MWとされている(江原ほか, 1981; 神宮寺・江原, 1996)。また、硫黄山の谷部には温泉の湧出が見られ、溪流となって谷底を流下しているが、その温泉水は強い酸性で、多量の塩化物イオンと硫酸イオンを含んでいる(H-Cl- SO_4 タイプ)。このH-Cl- SO_4 タイプの熱水の生成や温泉水の流出の影響を受け、周辺の岩石は強い変質を受けている。

元々、九重硫黄山噴気地域はA, B, C-regionsの3地区に大別されていた(江原ほか, 1981)が1995年10月11日、この噴気地域の南方約300mに位置する星生山から南東に伸びる尾根付近で水蒸気爆発が起こり、新しい噴気孔群が形成された。この新噴気地をD-regionとし、現在は4つの地域に区分されている(図1)。

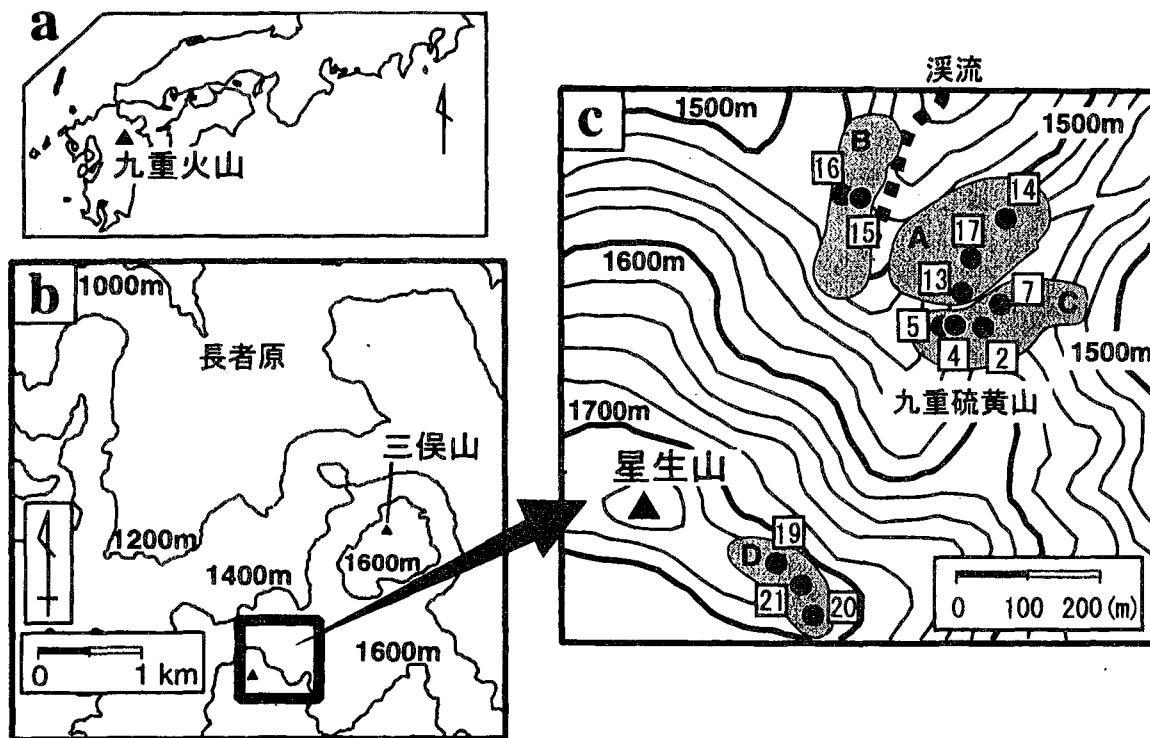


図1. 噴気ガス試料採取および流量測定地点

3. 噴気ガスの流量測定

今回の検討に用いた噴気ガス試料の採取およびガス流量の測定は2000年の10月と2001年5月に硫黄山の12地点の噴気孔において実施した。噴気孔の位置を図1に示す。ガスのサンプリングは、試料の採取・運搬の作業を通じて大気汚染を受けにくい方法である改良注射器法(網田・大沢, 2001)で行った。噴気ガスの化学分析と同位体比の測定の詳細については網田・大沢(2003)に譲り、以降では噴気ガスの流量測定の方法について詳述する。

噴気ガスの流量の算出には、ガスの全圧と静圧の差と密度の値が必要である。そこでこれらの測定を以下の要領で行った。形の不規則な自然噴気孔においては、噴気孔上に底のないドラム缶のような容器や、椀上の容器をかぶせ(集気装置)、上面にあけた円形の小孔、または細い円管からガスを噴出させたものを1つの噴気井とみなして、ピトー管や風速計を用いた測定を行う(湯原・瀬野, 1969)。本研究では、テフロンプレーで内側をコーティングした金属製(アルミニウム)漏斗の足の部分に、長さ約1~1.5mの金属製(アルミニウムないしステンレス)パイプを取り付けた集気装置を作成した。この集気装置の漏斗の部分に噴気孔にあてがい、その周縁を土封して集気装置の他端から噴出する噴気ガスに対して垂直にピトー管を当て、これに接続したU字管マンノメータ内の水位差から全圧、静圧を測定した(図2)。集気装置は、漏斗やパイプの長さ、径が異なるものを4種類準備し、噴気孔のサイズに合うものを選択し使用した。なお、噴出の勢いが強すぎて集気装置の設置が不可能であった噴気孔(図1、No. 20の噴気)については、ピトー管を噴気孔に直接あてて測定を行った。この場合、噴出孔の面積は噴気ガスが直上に噴出している範囲を大まかに見積り円形近似して求めた。

噴気ガスの密度の測定は、以下のように行った。噴気ガスの噴出口に、断熱テープを巻いたチタン製ないしアルミニウム製パイプを可能なかぎり深く挿入し、他端からガスを噴出させる。このパイプを介して、先端にゴム管とピンチコックを装着した200mlのガラスシリンジに噴気ガスを導入し、ピストンをすばやく200ml目盛りいっぱいまで引いてピンチコックを閉じる。氷水でシリンジを冷却して水蒸気を十分に凝縮させた後、凝縮水をプラスチック製のサンプル容器に封入した。この重量から、容器分の重量を差し引いて凝縮水の重量を求め(実験室に持ち帰って測定)、これとシリンジの容積(200ml)から密度を算出した。

一般に高温の噴気ガスを直接採取して密度測定を行う場合には、流体の凝縮に伴う圧力変化が起こるため、最良の条件の下でも約10%程度の誤差を伴う(湯原・瀬野, 1969)。そこで本法における測定精度を見積もるために、別府温泉でセパレータを常設した沸騰泉井において噴気の密度を測定した。測定は3回行い(5.2, 5.05, 5.9kg/m³)、再現性は高いことが示された($\sigma=0.37$)。しかし、噴気密度は100°Cにおける飽和水蒸気密度(0.6kg/m³)より9倍程高く算出されることが判った。そこで、本法で自然噴気ガスを採取する場合にも、同程度の系統誤差が生じるとして密度の測定値を補正した。

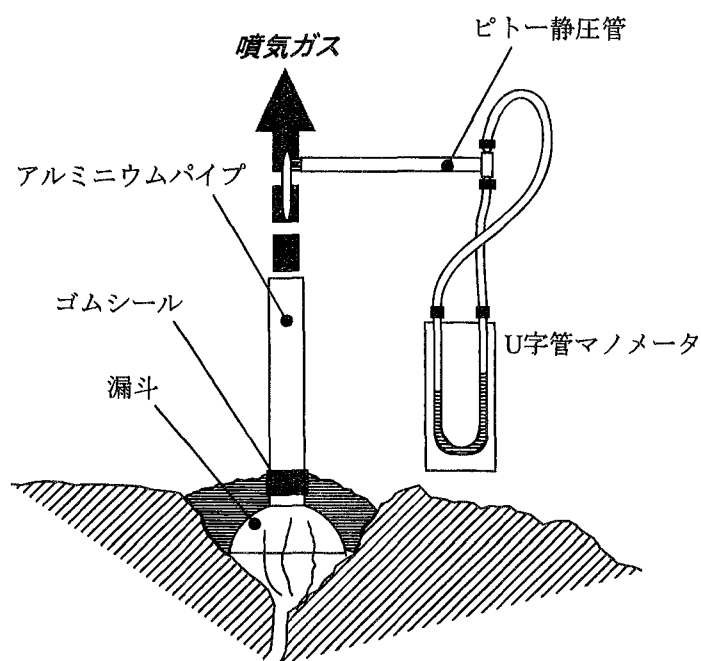


図2. 噴気ガスの流量測定の概略

4. ガスの噴出流速および通気帯空気の混入量の算出

全圧と静圧の差および密度のデータから噴気ガスの流量を算出する方法を以下に示す。完全流体の定常流においては、一つの流線に沿ってベルヌーイの定理が成り立つ。非圧縮性流体で重力の効果を無視できる場合は、流速 v と圧力 P の関係は次のように与えられる。

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = P_t - P \quad (1)$$

ここに ρ は流体の密度、 $(\rho \cdot v^2)/2$ は動圧、 P_t は全圧である。したがって $P_t - P$ (全圧と静圧の差)と ρ (噴気ガスの密度)とを観測すれば、流速 v を求めることができる。この $P_t - P$ を、マンメータの水位差(Δh)を用いて表すと、

$$P_t - P = \rho_m \cdot g \cdot \Delta h \quad (2)$$

ここに ρ_m はマンメータに入れた流体の密度である。以上、式(1)と式(2)をまとめると、(3)式により集気装置出口部におけるガスの噴出流速 v が得られる。

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_m \cdot g \cdot \Delta h}{\rho}} \quad (3)$$

本研究では、集気装置出口部中央での最大噴出速度を求め(v_{max})これに0.77をかけたものを断面での平均速度(v_m)として求める簡便法(湯原・瀬野, 1969)を使用して速度を算出した。また、単位時間(1sec)あたりの噴出量 q_f (流量)は、集気装置出口部の半径を r として、噴気ガスの噴出速度と密度から、(4)式によって求めた。

$$q_f = \pi r^2 \cdot \rho \cdot v_m \quad (4)$$

表1に各噴気孔で求められた噴気ガスの密度と流量を示す。

ここで(3)式から求められる速度 v は、集気装置のパイプ先端部から大気中へ出て行くガスの速度であり、地表面(噴気孔口)におけるガスの噴出速度ではない。そこで、さらに流量 q_f を集気装置下面の面積 S_f とガスの密度で割り、噴気孔口からの噴気ガスの平均噴出速度 v_f (この速度を以後、孔口噴出速度と呼ぶ)を求めた。

$$v_f = \frac{q_f}{S_f \cdot \rho} \quad (5)$$

次に(4)式から得られたガスの流量と、噴気ガスに占めるマグマ性ガス、通気帯空気、通気帯水の混合比を用いて、ガス流路内に混入する通気帯空気の体積を見積もった。ここで必要となる噴気ガスの混合比(マグマ性ガス：通気帯空気：通気帯水)は、網田・大沢(2003)で求めら

れている値を使用した。表2に今回使用したマグマ性ガスと通気帯空気、通気帯水の混合比および噴気ガス中の水蒸気全体に対する通気帯水の割合を示す。表2では1つの噴気孔につき2通りの混合比が表示されているが、これはマグマ性ガスに混入する通気帯水の量を最大に見積もった場合と最小に見積もった場合の2つの場合(混合関係Aおよび混合関係B)について得られた計算結果である。

表1. 噴気ガスの密度と流量

No. [KJ-]	測定日	密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	流量 ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
2	Oct. 19, 2000	0.46	0.003
4	Oct. 22, 2000	0.55	0.035
5	Oct. 22, 2000	0.39	0.005
7	Oct. 22, 2000	0.65	0.043
13	Oct. 27, 2000	0.31	0.024
14	Oct. 27, 2000	0.79	0.006
15	Oct. 30, 2000	0.53	0.048
16	Oct. 30, 2000	0.78	0.052
17	Oct. 30, 2000	0.43	0.064
19	May. 18, 2001	0.32	0.076
20	May. 18, 2001	0.37	0.569
21	May. 18, 2001	0.48	0.075

表 2. マグマ性ガスと通気帯空気、通気帯水の混合比および噴気ガス中の水蒸気全体に対する通気帯水の割合
(網田・大沢, 2003より引用)

混合関係 A					混合関係 B				
No. [KJ-]	マグマ性 ガス	通気帯水 (蒸気)	通気帯 空気	水蒸気全体に占める 通気帯水の割合 (%)	No. [KJ-]	マグマ性 ガス	通気帯水 (蒸気)	通気帯 空気	水蒸気全体に占める 通気帯水の割合 (%)
2	1	5.1	0.0015	84	2	1	3.4	0.0016	77
4	1	3.3	0.0009	77	4	1	2.1	0.0010	67
5	1	2.8	0.0009	74	5	1	1.7	0.0010	63
7	1	3.5	0.0007	78	7	1	2.2	0.0007	69
13	1	3.2	0.0013	76	13	1	1.9	0.0014	66
14	1	2.7	0.0007	73	14	1	1.6	0.0008	62
15	1	3.5	0.0008	78	15	1	2.2	0.0008	69
16	1	2.0	0.0005	67	16	1	1.1	0.0006	52
17	1	2.7	0.0007	73	17	1	1.6	0.0007	61
19	1	4.7	0.0020	82	19	1	3.0	0.0020	75
20	1	5.4	0.0017	84	20	1	3.6	0.0018	78
21	1	4.6	0.0020	82	21	1	3.0	0.0021	75

計算方法を以下に示す。まず、噴気ガスの流量を用いて噴気ガス中に含まれる通気帯水の単位時間あたりの噴出量(q_w)を求める。

$$q_w = \frac{q_f \cdot m}{100} \quad (6)$$

ここに、 q_f は噴気ガスの流量、 m は噴気ガス中の水蒸気全体に占める通気帯水の割合(%)である(表2)。 q_w と同量の通気帯水(液体)がガス流路内に流入するので、通気帯水(液体)の体積を V_w とおけば、通気帯内における通気帯空気と通気帯水の比率 n 、 $(1-n)$ と水の密度 ρ_w を用いて、単位時間あたりにガス流路内に混入する通気帯空気の体積 V_a が(7)式より求まる(n 、 $(1-n)$ は噴気ガスの混合比から計算により求める)。

$$V_a = \frac{V_w \cdot n}{(1-n)} = \frac{q_w \cdot n}{\rho_w \cdot (1-n)} \quad (7)$$

表3に噴気ガスの孔口噴出速度と単位時間あたりの通気帯空気の混入体積(以後、通気帯空気混入量と呼ぶ)を示す。

表 3. 噴気ガスの孔口噴出速度と通気帯空気混入量

No. [KJ-]	孔口噴出速度 (m^2/s)	通気体空気混入量		
		混合関係 A (m^3/s)	混合関係 B (m^3/s)	平均値 (m^3/s)
2	0.4	0.02	0.02	0.02
4	1.8	0.12	0.13	0.12
5	0.8	0.02	0.02	0.02
7	1.9	0.10	0.12	0.11
13	0.5	0.12	0.13	0.12
14	0.4	0.02	0.02	0.02
15	0.6	0.13	0.15	0.14
16	1.9	0.11	0.13	0.12
17	4.2	0.16	0.18	0.17
19	6.8	0.50	0.56	0.53
20	48.7	3.05	3.51	3.28
21	4.6	0.50	0.57	0.54

5. 結果と考察

噴気ガスの孔口噴出速度と通気帯空気混入量の関係を、図3に示す。図3に示した通気帯空気混入量のデータは、混合関係AとBのそれぞれについて別々に求められた値の平均値を使用した。それぞれの混合関係から求められた混入量の差は、全てデータプロットの点の中に収まる程度のものであった。

横軸に孔口噴出速度を、縦軸に通気帯空気混入量をとったグラフのデータプロットには、非常に高い正の相関関係が認められた。その相関係数(r)は0.99であり、孔口噴出速度の大きな噴気ガスほど多量の通気帯空気の混入を受けるという関係を明瞭に示している。データプロットの中に一点だけ、他と比較して一桁程度大きな通気帯空気混入量(3.28 m³/s)を示す点があるが、これは流量測定の際にガスの噴出の勢が強すぎて集気装置を設置して測定を行うことができなかった噴気孔(No.20)で得られたデータであった。そこで、このデータを除外し、残りのデータで相関係数を再計算してみたが、それでも相関係数は0.87と高く、孔口噴出速度と通気帯空気混入量の間には正の相関関係が存在していることが判明した。

ここで、図3で示された関係と通気帯混合モデル(図4)を同時に用いて考えると、前述の「噴気温度が数100℃で噴気水蒸気同位体比がマグマ性の値を示すような噴気ガスであっても、その化学組成が空気に近い値を示す」場合がどのように解釈できるのか考察してみる。噴気温度が高く同位体比がマグマ性の値を示すようなガスは、通常は噴出の勢の強い噴気孔において得られることが多い。そのようなガスは地下での移動速度が速いため、吸い込みの力が強く多量の通気帯空気と混合する。その結果、マグマ性ガスが「薄められて」しまい化学組成がマグマ性の値から通気帯空気の値の側にシフトすることが考えられる。同様の考え方でいけば、通気帯水も移動速度の速いガス流路に引き込まれ、噴気水蒸気同位体比を通気帯水の側にシフトさせるはずである。それにもかかわらず同位体比が高いガスが存在することに関しては、いくつかの原因を考察することが出来る。その内の一つは、通気帯内の空気と水の量比が季節や場所および周辺環境などによって異なるため、通気帯が水に乏しい環境にある場合は通気帯空気のみが優先的に混入してしまう、とする考え方である。その他、通気帯の中での空気と水(あるいは気体と液体)では移動のしやすさ(流動性)が大きく異なり、水のほうが移動しにくいために吸い込みの影響の受け方に不均質が生じることなども原

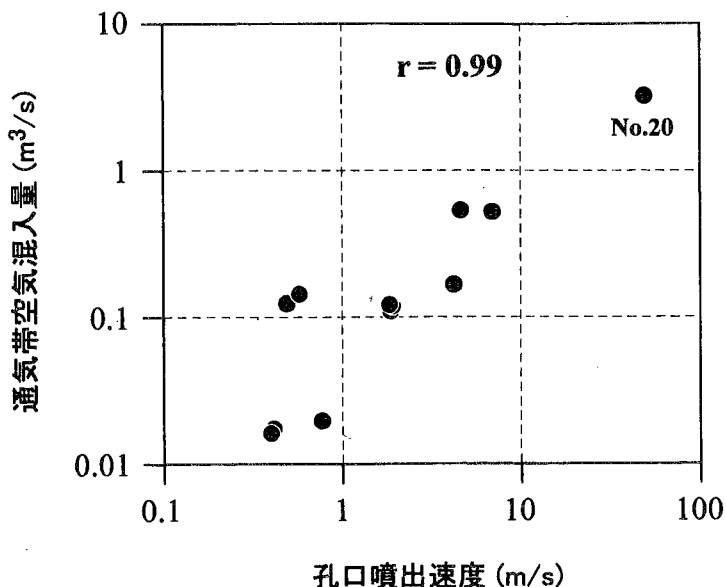


図3. 孔口噴出速度と通気帯空気混入量の関係

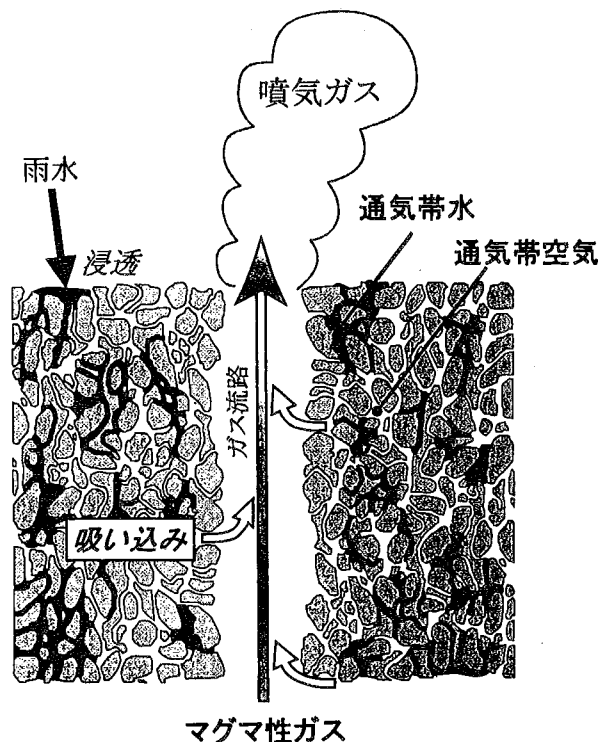


図4. 通気帯混合モデル
(網田・大沢, 2003より引用)

因となりうるであろう。この問題についてはまだ十分なデータが得られていないため未確認な点が多く、今後の研究課題としていきたい。

6. まとめ

九重硫黄山噴気地域内の12地点において採取された噴気ガスの化学組成と観測されたガス流量の値を用いて通気帯空気混入量とガスの孔口噴出速度を算出し、両者の比較を行った。その結果、孔口噴出速度と通気帯空気混入量の間には相関係数が0.99という高い相関関係が認められ、ガス流路内へ通気帯空気や通気帯水を吸い込むための重要な条件がガスの移動速度であることが明確に示された。この関係は、地下でマグマ性ガスと通気帯内流体とが混合して噴気ガスを形成する際に、ガスの移動速度の違いが混合比の変化を生じさせ、結果的にガスの化学組成や同位体比にまで影響を与える可能性があることを示唆しており、噴気ガスの形成機構を理解する上で非常に重要な知見を明らかにできたと考える。

今後は、マグマ性ガスの移動速度が混合する通気帯内流体の量に影響を与えている、という関係をひとつの束縛条件として流体力学的な考察や実験を行い、より詳細な噴気ガスの形成機構の解明に取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

- 網田和宏・大沢信二(2001)：噴気ガス採取用改良注射器法。九大地熱・火山研究報告, 10, 158-167.
- 網田和宏・大沢信二(2003)：九重硫黄山噴気地域から放出されるマグマ性ガスへの空気及び地下水の混合過程。日本地熱学会誌, 25, 4, 245-265.
- 江原幸雄・湯原浩三・野田徹朗(1981)：九重硫黄山からの放熱量・噴出水量・火山ガス放出量とそれから推定される熱水系と火山ガスの起源。火山, 26, 35-36.
- Goff, F., McMurtry, G. M. (2000) : Tritium and stable isotopes of magmatic waters. J. Volcanol. Geotherm. Res., 97, 347-396.
- 神宮司元治・江原幸雄(1996)：最大噴気直径を利用した火山噴気放出量及び放熱量測定法。火山, 41, 23-29.
- 風早康平・高橋誠・大隅多加志・曾也龍典・安藤直行・平林順一・日下部実・浜田隆治(1988)：伊豆大島三原山における火口ガスの連続化学観測。火山, 33, 1, 13-19.
- Mizutani, Y., Hayashi, S., Sugiura, T. (1986) : Chemical and isotopic compositions of fumarolic gases from Kuju-Iwoyama, Kyushu, Japan. Geochemical J., 20, 273-285.
- Ohsawa, S., Yusa, Y., Oue, K., Amita, K. (2000) : Entrainment of atmospheric air into the volcanic system during the 1995 phreatic eruption of Kuju volcano, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res., 96, 33-43.
- Shinohara, H., Giggenbach, W. F., Kazahaya, K., Hedenquist, J. W. (1993) : Geochemistry of volcanic gases and hot springs of Satsuma-Iwojima, Japan: following Matsuo. Geochem. J., 27, 271-285.
- 高岡宣雄(1985)：希ガス同位体による火山ガスの研究 -噴火予知を目指して-。火山, 30, 3, 185-195.
- 湯原浩三・瀬野錦蔵(1969)：温泉学, 地人書館, -293p.

温泉を活用した入浴と運動プログラムの検討(第2報)

－温泉を健康づくりに活かすために－

別府ONSEN地療法研究会(温泉と運動プログラム研究会)

佐藤 貴子・池辺ひとみ・佐藤 京子・大隈 節子

相良フサ子(中央保健所)

宇都宮みどり(宇佐高田保健所)・矢野 秀樹(別府市営温泉湯都ピア浜脇)

長野 力(別府大学)・平松 裕章(黒木記念病院)

稲垣 敦(大分県立看護科学大学)・矢田 公裕(矢田こどもクリニック)

首藤 修・内田 一郎(別府中央病院)・畑 洋一(畑病院)

要 旨

当研究会では、平成12年度から温泉を健康づくりに活かすため、温泉を活用した運動プログラムの検討を続けている。今回は、水中運動の効果について数値的評価を行った結果、疼痛緩和や心理面の変化等に顕著な好転をみた。また、温泉を活用した各種事業に取り組み、水中運動を推進するための促進因子を整理することができた。

I. 研究目的

1. 温泉を利用した水中運動の効果について、身近な被験者によるエビデンスを得る。
2. 温泉を利用した水中運動の普及、推進の促進因子を明確にする。

II. 研究方法

1. 期間 平成15年4月～平成16年3月
2. 方法
 - (1) 【表1】に示す事業を実施する。
 - (2) 教室参加者における水中運動の効果について、身体面、心理面、行動面から分析する。【表2】
 - (3) 各事業について、普及推進のための促進因子を分析する。

【表1】事業概要

事業名	内 容 等
温泉と運動プログラム研究会 (以下、研究会)	医療関係者、地元大学関係者、民間の有資格者らで構成し、水中運動の普及方法など健康づくりの推進について具体的な検討をする。
温泉を利用したスマート教室 (以下、スマート教室)	内容：水中運動の実技を中心とした1クール13回の健康教室 対象：生活習慣病の予防改善をめざす概ね65才未満の者31名 平均年齢57.7歳(最高65歳・最低41歳)
温泉を利用したスマート教室 体験型公開講座 (以下、公開講座)	内容：水中運動の実技を取り入れた単発の健康教室で、主訴別に3講座を開催(スマート編・シニア編・膝肩腰痛解消編) 対象：一般応募による計62名
水中運動推進員育成研修 (以下、推進員研修)	内容：自ら水中運動を実践し、水中運動の良さを広く普及するための研修 対象：平成14、15年度スマート教室卒業生で、希望する者10名
温泉を活かした 健康づくり推進大会 (以下、推進大会)	内容：温泉を活かした健康づくりについての成果の公表と、実施者の拡大を目指したシンポジウム 対象：一般住民120名
運動プログラムカードの作成 (以下、運動カード)	研究会において検討された運動プログラムを防水加工し、市有温泉に設置することで、対象者及び対象層の拡大をめざす。

【表2】教室の実施期間の前後の変化をみる項目

分類		項目	
身体面	体力	長座体前屈	皮下脂肪厚
		上体起こし(通常)	筋厚
		上体起こし(別府版)	筋厚(腹直筋)
		最大酸素摂取量	身体組成
		膝伸展筋力	体脂肪率
		全身反応時間	血液
	閉眼片足立ち	総コレステロール	
	体格	体重	HDLコレステロール
		BMI	中性脂肪
		ウエスト/ヒップ比	血糖
		大腿周囲	HbA _{1c}
	心機能・血圧	血圧	
		血圧脈波	
心理面	自覚症状調査		
	POMS		
	疼痛の主観的評価(VAS)		
行動面	生活習慣調査		
	運動日誌		

Ⅲ. 結果

1. 水中運動の効果について

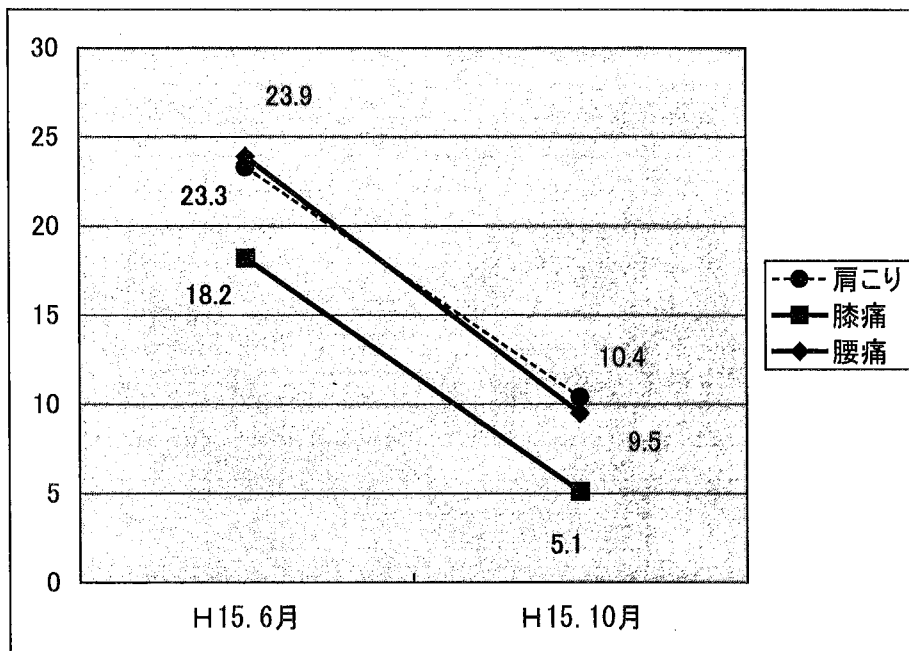
(1) 身体面

- ① 体重や体脂肪率の減少や動脈硬化指数の改善がみられた。【表3】
- ② 上体起こしや膝伸展力など体力面の向上がみられた。【表3】
- ③ 肩こりなどの疼痛緩和の効果が顕著であった。【図1】

【表3】スマート教室結果一覧表

	体重差	体脂肪率差	皮脂肪厚差	W/H比差	大腿周囲5-差	大腿周囲10-差	長座体前屈差	上体起こし差	VO ₂ MAX差	右膝伸力差	左膝伸力差	全身反応時間差	閉眼片足立ち差
平均	-1.2	-1.3	-5.0	-0.1	0.4	0.6	4.5	2.7	2.4	2.6	1.8	0.0	5.7
最高	-3.8	-12.1	-17.5	-1.0	-2.5	-5.2	17.0	10.0	65.8	16.8	9.4	0.2	31.0
最低	2.5	2.8	3.5	0.3	5.4	3.2	-9.0	-1.0	-14.8	-15.4	-6.9	-0.4	-2.0
増加/向上	6	9	4				24	21	16	23	23	10	18
減量/低下	22	22	27				5	1	15	7	7	21	4
変化なし	3	0	0				2	5	0	1	1	0	7
未実施								4					2

	血圧	ABI	総コレ	TG	GUL	HbA _{1c}		HDL		動脈硬化指数
	140/90	ABI0.9~1.3 かつ PWV1400 以下	250以上	150以上	110以上	4.3~5.8		45以上		3未満
改善(異常→正常)	4	1	4	5		1	正異に関わらず増加	22	改善(危険→境界→安全)	6
正常変化なし	21	14	10	21	29	29	正常だが低下	9	正常変化なし(安全→安全)	10
異常変化なし	5	12	9	3		1	異常でさらに低下		異常変化なし(境界→境界、危険→危険)	12
悪化(正常→異常)	1	4	8	2	2		悪化(正常→異常)		悪化(安全→境界→危険)	3



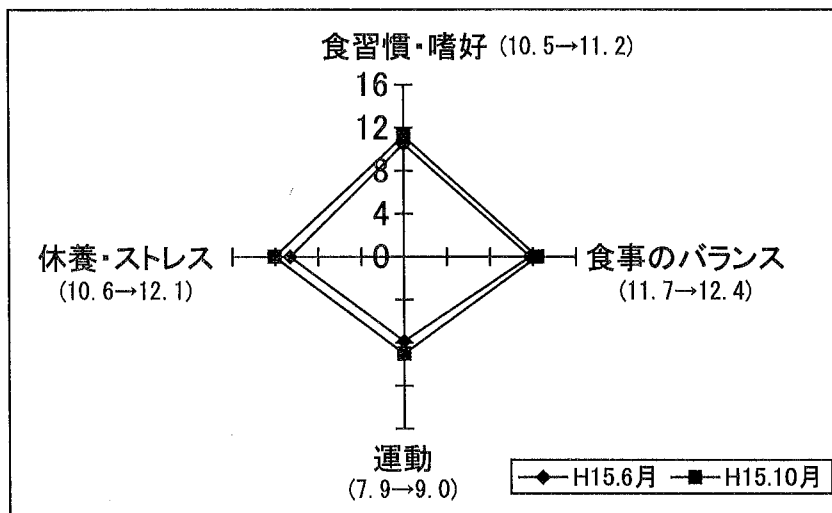
【図1】疼痛の主観的評価(VAS)教室生31人分の平均

(2) 心理面

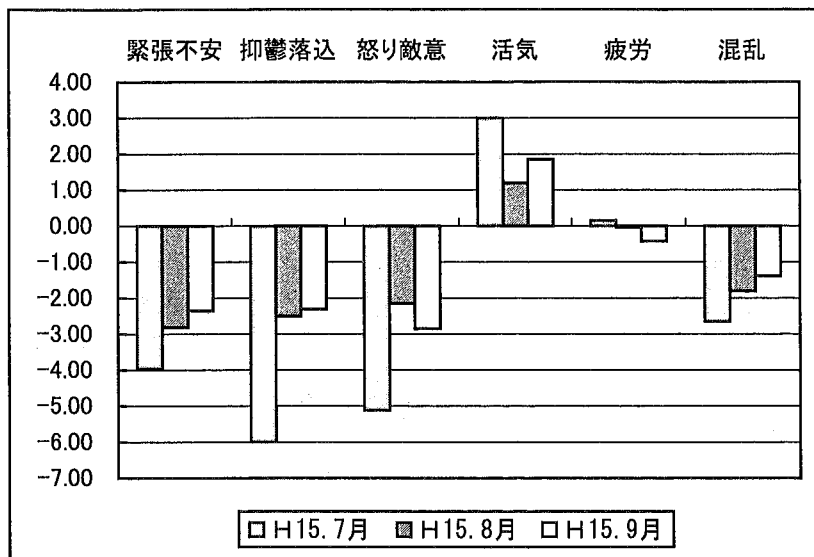
運動することにより即時的な心理面の好転がみられたほか、継続していくことで、中長期的な心理の好転がみられた。【図3. 4】

(3) 行動面

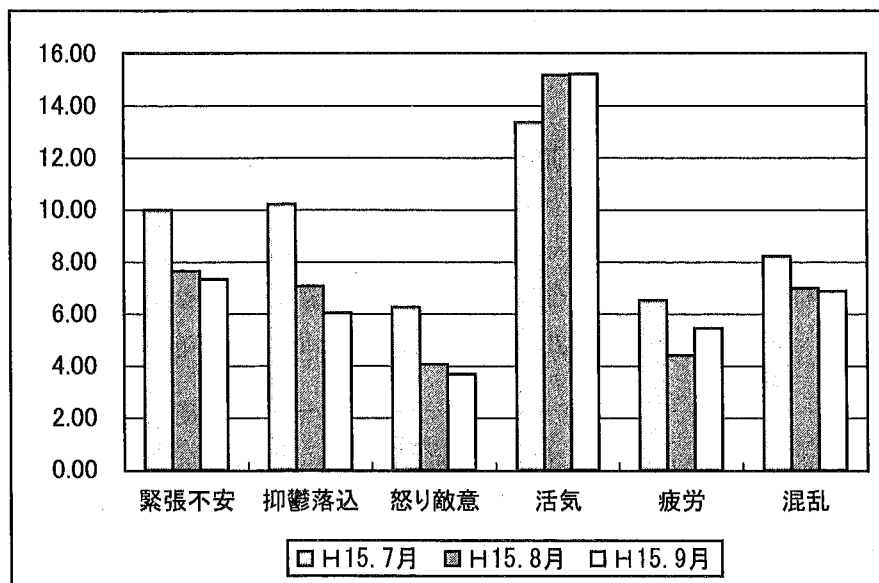
- ① 運動習慣をはじめ、生活習慣の改善がみられた。【図2】
- ② 参加者の多くが、教室終了後、水中運動の同好会に加入している。



【図2】生活習慣の変化(教室生の平均)



【図3】 POMS結果－運動前後の差(全3回の検査ができた教室生26人分)



【図4】 POMS結果－運動前の平均の推移(全3回の検査ができた教室生26人分)

2. 水中運動を普及推進する促進因子について

- (1) 研究会では、事業全体の方向付けや、運動プログラムの作成及び実際に事業にあたるスタッフの意欲向上を促していた。
- (2) 公開講座では、県下各地から計62名が参加した。3ヶ月後の追跡調査(有効回答率66%)の結果、68%がその後も水中運動に取り組んでおり、たとえ単発の講座であっても有効であることがわかった。
- (3) スマート教室及び公開講座の募集は、購読量の多い地元新聞や市報への掲載、ポスター掲示で行った。公開講座参加者の約6割は、地元新聞で情報を得ていた。
- (4) 他町の水中運動リーダーとの交流による意見交換では、水中運動の快適さを体験した者同士で話題が弾み、また、水中運動をすすめやすくするためのヒントが得られ、推進員の志気が高まった。

- (5) 推進大会では、活発な意見交換が行われ、住民の水中運動によせる期待、関心の高さを再認識するとともに、今後の普及活動のヒントを得た。
- (6) スマート教室や公開講座で使用した運動カードは、教室や講座終了後も個人や仲間での実施に活かされていた。

IV. 考察

1. 水中運動の効果について

水中運動が生活習慣病の予防改善に有効であることは先行研究で周知であるが、本研究第1報に続き、一定の効果を確認できた。また、これまで体験者の感覚でしかなかった疼痛緩和や心理的好転を数値化したことは、客観的な評価の裏付けとなり、今後、評価指標の一つとして活用できる。

2. 水中運動を普及推進する促進因子について

(1) 研究会では、①年度当初に今年度の目標や方向性を定めること②各事業を共有すること③助言と事業への直接参加などにより、これまでのネットワークが強化された。

(2) 住民は、温泉に身体面の効果を期待しており、実際の体験を通して温泉の心地よさを体得したようだ。そのことが教室の参加意欲を高めていた。

また、疼痛緩和や同じ目的を持つ仲間との交流による楽しさなどの快適刺激を得ることが、継続を促していた。公開講座参加者のその後の継続状況からみても、その快適な体験は、たとえ1回であっても、継続するうえで有効であった。

こうした体験に基づくクチコミは、説得力を伴い、周囲への波及効果をもたらすと考え、速攻性、広域性に優れたマスコミとの併用は欠かせない。

(3) 教室の卒業生を対象にした推進員研修では、実習として公開講座の運営を共にしたことで、推進員自身の自覚の醸成につながった。一方、スタッフも、推進員の主体性のある行動に、住民は本事業を推進していく協働者であるという確信が持てた。

(4) 運動のプログラムを作成したことは、教室及び公開講座といった体験型学習の教材になるとともに、自主的な運動の継続を支援する道具となりうる。

この運動プログラムは、運動浴可能な施設向けのものであることから、今後は、より多くの人々が利用する入浴施設(いわゆる温泉)の形態にあった運動プログラムが必要である。入浴施設用運動プログラムは、教室といった集団指導を希望しない住民にも普及啓発できる。

V. 結論

1. 水中運動の効果について

- (1) 身体面では、特に疼痛緩和の効果が顕著である。
- (2) 心理面では、運動による即時のおよび中長期的な好転が得られる。
- (3) 行動面では、運動習慣だけでなく、生活習慣の改善まで可能である。

2. 温泉を活用した水中運動を普及推進するための促進因子は、以下のとおりである。

- (1) 事業を推進する有効なプロジェクトチームを編成し、企画運営にあたること
- (2) 個人の運動技術習得につながる体験型学習の場があること
- (3) 楽しさを分かち合い、技術を深めるための同好会活動があること
- (4) マスコミと体験者のクチコミを併用すること
- (5) 住民を事業推進のパートナーとして協働していくこと

- (6) 多様な施設に対応するものや目的(主訴)に応じた普及教材を整備すること

VI. おわりに

温泉を利用した水中運動の需要は高く、健康づくりへの活用度は高い。

今後、さらに対象者及び対象世代の拡大に向け、ソフト及びハード面の環境整備が必要である。

慢性心不全患者に及ぼす温泉浴の効果について

九州大学病院別府先進医療センター
慢性疾患治療部

尾山 純一

老化制御学部門

牧野 直樹

要 旨

慢性心不全患者を対象に温泉浴による慢性効果について検討した。単純泉に毎日10分間2週間温浴してもらい、前後の心血管動態について検討した。平均血圧、心拍数、心胸比、左室駆出率等に変化はなかったが、BNP、ADMA及び脈圧速度の低下等、血管拡張反応の改善を示唆する結果が認められた。温浴効果は心不全の病態改善に寄与する可能性が示唆された。

目的

慢性心不全患者において以前より運動耐容能の低下が指摘されており、それは、心機能の低下のみならず、末梢血管反応(拡張性)の低下、骨格筋の変化等、全身疾患として近年考えられるようになった。慢性心不全に対する非薬物治療の一つとして運動療法は以前から知られているが、最近では温熱療法が慢性心不全患者の自覚症状の改善、予後の改善等に有効であることが示唆されている。本施設では、充実した温熱療法施設が備わっており、患者の治療に役立てることを目的とし、今回我々は当病院で行っている慢性心不全患者に対する温泉浴効果について報告する。

方法

2週間毎日(週3回以上)40度の温泉に10分以上温泉浴をしてもらい、自覚症状(NYHA分類)、及び他覚的所見(心胸比:CTR、左室駆出率:EF、脈圧速度測定:PWV/ABI、血液検査(心室性利尿ペプチド:BNP、内因性eNOS阻害物質:ADMA)についての変化を検討した。(症例数8名)

結果

平均血圧、心拍数、心胸比、左室駆出率等に変化はなかったが、BNP及びADMAの低下、さらに脈圧伝達速度の低下等、血管拡張反応の改善を示唆する結果が認められた。

考察

温泉浴療法は、末梢血管反応を改善し、血管抵抗を低下させる事により、心負荷を軽減し、最終的に自覚症状の改善を呈する可能性が示唆された。今後、さらに症例数を増やし結果を報告したいと考えている。

関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化(IV)

—抗TNF- α 抗体投与によるIL-6とIL-1raの変化—

独立行政法人国立病院機構 別府医療センター
リウマチ・膠原病センター

安田正之

要 旨

我々は、リハビリテーション訓練や温泉浴により、関節リウマチ患者で高値を示すIL-6濃度が低下することを報じてきた。今回、抗TNF- α 抗体の投与により、炎症を反映するIL-6と抗炎症作用を有するIL-1レセプター拮抗物質(IL-1ra)がどのように変化をするかを観察した。その結果、抗TNF- α 抗体を投与した翌朝、IL-6・IL-1raともに正常化したことが観察された。抗TNF- α 抗体投与は、その著明な抗炎症作用によりIL-6を低下させ、抗炎症物質であるIL-1raの存在が不要になったために低下したのであろうと想像される。

緒言

血中IL-6濃度は、関節リウマチの炎症の程度を反映するとされている。我々は、リハビリテーション訓練や温泉浴により、高値を示す関節リウマチ患者のIL-6濃度が低下することを報じてきた[1]。

今回、抗TNF- α 抗体の投与により、炎症を反映するIL-6と抗炎症作用を有するIL-1レセプター拮抗物質(IL-1ra)がどのように変化をするかを観察した。

方法

3 mg/kgの抗TNF- α 抗体(Infliximab)を2時間掛けて投与した。投与前(午前11時)および投与翌朝7時に採血し、血中IL-6およびIL-1ra濃度を測定した。

結果

対象とした3人のRA患者は、いずれもCRP高値であり高い疾患活動性を有しており、図1に示すようにIL-6の高値がそれを示している。抗TNF- α 抗体投与翌朝には、IL-6は著減し、正常化した。IL-1raも低下し正常化しているが、IL-6ほどの著明な反応は認められなかった。なお、図には示さないが、投与時にCRPが正常値を示した疾患活動性の低い症例では、投与前からIL-6、IL-1raともに低値を示し、変化を認めなかった。

考察

Drenth JPらは、マラソンにより高騰したIL-6濃度が低下する時期にIL-1raが上昇してくることを示し、IL-1raが抗炎症的に作用していることを示唆した[2]。抗TNF- α 抗体投与は、その著明な抗炎症作用によりIL-6を低下させたと考えられる。この低下作用は、リハビリ

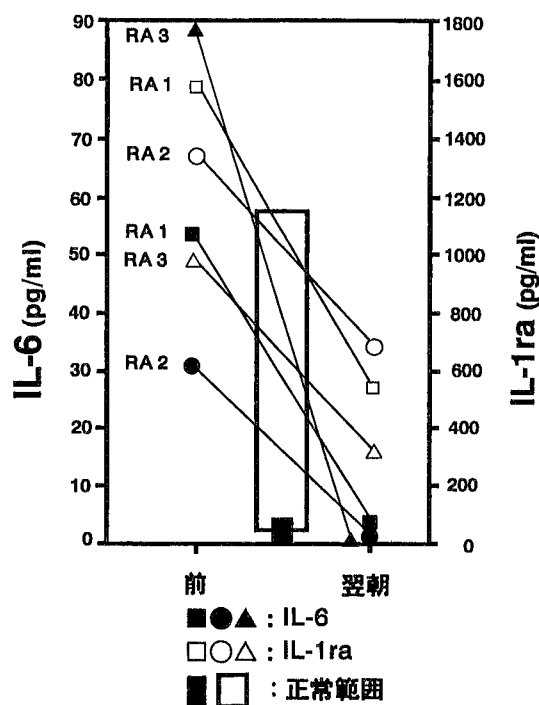


図1 TNF- α 抗体投与に伴うIL-6およびIL-1ra濃度の変化

- 河野 忠・田川豊治・藤原秀二(1996)：国東半島と鹿鳴越山群の名水. 地下水学会誌, Vol. 38, No. 2, 137～143.
- 河野 忠(1996 a)：大分県日出町の海底湧水と地下水. 日本文理大学紀要, Vol. 24, No. 2, 103～109.
- 河野 忠・長田美智子(1999)：大分県臼杵市の名水 ～その現状と水文学的特徴～. 日本文理大学環境科学研究所報告, No. 2, 20～29.
- 河野 忠(2000 a)：硫黄山噴火前後の周辺湧水の動向. 大分県温泉調査研究会報告, No. 51, 29～34.
- 河野 忠(2000 b)：地下水・湧水の湧出形態と水質形成機構の解明 —弘法水を例として—. 河川整備基金助成事業研究成果報告書, 69p.
- 河野 忠(2001)：大分県南部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 52, 27～35.
- 河野 忠(2002 a)：大分県中部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 53, 21～28.
- 河野 忠(2003 a)：大分県北部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 54, 73～84.
- 河野 忠(2003 b)：「大分の伝説の水を科学する.」, 辻野 功編『大分学・大分楽』明石書店, 99～113.
- 河野 忠(2003 c)：福岡県の名水～伝説に彩られた北部の名水～. 地下水学会誌, Vol. 45, No. 4, 469～478.
- 河野 忠(2003 d)：『弘法水の水文学的研究』立正大学学位論文, 135p.
- 志賀史光・川野多実夫・小石哲史(1983)：国東半島陸水の水質, 『国東半島 —自然・社会・教育—』大分大学教育学部, 72～84.

テーション訓練や温泉浴によるIL-6濃度の低下に比し極めて強力であり[1]、両者のメカニズムには大きな隔たりがあることを想像させる。また、起炎物質であるIL-6のみならず抗炎症物質であるIL-1raも低下していたことが注目される。炎症反応が著明に抑制されたため、抗炎症物質であるIL-1raの存在が不必要になったためと思われるが、全く想像の域を出ない。

抗TNF- α 抗体投与がIL-6やIL-1raの産生と代謝にどのような影響を直接・間接に与えたのか、さらなる検討が必要であろう。

文献

- [1]安田正之. 慢性関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変(II). 大分県温泉調査研究会報告 52 : 45-47, 2001.
- [2] Drenth JP, Van Uum SH, Van Deuren M, Pesman GJ, Van der Ven-Jongekrijg J, Van der Meer JW. Endurance run increases circulating IL-6 and IL-1ra but downregulates ex vivo TNF-alpha and IL-1 beta production. J Appl Physiol 1995 ; 79 : 1497-503.

最近の温泉(権)紛争について(中)

— 戦前の「大分県鉱泉取締規則」をめぐって —

(元大分大学)

大野保治

要 旨

本稿は研究報告の課題の「中」として前号につづき論述したものである。戦後に新生民主日本国としてスタートした国会(それは明治維新当時の国づくりで「民会」の存在に譬えることが出来よう)において、民主的手続を踏んで法律で制定されたのが「温泉法」なのであった。

戦前、これに先立つ行政規則として行政機関が定立した「鉱泉取締規則」にスポットを当てて、その特質なり立法意思、法的効果など、さらには「鉱泉」と「温泉」の分岐の概念が稀薄なことなど、さらには警察国家の基礎ともなった明治全期の歴史的背景までも触れておいた。戦前においては、「温泉」を観光資源として把握し観光立国の夢を追うまでには法社会学的基盤が確立していなかった。全国至るところに温泉を湧出する日本では、環境行政の中で「温泉」を再発見し、日常の社会生活の中でも広く温泉利用を利用して紛争防止の一助にもしたいと念願している。

目 次

はじめに(要旨)

I 温泉法・温泉権の概観

- | | |
|----------|-------------------|
| 1 戦後の温泉法 | 2 温泉に関する法整備の遅れた理由 |
|----------|-------------------|

II 旧慣温泉権と地下水利用権

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1 温泉権—近代的温泉権と旧慣温泉権 | 4 戦前の地下水利用権をめぐる紛争
(以上昨年号=第54号報告) |
| 2 旧慣温泉権と(戦前)地下水利用権 | |
| 3 温泉に対する私的支配 | 5 大分県鉱泉取締規則
(本号に報告) |

III 旧慣温泉権の歴史的背景

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| 1 日本の農村社会の史的展開(概説) | 3 日本古代と中世の土地制度
(以上昨年号=第54号報告) |
| 2 法社会学上の「村落」の支配構造 | |

IV 旧慣温泉権とその基礎的法理

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1 温泉の権利と入会権(民法)の類似性 | 3 ローマ法と「法人」 |
| 2 ゲルマン法と「総有」団体 | 4 英米法と大陸法両体系の相違
(同上書) |

V 別府堀田温泉場の訴訟事件

(来年号に報告予定)

5 大分県鉱泉取締規則

(1) 第二次世界大戦までの温泉行政(概要)

1 明治期

温泉利用の歴史は古いが、行政の対象として取り上げられるに至ったのは、日本が近代国家として出発した明治の御世(1868年以降)に入ってからである。

当初、太政官政府(明治元年「政体書」により設置された最高官庁)の下で、衛生行政を担当していたのは文部省(創設は明治4年7月18日)であった。同省では、布達で各府県(廃藩置県は明4.7.14)に対して、管内の鉱泉湧出の時代・年月日を調査して報告するように命じたのが初まり、とされる(5の参考資料参照)。

つづいて明治8年5月、衛生行政が文部省から内務省(創設一明6.11.10)に移管された。翌9年、内務省(衛生局)は「鉱泉試験表」表式を定めて泉名・地名・温度・量重・成分、及び概量等の表記方法の統一を図った。当時の温泉行政の主要目標が、衛生上の緊急事務として分析結果を促進して医療効能を高め、適正な浴用・飲用方法の周知を図ることにあったからである(後述—5の文部省布達第128号参照)。

やがて先進医療国のドイツから内科医ベルツ(Erwin von Balz)博士が来日した(滞在は明治9年=1876~同38年=1905)。博士は、東大で医学の研究や診療に従事しながら維新政府の医療行政の整備と教育に貢献し、のちに宮内省御用掛となった。数年後、明治13年わが国で初めての『日本鉱泉誌』が出版されると、鉱泉一般に対して科学的関心が高まり、分析検査の整備も進んで鉱泉資料が海外にも紹介され、同18年フランスのパリーでの万国博覧会にも出品されたという。

明治18年(1875)、維新以来の太政官制が廃止され、現在のようない閣制が敷かれて第1次伊藤博文内閣が成立した。こうして中央行政機関も定期的改革が行なわれ、内閣の内務省衛生局に「衛生」と「医務」の2課が置かれた。この医務課の所管事務として「鉱泉取締」が規定されるに至ったのである。かくして各府県では、県令(旧制度で府県知事が発する命令)として「鉱泉取締規則」が公布された(稿末の全国一覧表を参照)。翌19年には『日本鉱泉誌』第3巻も出版されるに至り、これにより初めて日本全国の鉱泉(温泉をも含む)の分布が統一的に記載され、国内外で評価されるものになったと言われている(大霞会『内務省史』第1巻)。

2 大正期から大戦終了(「温泉法」の成立する)まで

明治期から大正期に入ると、衛生行政も一段と国民の健康増進を主目標に、漸次、積極的な行政を進めた。そして鉱泉に併せて温泉の科学的研究も盛んとなっていった。従来、府県ごとであった温泉分析法も統一されて大正5年(1916)、日本薬学会によって定められた「鉱泉(温泉)分析法」は世界的水準に達するまでになった。

大正期から昭和期に移る。一同4年(1929)には内務省、鉄道省および温泉科学者などの共同発議で「財団法人 日本温泉協会」が呱呱の声をあげ、機関誌『温泉』が発刊された。爾来、今日まで同協会は活躍している。昭和13年、北支事変—上海事変—日支事変と戦火が拡大すると、軍事的要請から「厚生省」が発足をみた(昭13.1.11)。この結果、衛生行政は、これまでの内務省から厚生省へと移管され、温泉も同省の衛生保健課の所管するところとなった。しかし、その後の太平洋戦争の緊迫化にともない、昭和16年7月の官制改正では「温泉」と「鉱泉」の字句が同課規定から消え、温泉行政は一時中断される状態となったが、その半面では、多くの温泉地が戦時の国策から戦病傷兵の治療や休養のために利用されていたのであった。

以上、概述してきたように現行『温泉法』制定(昭和23年7月、法律第125号)以前においては、温泉に関する法制は極めて不備不全であり、現行温泉法に相応する規制はすべて明治憲法第9条の「警察命

令大権に基づく地方長官(道府県知事)の取締命令(天皇の大権事項に属する)によって行なわれていた。各府県における「鉱泉取締規則」ないしは「同地区取締規則」などがすなわち、これである。

ところでこれらの取締命令は、いずれも現行温泉法と同じく「温泉源の保護と温泉の適正な利用の確保」を目的として土地所有権の内容を制限するものであった。そのため、「日本臣民ハ其ノ所有権ヲ侵サルルコトナシ ②公益ノ為メ必要ナル処分ハ法律ノ定ムル所ニ依ル」と定めた明治憲法第27条の規定との関連において、これを無効とするという有力な学説さえ現われ(おもに公法学者による)、その効力については、多くの疑義が寄せられていたのである(美濃部達吉「判例に現われた水法」法律時報第3巻7号、国家学会雑誌第55巻4号他)。

のみならず、温泉の比較的少ない府県にあっては、この種の取締規則すらなく(法一筆者の調査では規則を持たない府県は17県、なお「井戸取締ニ関スル地方庁令」が存在するのは10府県)、これらの府県における温泉の規則は、ただ「各地の慣習にしたがう」とする民法物権編の僅か2, 3の規定に委ねられていたに過ぎなかった(川島武宜他『温泉法の研究』)。

このような温泉に関する法制の不備は、統一的な立法の必要性を多くの学識研究者をして痛感せしめたのである。

具体的には、戦前にあって唯一の研究図書である前掲の武田軍治氏(東京控訴院=現東京高裁判事)に成る『地下水利用権論』のほか、清水澄博士の「鉱泉法の制定を望む」(法学協会『温泉』第2巻6号)、杉山直次郎博士の「温泉法に関する若干の比較」(法学協会50周年記念論文集第2部)等の幾つかの論稿が見られるだけである。温泉関係行政機関においては、主管の厚生省(当時)、あるいは国際観光行政を所掌していた運輸省(当時)等によって、それぞれの立場から「立法案」の努力が試みられ、温泉法制定の気運はしだいに高まりつつあった。だが、このような気運も第二次世界大戦の勃発によって急速に衰退し、実を結ぶことなく終戦によって消滅してしまったことは、誠に残念と言わねばならない。

終戦後、政治体制は一転(コペルニクスの転回)を遂げ、民主・主権在民・平和志向の国家となり、内閣府では内務省重視の警察(権力)行政から民主行政へと展開し、温泉行政もまた保健行政(昭和50年代に入って環境行政)の一環に位置づけられることになった。新たに制定された「日本国憲法」(1946年11月3日公布、翌47年5月3日発効)では「健康で文化的な生活の保障」(同第25条)と「公共の福祉の増進」(同条2項)を高らかに謳ったのである。

そして温泉地は、国民の「保健休養(憩い)の場」として位置づけられた。また国際社会では世界有数の温泉(資源)国家として、また「国際観光地」として再び明るい時代の脚光を浴びることになった。温泉に関する権利関係も、戦前とかく「公権的(高圧的)」性格が濃厚で公権的支配に置かれていた警察行政から、新憲法では、財産権に対する制限は「法律」によってのみ可能であり(同第29条2項とそれによる各種の制限立法)、委任がなければ罰則を設けることはできない旨明記されたため、前記地方長官の取締命令はすべて失効し、新たにこれに代わるべき法律の制定が必要となり、このような時代の変遷を背景に誕生したのが他ならぬ現行「温泉法」であった。

(2) 大分県警察史と鉱泉取締規則

1 『大分県警察史』の概要

戦前の温泉行政が深く警察行政にかかわり、内務省の所管であったことは前章で既述した。昭和18年7月30日公刊の大分県警察部編修『大分県警察史』は全文1878ページの大著であるが、何故に第二次大戦最中の昭和18年に発行されたのかにまず疑問が湧く。

大著の末尾「跋」(あと書き、総括)を読むと、本著は「大和民族曠古の祭典紀元二千六百年奉祝事業として『大分県警察史』編纂の計成り……」と記述されている。日本史年表によると、昭和15年10月10日に「紀元二千六百年式典を挙げる」旨の記載事項があることから、この記念事業の一環として発刊

されたことが判る。1年有半の時間をかけて、当時の大分県警(旧県庁警察部)の総力を挙げての一大事業であったことが、戦時下の警察制度の特質と併せて、その内容のすみずみにまで横溢^{おおういつ}している感を深くする。戦時下で国威登揚の一環として発刊されたのであろうか。

ともあれ、原著の編修章節項目を掲げてみることにしよう。

第一章 総説	第五章 重要犯罪 及 重大な騒擾史 ^{そうじょう}
第二章 警察制度の変遷(本県)	第六章 警察官殉職史
第三章 行幸啓の光栄 附警衛警護	第七章 警察関係団体 及 其活動
第四章 警察取締の変遷	第八章 雑設

以上の章節の編成の中で、鉱泉(温泉)の取締に関する内容が掲出されているのは、第四章である。ここで、各節の関連事項をみてみよう。—

第四章 警察取締の変遷

第一節 高等警察

第三節 保安警察

第二節 特高警察

第四節 経済保安警察

第五節 衛生警察(内容)

保健(上下水道 汚物掃除 飲食物 屠場^{とじょう}及獣肉 売薬 墓地及埋火葬 鉱泉 理髪 其他)

(注: □枠組は報告者)

医務(医師 歯科医師 薬剤師 以下略)

防疫(伝染病^{しんとう} 種痘 トラホーム 以下略)

第六節 司法警察

第七節 労政警察

第八節 警防警察

さて、「鉱泉」の項目を見るとさらに詳しく論述しているので、下にその全文(そのまま)を掲げる。

—火山国たる我が国においては、古来、鉱泉の噴出各地に散在し、各其の成分にしたがって或いは飲用に、或いは浴用に各種の治病に効果ありとして国家もまた相当の関心を以って臨み、明治初年すでにこれが分析試験を行なう等、専ら指導誘掖^{ゆうえき}を尽したり。

然れども、これが取締の制度については、当時、別に見るべきもの無きが如し。然るに、その実際にありては、鉱泉の使用上特に浴用に至りては通常湯屋^{ゆや}におけると同じく、風俗上衛生上ともに全然放任すべからざるは勿論、鉱泉そのものも泉源保護の上よりするも、その削掘誘致ないし事業などの全然放置すべからざるをもって、ここに本県においては明治45年6月5日県令第32号をもって「鉱泉取締規則」を制定し、鉱泉の穿掘、若しくは鉱泉を利用して

- ① 公衆の来浴を目的とする共同浴場を設くる者
- ② 宿屋業者にして浴場を設くる者
- ③ 飲用、浴用として販売する者
- ④ 副産物を採取製造して販売する者

等を取締ることとせり。これ鉱泉に対する取締上、唯一の法制にして、その後数度の部分的改正を経て今日に至るものである。

(注) 原著(『警察史』)はタテ書きであるが横書きに改めた。なお、規則の文字も「当用(常用)漢字」に1部改め、ルビを付したり、また句読点も付した。

2 「大分県鉱泉取締規則」について

明治45年6月5日 県令第32号

改正 大正14年4月 同令第32号

第1条 鑛(鉱)泉^{うがちぼり(せんくつ)}ヲ穿堀スルモノ、若ハ鉱泉ヲ利用シテ下記各号ノ事業ヲ為スモノハ、総テ本則ニ拠ルヘシ。

- 1 鉱泉ヲ用ヒテ公衆ノ来浴ヲ目的トスル共同浴場ヲ設クル者
- 2 宿屋営業者ニシテ鉱泉ヲ用ヒ浴場ヲ設クル者
- 3 鉱泉ヲ飲用浴用トシテ販売スル者
- 4 鉱泉副産物ヲ採取製造シテ販売シ、又ハ他府県ニ於テ採取製造シタル鉱泉副産物ヲ販売スル者
- 5 噴気孔^{くつきく}ヲ掘削シ、蒸気ヲ噴出セシムル者

第2条 鉱泉ヲ穿堀又ハ即設^{しんせつ}鉱泉、穿掘孔ヲ浚渫セントスル者ハ、着手前下記ノ事項ヲ具シ当庁ニ出願許可ヲ受クヘシ。第3号第4号ノ事項ヲ変更セントスルトキ亦同シ。

- 1 出願者ノ本籍住所氏名年齢(法人ニ在リテハ其ノ名称、事務所、及ヒ代表者氏名、定款)
- 2 穿堀又ハ浚渫セントスル鉱泉所在ノ市町村名字名番地、地目位置、及ヒ穿堀ニ在リテハ近傍1丁以内(他ニ鉱泉アラハ其ノ位置及ヒ距離ヲ記セ)ノ見取図
- 3 鉱泉使用ノ目的、自家用・事業用、及ヒ浴用・飲用等ノ区別
- 4 穿堀方法及ヒ埋没管ノ口径
- 5 他人ノ所有地ニ係ル時ハ其ノ承諾書

第2条ノ2 前条ノ許可ヲ受ケタルトキハ3日以内ニ許可ヲ受ケタル地点ニ許可事項(穿堀又ハ浚渫)許可、年月日、住所、氏名(法人ニ在リテハ其ノ名称)ヲ記シタル^{ひょうさつ}標札(木製幅3寸以上、高サ地上6尺以上)ヲ設クヘシ。

第2条ノ3 鉱泉穿堀又ハ既設^{しんせつ}鉱泉ノ穿掘孔浚渫ニ着手シタルトキハ、3日以内ニ所轄警察官署ニ届ケ出ツヘシ。

第3条 鉱泉事業ヲ為サントスルモノハ下記ノ事項ヲ具シ、当庁ニ出願許可ヲ受クヘシ。第2号、第4号、第5号ノ事項ヲ変更セントスル時亦同シ。

- 1 出願者ノ本籍、住所氏名、年齢(法人ニ在リテハ其ノ名称、事務所所在地、代表者ノ氏名、定款)
- 2 事業、種別
- 3 鉱泉所在ノ市町村名字名番地、地目、但シ必要ト認ムルトキハ付近ノ見取図ヲ提出セシムルコト
- 4 浴場ヲ設ケントスル者ハ浴場浴槽、及ヒ建物ノ^{しよ}仕様設計平面図・側面図、並ヒニ落成期日
- 5 副産物、販売者ニ在リテハ其ノ採取製造方法(以下 略)

(第4条一本稿の引用資料=武田軍治著『地下水利用権論』岩波書店 昭和17年の末尾参考全国資料によれば、さほど重要でない条項は省略する旨取扱っているので、本稿もそれに準拠することにした。)

第5条 鉱泉又ハ其ノ副産物ヲ浴用飲用トシテ販売スル者ハ、其ノ容器ニ^{さいしやく}鉱泉名、販売者ノ氏名、住所、分析成績、並ヒニ^{てんぶ}採酌又ハ製造シタル年月日ヲ記載シタル票紙ヲ貼付スヘシ。

第6条 他府県ニ於テ採取製造シタル鉱泉副産物ヲ移入販売セントスル者ハ、源泉、所在地名、分析成

績書写シニ現品(液体ニアリテハ約1升、固形体ニアリテハ20匁)ヲ添へ、当庁ニ出願許可ヲ受クヘシ。

第7条 鉱泉事業ハ事業始メルマテニ其ノ鉱泉、若クハ副産物、分析成績書写シヲ当庁ニ提出スヘシ
但シ、特別ノ事由アル場合ハ、其ノ提出期間ヲ猶予スルコトアルヘシ。

既ニ成績書写シヲ提出シタルモノト雖モ、当庁ニ於テ必要ト認ムルトキハ、何時ニテモ更ニ当庁ノ
分析試験ヲ受ケシムルコトアルヘシ。

第7条ノ2 機械カヲ用ヒテ其ノ湧力ヲ助勢セシムル装置ヲ為スコトヲ得ス。

既ニ前項ノ装置ヲ為シタルモノハ、本会公布ノ日ヨリ30日以内ニ取除クヘシ。

第8条 衛生上、其ノ他公益上必要アリト認ムルトキハ鉱泉穿堀、又ハ鉱泉事業ノ許可ヲ取消シ、若ク
ハ制限シ、又ハ其ノ移転、改造、復旧、其ノ他適當ノ施設ヲ命スルコトアルヘシ。

第8条ノ2 鉱泉穿堀1日ヨリ6箇月以内ニ穿堀セス、又ハ穿堀スルモ鉱泉湧出セサルトキハ許可ノ効
力ヲ失フ。

第9条 鉱泉穿堀ノ許可ヲ得タル者、又ハ鉱泉事業者ニシテ下記ノ事項ヲ生シタルトキハ、20日以内ニ
当庁ニ届出ツヘシ。

但シ、第3号ノ場合ニ在リテハ戸籍法ノ届出義務者ヨリ、法人解散ノ場合ハ清算人ヨリ其ノ手續ヲ
為スヘシ。

- 1 出願者ノ住所氏名(法人ニ在リテハ其ノ名称、事務所所在地、代表者ノ氏名、定款)及ヒ法定代理
人、保佐人等ニ変更ヲ生シタルトキ
- 2 鉱泉又ハ事業ヲ廃止シタルトキ
- 4 鉱泉穿堀ノ許可ヲ得タルモノ、又ハ事業者ノ死亡失踪、又ハ法人ノ解散

第10条 鉱泉事業ニシテ二人以上ノ共同ニ係ルトキハ、管理者ヲ定メ当庁ニ届出ツヘシ。之ヲ変更シア
ルトキ亦同シ。

(第11条、第12条も同掲上に同じによって省略する)

第13条 本則ニ依リ当庁ニ差出スヘキ願届書類ハ所轄警察官署ヲ經由スヘシ。

第14条 本則第8条ノ命令ニ従ハサル者、並ヒニ許可ヲ受ケスシテ鉱泉ノ穿堀浚渫、又ハ鉱泉事業ヲ為
シタルモノハ20日以内ノ拘留又ハ20円未満ノ科料ニ処シ、第4号第6号ニ違背シタル者、同条第1号
及至第3号第5号第7号及至第9号ノ構造設備ニ適合セサル浴場ヲ使用シタル者、第5条及至第7条
第1項第7条ノ2第1項ニ違背シタル者、又ハ第7条第2項、第7条ノ2第2項ノ命令ニ従ハサル者
ハ5日以下ノ拘留又ハ5円以下ノ科料ニ処シ(以下 省略)

3 前掲『警察史』に見られる批判

「鉱泉取締規則は不法成り」との批判

(前掲『警察史』P. 1382～3より全文転載)

- ① 明治民法上の規定(第207条)に「所有権は土地の上下に及ぶものであるから、たとえば鉱業法の如く特別の法律がない限り法律に拠ることなく、その使用収益の自由を侵害されることは明治憲法上から

も許されない、とするのである。

このように、自己所有の土地を穿掘して鉱泉を得る行為に対して制限ないし禁止される理はないとする見解に対して、「鉱泉取締は不法に非ず」とする見解もあった。

その理は、明治憲法にも明白な規定があるごとく「公共の安寧秩序を保持、および臣民の幸福を増進するためには必ずしも法律に拠らずして天皇において必要な命令を発し(注一天皇の大権事項の1つ)、又は発せしむることは帝国憲法の明文にして何らの疑義を存することはない」というにあった。(注一・点は報告者、以下同じ)

② 今1つの批判は、およそ次のようなものであった。

一鉱泉取締規則は知事の発した命令なるが故に、これが上級官庁としては、その事業を行なうも何ら羈束きそくされることはない、とする。

すなわち、鉄道の駅舎は鉄道省の所管、陸海軍病院は陸軍省・海軍省の所管であるから、各その所有者において上級たる官庁自らが為す行為について下級官庁たる「府県知事の取締を受くる理なし」とするのであった。

これに対する県当局の態度は、土地所有者および鉱泉掘削の行為者がたとえ上級官庁自身であったにしても、その官庁本来の権力行為以外における「一般権義(注一権利と義務)に基く行為は、常に国法の下においてのみ能く為しうるものにして一般国民と何ら異なることなく、その場合は常に(一般)法人として1私人の立場において為すべきものである」というのである。

4 「鉱泉法」(仮称)の運動

前掲『大分県警察史』の鉱泉取締法規に対する批判資料と並んで、当該「規則」の制度的矛盾と不合理性に対して、これに代替する「鉱泉法制定」の動きが県内外にあったとする批判論稿の紹介も、当該誌が『警察史』であるだけに注目を集めるであろう。

もっとも、その概要は温泉資源をもって「公物」(公権)とみなし、国家の管理(権)のもとに置くべしとする趣旨である。ここでも、その掲載の全文を再録しておこう。

一「鉱泉は鉱物と等しく国家の所有として国家において保護し、または管理すべし。宜しく鉱泉法の如き法律を制定すべしとして、別府市有志間にその声を挙げ、或いは政府当事者に、或いは衆議院等に対してこれが運動を開始し、すでに一部有識者間において相当賛意者ありと聞けり。」

5 参考資料——①②③

① 文部省第96号 通達 明治6年7月3日付

其ノ府県管下、温泉コレ有ルニ於テハ別紙雛形ニ照準シ至急取り調べ、且、従前分析等致シ候分ハ、ソノ書類トモ差シ出スベク、此ノ段届ケ出スベキ事。

(雛形) 何府県管下、何国何郡何町村、或ハ何山河河浜辺温泉

- 1 何年号、干支、何月ヨリ湧出ノ次第
- 1 湯底砂地、又石敷、板張等、凡テ湯床ノ模様、且ツ海辺何辺ニテ洪水潮水ノ妨害有無ナド明細
- 1 源泉ノ数、及ビ其ノ広狭、且ツ湯床ノ数明細
- 1 温度何十何度、検温器ハ世上通常行ナワルル所ノ寒暖計ヲ用フベシ
- 1 従来ノ土人(注一地域の原住民のこと)云ヒ伝ワル所、何病ニ功アルノ訳並ビニ縁起等明細
- 1 入浴病客ノ概数
- 1 温泉廃止ノ箇所、及ヒ未ダ聞カザル場所トモ其ノ温度広狭、源泉ノ数、且ツ其ノ廃止等ノ所以詳細
- 1 従前分析致シ候ハ、何年号干支何月、何府県何某、或ハ外国人何某分析ノ訳

1 従前、税金^{なにほど}何程、但シ無税ノ箇所ハ其ノ訳

右之通り御座候

(以上)

② 文部省 第128号 通達 明治6年10月20日付

本年当省第96号雛形ヲ以テ温泉取調ノ義致シ置キ候処、猶一般ノ鉱泉取調べ入用候条、冷泉ノ分モ右雛形ニ照準シ、有無早々届ケ出スべく、此ノ旨更ニ布達候フ事。

但シ、第96号雛形ノ外左記ノ通り増加申出ツ可キ事

1 冷泉ノママ暑中入浴、或ハ之ヲ温メ4時入浴スル等ハ其ノ次第詳細、並ビニ病客員数^{びつりい}月計年計

1 冷泉ヲ採酌シテ売捌キ候向キハ、其ノ売捌量数、代価金額トモ月計年計

右明治3年庚午ヨリ同五年壬申マデ3ヵ年分

1 何年号干支(注一12支のこと)何月ヨリ湧出ノ次第

1 湯底砂地、又石敷、板張等、凡テ湯床ノ模様、且ツ海辺何辺ニテ洪水潮水ノ妨害有無ナド明細

1 源泉ノ数、及ビ其ノ広狭、且ツ湯床ノ数明細

1 温度何十何度、検温器ハ世上通常行ナワルル所ノ寒暖計ヲ用フベシ

1 従来ノ土人^{どじん}(注一地域住人、すなはち北海道原住民アイヌ人の蔑称)云ヒ伝ハル所、何病ニ功(注一「効」の間違いか)アルノ訳並ビニ縁起等明細。

1 入浴病客ノ概数

1 従前分析致シ候ハ、何年号干支何月、何府県何某、或ハ外国人何某分析ノ訳

1 従前、税金^{なにほど}何程 但シ、無税ノ箇所ハ其ノ訳

右之通り御座候

以上

③ 鉱泉分析試験ニ関スル件

明治9年8月25日付 内務省 第44号

司薬場設置以来、鉱泉分析試験ノ義、追々申出候向キ之有リ候処、其ノ採酌法宜シキヲ得ザルヨリ往々其ノ成分変性シ、就中、遊離気類^{なかくずく}之有ルモノニ至リテハ多少蒸散ヲ免レズ、其レガタメ精密ナル試験難ニ及ビ候条、同場事務ノ緩激ヲ図リ試験主任ノ者ヲ派遣シ、実地ニ就テ試験セシメ候上、運搬ヲ要スル分ハ採酌法等詳細示談ニ及ブ可ク候条、其ノ節マデ差出シ見合セ申スべく、此ノ旨相達シ候事。

以上

3 「大分県鉱泉取締規則」の講釈

(1) 行政命令(県令)であった「県鉱泉取締規則」

第二次世界大戦まで施行されていた「県鉱泉取締規則」の法的性格は、既述のとおり行政機関が発する命令(行政命令)であり、国会(戦前にあっては帝国議会)で立法した、いわゆる法律規範の形式のものではなかったのである。

上掲『大分県警察史』の当該鉱泉規則批判①に示された見解は、旧前の「鉱業法」(明治38年制定・法第45号、現行「鉱業法」は昭和25年・法第289号)のごとく、国会で成立した法律に拠ることなく、県令の形式で取締することは「(土地所有権者の)使用・収益の自由が侵害される」ことになり、明治憲法(第27条)違反ではないか、との論旨であった。そのため、別府市民の間でもすでに戦前、県規則で取締るのではなく、正式の法的手続きを踏んで成立した「鉱泉法」(仮称)のごときものを制定して然るべきではないか、との世論が存在していたことは我々の興味を呼ぶところである。

また、同批判②のように府県知事の発する「命令」は天皇の大権事項であること、一方では、国家組

織権に準拠する内閣の上級官庁(とその下級機関)の実施する諸事業(経済的行為)に対して法的拘束力は及びえない、とする。戦前、別府市内にあっては傷病兵の医療機関として陸軍病院(現在は国立療養所・西別府病院)や海軍病院(同国立別府病院)などがあって傷病軍人の温泉治療が実施されていた。これら中央官庁の上級機関でおこなう諸温泉事業は、組織上は下位の地方公共団体(道府県)公布の行政規則には羈束(拘束)されないとする見解も、あながち無視できないところであろう。

参考までに記すなら、先述の「陸軍病院」の来歴は明治45年2月1日創立のこくら小倉(現在北九州市小倉)衛戍病院別府分院(当初は大宇別府字田の湯区2913番地)であり、日露戦争後の広島第5師団・熊本第6師団・久留米第12師団の傷病軍人が収容されていた(『別府市誌』昭和8年刊)。一方、亀川町所在の「海軍病院」の創設は大正期も末期の同14年1月18日で、海軍省の計画では石垣村(当時の中須賀)か亀川湯の森の2ヵ所を選んだが、源泉地(柴石温泉)からの引湯管工事の都合で現在地に変更した、という。大正9年より整地にかかりカマド八幡下一帯の用地面積は1万6618坪(5.5ヘクタール)であった。昭和に入り満州事変、日中事変、太平洋戦争と戦争の激しい世変の中で増築を重ねたが、戦争中は収容しきれなかったと伝えられている(昭和60年版『別府市誌』ほか)。

(2) 警察国家時代の遺制

叙上のように、当該「鉱泉取締規則」公布の適否をめぐる相反する批判は、明治憲法上の解釈論をめぐって法曹関係学会でも指摘されてきたものであった。――

温泉にかかわる権利、すなわち、いわゆる温泉権がそもそも「公権か私権」のいずれに属するかの基本的論争であり、また温泉行政と称する以上、行政法学上の基本命題でもあった。公権力の観念を中心として考えられる公法関係では、行政庁が人民に対して「命令」したり、また「強制」したりするような権力を行使する場合、私人とは全く異なった立場にある以上、私法の適用を受けず、公法によって支配されることになるというのである(行政学上では「羈束裁量行為」と呼ぶ)。

これに対して、行政の作用であっても、このような権力を行使しない場合、ことに私人の行為と同様な「経済的行為の性格をもつ場合には、私人と同様の法に服させるのが合理的である」ということになる。このような論理は、その形は、理論的思考の結果のように見える。しかし、その実質は、むしろ歴史的・社会的に規定されるものであった。すなわち、上に見てきたような日本での法の態度は「ドイツ流の大陸法的公法の考え方に大きく影響されている」のであるが、ドイツにおいてそのような考え方が成立したのは歴史的な由来があったのである。この点については、――

警察国家時代17～18世紀のヨーロッパでのドイツやフランスにおいては、国家権力の発動は法的に制約されず、人民はこれに対抗する権力を有しなかった(同上「特別権力関係」)。警察国家の時代がすぎ「法治国体制」が成立すると、国家権力の発動に法規の枠がはめられることになり、国家が私人と同じような経済的活動をする場合には私法によって規律されるとする考え方が成立したのである。当該「鉱泉取締規則」も、ドイツの警察国家時代の伝統を容認し採用したが、第二次大戦終戦後のコペルニクスの政治の転換で、英米法類型の「非権力的公法関係」に改められたのであった(前第54号の拙稿(上)Ⅲ・Ⅳ、並びに岩波講座『現代法4』参照)。

ちなみに上掲の「特別権力関係」の法概念について解説しておきたい(法学辞典)。

一般権力関係または一般統治関係に対立する概念。「一般権力関係」とは、国又は公共団体とその一般統治権に服する者との関係であって、そこには法治主義が妥当するとされるのに対して、「特別権力関係」では、特別の法律関係(法律の規定または相手方たる当事者の同意)に基づき、公法上の特定の目的のために必要な範囲と限度において、特定の者に包括的な支配権が与えられ、相手方がこれに服従する関係であって、そこでは具体的な法律の根拠なくして命令・強制・懲戒がなされる(「法律の留保の排除」とよぶ)、とする。

その例としては、一般会社の勤務関係と異なる「公務員」の勤務関係、「国公立学校」の在学関係（私学とは異なる）、「国公立病院」の在院関係などが挙げられる。このような理論については、法曹学界でも近時強い批判がなされている。

法学辞典では、以上のように論述している。当該「特別権力関係」が理論概念として激しく裁判で論争されたのは、昭和40～50年代の「公務員の労働争議」などであった。旧国労(国鉄労組)の汽車ならぬ電車のストライキや教職員のストなどを想起すれば充分であろう。

(3) 実体法規でない戦後の「温泉法」

第二次世界大戦での敗戦で、日本国は神権天皇制国家(明治憲法体制)が崩壊し、民主国家・主権在民・平和志向へと大きく転回した。

前掲県鉱泉規制を形式的に踏襲する当該「温泉法」(昭和23年制定 法第125号)の法的性格は、どのような点に特徴が見られるのであろうか。元来、それは衛生取締の行政法規であるが、まず本節の課題名が示す「実体法(規)」の講念から講説を加えることにする。

法学辞典(末川博編)をひもとくと「実体法」とは①法律関係そのものについて規定する法、すなわち権利と義務の内容はどのようなものであり、②それは歴史的・社会的要因でどのように変動展開を遂げ、③どのような主体に帰属し、また④どのような法的効果をもつかなど「一般に権利と義務の実体を規定する法」と定義している。その具体的な例示として民法・商法や刑法などが挙げられている。

参考までに、さらに解説を加えるなら、この実体法に対するものは「手続法」である。これは実体法の運用の手続き、とくに権利と義務の実質的な内容を実現するためにとるべき手続・方法を規定するのが手続法なのである。実現されるべき権利・義務が私法上のものであるときは「民事訴訟法」(略して民訴法)、刑事上のものであるときは「刑事訴訟法」(同刑訴法)となる。手続法はまた別名で、実体に対する手続形式であることから「形式法」と呼ばれることもある。

当該「温泉法」が実体法の性格を持たないとすれば、それはどのような内容のものであるかについては、稿を改めて述べることにしたい。

(4) 規範の対象―「鉱泉」と「温泉」の概念区分

大分県鉱泉取締規則の制定時(明治末期)、内務省警察部(実務執行は管轄の府県別警察部)の取締りの対象としたのは、まさしく「鉱泉」であった。上掲『県警察史』の編成並びに記載内容が示すように、国民(実は「臣民」)の保健と社会の安寧という公共福祉の視点からする警察行政の一環に取り容れられたものであった。当時、温泉もまた広義の「鉱泉」の範疇(ギリシャ語カテゴリの訳、もっとも一般的基本的概念で例えば実体・因果関係・量・質など)の中に包括された種別概念の1つとして(学問的)認識がなされ、かつ当該規則の中に体系づけられていたのである。

筆者(大野)が思うに、事物の種類によって分ける(類別)手法として、その「種」の区分を徹底的におこない、事物または認識を整頓し、かつ体系づけることが肝要と考える(知識成立上重要視される基本的研究行為ではあるまいか)。この点、生物を分類する「学」=分類学は生物学にとって基礎をなし、博物学の主要分科として発達してきたと説かれている(『平凡社百科辞典』)。

では、そもそも「鉱泉」(もしくは鉱水)とは何か。何を特性とした「泉」(出水、地中から湧き出る水または湯―「広辞苑」)であろうか。そしてまた、どのような分類がなされるのであろうか。再び辞典をひもとくと「鉱泉とは鉱物質、またはガスを多量に含む泉」と概念規定している。「鉱泉」という基礎的概念の内包を構成する本質的属性は、あくまで鉱物性にあるとする。そして、この合理的区分による種別概念として単純泉・塩類泉・酸性泉・硫黄泉などが示されている。

これに対して、「温泉」とは、いかに解されるであろうか。上述の鉱泉の中で「温度(水温)」による

分類が基本的属性と考えられる。じじつ、辞典は「温泉とは、地熱のために平均気温以上に熱せられて湧出する泉」とあり、さらに「多少の鉱物質を含み、浴用または飲用として医療効果を示す」とも説く。また、温泉法では温泉の定義を法社会的に詳細にしている(第2条)。これには地中の鉱物成分の相異より硫黄泉・炭酸泉・食塩泉・鉄泉(硫酸泉)などが列挙されている。

当該「県鉱泉取締規則」は、明治維新直後の文部省通達(明治6年7月3日付第96号、同年10月20日付第128号参考資料)によって全国各地に存在した「鉱泉」の分布状況の実態調査にのり出し、報告書を提出させたのであった。太政官では、いち早く欧米先進国の衛生行政の先例に習い「文明開化」の一環として取り組み、分析試験場(試薬場)まで設置してその対策を講じたことは、衛生行政史上、やはり肝に銘じておくべきことであろう。

4 当該『規則』制定時の歴史的背景

本課題「大分県鉱泉取締規則」が制定されたのは、明治も末年の45年6月5日付けの県令第32号であった。県全域での温泉を範疇(カテゴリー)に含む「鉱泉」の関係資料を実態調査をする時間的余裕がないことから、本章では、あえて<別府温泉(広義)>の地域に限定して当時の歴史的・社会的背景を記述することにしたい。この段、会員諸兄の了承を願いたい。

なお、県温泉研究会の会報誌でも、かつて過去に何回か報告してきた。さらに別府市の郷土史研究会『別府史談』創刊号(昭和62年度号)と同じく第8号(平成6年刊)においても拙稿「別府の行政事情」(明治前期・後期)に紹介報告しているので、関心をお持ちの方は参照して下されば幸甚である(別府市立図書館所蔵)。

(1) 『速見郡村誌』に見られる「速見の湯」

明治維新当初、豊後国は全域が廃藩置県(同4年7月)により「大分県」に、豊前国の1部である2郡(下毛郡と宇佐郡)は小倉県(のち同12年福岡県)に編入された。この郡村制編成のおおかたが整備されたのは明治8年(1875)で、速見郡役場が日出町に設置されたのを機に加藤賢成(日出藩士、教育者兼医師)が編纂したのが『速見郡村誌』であった(当初はガリ版刷り、のち18年に活版印刷された)。

それを見ると、浜脇村の人口は2439口(男1218、女1641)に対し、別府村の人口は3182口(男1541、女1641)とあり、両村で合計5521口に過ぎない。ここで興味を呼ぶのは明治当初、人口数を「口」で示していることであるが、後年に何名(人)と呼ぶように統一したと考えられる。戸籍調査で一番早かったのは明治5年(1874)2月実施の「壬申戸籍」であった。これによると大分県(宇佐・下毛の2郡を除く)の総人口と戸数は下の通りである(『県治概略』)。

戸数 11万5800戸 人口 56万2156人

このうち、9割を越える人たちが農業就労者(第一次産業)で、別府近郊の村々でも農業が主体であった。もっとも、天然湧出の共同浴場(部落湯)の近くに住む一部の人たちは、農業のかたわら湯治客相手の入湯宿を営んでいた。このように多くが農業で生計をたてていた事実は、各村の牛馬の家畜数の上でも実証されている。すなわち、上掲書を見ると、下記のとおりである。

別府村	牡牛	113	牝牛	225	合計	338頭
	牡馬	22	牝馬	13	合計	35頭
浜脇村	漁船数	67艘 (別府村—15艘)				

同21年度の「大分県統計書」によると、浜脇村の漁家数は62戸(家族数280人)、うち地引網61、手繰網船8、雑網船6、釣船18と記載されている。明治中期まで、別府村のほうは農業のかたわら、温泉営業で生計をたてる家が多かったのに対して、浜脇村では旅籠(1部遊郭)と漁家が中心であったと考えら

れる。浜脇は地勢的に平地面積が少なく、田畑の面積も少なかったことに基因すると考えられる。この漁業に関しては「所謂網元は、まず浜脇に始まる」とまで記され、その温泉利用の歴史も明治末期までは、浜脇の方が主流であった。徳川末期での漁場(漁獲)紛争でもその後の争いでも、しだいに経済的に優位を占める別府村、さらに石垣と亀川沿岸の漁民との勢力争いになったと思われる。

なお、特記すべきは明治創建期、大分県の勸業殖産施策の1つに「温泉」利用が取り上げられていた。温泉利用が地域住民の利用から湯治客中心に、さらに温泉町(市)へと躍進する。

大分県庁に財政を担当する租税課が置かれ、その中の勸業掛(係)が勸業施策を担当することになったのは、同じく明治5年(1872)3月のことである(『大分県史』近代編1、通算第16巻)。多くの農民から税金を徴収し県財政をうるおすためには諸産業を興し(殖産興業)、そのためには原初的な第1次産業たる農業を充実し、とりわけ「特産品」を作ろうというのであった。今日まで永年つづいた平松県政の「1村1品運動」のはしりであったと考えられなくもないだろう。

先述の勸業掛(のち勸業専務と改称)で取り上げた諸施設は当初「養蚕・製糸・職工」の3窓口であった。同8年からは「栽培・牧畜・製茶・鉱山・会社・県税・温泉」の諸分野に拡げられた。この末尾の「温泉」の項目は、前述したように浜脇と別府、それに近郊の別府八湯で入湯宿を営む温泉関係業者のことを配慮してのことであることは、ここに記するまでもないところである。

この当時、郡下の別府村近郊の各村の「旅籠」と「木賃宿」の軒数も記録されている。

- ・別府村 21軒
- ・浜脇村 30軒
- ・鶴見村(照湯・明礬) 10軒
- ・鉄輪村 34軒
- ・亀川村 8軒

とあり、年間浴客数は「およそ二万千人」と誌す。また、同12年度から年度ごとに「大分県統計書」(大分県庁)が出刊(ガリ版刷り)される運びとなり、それには戸数・人口・牛馬数・産物から漁船数・人力車などまで各種の統計数字の資料が残されている。2年後の同14年次からは県内の案内地図「大分管内地図」も登場し、それには別府と浜脇の2温泉場が大分・日出・杵築の城下町など県下15カ所とともに図指されており、県下で初めてのことはないかと『大分県史(第16巻)』は誌している。

明治17、8年ごろに活版印刷されたとされる佐藤蔵太郎(佐伯藩士、のち作家・郷土史家、晩年に豊州新報と大分新聞の主幹を勤めた。安政2年生、昭和17年没)の手に成る『別府温泉記』には、当時「速見の湯」として共浴施設の名が挙げられている。それには一

- ・別府温泉— 竹瓦温泉 楠温泉(別名、高札場の湯) 田ノ湯温泉 不老泉 潮ノ湯(海岸砂湯)
- その他
- ・浜脇温泉— 東ノ湯 西ノ湯 薬師湯など
- ・鉄輪— 渋ノ湯 蒸シ湯(蒸シ風呂) 蓼原湯 浮湯など
- ・鶴見— 照湯(小倉) 丘ノ湯(小倉ノ湯) 明礬湯 今井ノ湯(竹の内) 谷ノ湯(北中)
- ・亀川— 蕩耶泉 四ノ湯など
- ・内かまど— 御夢想湯 潮湯(海岸砂湯)など
- ・野田— 赤池ノ湯(血の池地帯) 蒸シ湯など
- ・南立石(堀田)— 東ノ湯 西ノ湯など

明治も20年頃になると「大小ノ客舎(宿屋のこと)は70余戸、貸席を営む者20余戸、年中の浴客は実に3万人にも及べりという。土地の繁昌又想ふべし」(上掲『温泉記』)というまでになった。

(2) 各種取締規則の公布

出で湯の町、別府と浜脇の両温泉場も、明治20年以降は温泉利用の社会的秩序がしだいに変容していく。近代国家建設の上からの、地方公共団体の育成という行政視点から制定された「町村制」(旧制)施行は、同22年4月のことである。明治憲法、正確には「大日本帝国憲法」の施行はその翌年のことであった。

町村制施行の4年後、すなわち26年4月に浜脇・別府の2村は「町」制を敷く。爾来、両町は湯治場として競争関係に入り、往年知名度の高かった浜脇温泉は後発の別府温泉(別府八湯の1つ、狭義)より優位に立ち、源泉口はもちろん宿屋数、貸席数、土産品店・商店数なども多かったが、自然的要件としての立地居住地面積が狭隘であったため人口は少なかった。経済的(社会的)優位性は、地の利を得た別府温泉が実力をつけてきて漸く均衡を保つようになり、両町の合併が実現をみるのは明治30年代も末年の同39年4月のことであった。

次に宿屋街などの発展状況を見よう。一

一般に「湯屋」と称される入浴施設の取締りがなされたのは明治18年7月6日の布達(本県甲号第54号)であった。その後、何回か改正されて整備されたのが同32年8月の「湯屋営業取締規則」である。当該規則は全文20条から成るが、具体的な主な事項のみ抜粋してみると一

- ・営業廃業には所轄警察署又は分署に願ひ出て鑑札を受けねばならないこと(第2条)
- ・浴槽・洗い場および脱衣場は男女の区別をすること(第8条)
- ・湯の温度は華氏の120度を超えてはならないこと(第13条)
- ・薬湯はその効能や禁忌等を浴場並びに戸外に掲示すべきこと(第15条)

これらの取締りの内容は当初、主として構造物の上に重点が置かれていたが、時代の進展に合わせて漸く風俗と浴客の保安にまで規模を整備し、とりわけ風俗取締一男女の混浴一がきびしくなっている。具体的な内務省令第25号布達(明治33年5月24日付)の文面を次に掲げる。

営業浴場ノ風俗取締ニ関スル件

「客ノ来集ヲ目的トスル浴場ニ於テハ12歳以上ノ男女ヲシテ混浴セシムルコトヲ得ス
前項ニ途背シタル営業者ハ25円以下ノ罰金ニ処ス」

湯屋の営業規則につづいて、「宿屋」の取締規則を見ておこう。湯屋目的の宿泊者が多くなると、いきおい社会秩序の保持と平穩が要請される。当時の警察の行政指導は一

「宿屋の営業たるその家屋は、宿泊人その者にとって一夜の安住地である。従って、これが安寧秩序と危害の防止とはつとに取締当局の意を注ぐ所以なり」

これに先だつ明治維新直後の同5年(1872)の「旅人宿屋云々達シ」につづき、同11年「旅人宿仮心得」が出されている。その第1項には、次のように記されている。

「旅人営業ノ者ハ单身ノ旅客ト雖モ故障ナク宿泊セシメ、何人ニ拘ラズ懇切ニ取扱ヒ、芸娼妓ヲ勧誘シ、客人ヲシテ浪費セシメサル様注意スヘシ」

同時に、これまで通り旅人の原籍、姓名、年齢等を帳簿に記し、取調べの用に供するように命じている。のち明治22年7月15日公布の「宿屋取締規則」のうち、主要な条文のみ次に掲げてみよう。

第1条 宿屋ヲ分チテ左ノ3種トス

1 旅人宿 2 下宿屋 3 木賃宿

第2条 宿屋営業ヲ為サントスル者ハ、其ノ種類並ニ営業ニ供スル建物、坪数及ビ間取りヲ記シタル図面ヲ添へ、所轄警察署へ願出テ免許証ヲ受クヘシ

第3条 旅人宿トハ旅籠屋、船宿、荷主宿ヲ云フ

第24条 下宿宿トハ1ヶ月膳料、座敷料等ヲ約定シテ寄宿セシムルヲ云フ

第29条 木賃宿営業ハ場所ニヨリ許可スヘシ

ここで、若干の解説を加えよう。

木賃宿の「木賃」とは木銭で薪代のこと。昔(徳川期)、旅人は自ら米を携え、炊くべき薪代を支払っ

て宿泊していたことに由来する。宿泊賃の安価なのが、俗にいう「木賃宿」であった。ちなみに現在、旅館業法(昭和23年制定法138号)では、その類別として①ホテル営業、②旅館業法、③簡易宿泊所営業(世間というカーテル、モートルの類)、④下宿営業などに分けられている(法第2条)。

ところで、明治末期(41年現在)の2町合併後の別府町では宿屋数は110軒、その大半が木賃宿か旅館と木賃との兼業であった。やや詳細に記すなら、旅籠専業はわずかに6軒、木賃宿が58軒、残り46軒が木賃兼旅籠であったとされる(同41年刊の加藤十次郎『豊後温泉案内記』)。

この「案内記」によれば、旅籠屋の料金(表)は施設や食事などにより1～7等級に分けられており、1等(3食^{まかない}付き)3円、以下50銭あて下り、最も安価な7等が50銭であった。一方、木賃宿の等級は甲・乙・丙・丁の4段階に分けられており、部屋代の外に貸蒲団は2銭5厘以上10銭以下、蚊帳は3銭以上15銭以下、呉座(夏分に使用する)など必要な品は必要なだけ借り受け、自炊するというのが建前であった。

つづいて貸席と芸娼妓の取締規則を見てみよう。この営業は、宿屋たる旅籠よりも早期であり、取締の初見は明治11年(1878)のことである。

もともと「貸座敷規則」と「芸娼妓規則」とは別個であった。両規則が1本化されたのは同18年の「貸座敷芸娼妓規則」がこれである。これらの規則で、県下での営業免許地は下記の5カ所が指定されていた。

- ・速見郡別府港(別府村) ・同浜脇市街(浜脇村) ・海部郡関港(佐賀関村)
- ・同郡下ノ江港(下江村) ・大分郡大分港(大分町)

ここで、これらの営業許可の条件を述べると、貸座敷に必要な鑑札料は業者が50銭、芸娼妓は5銭、賦金(営業税)として1ヶ月1人につき2円、芸娼妓の芸妓は1円50銭、娼妓は50銭であった。なお、娼妓の営業許可年齢は15歳以上、芸妓は客をとることは禁止され、営業時間も日の出から午後12時までとなっていた。娼妓はまた月3回の^{ばいどく}梅毒検査を受けることが義務づけられていた。

参考までに解説を加えるなら—木賃宿の「木賃」とは木銭で、すなわち薪代のこと。徳川期までは、およそ旅人は米を携帯し、薪代を支払って旅籠に泊まっていたとされる。食糧(主に米)を持参して燃料費(木賃)を支払って木賃泊りすることから、この用語が常用化したといわれる。明治期に入って安価で泊まれる安宿をいうようになったが、第二次大戦後の食糧難(1日の配給米は大人1人当り1合2勺)時代、修学旅行や甲子園野球の選手たちは靴下に米を詰めて宿舎に持参したという経験者も会員の中にはいるのではないか、と思う。

なお、加筆するなら、明治20年度の芸娼妓の数は、芸妓が186人、娼妓は116人、合計302人(但し、全県)。これが明治末年(45年)には芸妓560人、娼妓270人、合計830人となっている。これが大正期になると、第1次世界大戦の好景気でさらに増大をみるのである。

(3) 浜脇町と別府町の合併

明治21年(1888)4月1日に公布され、1年後の施行を目指した「(旧)町村制」は、近代国家にふさわしい地方制度として明治欽定憲法の発布直前に登場した。だが、その行政区画は、伝統的な農村の共同生活の実情を無視ないし軽視して、ただ統治の外面的形式を整えただけの「行政村への改革」に過ぎないものであった(拙著『学習憲法学』東大出版会参照)。

ところで町村制施行当時の別府2村の状況を見よう(明治22年4月当時)。

・ 浜脇村	戸数 776戸	人口 3208人
	村役場の位置	湯ノ上
	村長	矢田直策
・ 別府村	戸数 1033戸	人口 4677人

村役場の位置 北町
 村長 高倉駒太

両村の町制施行は、ともに4年後の、同26年4月1日のことである。年月日を同じうして「町制」を布いたのも、浜脇にとっては年来の別府への対抗意識があつたのであろう。戸数や人口において劣位に立つ浜脇町は、その後10余年、別府町と競って入湯町として速見郡内に着々として社会的・経済的基礎を固めていったのであった。

明治30年代後半、明治政府(内務省)は、時代の進展と経済力の伸長から全国の市町村で生活の実態に即する施策として「町村合併ノ趨勢及ビ方針」の通達を府県に示し、地方財政を確立するため町村合併を進めるよう指導した。このような全国的な行政事情の中で、大分県(小倉久知事)では同39年2月3日、浜脇町に対して別府町との合併案を諮問した。同町では、直ちに町会(議員13名)を開いて検討を始めた。遺された行政資料(「浜脇町役場事務報告」県立図書館所蔵)を参照しよう(要旨)。

議長を勤める浜崎丑治町長は、町民を代表する議員に対して合併による利害得失を説き、最大の実利は住民税が軽減すること、合併により入湯町として経済的効果が高まり、ひいては将来の繁栄が期待されることなどを縷々述べ、合併促進の決意を披瀝した。

平成の御世の現在でも、「町村合併」の実施は難問が多く、壁が厚いことも周知のとおり。明治後期では尚更のこと、両町の地理(地勢)的条件、歴史的背景、経済力から人情等までが壁になったようである。町議会での前掲資料でも「論客の佐藤綱五郎議員が熱弁をふるい……合併するにしても最低限、下記のような修正案が容れられねば認めがたいと強調した」と誌している。その修正案とは

- ① 新町名は「別府浜脇町」とすること
- ② 町有財産と負債とは現状のままとすること
- ③ 選出の議員数は両町同数とすること
- ④ 漁業(区画や操業など)については、従来どおりの慣行(注一旧慣)を尊重すること

であった。結果は、新町名は国(県)案どおり「別府町」に落ち着いた(施行時の国通達、県訓令第6号「人口の多い方を称する」)。②項の要求はいちおう容れられた。③項についても、同数の12名とすること。④項の漁業問題については藩政時代に2村漁民の間で紛争事件があり、さらに石垣と亀川との漁民の中にも紛乱が生じていたことから、この機会に再認識(合意事項取りまとめ)しておこうとするものであった。

こうして合併により、一転機を迎えた新「別府町」の全貌は人口1万4045名(同41年調査資料)となり、県下市町村の人口順位は一躍して第4位に進出した。

1位	大分町	2万9547名
2位	臼杵町	2万0923名
3位	中津町	1万8329名
4位	別府町	1万4045名

さらに大正期に入ると、同2年には早くも県都・大分市(大分町が「市」に昇格したのは明治44年4月1日)の3万8905名に次いで第2位に躍進する。

(4) 明治期の源泉数と利用状況

別府町が「市制」を布くのは、大正も終りの13年(1924)のことである。今年(2004年、平成16年)市制80周年を迎えた別府市では、旧野球場跡地に建設された総合体育館(通称マリーナ)で記念祝賀会が同年5月16日に挙行された。

それはともかく、市制10周年記念に市教員会が編纂したのが昭和8年8月25日刊行の『別府市誌』であった。注目すべき温泉関係資料として、次のような記載が見える。—

蓋し、別府における浴場は公設浴場以外、個人の邸宅内にある浴場、所謂「内湯」は当初甚だ少数なりき。明治21年別府村戸長(注一現村長)武田^{あきぞう}三の調査によれば……

として「当時、邸宅内に内湯を有する者」を次のとおり列举している。

- ・米屋(堀禮蔵)
- ・中津屋(国前賢治)
- ・煙草屋(荒金猪六)
- ・阿川屋(佐藤新市)
- ・若松屋(松尾亀四郎)
- ・国東屋(安部丈蔵)
- ・天満屋(安部三郎)
- ・筑前屋(井戸安次郎)
- ・住吉屋(永井永三郎)
- ・恩田(恩田友三郎)
- ・佐伯屋(甲斐元太郎)
- ・府内屋(日名子太郎)
- ・まるか(江上きぬ)
- ・豊前屋(小山守人)

つづいて、上掲『別府市誌』では、当該「県鉱泉取締規則」制定当時の温泉利用の実情について、その前年明治44年9月時に町温泉課による調査実数として、次のように記録している。

・町有温泉	合計	24個		
(内訳)	源泉	突き湯	17個	自然湧出
	浴槽数		104個	7個
・個人有温泉	合計	569個		
(内訳)	突き湯	559個	自然湧出泉	10個
	浴槽数	714個		

突き湯^{かすき}の上総掘りの技法と開発者については諸説あるようだが、いずれにしても明治20年前後と考えられる。元来、上総地方(カミツフサの転で旧国名。今の千葉県の中央部)で始まった江戸時代の井戸掘りの技術、それは割り竹を長く継いだ「へね竹」を数人で操作した技法で明治以降は国内で石油井の掘削にも用いられたという。現今のようなボーリング機械によるのではなく、人力によることから深度には限界があった。それにしても明治44年調査時点まで個人有源泉(突き湯)数が559個まで増加した(但し旧市内)とは驚きである。上掲『別府市誌』は、さらに次のように記述している。

是に於いてか、大分県は温泉掘削に制限を加ふるの必要を感じ、明治45年6月5日を以って、県令「鉱泉取締規則」を公布実施したりき。……昭和7年末(別府市温泉課)の調査によれば

公有温泉	82孔	個人有温泉	1174個	合計	1256個
------	-----	-------	-------	----	-------

と記す。明治44年神澤嘉一郎(町長)始めて温泉課を置き、同年12月18日書記高倉駒太を課長に補す。

以上の記載年月に先立つ温泉行政の一環として別府・浜脇2町の合併(明治39年)後の同42年3月の町会において「上等温泉取調規則」および「入浴人待遇方法」を議決しており、さらに同年8月の町会で「海岸砂場管理規程」を制定している。「これ実に温泉行政の嚆矢たりき」と昭和8年刊の前掲『別府市誌』は誌している。

(5) 明治期後半、別府を訪れた作家たち

明治期後半、別府温泉をとりまく自然環境(景観)は、原風景としては、今日とさほど変わらないと言ってもよからう。大きく変わった2点といえば、おもに海岸部に多い高層建築物と、今1つは社会環境として町並みを歩く観光客が目立って少なくなったことではあるまいか。

今日まで別府を訪れた文人墨客は数多い。明治後期、文学界では「自然主義」が提唱されていた。

しばらく、一般論として「自然」と「環境」の問題性を考察(学問的認識)してみたい。自然を畏敬し信仰したのは人類の歴史の中でも早く、古代人とその社会生活に始まる。「自然神」の対象とされたのは、それらに摩訶不思議(「摩訶」は梵語の音字、仏語で大きく勝れたさま)な靈魂の存在を認める信仰(アニミズム)で、たとえば巨木・巨石(岩)・火山・湖などから蛇・虎・狐・狼・獅子などの獣類、さらに自然現象の雷・地震・台風・豪雨など例示すればその数は多い。「自然崇拜」は、このように宗教の原初的形態の1つとされ、自然界の事物・現象に超人的威力(靈感・精霊)を認める信仰であった(『宗

『教学辞典』東大出版会)。

元来、「自然主義」とは、一般的概念としては「すべてを自然に帰し、自然にすべてを任せる立場」と規定している。人工・人為によって成ったものとする人類の「文化」に対して、おのずからなる生成・展開によって「本質の力としてのものの性(さが)、すなわち本性・本質」と解説している(『広辞苑』(第4版)岩波書店)。

一方、「環境」との関連での用語例では、都市公園(同法—昭和31年制定、法79号)に対する「自然公園」(同じく翌32年、法161号)は、周知のごとく国立・国定・都道府県立の3種に区分されている。「自然災害」の対立語は社会(人為、ときには都市)災害である。その他、「自然食」から「自然療法」、「自然死と尊厳死(若しくは安楽死)」も医学会で現今、社会問題化している。

つづいて法(社会)学の領域では、本報告課題の温泉利用の源泉は、周知のとおり「自然(天然)温泉」と「人工(造成)温泉」とに大別される。また、実定(人為)法に対する「自然法」は本来、人間の本性に基づく根源的な社会規範である。例えば平和への欲求や生命の尊厳などがこれに該当する。なお、自然法に認められた権利が「自然権」で、基本的人権の多くはこれに属して永久の権利とされる(『法学辞典』)。

さて、文学界での「自然主義」の概要はどうであろうか(沿革や歴史、内容)。—

19世紀末、フランス革命(1789～99ブルジョア革命)で人権意識に目覚めた仏国を中心に当該主義が起き、当時の思潮として「自然科学発達の影響を受け、人間を自然的環境と遺伝(子)によって因果律で決定される存在」と考えるに至った。現今では、人間の生死の問題や遺伝子(DNA)の科学的研究がマスコミ界でも論ぜられている。ところで、文学上の視点から人間の存在そのものを「(ありのままの姿に即して)理想化をおこなわず、醜悪・瑣末なものを疎まず、その現実を在るがままに写しとることを本旨とする立場」と解説を加えている(上掲辞典)。

明治後半期に別府を訪れた作家で自然主義文学の影響を受けたとされるのは、田山花袋・森鷗外・徳田秋声、それら菊池幽芳を挙げることができよう。幸いなことに前掲「別府史談会」の会員で先年、九州大衆文学賞を受賞されて日本文学に造詣の深い大塚俊英氏(田の湯町居住)の論稿(『別府史談』第10号の「別府を訪れた文化人たち」)があるので参照して頂きたい。せっかくの機会であるから、前掲3人の作家のプロフィールを見てみよう。

① 田山花袋(明治4年生～昭和5年没)

群馬県館林市出身。花袋の作風は「あるがままの現実を赤裸々に描写しようとした自然主義文学者。島崎藤村とともに明治文壇の先駆者」(大塚論稿、以下同じ)であった。彼はこよなく旅を愛し、37歳で明治41年の夏、二豊路の旅を思い立ち「別府の景観に魅かれ、極めて美しい場面」を別府の温泉(入浴)情緒に見出している。彼の代表作は「蒲団」「田舎教師」など。作品内の別府での記述内容は紙幅の都合で省略するが、当時の別府の文化人や諸施設についても触れており、興味がつきない(浅利良道、丸山待子ほか海地獄、自然景観や日名子旅館など)。

② 森鷗外(文久2年生～大正11年没)

島根県津和野市出身。東大医学部卒、軍医となりヨーロッパ留学。陸軍軍医総監・帝室博物館長、かたはら文学に造詣深く、欧米文学の紹介・翻訳、創作・批評をおこない、明治文壇の重鎮であった。主要な作品は「舞姫」「雁」「阿部一族」「即興詩人」など。

小倉第12師団軍医部長のとき、当時の豊州鉄道(私鉄)に乗って大分県庁を訪れた(徴兵状況視察)。「(豊後)四日市で下車(当時は終着駅)、その後日出て1泊、別府・大分で2泊……」。彼の『小倉日記』によると、日出からは人力車を雇い別府港を左手に眺めながら、豊岡—亀川—別府を経て「電機

鉄道」(別大電車のこと)で大分に向う。「……車制(製か)鉄道電車の如くにして、機関を鋪板しきいたの下に設く。天井に電灯球3あり。32を座せしむべし(座席数32の意味)。予の電機鉄道に上がるは是が初めとす(以下略)」。鷗外はこの時、38歳。ちなみに小倉衛戍病院(軍病院)別府分院(当初は現総合体育館アリーナの東周辺)が設営されたのは、この後(同45年)のことであった。

③ 徳田秋声(明治4年生～昭和18年没)

金沢生れ。旧制4高(現在、金沢大学)中退後、尾崎紅葉こうようの門に入る。わが国自然主義文学の第一人者として名を馳せ、晩年は私小説・心境小説の新生命を開いた。作品には「足跡」「黴」「爛」などがある(『新潮日本人名辞典』)。

秋声は32歳のとき、明治36年2月に大阪から船で別府を訪れている。病気の保養目的で滞在約1カ月の模様を「西の旅」「温泉記」と題して執筆した。もっとも、その時期は40年も後の昭和13年からである。別府滞在中に訪れたのは田の湯・竹瓦・不老泉、観音寺、鉄輪、明礬、海地獄・坊主地獄など、さらに朝見病院(入院先)のことも詳しく触れている。その内容は、つぎの菊池幽芳の新聞記事(次ページ参照)に類似している(大塚論稿)。

④ 菊池幽芳(明治3年～昭和22年没)

水戸生れで水戸藩士の子。小学校教員を経て、明治24年大阪毎日新聞に入社。新聞記事執筆のかたわら、家庭小説を書く。同32年の「己が罪」で一躍文名が上り、劇化されて新派悲劇の代表作となる。大正14年新聞小説界を引退。ほかに上記「己が罪」の続編「乳姉妹」などがある。

菊池幽芳は新聞小説を執筆するかたわら、初めて別府を訪れたのは明治40年秋の10月であった。このとき、彼は約半月を流川通りにある日名子旅館に滞在し、「別府繁昌記」を大阪毎日新聞に連載し、これを同42年に本にして出した。当時の毎日新聞の普及状況、そして全国に紹介した別府温泉の宣伝効果がどのようなものであったか、寡聞かぶんにして私は知らない(この件で資料や情報をお持ちの方は提供して頂きたい)。

明治期の文壇で今日の歴史に名を残した幽芳は、新聞記者として鋭い観察眼と表現力、社会の世相を見抜く洞察力、そのような文才の持主であったのであろう。つぎに『別府史談』第4・5号の「別府温泉繁昌記―日本一の温泉地」文中から1部を転載し、往時を偲ぶよすが(縁)にして頂きたい。文面(ルビも)は原文のままで、筆者の「三面先生」とは幽芳のペンネームのようである。

(資料) 明治41年6月(大阪毎日新聞)

別府繁昌記 ―日本一の温泉地―

三面先生〔文面はタテ書きで当時の新聞記事のまま〕

▲ 面白いところ

別府の町ほど面白い町は見た事がない。日本でも箱根だの熱海だの有馬だの武雄だの伊香保だの道後だの、いろいろ有名な温泉はあるが、別府ほど面白い趣味のある温泉場おんせんばが外にあらうか。別府はたしかに日本一の温泉場だ。いや実際世界にもあまり類の無い温泉地なのだ。併しそれほどまだ世間には知られて居ない。

なぜ別府は面白いのか、面白いのにもいろいろあるがまァだんだんに書いて見やう。まず、船が別府の港に着く、一この船は大阪からも行けば尾道から宮島を経ても行く。後に鶴見嶽を背負った別府の町を景色の善いのは別として、船が小さな築港の中は入ると一僕の行った時は去年(注―明治40年)十月初

旬浴客の少ない季節で、折柄干潮だったが、周囲を繞る突堤の下の砂からは頻りに湯気を立てゝ居るのが、丁度冬の川面に朝霧が立つたやうに見ゆる。また、港に注ぐ「流川」は温泉の川でこれがまた盛んに湯気を立て、海に流れ込んで居る。試みにその中へ足を突込んで見ると何とも云えぬ湯加減だ。これだけを見たばかりで、誰でも面白いところへ来たといふ感が起る。町へ上がって見るとまた頗る面白い。

▲ 自然主義の別天地

どの温泉場でも温泉の出る場処は極って居て、そこを湯元と称し、嚴重に保護されてあるが、別府は地の下を掘りさえすれば温泉なのだから別に湯元というところはない。別府は町中が湯の上に浮かんでいると云って善い。

従って温泉場は大抵どの町にも一ツ二ツ宛ある。實際それほど有るかどうかは知らぬが、歩いて見るとさういふ感じが起る。極端に云へば温泉で鼻が支える位で、今温泉場の前を通過して、人魚のやにうようよして居る裸体美人を垣間見て来たばかりなのに、おやまたこゝにもかと全く目を圓くする。五歩に一樓十歩に一閣といふが全くそんな風だ。それが面白い事にはみな往来にある。一寸した垣には隔てられてあるが通りすがりに大抵中が窺ける。窺かれても平気なり、窺いても平気だ。それほどに町のもの一いやこゝへ来るものは裸体馴れして居る。併し僕のやうな新参ものは却ってドキマギしてぼーっとなる。少ない時で千五百人、多いときには五千人の男女が生まれたままの赤裸々で昼となく夜となく砂湯や寝湯のなかで暮して居る。

別府温泉は全く他に類のないところで、或意味から云へば自然主義の別天地だ。

▲ 湯銭の入らぬ温泉場

面白い事には此町では湯銭を取らぬ。石畳幾十坪の湯三層の楼といふ堂々たる湯泉場もみな公開で無断に入って誰も咎める人がない。いつ如何なる時、真夜中であらうが、人っ子一人居ぬ時であらうが、誰と手を取って入らうが温泉場は年百年中おッ開かれて、来るほどのものを迎へ取る。王公であらうが乞食一尤も此町に乞食などは居らぬが一であらうが入る者は敢えて拒まず、みな平等にその滑らかな肌を抱いて温めてやる。銭を取るといふ温泉は一ツも無いのだ。旅のものでも知らぬものでも誰でもかでも行き当たりバッタリの湯へロハで入れるので一町を歩く、汗が出た、一風呂浴びやうといふと、どこにでも温泉があって、サアお入りなさいと待つて居る。

どの温泉も混々と湧出し一刻毎に水が變つて居るから何人入ろうが玉のやうに綺麗だ。別府は温泉の天国である。

▲ 田の中にも温泉一丸裸の女

床屋を出て町の裏へ抜て見る。道は鶴見岳の方へ爪先上がりに上って行く。何とも云へぬいゝ景色だ、名物生姜の作つてある畝の中を歩くと小流が紫ぼんだ暮色の間に藍のような蒸気を立てゝ流れて居る。流の上も下も見えぬが蒸気が目印になるので流の跡はちゃんと知れる。いよいよ面白いと思ひながら、だんだん上って行くと田や畝の間の池に四十ばかりの乳房の大きな女房が十四五の娘と乳呑児と十許りの男の子と一緒にその池の中に入っている。無論丸裸だ。驚きながら傍へ行って見るとそれは四坪許りの自然の湧いて居る野天の温泉なのだ。女や娘は恥らふ風情もない。温泉の中には大きな石がごろごろして居て底が見えて澄渡り、娘は基石の上に半身を横たへ半身を湯につけ居た。そこで僕は池の端の草株の上へ腰を卸して悠々と足を投出しながら女房に詞をかける。

▲ 田舎の樂園一混浴場

女房は裸のまま平気で僕の間に答へる。この田の中の温泉は九日天の湯と云ふのださうな。ついこの

野天の温泉の傍の畝の中にも、四間に三間程の周囲を櫺子窓にした建物がある。女房はそれも温泉だといふ。それではなぜそれに入らぬのかといふと野天の方は温度が低いからだといふ。そこで僕は件の建物の傍へ立寄ってみると周囲が櫺子だから中は見透しだ。すっかり石畳にして段々を下った底に二坪ほどの湯壺に温泉が溢れて居る。そして四五人の男女が中に入って居た。いずれ近所の百姓が野良を仕舞ってこゝへ浸ってるのだらう。云ふまでもなく誰でも入り次第、その上に男女混浴である。素より戸締まりなどはないから夜々中でも差支なく入れる。併し夜こゝへ明りが点くかどうかは疑問だ。暗でも湯に入れるからそんな詮索はどうでもいゝ。此辺の田舎へ行くと田畝の中によくこんな公開の小温泉場があるといふ。定めて背兄や姐さま達の楽園になってるだらう。

併し道に町はづれや場末の温泉でも別府の町内は湯壺の中へ申込だけの障害物一目かくしを拵えて居る。併し有っても無くても同じやうなものを拵えて置く。だんだん繁華なところへ来て、構への大きな堂々たる建物になるところの区劃がちゃんとして、男女混浴を禁ずの文字が麗々と貼出され男の入口と女の入口と、いや入口は大抵一ツだが中は嚴重に区劃されて居る。併しこの区劃は或程度まで裏へ廻ると無意味なものだから面白い。

▲ 頗る自然主義—これも「鴨」

明治三十年ごろまでは別府の湯は全然男女混浴で、混浴の禁ぜられたのは全く近年の事に属する。それまでは公然に許されて居たのだから随分いろいろの奇談があったらしい。鴨押などいふものは別府の名物であったという。

それは夜の十時過幾十坪の広い温泉場に人影の疎らになった頃、幾つかに仕切れた寝湯—何れ後で説明する—の中に仕切木を枕に各目適宜の間隔を置いて、土地の若者や血気の湯治客が、寝転びながら何ものかを待構へる。無論湯治一方の男女もその間に雑って居る。限ある寝湯の中はやがて人で詰ってしまふ。たゞ適宜の間隔だけが態と残してあるだけだ。湯はびちゃびちゃと仰向に寝ころんだ身体の半分を浸して居るに過ぎぬ。何ともいえぬいい気持ちだ。この時廣い温泉場の片隅に點って居るものは燻ぶった暗い洋燈一ツあるのみだ。幾十坪の温泉の中は朦朧として湯気のみ立ちこめ誰が誰やら少しも分からぬ。かかるころへ一人二人宛絶えず女の入浴者が来る。それが誰とも分らずに、件の『適宜の間隔』を見つけて入る。—いやあまり深入りすると自然主義になるから後は書くまい。これを稱して鴨押といふ。『鴨』といふ自然主義の小説も大方こんな處から飛出したことだろう。この鴨押を目的として湯治に来る男女が極めて夥多しかつたというが今はなくなった。併しそれは公然の事だ。随分鴨押にまけぬ事がある。

〔ルビは当時の新聞に付されていたもの。用字法も戦前のまま、例えば「よう」に→「やふ」に〕

▲ 出入りが軽便

別府には多数の小温泉場を外にして、田の湯、竹瓦の湯、楠湯、濱の湯、東(西)の湯などの大温泉場がある。近ごろ在来の名では有難味が薄いとて、やれ乾液泉の、不老泉の、靈潮泉の、清華泉のと、いやにチャンかった(注—中国風の意味か?)名をつけて居るが、こんな余計な早わかりせぬ名は別府の温泉には調和せぬ。在来の名で結構だ。その方に却って味がある。入浴客もみなその通りに呼んでいるから面白い。

いずれも前申す通り無料共同温泉であるが、田の湯の不老泉と西の湯の清華泉とでは別に特別の浴池があつて特別の方だけは料金を取って居る。その他は皆ロハで、ロハであるから出入りが軽便に出来て居る。従つて往来から中を覗き込めるといふ事になって居るのだ。ロハでありながら脱衣場の設備などはきちんとしてあつて、なかなか清潔を極めて居る。旅のものはこれが無料の温泉かと驚かすには居られない。こんな温泉場は別府以外にはどこにもあるまい。どうしてこんな立派な温泉場を無料にして経

済が立つかということはいづれ後で書こう。

▲ 迷宮的の町

別府についた翌日だったと思ふ。昼の間に一寸町長の日名子さんに案内されて町内の温泉場三ツ四ツのぞ窺いて見た。その時のスケッチを御覧に入れる。いやその前に一寸云って置くが、別府の町殊に濱脇などゝ来るとすっかり迷宮的で、どこをどう入ってどう出るのが八幡知らず(注—出口のわからないこと)へ迷い込んだやうで、一向方角がつかぬのだ。そしてきっと美しい化物の巢に突き当たる。始めて来たものには別府の町は一人では歩けぬ。別して温泉めぐりでもしやうとするには是非案内がいる。そこで僕も日名子さんを煩はした訳なのだ。

まず濱の湯といふのに行く。これは一番海濱に近いので潮時には潮が差すといふ。平常でも従って塩分を含んで居る。なかなか立派な建物で浴池は五六十坪の大きさはあるだらう。それを男女二区に劃ってあるが、丁度行って見た時には潮のさしている最中で、一番浅い浴槽にだけ二十人ばかりの女が入って居た。こゝの砂湯は塩を含んで居るため効能が一層顕著だといふので繁昌するさうであるが、地底を通じて潮がさして来ると深い浴槽へは入れなくなり、また温度もずっと下向するから入浴者は逃げて帰る。ここは別に潮の引いた時来て見る事にして早速立ち出る。

それから名は忘れたが、途中で二ツ三ツの小温泉を窺く。これは畝の中で見た温泉の毛の生えた位のもので、通るとちらちら男女の裸が見える。例の申訳の区劃がしてあっていづれも呑気といふ字を額に書いて入っている。

▲ 画絹の裸美人

それから楠温泉へ出た。これは一番古い温泉ださうで大きな楠の根から温泉が湧くところから名を得たのだといふ。今はその楠は株だけが残って居る。

ここを出て濱脇の方へ行く途中に寿温泉といふ往来の角に小さな新らしい温泉があったが、往来に面した入口が開放になってるので女湯の中は丸出しだ。良家の令嬢や若い細君とも見ゆる十七八から二十四五の女が四五人、今まで見て来た温泉の田舎風の女とはすっかり違った目立って白い艶やかな肌の色、ふっくりとした乳房、赤い手柄をかけた丸髻、お納戸のリボンをさした廂髪などがウッカリ通りかかった眼の前にパノラマのやように現はれた。往来はまだ日盛りで西を受けた温泉の中は隅から隅まで見え透く。それに女達は平気で入って居る。僕等が四五十分過てから帰りにここを通った時にも、この通り入口が開放してやはり前と同じ女の顔が薄く籠た湯気の中に画絹の裸美人を見るやうに見えた。

全体別府は呑気な町で町民も呑気なれば警察も呑気なもの。呑気なところに別府の価値はある。楽天地たる所以はこゝにある。若し町の人や巡査がせこせこして居たら誰も別府へ有難がって来るものは無くなるだらう。別府の繁昌策は呑気を以て第一義とし、浴客を呑気ならしめ、この楽天地に同化せしむるにある。実際こゝの湯治客の呑気さ加減といふものは想像もつかぬ程だ。

(添え書き)「県温泉規則」の講釈の章の1節に「当該規則と現行温泉法への系譜」として両者の関連性について論及する予定であったが、持病の腰痛がひどくなり、断念することにした。この点、お詫びしておきたい。

(資料1) 鉱(温)泉取締に関する地方庁令

No.	道府県	法 令 名	施行年月日(号)
1	静岡県	鉱泉ヲ発見シタルトキ又ハ使用セントスルトキシ法手続	明17. 7. 2 甲第80号
	同上	温泉地区取締規則	昭12. 4. 10 県令第22号
2	福井県	鉱泉穿堀禁止ノ件	明19. 5 県甲部第21号
3	石川県	鉱泉営業取締規則	明28. 12 県令第59号
	同上	温泉取締規則	明30. 12. 27 // 第83号
4	大分県	鉱泉取締規則	明45. 6. 5 // 第32号
5	山形県	温泉地区取締規則	大3. 11 // 第72号
	同上	温泉地区及掘さく制限深度	同上 // 第73号
6	愛媛県	温泉地区掘さく工事取締規則	大3. 11. 20 // 第66号
7	鹿児島県	鉱泉掘さく取締規則	大6. 9. 21 // 第24号
8	宮城県	鉱泉築取締規則	大7. 1. 25 // 第13号
9	兵庫県	鉱泉築取締規則	大9. 9. 5 // 第42号
10	島根県	鉱泉地区掘さく取締規則	大10. 8. 26 // 第37号
11	福島県	鉱泉取締規則	大12. 5. 26 // 第28号
12	群馬県	温泉取締規則	大12. 6. 22 // 甲第60号
13	長野県	温泉地区取締規則	大15. 3. 10 // 第25号
	同上	同 施行手続	昭2. 5. 23 県訓令第30号
14	新潟県	鉱泉浴場取締規則	大14. 8. 14 県令第31号
15	和歌山県	鉱泉工事取締規則	大15. 2. 26 // 第13号
16	京都府	温泉鉱泉取締規則	昭2. 2. 25 府令第21号
17	鳥取県	鉱区地区取締規則	昭3. 9. 21 県令第56号
18	神奈川県	温泉地区取締規則	昭4. 2. 19 // 第6号
19	福岡県	鉱泉規則	昭5. 7. 8 // 第39号
20	岐阜県	温泉地及鉱泉地掘さく取締規則	昭6. 6. 27 // 第32号
21	岩手県	鉱泉掘さく取締規則	昭6. 4. 8 // 第16号
22	岐阜県	温泉地及鉱泉地掘さく取締規則	昭6. 6. 27 // 第32号
23	宮崎県	鉱泉取締規則	昭8. 3. 17 // 第10号
24	熊本県	鉱泉取締規則	昭8. 3. 22 // 第12号
25	北海道	鉱泉取締規則	昭8. 8. 10 庁令第45号
26	茨城県	鉱泉地区取締規則	昭11. 4. 15 県令第13号
27	秋田県	鉱泉及鉱泉営業取締規則	昭11. 9. 9 // 第39号
28	山口県	鉱泉規則	昭12. 10. 22 // 第94号
29	佐賀県	鉱泉規則	昭14. 2. 26 // 第94号
30	山梨県	鉱泉及鉱泉営業取締規則	昭15. 4. 5 // 第25号
31	栃木県	鉱泉及鉱泉営業取締規則	昭16. 11. 21 // 第69号

(昭和16年末現在)

- (注1) 戦前唯一の学術書とされる武田軍治氏(東京控訴院判事)著『地下水利用権論』(昭17. 2. 20岩波書店)の附録(1)から公布の年代順に報告者(大野)が作成したものである。
- (注2) その特徴としては、鉱泉とりわけ「温泉」の開発史や利用の社会的必要性に因り当該「規則」が地方庁令として公布されたという点で興味を呼ぶ。
- (注3) 当該「規則」の名称に、すでに早期に温泉の名称を付している明治30年公布の石川県や大正3年の山形県(2件)ほかの社会的背景については、さらに調査研究をすすめることが必要と思われる。

【参照・引用文献】

- ・川島・潮見・渡辺編著『温泉権の研究』（勁草書房）
- ・川島武宜著『温泉県』（岩波書店）
- ・川島編修『注釈民法(7)』有斐閣
- ・川島武宜著作集『旧慣上の権利』（岩波書店）
- ・岩波講座『現代法4』（現代の行政）
- ・環境庁監修『逐条解説温泉法』（温泉法研究室）
- ・同上『温泉必携』（社）日本温泉協会）
- ・武田軍治著『地下水利用権論』（岩波書店）
- ・大分県警察部『大分県警察史』
- ・別府市編『別府市誌(昭和8・48・60年版)』
- ・大分県編『大分県史(第16～20巻)』
- ・拙著『学習憲法』『憲法の動態』（ともに東大出版会）
- ・辞典類—『法学辞典』『宗教学辞典』『大分歴史事典』『大分県歴史人物辞典』『大分百科辞典』『新潮
日本人名辞典』『日本史辞典』その他

大分県における湧水・地下水の水文科学的研究

日本文理大学環境科学研究所

河野 忠

要 旨

本研究報告は、大分県内に存在する湧水・地下水の水文科学的特徴や、その利用状況や水文化の特徴を明らかにすることを目的とする。

これまでの調査の結果、大分県内には800ヶ所以上の湧水が存在することが分かった。しかし、その存在の確認がとれたものは700ヶ所強であり、実際に採水できたものは418ヶ所であった。全体的な傾向をみると、大分県における湧水・地下水の分布は、水文科学的特徴から次の三地域に分類できることがわかった。

①湧水の数も湧出量も少ない北部第三紀地域、②湧水の数と湧出量が多く、水質も良好な中西部第四紀火山地域、③湧水の数が少なく、湧出量と水質がバラエティーに富んでいる南部堆積岩地域。また、中西部第四紀火山地域と南部には、集中して湧水が存在し、かつ大きな湧出量を有する地域があり、本稿ではそれぞれ①鹿鳴越湧水群、②庄内湧水群、③くじゅう湧水群、④竹田湧水群、⑤臼杵湧水群、と呼ぶ。

大分県の湧水に共通してみられる特徴の一つに、日本各地で一般的にみられる水船形式がほとんどないことがあげられる。特に2段以上の水船を持つ湧水は皆無であった。大分県北部国東半島の湧水と南部沿岸部や島嶼部にある湧水は、薬水・霊水としての水利用が卓越している。また、弘法大師にまつわる湧水が多い共通した特徴も見られる。湧水自体が御神体とされているところも多く、姫島の拍子水や国東半島文珠仙寺の智恵の水、佐伯市大入島の神の井がその代表的なものである。大分県中西部にある4つの湧水群周辺地域では、その豊富な湧水の一部は飲料水として利用されているものの、ほとんどが灌漑用水として使われている。南部の石灰岩地域にある湧水は大量の湧出が見られるものの、あまり水質がよくないために飲料水として利用されることはあまりなく、主に灌漑用水として利用されている。

大分県中西部の阿蘇火砕流に覆われた地域に、「疣水」というイボや皮膚病に効能があるという水が多い。県内には20ヶ所近い「疣水」があり、これらは阿蘇火砕流の溶結凝灰岩から湧出し、比較的NO₃⁻濃度の高い傾向が認められる。また万病や眼病に効能があるという水も多数みられる。今回の調査でも、清水寺の霊水、弘法大師の霊水、疣石の水、乳貫水、水沼井などに薬水伝説が残されていることが分かった。その医学的な因果関係は不明であるが、病気に効能のある水は特異な水質を示すことが多く、今後、温泉医学、民間療法の観点から調査、研究が行われることが期待される。

1. はじめに

大分県は霧島火山帯に属し、鶴見岳、由布岳、久住山などの火山に恵まれている。それに付随して火山性の湧水が無数に存在し、全国的にみても湧水の豊富な地域である。しかし、大分県南部には湧水の乏しい堆積岩地域があり、その分布や性質は決して一様ではない。平成11年度の研究「硫黄山噴火後の周辺湧水の動向」(河野、2000 a)では、湧水の水文化的研究によって、地下水と熱水系の変化を事前に察知できる可能性を示唆することができた。また、北岡・河野(1999・2000)では、くじゅう連山周辺の湧水と河川水から涵養湧出機構を明らかにしておくことの重要性を述べた。そこで県内の湧水について水文化学的特性を明らかにしておくことは、自然科学的観点のみならず、温泉の涵養源や防災観点か

らの基礎データとしても重要である。また一連の研究における副産物として、薬水伝説のある水に特異な水質を持つものがあることが分かり、温泉医学や民間療法の観点からも注目される。

筆者は1993年度より大分県内の湧水マップを作成する目的で、県内各地の湧水を探し出し、その湧出量の測定及び水質分析を行ってきた。河野(2001・2002 a・2003 a)では、南部、中部、北部と大分県内湧水の概況を一通り報告した。本年度は3年計画で得られたデータと新たに見出した湧水の補足データを含めて総括し、大分県内に存在する湧水の水文学的特徴、および水環境の観点から、利用状況や水文化の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 調査地域の概要

大分県の北部は、主に第三紀火山噴出物に覆われたなだらかな丘陵と、中津平野や宇佐平野などの小規模な沖積平野の続く地形を示す。その北東部には国東半島が位置し、やはり第三紀の地質が占めているが、半島中央部の両子山周辺には第四紀噴出物が小規模ながら覆っている。

中西部は鹿鳴越山群から、鶴見岳、由布岳を通り、くじゅう山へと続く第四紀火山地域である。特に西部は開析による深い谷が形成されているが、9万年前の阿蘇火山噴火による火砕流に覆われた大野川流域では、浅い谷底平野が続いている。その東部には大分川と大野川が形成した県内最大の大分平野がある。

南部は中央構造線の外帯に位置し、ほとんど平野が見られず山がちな地形である。この地域は中央構造線付近に存在する典型的な堆積岩地域であり、砂岩や泥岩、頁岩などの堆積岩・変性岩が顕著に見られるが、臼杵市、津久見市付近には一部石灰岩が挟在している。

3. 調査方法

本研究は大分県に存在する湧水の悉皆調査を目的とするため、文献や役所などから様々な情報を集め、現地での水文学的調査と利用状況などの聞き取り調査を実施した。調査は1993年より随時実施してきた。湧出量の比較は各湧水の調査時期は一定ではないので困難であるが、大分県内の湧水の概要を知るためには問題ないと考えられる。現地での観測項目は、湧出量、水温、電気伝導度(以下EC)、pH、RpHで、一部のサンプルのみORPの測定も行っている。

湧出量の測定は、三協精密製SV-101型微流速計で横断方向に3ヶ所以上の流速を測定し、それぞれ断面積をかけたものを合計して湧出量とした。またパイプなどから湧出しその全量を取水できるものについては、大きな肉厚のビニール袋で一定時間を取水し、その量をメスシリンダーで測定して湧出量とした。測定困難な湧水は、目測により推定した。水温とECはTOA電波製CM-11 P型電気伝導度計を使用し、水銀温度計を用いて水温を補正した。なおECは25℃の値に補正した。pH、RpHは比色法を用いたが、2000年前後からはHORIBA製Twin-pHを用い、pHのみの測定を行っている。RpHはサンプルを試験管にとり、5分間攪拌した後測定した。ORPはTOA電波製ORP Meter RM-10型を使用した。

水質分析は湧出地点で250ccのポリビンに採水し、水冷して実験室に持ち帰り実施した。水質分析項目は、主要無機成分の Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 NO_3^- 、 SiO_2 である。一部を除く無機主要成分の分析には、日本文理大学環境科学研究所のダイオネクス社製イオンクロマトグラフDXAQ-1211と島津科学製PIA-1000を用いた。サンプル水は、富士フィルム製0.2 μm のディスクカプセルにより濾過した後、イオンクロマトグラフに用いた。 HCO_3^- は、JIS-K0101に基づき、pH4.8アルカリ度として定量、換算した。 SiO_2 はHach社製DR-2000分光光度計を用いて、モリブデン黄法により分析した。水質分析結果を表1に示す。

なお、今回は未調査や新たに発見した湧水の補足調査も兼ねているので、2003年度に調査した代表的な湧水を写真1-8に示す。

表1 大分県湧水・地下水水質分析結果

No.	名称	所在地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) µS/cm	pH	RpH	ORP mV	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	
1	五両の水	大分県豊後高田市池部	03/02/27	-0.10	15.3	169	6.8		156	8.8	2.7	11.6	4.7	4.2	6.1	74.4	0.9	59.6	
2	熊兵衛井戸	大分県豊後高田市池部	03/03/31	-0.01	12.5	181	7.2		132	11.2	4.3	13.9	5.3	5.4	7.0	90.3	1.7	62.2	
3	引社湧水	大分県豊後高田市瀬崎	02/01/30	0.50	10.4	63	6.9		187	3.9	0.4	4.0	1.7	6.8	6.2	11.0	1.1	20.3	
4	小崎湧水	大分県豊後高田市瀬崎	02/01/30	0.01	8.2	67	7.0		123	4.8	0.6	4.1	1.9	6.9	6.4	15.0	0.0	28.4	
5	金水銀水	大分県豊後高田市西叡山	03/03/31	-0.01	8.6	205	7.5		106	12.5	4.4	11.9	5.8	20.9	19.0	47.3	3.3	52.5	
6	拍子水(飲糞水)	大分県東国東郡姫島村稲積	04/02/07	-5.00	25.1	2680	7.1		5	106.1	6.0	189.7	204.6	184.8	140.7	1809.6	0.0	34.6	
7	比売齋曾社井戸	大分県東国東郡姫島村稲積	95/03/26		13.6	630	6.2	7.4		92.5	5.4	9.9	6.3	60.9	130.2	20.3	5.7	74.5	
8	許波田社極水	大分県東国東郡国見町西方寺山	94/12/22	-0.30	13.7	119	7.3	7.7		9.6	1.9	8.6	3.4	2.3	7.7	49.8	1.3	48.8	
9	タダラ追水飲場	大分県東国東郡国見町小熊本	94/12/22	2.58	13.6	136	7.1	7.6		12.2	4.0	8.7	3.1	5.1	10.9	52.2	0.6	73.3	
10	自噴井戸	大分県東国東郡国見町小熊本バス停	95/03/26	0.30	18.6	172	7.1	8.0		11.0	2.6	11.2	7.9	2.8	8.8	81.8	0.6	76.5	
11	雲崎井戸	大分県東国東郡国見町雲崎	95/03/11	-0.01	20.2	210	6.8	7.8		19.7	3.4	13.2	5.3	11.7	14.3	79.6	2.3	85.4	
12	田中社湧水	大分県東国東郡国見町雲崎	95/03/11	-0.20	18.8	168	6.7	7.6		13.9	3.2	10.6	5.1	6.0	10.9	67.9	2.1	82.2	
13	フンツ屋湧水	大分県東国東郡国見町雲崎	94/12/22	-0.30	21.3	202	6.9	7.8		15.8	2.8	14.6	7.2	5.6	12.3	89.1	1.9	76.8	
14	天神様の水	大分県東国東郡国見町鬼亀	95/03/11	-0.10	8.0	100	7.1	7.4		8.0	1.1	6.3	2.7	3.5	8.2	29.5	5.6	37.0	
15	畑湧水	大分県東国東郡国見町赤根	03/02/17	0.10	9.5	163	7.3		120	8.7	0.4	12.8	3.8	16.4	9.2	46.9	2.0	15.3	
16	赤水観音堂の水	大分県東国東郡赤根	03/02/17	1.00	14.0	533	3.1		515	6.5	1.1	44.1	5.5	201.4	7.1	0.0	0.0	26.8	
17	山神社裏の湧水	大分県東国東郡赤根	03/02/17	0.01	16.6	225	6.2		276	14.0	0.6	19.9	3.8	41.8	7.6	57.4	0.3	18.2	
18	滝滝観音湧水	大分県東国東郡東成	98/10/13	-0.10	13.6	98	6.9	7.4	200	8.4	0.5	7.5	2.0	9.6	7.2	20.0	6.3	16.3	
19	観音の井	大分県東国東郡安岐町塩屋	02/06/23	-0.01	17.7	179	5.6		228	21.2	1.7	11.8	3.7	16.7	15.5	57.8	1.8	26.9	
20	走水観音の壺水	大分県東国東郡安岐町山内	98/10/13	-5.00	13.5	91	6.8	7.5	220	8.7	7.5	7.7	3.0	3.8	6.4	32.2	0.8	50.6	
21	大師堂の壺水	大分県東国東郡安岐町弁分	95/03/26	0.03	13.6	131	6.7	7.6		10.1	3.0	9.5	3.5	4.6	6.9	54.2	0.7	76.5	
22	追湧水	大分県東国東郡安岐町矢川	94/08/30	0.17	21.5	93	6.6	7.6		7.0	2.7	6.3	2.7	1.1	2.8	46.4	1.8	70.1	
23	清水寺の壺水	大分県西国東郡大田村岩掛	98/10/13	0.12	15.2	139	6.3	7.6	224	11.6	7.1	12.0	5.1	8.3	9.1	50.0	0.9	59.4	
24	弘法水	大分県西国東郡大田村横岳	01/04/15	0.01	13.6	70	6.6		122	5.7	0.5	3.9	1.6	5.1	6.3	13.9	4.5	6.0	
25	高熊山壺水	大分県西国東郡大田村高熊山	97/12/16	-0.01	9.5	95	6.7	7.2		7.4	0.5	5.7	2.0	10.9	7.7	14.6	6.8	14.3	
26	弘法大使の壺水	大分県西国東郡真玉町椿堂	02/01/30	0.01	10.1	96	7.6		152	7.3	1.0	4.5	1.8	14.0	11.3	7.3	0.4	29.5	
27	弘法大使の壺水	大分県西国東郡真玉町椿堂	02/01/30	0.00	10.5	378	7.4		17	21.3	4.2	21.8	15.5	65.2	13.1	113.3	0.0	63.4	
28	小畑走水	大分県西国東郡香々地町小畑	01/04/15																
29	小畑走水横湧水	大分県西国東郡香々地町小畑	01/04/15	0.50	14.4	147	7.1		142	8.9	3.1	12.0	3.0	13.2	9.3	48.8	3.2	23.9	
30	鬼の敷水	大分県西国東郡香々地町真	03/09/01	-0.50	14.3	162	8.3		148	11.6	0.7	13.0	5.7	40.9	10.5	18.4	6.3	17.9	
31	八面山の壺水	大分県下毛郡三光村田口	97/12/24	0.03	4.7	37	6.4	6.6		2.6	0.3	2.0	0.9	3.6	4.3	3.2	0.8	8.0	
32	清水の水	大分県下毛郡本耶馬溪町今行	97/12/24	0.12	14.9	126	7.1	7.8		7.7	3.0	7.5	6.6	2.0	4.9	66.9	0.6	49.6	
33	鳥越の清水	大分県下毛郡本耶馬溪町今行	97/12/24	-0.01	15.9	151	6.6	7.7		9.0	3.2	9.6	6.7	2.8	6.4	77.9	1.2	51.0	
34	庄元の清水	大分県下毛郡本耶馬溪町今行	97/12/24	-0.10	16.6	113	6.7	7.7		7.9	3.2	7.2	4.8	1.5	5.1	59.5	0.3	50.5	
35	岩屋水場	大分県下毛郡本耶馬溪町深那馬	97/06/05	0.13	13.3	73	6.3	7.6		5.7	1.6	4.8	1.2	1.8	4.8	34.2	0.0	41.8	
36	耶馬溪トンネル湧水	大分県下毛郡本耶馬溪町津留	97/12/24	-0.10	15.4	130	7.4	7.7		8.3	2.3	9.4	6.1	1.6	4.8	70.3	0.4	43.2	
37	中村の湧水	大分県下毛郡本耶馬溪町川原口	03/02/15	0.02	8.9	48	8.9		119	4.8	0.3	3.1	1.2	3.0	4.3	17.1	0.0	18.7	
38	長尾野湧水	大分県下毛郡山国町長尾野	97/12/24	0.21	14.3	64	7.1	7.4		3.9	1.2	4.9	1.5	3.5	4.6	22.0	1.9	21.8	
39	茸木湧水	大分県下毛郡山国町守実	02/06/02	-1.00	14.9	75	7.5		178	3.8	1.2	5.8	2.5	1.6	2.3	36.6	0.0	25.4	
40	乳貰い水(鎌倉井戸)	大分県中津市下池水	03/02/16	-0.10	16.2	241	6.2		136	14.0	3.2	15.7	5.7	18.5	15.9	64.7	8.7	30.5	
41	最明寺井戸	大分県中津市下池水	03/02/16		10.9	316	7.0		104	27.7	3.5	19.7	8.8	32.1	25.4	92.0	4.9	30.4	
42	梳石の水	大分県中津市相原瑞福寺	03/02/16		8.0	90	7.1		27	7.1	4.1	6.2	1.0	4.1	9.4	26.8	0.0	6.2	
43	泉神社湧水	大分県宇佐市幸島泉神社	01/04/08	0.00	16.5	304	8.0		111	11.6	5.9	31.6	7.2	24.7	12.0	132.0	8.6	14.0	
44	御壺水	大分県宇佐市南宇佐佐神宮	02/10/16		17.2	122	6.2		227	17.3	2.6	5.8	2.3	10.7	7.8	48.6	0.0	68.9	
45	化粧井戸(真名井)	大分県宇佐市北宇佐	01/04/08																
46	権現水	大分県宇佐郡安心院町南畑	95/02/18	29.90	14.3	57	6.7	7.4		5.6	2.7	2.9	0.9	2.0	3.1	19.8	3.4	57.3	
47	水口湧水	大分県宇佐郡安心院町南畑	95/03/27	0.24	9.5	47	7.0	7.4		5.0	1.9	2.6	0.8	2.4	2.3	18.1	0.8	46.4	
48	水沼井(天の真名井)	大分県宇佐郡安心院町木裳	01/08/26		21.7	198	6.8		153	8.9	3.2	21.0	4.0	13.0	6.9	82.3	8.6	21.0	
49	弘法井戸	大分県宇佐郡安心院町房ヶ畑	03/02/12	-0.10	11.4	77	6.8		158	8.0	0.7	4.4	1.5	4.7	4.5	23.2	5.3	16.6	
50	疋地蔵の水	大分県宇佐郡安心院町新原	03/02/12	-0.01	5.9	169	7.0		125	19.3	14.0	3.6	1.7	14.7	17.1	36.6	3.7	58.2	
51	秋月稲荷の水	大分県宇佐郡安心院町野原	03/05/11	-1.00	12.8	46	7.8		126	3.5	0.4	3.5	1.3	3.3	3.6	15.6	0.0	19.0	
52	三清寺の佛性水	大分県宇佐郡院内町定別当	97/06/05	0.30	13.4	56	6.8	7.5		7.6	6.7	3.9	2.0	2.0	4.1	23.2	1.5	45.2	
53	不滅水	大分県宇佐郡院内町大門	01/04/08	0.00	10.8	111	8.0		112	7.8	3.5	5.5	2.9	10.9	8.8	30.3	0.0	47.3	
54	水俣道路脇湧水	大分県宇佐郡院内町月俣	01/04/08	-0.10	13.2	52	7.6		148	4.2	1.0	3.5	1.0	5.6	3.0	18.3	1.8	28.9	
55	岩鼻の井戸	大分県杵築市杵築	02/01/30		14.2	777	7.6		148	64.4	12.0	55.3	13.1	127.6	73.2	142.4	8.3	25.2	
56	お薬師様の水	大分県速見郡山香町向野	98/05/30	-0.05	16.9	78	6.7	7.2		5.8	0.6	4.7	1.9	8.9	5.6	13.9	5.8	20.4	
57	御許の湧水	大分県速見郡山香町向野	01/04/15	0.01	14.5	84	6.6		113	6.9	1.0	4.8	1.6	6.0	9.8	10.0	11.7	18.0	
58	硯水(馬蹄の跡)	大分県速見郡山香町向野	01/04/15	0.00	10.0	58	6.7		112	5.2	0.5	4.0	1.3	8.1	5.2	11.7	0.0	22.5	
59	硯石水	大分県速見郡山香町向野	03/02/27	0.01	11.5	82	6.5		148	6.0	0.6	5.7	1.7	3.8	4.8	29.3	1.8	20.7	
60	藪	大分県速見郡山香町	94/12/03	0.85	14.6	123	6.7		9.2	1.9	10.4	4.2	2.1	5.9	59.8	4.8	64.7		
61	羽門の滝水源	大分県速見郡山香町	94/12/03	15.3	9.3	93	7.3		7.4	1.6	7.9	3.2	1.3	3.1	5.1	7.0	49.8	2.2	
62	徳田東口	大分県速見郡山香町	95/04/02	0.37	12.6	72	6.6	7.4		4.9	0.8	5.5	2.0	0.9	5.4	27.1	4.5	25.9	
63	水口の湧水	大分県速見郡山香町南畑	95/03/27	60.51	15.4	88	7.1	7.6		6.3	2.0	6.8	2.5	1.0	2.2	44.2	0.6	55.0	
64	元河内道路脇	大分県速見郡山香町	94/12/10	1.83	16.3	86	7.4	7.7		6.5	1.8	7.2	3.0	1.4	3.1	48.6	0.1	56.1	
65	甲尾山の壺水	大分県速見郡山香町野原	95/04/02	0.01	10.2	57	6.6	6.8		6.7	0.5	2.8	0.3	5.8	5.1	6.3	7.6	26.7	
66	瑞倉寺井戸	大分県速見郡山香町野原	95/04/02	0.00	10.4	192	7.6	7.7		9.2	1.2	22.6	2.8	40.5	6.0	43.4	6.5	25.4	
67	大内原の水神様	大分県速見郡山香町大内原	95/02/18	5.51	16.6	70	6.9	7.5		6.2	2.8	3.9	1.8	2.0	2.5	31.0	1.7	58.2	
68	土田陸水宅	大分県速見郡山香町今畑	97/12/16	0.38	17.9	116	7.3	7.6		7.0	2.5	7.9	4.9	2.5	7.1	56.1	0.3	46.6	
69	出水	大分県速見郡山香町今畑	97/12/16	-0.10	17.3	151	7.0	7.9		8.6	3.6	9.6	6.1	3.1	8.2	69.8	0.3	55.0	
70	小野義美宅	大分県速見郡山香町越井	97/12/16	-0.05	15.8	93	7.2	7.8		7.9	1.0	6.5	2.0	6.3	6.8	31.5	3.3	31.4	
71	ポンプ小屋の水	大分県速見郡山香町越井	97/12/16	16.4	9.3	72	8.8		6.9</										

No.	名称	所在地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l
88	一色忠夫宅	大分県速見郡日出町	94/11/19	0.00	16.7	355	6.3	7.9		25.4	4.5	27.7	9.2	25.4	30.4	88.4	22.0	70.4
89	観音の水	大分県速見郡日出町	94/11/19	0.58	17.9	118	7.6	7.8		10.0	2.2	9.1	3.5	2.7	3.5	62.2	0.6	53.0
90	井ノ上	大分県速見郡日出町	94/12/10	0.75	15.7	156	6.4	7.6		10.2	2.1	12.4	3.9	9.0	9.9	69.3	12.6	40.8
91	鹿跡(きり)	大分県速見郡日出町	94/12/10	3.96	15.3	130	6.7	7.8		7.4	1.1	12.1	4.9	2.5	5.3	63.7	2.8	44.9
92	菅の木(菅の木)	大分県速見郡日出町	94/12/10	0.64	15.1	150	6.5	7.8		8.5	1.4	13.2	5.7	3.8	6.3	63.7	11.7	52.4
93	川久食堂裏	大分県速見郡日出町	95/07/09	0.52	16.2	116	6.2	7.8		6.9	1.0	11.4	4.4	2.7	6.0	45.9	6.4	31.4
94	阿部かよ宅	大分県速見郡日出町	95/01/08	0.22	16.4	120	7.1	7.8		7.7	2.2	10.5	3.9	2.6	3.3	62.2	0.5	48.7
95	阿部宅沢奥の湧水	大分県速見郡日出町	95/01/08	1.58	16.4	122	7.1	7.7		8.1	2.0	10.4	4.0	4.8	3.1	59.1	0.6	46.3
96	水橋	大分県速見郡日出町	95/01/08	10.41	15.5	113	7.1	7.6		6.9	2.1	9.6	3.4	4.6	3.4	52.7	1.8	45.5
97	祇川	大分県速見郡日出町	95/07/22	1.19	17.6	208	6.2	7.8		10.6	2.0	20.4	7.0	14.1	8.3	77.1	11.6	44.2
98	工屋	大分県速見郡日出町	95/07/22	1.26	17.9	303	6.4	8.0		13.6	4.8	31.7	10.7	23.2	9.0	121.3	15.9	48.7
99	中屋敷	大分県速見郡日出町	95/07/22	-0.50	17.4	188	6.4	8.0		11.1	3.9	17.0	5.6	11.8	7.0	68.8	12.1	45.1
100	金丸	大分県速見郡日出町	95/07/22	8.89	17.1	152	6.4	7.8		8.6	3.9	12.7	4.0	9.9	8.1	41.2	15.2	39.9
101	一宮歯科下①	大分県速見郡日出町	95/07/22	2.64	18.1	154	6.3	7.9		10.1	3.8	12.7	3.9	11.6	7.5	47.4	12.2	37.0
102	一宮歯科下②	大分県速見郡日出町	95/07/22	1.94	18.1	156	6.4	7.8		10.3	3.9	12.9	4.1	11.7	7.5	47.6	12.8	37.1
103	八津島神社御供水	大分県速見郡日出町	95/07/22	0.43	18.5	127	6.4	7.6		8.6	1.5	11.4	3.6	8.6	6.1	44.7	6.1	36.5
104	鳥徹湧水	大分県速見郡日出町	96/04/13	21.26	15.5	94	7.4	7.7		5.0	1.3	6.9	2.7	2.8	7.2	46.6	4.4	45.4
105	通山湧水	大分県速見郡日出町	96/04/13	4.21	15.5	97	7.2	7.8		5.2	1.4	7.0	2.9	2.8	6.7	49.5	4.0	48.9
106	山下川	大分県速見郡日出町	96/04/13	-1.00	13.0	104	7.1	7.7		5.3	1.4	7.3	3.1	4.7	7.7	47.4	6.2	44.8
107	豆腐井戸	大分県速見郡日出町	02/06/23	-0.10	18.0	349	7.2		202	23.6	2.6	25.5	11.7	18.7	28.6	108.6	11.1	43.8
108	萬太郎清池	大分県別府市朝見	94/12/05		14.6	122	7.2	7.7		9.6	2.5	10.1	2.6	6.0	4.8	53.2	1.9	50.0
109	内山浄水場湧水	大分県別府市明礬	94/12/05	1.66	11.1	231	7.3	7.7		9.9	2.7	24.6	7.3	57.0	2.4	63.5	2.0	59.9
110	へびん湯	大分県別府市明礬	94/12/05	3.40	39.7	768	6.4	8.1		43.7	7.7	55.3	27.6	110.3	2.9	292.7	1.4	93.0
111	へびん湯湧水	大分県別府市明礬	94/12/05		27.3	390	6.1	7.8		22.6	4.7	33.8	12.9	54.2	2.7	158.7	1.0	91.5
112	竜神の水	大分県別府市東山一區	94/12/05	0.21	13.2	115	7.2	7.8		6.2	1.5	11.6	3.7	1.5	2.9	61.3	1.2	44.2
113	御霊水	大分県別府市東山火女神社	94/12/05	0.12	9.9	48	6.6	7.1		3.8	0.6	3.4	0.6	5.5	2.0	10.3	2.8	23.7
114	湯山養鱒場①	大分県別府市野田湯山養魚場	95/05/07	-2.00	15.4	90	6.7	7.8		5.3	1.5	8.3	2.8	5.6	2.1	41.2	0.3	41.5
115	湯山養鱒場②	大分県別府市野田湯山養魚場	94/12/23	-30.00	14.5	106	7.4	7.8		5.5	2.0	10.0	3.1	5.2	2.2	49.1	0.6	50.1
116	湯山養鱒場③	大分県別府市野田湯山養魚場	95/05/07	-5.00	14.8	105	6.7	7.7		5.5	1.9	10.0	3.2	5.2	2.3	49.3	0.6	49.1
117	湯山養鱒場出口	大分県別府市野田湯山養魚場	95/05/07	31.02														
118	演習場水源	大分県別府市内籠	95/05/07	-1.50	13.8	64	6.8	7.5		4.5	2.5	4.5	1.6	1.2	3.2	30.8	0.0	50.2
119	演習場②	大分県別府市内籠	95/05/07	0.08	14.9	49	7.2	7.4		4.1	2.0	3.4	0.7	1.2	3.2	23.2	0.0	48.3
120	演習場③	大分県別府市内籠	95/05/07	0.00	15.7	31	5.4	6.2		2.5	0.3	2.0	0.4	0.6	3.4	7.8	0.0	12.4
121	橋の下湧水	大分県別府市内籠	95/05/07	0.43	14.8	49	6.2	7.2		4.7	0.7	3.2	0.7	1.9	5.9	14.9	0.6	20.1
122	猪の瀬戸水源	大分県別府市猪の瀬戸	96/04/13		9.7	54	6.3	7.2		3.4	0.7	3.5	0.5	4.7	4.1	13.2	1.1	17.9
123	猪の瀬戸湧水	大分県別府市猪の瀬戸	03/12/14	-30.00	21.0	232	7.1		56	31.0	3.9	15.7	9.3	52.5	9.5	92.6	0.4	49.2
124	石城寺の泉	大分県別府市内成	01/05/15	20.00	17.3	105	7.7		152	8.7	2.6	10.4	3.3	1.7	2.0	62.7	0.6	56.3
125	迫の銭井戸	大分県別府市砥臨	03/02/12	-0.05	14.5	129	6.7		159	11.2	1.6	9.7	3.1	7.9	3.9	56.9	3.7	45.2
126	熊野神社湧水	大分県大分市川原	95/05/02	0.03	14.9	164	6.9	7.6		15.4	11.0	13.5	5.2	21.2	14.1	55.7	22.3	64.8
127	岩屋(大日寺)の水	大分県大分市羽田	01/05/14	0.01	15.5	146	7.3		173	8.2	5.3	11.3	4.3	20.4	4.2	38.8	4.0	39.6
128	御前水(弁天の水)	大分県大分市下郡	01/05/14	0.10	15.8	181	7.5		162	11.7	2.7	13.6	8.1	19.6	10.4	62.2	6.6	56.6
129	竜神の御池	大分県大分市高尾山	01/10/08	0.00	17.7	81	6.9		97	7.0	3.5	3.6	1.6	7.1	4.1	23.9	0.7	64.7
130	御手洗神社湧水	大分県大分市松岡	98/05/04	0.00	14.5	101	6.0	6.5		9.0	2.5	1.8	2.3	17.4	10.9	4.9	2.7	52.8
131	白髮泉水	大分県大分市松岡	99/04/25		13.2	151	6.1	7.7	183	11.3	1.3	8.8	6.0	7.5	6.6	65.7	0.5	40.1
132	落水の井戸	大分県大分市光吉	01/05/14	-0.01	16.0	372	6.5		177	17.8	9.3	33.0	13.5	43.6	14.8	84.0	42.2	67.8
133	薬師如來の水	大分県大分市宮尾	01/09/30	0.00	18.2	70	6.6		181	6.8	2.9	2.4	1.8	2.8	5.2	30.3	0.0	56.2
134	再進峠南西湧水	大分県大分市畑	98/05/04	4.28	13.5	85	7.0	7.4		3.7	0.6	6.3	3.5	5.1	4.9	25.6	6.2	14.7
135	久土の湧水	大分県大分市久土	03/05/21	0.44	15.6	98	6.9		138	6.0	0.3	9.1	2.1	12.4	6.6	22.4	2.5	11.8
136	塚野鉱泉	大分県大分市廻橋野	02/07/04	-0.50	18.2	14380	6.1		-5	2400.3	74.2	87.1	252.6	0.0	4015.3	1562.1	11.1	43.9
137	千貫井戸	大分県大分市上野丘東	03/03/30	採水不可														
138	衣が池	大分県大分市上野丘	02/07/04	-0.10	24.9	239	6.8		-175	19.6	4.2	18.9	5.7	13.9	11.0	101.3	0.0	50.4
139	菰が池	大分県大分市六房北町	01/05/26	濁濁														
140	上石川の水場	大分県大分市岡川	03/04/06	-10.00	10.3	108	6.8		115	5.0	0.3	11.1	2.6	9.3	3.8	38.2	4.5	12.8
141	安位の湧水	大分県大分市志津留	03/11/15	-0.10	13.5	95	7.9		206	6.6	0.5	11.5	1.7	9.1	3.4	42.2	1.3	19.3
142	十二ノ原の湧水	大分県大分市志津留	03/11/15	-1.00	15.3	172	7.1		249	11.1	4.6	11.5	5.8	19.9	8.4	51.4	11.1	47.0
143	茅場水神様の水	大分県大分郡挾間町時松	95/03/02		9.6	117	6.9	7.6		9.7	2.0	8.9	3.1	3.7	2.4	59.8	0.5	78.0
144	大神様神社湧水	大分県大分郡挾間町	95/05/06	0.13	12.5	100	7.0	7.5		6.9	0.9	8.7	2.4	7.7	4.0	35.6	2.5	47.3
145	拾石井戸	大分県大分郡挾間町赤野	03/03/30	採水不可														
146	湖元神社鉱泉	大分県大分郡野津原町下原	04/02/08	-0.01	7.3	20000	6.5		31	4589.3	240.9	757.2	144.6	0.0	6322.7	4765.7	0.0	28.3
147	長野谷鉱泉	大分県大分郡野津原町下原	04/02/08	-0.10	5.6	15580	6.7		124	3092.1	165.3	524.6	100.1	0.0	4065.5	3208.4	6.4	45.2
148	阿弥陀水	大分県大分郡庄内町平石	95/05/06	-0.05	12.4	56	6.5	7.5		3.5	0.4	4.5	1.7	0.9	3.2	27.1	0.0	25.0
149	諏訪神社湧水	大分県大分郡庄内町平石	95/05/06	23.20	13.4	76	7.2	7.6		5.3	1.5	6.7	1.8	1.4	2.2	37.6	0.5	46.0
150	鍛錬の御好水	大分県大分郡庄内町西	94/08/31	4.87	18.6	156	6.4	7.9		14.0	4.7	9.9	3.3	10.6	6.4	55.4	4.6	60.0
151	平沢津湧水	大分県大分郡庄内町西	94/08/31	11.59	18.4	154	6.1	7.6		13.4	4.5	10.0	3.3	10.0	6.2	54.4	4.7	55.7
152	天祖神社湧水	大分県大分郡庄内町淵	95/05/06	8.00	13.9	74	6.8	7.6		4.7	1.7	6.2	1.6	2.2	2.1	33.2	2.6	42.9
153	瀧天満社湧水	大分県大分郡庄内町淵	95/03/31	2.15	14.9	108	7.0	7.6		6.5	2.7	10.0	3.2	5.1	2.5	51.5	1.1	51.2
154	瀧天満社鳥居	大分県大分郡庄内町淵	94/08/31	9.71	16.2	89	6.9	7.6		5.8	2.7	8.4	2.3	2.8	1.3	47.6	0.7	50.3
155	瀧の湧水	大分県大分郡庄内町淵	03/11/30	0.38	16.4	108	6.7		233	5.2	3.7	10.6	3.1	8.4	5.4	41.1	4.8	24.4
156	地蔵様の水	大分県大分郡庄内町淵	03/11/30	0.09	17.3	114	7.2		224	6.0	2.8	11.9	3.3	5.9	3.2	61.4	2.8	26.1
157	黒岩の水	大分県大分郡庄内町五ヶ瀬	03/11/30	0.29	17.9	109	7.6		220	6.9	2.2	10.8	4.3	3.5	2.8	69.4	1.6	44.8
158	山神社湧水	大分県大分郡庄内町東大津留	03/11/30	-0.20	14.5	98	7.4		281	5.5	1.9	11.9	2.7	8.3	3.3	40.5	4.5	33.9
159	八神社湧水	大分県大分郡庄内町長野	03/11/30	-2.00	13.7	86	7											

No.	名称	所在地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	
176	湯平入口の湧水	大分県大分郡湯布院町湯平	03/09/06	-1.50	17.2	100	9.0		135	5.2	2.2	14.8	3.1	7.2	5.1	48.2	1.5	24.7	
177	平原の湧水	大分県大分郡湯布院町下湯平	03/09/06	-0.50	14.6	73	8.1		159	5.1	2.3	7.1	1.9	4.3	2.7	37.4	2.1	34.9	
178	宮川滝の口	大分県大分郡湯布院町川北	03/12/14	17.1	11.0	7.6		7.7	223	7.4	1.9	10.4	3.1	2.1	3.5	64.0	0.9	36.7	
179	宮川滝の口東湧水	大分県大分郡湯布院町川北	95/04/15	5.78	21.6	186	7.1	7.7											
180	鶴見の深水	大分県大分郡湯布院町塚原	03/12/14	-1.00	12.6	70	7.4		195	5.0	1.6	6.8	1.5	5.7	2.6	30.3	1.8	41.9	
181	由富の水	大分県大分郡湯布院町塚原	94/12/05	-	12.4	69	6.7	7.4		5.3	1.7	4.4	1.9	5.0	2.4	25.6	2.4	56.8	
182	霧島神社の湧水	大分県大分郡湯布院町塚原	96/04/13	2.24	11.3	110	6.8	7.3		5.1	0.7	9.3	1.8	29.3	3.2	19.3	1.4	45.9	
183	御手洗	大分県大分郡湯布院町川上	01/10/02	4.00	13.2	94	7.1		133	4.6	1.6	8.7	3.3	0.9	2.0	59.1	0.6	39.6	
184	黎明水①	大分県大分郡湯布院町川上	94/12/05	0.19	12.2	62	6.7	7.4		4.5	1.7	5.4	0.9	1.9	2.5	26.1	2.2	36.6	
185	黎明水②	大分県大分郡湯布院町川上	03/12/14	0.27	15.9	60	7.2		271	4.7	1.6	7.4	0.8	1.9	2.5	34.2	2.0	28.7	
186	下ん湯	大分県大分郡湯布院町川上	94/12/05	55.68	30.6	450	6.7	7.9		33.9	8.4	21.9	10.7	65.6	34.8	106.4	1.4	85.3	
187	堂本の湯横湧水	大分県大分郡湯布院町川上	03/12/14		26.6	316	7.1		392	34.2	5.2	17.0	7.8	40.5	24.9	101.0	1.0	59.1	
188	天祖神社湧水	大分県大分郡湯布院町川上	02/06/01	-10.00	21.3	230	7.3		137	18.1	3.5	11.1	5.3	22.8	17.4	60.3	0.3	37.0	
189	六所宮の湧水	大分県大分郡湯布院町川上	01/10/02		18.2	79	8.0		95	7.3	2.2	5.8	1.2	4.8	2.9	38.6	1.1	38.4	
190	大杉社の水	大分県大分郡湯布院町川南	03/12/14	-0.20	12.3	99	7.8		27	6.8	1.3	11.2	2.1	5.1	2.3	55.0	1.6	30.0	
191	新井湧水	大分県大分郡湯布院町川南	01/10/02		14.9	121	7.3		139	6.1	1.4	11.3	3.8	2.5	2.9	69.6	2.6	40.2	
192	ケンジー工房前	大分県大分郡湯布院町中川	03/12/14	-5.00	12.9	104	7.9		172	5.5	1.1	11.9	3.6	2.1	2.2	65.1	1.9	24.0	
193	天満宮の水	大分県大分郡湯布院町中川	03/12/14	-2.00	14.9	100	7.8		163	6.1	1.2	11.1	3.6	1.9	1.8	67.4	0.6	32.2	
194	東山神社御霊水	大分県北海岸郡佐賀関町木佐上	01/05/26																
195	鷹の巢命水	大分県北海岸郡佐賀関町木佐上	94/08/29	1.53	21.3	140	7.5	7.8		7.2	0.5	16.7	2.6	13.6	5.4	45.2	3.6	13.3	
196	大舞の湧水	大分県北海岸郡佐賀関町木佐上	01/05/26	0.30	13.7	106	7.8		124	6.8	0.2	8.4	4.1	8.9	8.2	32.5	2.4	7.0	
197	炊井	大分県北海岸郡佐賀関町関	01/05/26		18.3	360	6.8		219	47.8	1.9	10.8	10.6	49.2	38.3	67.1	2.1	19.6	
198	御神水	大分県北海岸郡佐賀関町関	01/05/26	0.00	17.2	171	6.5		204	12.0	2.1	14.6	4.3	31.0	13.1	27.6	2.5	18.5	
199	湧水	大分県北海岸郡佐賀関町関	01/05/26	0.50	15.7	276	6.4		162	26.0	1.1	12.8	11.5	36.3	25.5	42.0	14.4	15.7	
200	井戸	大分県北海岸郡佐賀関町関	01/05/26		16.8	268	6.8		153	13.3	1.2	32.9	5.8	25.1	13.5	120.8	1.5	9.7	
201	玉の井戸	大分県北海岸郡佐賀関町白木	01/09/30																
202	弘法清水	大分県大野郡大野町水元の元	01/05/12	0.00	13.3	53	6.1		166	7.3	0.3	0.0	0.7	8.1	3.0	8.3	0.6	18.1	
203	峠の月光の水	大分県大野郡朝地町梨小	03/01/17	-0.20	14.6	138	6.5		147	6.3	3.3	11.9	3.3	1.0	1.8	70.8	0.9	50.6	
204	河面湧水	大分県大野郡大野町中土師	02/06/22	-0.10	17.0	108	6.9		205	8.0	2.2	7.8	1.9	7.6	3.7	36.6	2.9	25.3	
205	七夕名水	大分県大野郡大野町田中	03/05/10	0.20	17.3	226	6.7		94	13.8	14.1	16.1	4.1	16.7	6.0	94.5	7.9	59.3	
206	妙見湧水	大分県大野郡大野町田代	03/05/10	-1.00	15.9	119	7.2		113	8.3	4.5	7.4	3.1	3.8	4.5	49.3	6.9	58.5	
207	両家湧水	大分県大野郡大野町両家	03/05/10		14.4	106	6.9		135	8.0	4.1	6.3	2.6	8.8	2.5	45.5	1.5	62.2	
208	養老の井戸湧水	大分県大野郡大野町酒井寺	02/06/22	-0.10	17.4	96	7.0		198	5.6	1.8	6.7	2.4	2.5	2.2	45.2	0.0	42.2	
209	御手洗神社湧水	大分県大野郡三重町上田原	95/12/12	8.21	13.6	133	6.1	7.6		9.5	6.0	9.8	4.1	12.7	7.0	42.7	12.4	47.7	
210	石仏トンネル	大分県大野郡三重町浅瀬	96/04/15	0.17	16.4	164	6.5	7.7		9.2	3.7	9.5	4.4	11.5	8.2	56.1	13.7	66.3	
211	稲積の湧泉	大分県大野郡三重町中津留	95/12/12	-200.00	15.3	144	7.6	7.9		5.6	0.6	22.7	1.5	5.4	5.0	71.3	1.4	10.2	
212	岩清水	大分県大野郡三重町伏野	95/12/12	0.08	13.6	60	6.8	7.4		5.8	2.7	2.2	2.0	2.1	6.8	27.8	2.5	34.2	
213	山頭火の名水	大分県大野郡三重町市場	03/01/17	-1.00	17.2	163	6.3		143	8.7	4.6	9.6	4.1	7.2	7.2	48.8	13.7	52.7	
214	金亀ヶ淵	大分県大野郡三重町内山	04/02/14	-10.00	7.6	157	7.7		222	3.7	0.0	23.4	4.4	8.3	4.2	91.0	1.6	7.1	
215	よしの井戸	大分県大野郡三重町内田	01/09/29																
216	高畑湧水	大分県大野郡千歳村高畑	96/04/15		16.1	159	6.1	7.6		9.9	6.2	7.1	2.9	11.9	8.7	41.5	14.9	68.6	
217	宇田姫社湧水	大分県大野郡清川村三玉	96/04/15	0.14	13.5	76	6.8	7.5		6.1	2.4	3.0	1.3	5.9	5.3	25.4	2.9	67.2	
218	伏野湧水	大分県大野郡清川村伏野	96/04/15	0.38	15.9	150	6.0	7.6		8.1	4.7	8.6	3.0	15.4	7.8	36.1	13.2	69.1	
219	いのこ	大分県大野郡清川村伏野	96/04/15		14.8	164	6.0	7.4		6.5	6.1	10.0	3.3	18.8	6.1	27.1	26.8	44.7	
220	風蓮鍾乳洞	大分県大野郡津町迫	95/05/02	-100.00	15.7	231	7.4	8.2		4.0	0.5	42.1	1.3	6.3	4.3	126.4	5.5	9.6	
221	割後場の水	大分県大野郡津町垣河内	02/06/22	-0.50	15.7	91	7.4		189	5.2	0.5	8.0	1.4	5.8	3.3	34.6	0.0	16.9	
222	飛水田碑前の水	大分県大野郡津町津市	03/11/15	0.30	17.4	155	6.8		255	10.0	7.6	11.2	3.2	9.7	7.2	50.8	13.3	55.4	
223	上細枝の湧水	大分県大野郡津町東谷	03/05/10	0.04	16.3	89	7.3		106	3.5	0.4	8.8	2.7	6.0	3.3	39.5	0.8	10.5	
224	清水	大分県大野郡津町清水原	03/04/06	-200.00	15.1	146	8.2	7.2		7.2	5.1	0.7	23.2	1.5	7.2	4.1	81.2	1.8	12.3
225	霧ヶ城原始の水	大分県大野郡津町白岩	03/04/06	-10.00	12.6	331	7.6		8	9.8	0.8	43.6	7.1	65.2	3.1	122.2	0.0	18.9	
226	目洗の水	大分県大野郡緒方町軸丸	03/02/20																
227	妙見湧水	大分県大野郡緒方町下徳田	01/09/29	1.10	17.6	139	6.7		161	7.2	3.9	11.3	4.2	7.4	3.9	69.6	4.3	57.8	
228	今水	大分県直入郡直入町長湯	03/08/03	-20.00	10.3	197	5.2		225	7.3	1.7	27.5	3.5	19.4	1.9	115.8	1.2	43.9	
229	ちようず	大分県直入郡直入町長湯	94/10/31	8.48	14.1	143	6.4	7.6		8.0	3.9	11.8	4.7	9.0	3.3	61.5	2.9	60.0	
230	いのこ	大分県直入郡直入町長湯	94/10/31	1.76	14.0	122	6.3	7.5		7.8	5.2	8.9	3.1	6.5	3.7	47.1	5.5	66.9	
231	初山八幡水	大分県直入郡直入町長湯	94/10/31	7.83	14.2	132	6.3	7.6		7.7	3.9	10.3	4.5	6.7	2.8	60.5	3.2	61.9	
232	長湯飲泉場湧水	大分県直入郡直入町長湯	95/10/03	0.09	16.0	248	5.9	7.8		18.8	6.6	18.4	10.8	22.8	7.6	99.6	4.5	56.8	
233	長湯飲泉場温泉	大分県直入郡直入町長湯	95/10/03		45.7	4800	6.7	8.2		570.0	130.0	270.0	410.0	500.0	410.0	2838.7	0.0	101.2	
234	葛路谷湧水	大分県直入郡直入町長湯	96/06/03	0.57	14.8	62	6.8	7.5		7.2	5.0	6.0	2.8	1.6	3.1	29.5	0.0	38.4	
235	神の水	大分県直入郡直入町長湯	01/09/29	-0.50	14.5	80	7.0		161	5.5	2.8	5.5	2.0	3.5	2.5	27.6	5.5	49.9	
236	海原神水	大分県直入郡直入町小建留	98/06/01	-100.00	14.8	81	7.0	7.5		4.6	2.2	6.0	2.7	1.5	1.4	42.7	0.2	43.7	
237	御池	大分県直入郡久住町久住高原	99/08/21		17.8	36	4.6			0.4	0.1	0.4	0.2	4.8	0.9	0.0	0.3	1.7	
238	空池	大分県直入郡久住町久住高原	96/07/22		25.0	310	3.5	3.5		2.1	0.5	3.7	0.7	86.0	6.6	0.0	0.0	16.7	
239	谷川水路組合湧水	大分県直入郡久住町久住高原	94/05/16	-5.00	12.0	52	6.7	7.2		2.6	1.9	3.5	0.9	7.1	1.5	14.6	0.0	40.4	
240	西条の滝湧水	大分県直入郡久住町栢木	94/01/31		15.8	186	6.8	7.8		11.2	5.4	14.7	7.6	13.8	2.5	90.1	1.4	42.5	
241	老野湧水	大分県直入郡久住町老野	04/02/14	-100.00	15.2	124	6.6		258	6.0	3.0	12.0	3.9	5.0	3.0	66.6	2.0	48.3	
242	老野湧水の滝	大分県直入郡久住町老野	94/01/31	37.70	14.1	112	5.8	7.6		5.3	2.8	10.1	3.2	2.8	2.5	52.2	5.2	50.0	
243	丸田湧水	大分県直入郡久住町老野	94/01/31		12.7	102	6.2	7.6		4.7	2.7	8.8	2.8	2.7	2.5	44.4	4.9	46.7	
244	山の神	大分県直入郡久住町有氏	98/07/06		10.0	71	6.5	7.2		3.7	1.2	6.0	1.3	3.2	13.3	14.4	1.0	23.0	
245	くたみ地底水公園	大分県直入郡久住町有氏	93/12/22	69.90	18.8	933	5.9	8.0		43.8	11.6	77.6	47.6	132.3	22.7	384.9	3.2	25.2	
246	七里田温泉の名水	大分県直入郡久住町有氏	02/06/16	-0.50	18.9	642	6.1		193	27.5	7.1	47.1	20.8	81.6	26.2	198.2	3.8	47.1	
247	板切浄水場	大分県直入郡久住町有氏	93/12/22	293.00	14.8	218	6.0												

No.	名称	所在地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l
264	皆ヶ瀬の水	大分県直入郡久住町有氏	03/08/03	-1.00	13.6	174	7.1		133	7.4	2.4	24.8	3.6	19.4	2.7	92.7	1.4	42.9
265	白水の滝	大分県直入郡萩町柏原	98/10/11	-500.00	14.3	143	6.9	7.8	193	8.1	7.9	13.1	5.3	6.5	3.7	56.1	5.5	51.8
266	長小野(鳴滝)湧水	大分県竹田市門田	98/10/11	-10.00	15.4	161	6.9	7.8	198	9.6	6.9	15.2	6.0	8.4	3.4	64.7	6.4	47.5
267	長小野(塩井)湧水	大分県竹田市門田	98/10/11	-50.00	15.9	147	6.9	7.9	210	10.2	7.9	15.7	7.0	5.5	4.4	72.0	8.8	48.9
268	泉水湧水	大分県竹田市門田	95/09/06	302.10	15.0	169	6.6	8.4		7.9	4.6	24.6	6.0	11.8	5.5	66.1	6.4	58.2
269	河宇田湧水	大分県竹田市入田	95/09/07		15.1	175	6.4	8.4		8.3	4.5	24.4	6.0	10.1	4.0	67.9	5.6	58.1
270	矢原湧水	大分県竹田市入田	98/10/11	-20.00	16.0	190	6.6	7.8	211	13.6	7.1	14.8	6.3	7.6	3.0	75.7	2.0	42.2
271	中飛田湧水	大分県竹田市飛田川	98/08/26	2.00	23.6	131	7.6	7.8		7.1	3.6	10.8	3.5	13.7	4.6	48.3	2.0	32.6
272	妙見様	大分県竹田市	98/08/26	3.67	17.2	176	5.9	7.6		6.7	3.6	17.3	4.0	30.6	7.1	35.4	9.2	35.5
273	アザミ湧水	大分県竹田市渡瀬	95/09/06	7.18	16.2	165	6.3	8.4		7.7	4.2	23.4	5.5	12.2	5.1	58.6	4.6	54.8
274	上折立湧水	大分県竹田市平田	95/09/05	5.90	17.4	161	6.4	7.8		9.8	5.6	12.2	4.8	11.6	5.8	63.0	4.7	63.9
275	法泉湧水	大分県竹田市城原	95/09/05	0.30	16.0	163	6.4	7.8		10.2	9.0	12.5	4.4	14.3	8.6	56.1	10.2	58.7
276	住吉橋河床湧水	大分県竹田市下坂田	98/08/26	1.00	16.9	157	6.2	7.7		17.0	6.5	12.5	5.1	6.7	15.4	58.6	3.3	41.2
277	籠目湧水	大分県竹田市九重野	95/09/07	4.30		130	6.9	8.0		6.2	3.5	16.5	3.6	11.7	4.6	44.4	4.8	61.4
278	籠目権現社の湧水	大分県竹田市九重野	98/10/11	-5.00	15.1	132	6.8	7.6	194	8.6	0.7	23.9	2.5	8.6	7.5	73.2	2.2	10.8
279	新百木トンネル湧水	大分県竹田市九重野	01/10/15	0.10	15.6	99	7.9		108	6.3	3.2	11.5	4.1	5.7	2.2	46.1	2.1	42.6
280	妙見湧水	大分県竹田市九重野	95/09/07	16.00	17.9	139	6.4	7.6		7.4	3.8	17.9	4.2	8.5	4.3	51.0	4.8	53.9
281	穴森社手水	大分県竹田市神原	01/09/29		16.1	46	7.4		116	2.4	0.4	5.3	0.8	5.4	2.1	17.1	0.3	12.5
282	住吉橋河床湧水	大分県竹田市下坂田	98/08/26	1.00	16.9	157	6.2	7.7		17.0	6.5	12.5	5.1	6.7	15.4	58.6	3.3	41.2
283	イボ水	大分県竹田市植木	03/02/20	0.00	6.1	397	5.8		-90	3.9	15.3	44.9	6.9	0.0	13.0	174.5	0.0	34.6
284	城北町の湧水	大分県竹田市城北町	03/02/20	-0.10	12.2	119	7.2		126	6.1	3.8	7.2	2.5	7.7	3.7	33.0	11.0	46.7
285	狭田湧水	大分県竹田市狭田	03/02/20	-0.01	7.2	124	7.1		152	5.1	3.9	9.3	3.1	10.7	1.4	50.5	0.0	25.8
286	白金水場	大分県玖珠郡玖珠町小田	05/02/01	-0.10	13.1	51	7.0		152	6.2	2.3	2.7	0.6	1.8	3.2	21.7	0.0	39.6
287	伐株山登山口湧水	大分県玖珠郡玖珠町小田	02/06/01	0.01	16.9	66	7.0		137	7.2	2.4	4.1	0.8	2.0	4.3	26.4	1.3	44.6
288	岩清水の水場	大分県玖珠郡玖珠町角理山	02/06/01	0.01	13.4	52	7.1		175	7.0	0.7	3.2	1.1	2.4	3.3	24.2	0.4	21.9
289	馬頭観音湧水	大分県玖珠郡玖珠町帆足	02/06/01	-0.20	14.7	53	6.9		149	3.5	1.0	2.9	0.9	1.1	2.0	19.0	0.0	24.5
290	清水瀑園	大分県玖珠郡玖珠町森	95/12/16	-800.00	13.0	70	7.1	7.5		6.8	3.7	4.6	1.7	2.1	3.1	32.2	1.9	47.2
291	下の園湧水	大分県玖珠郡玖珠町下園	95/12/16	-500.00	13.4	54	6.8	7.3		6.3	2.4	3.4	0.9	2.0	6.0	25.9	2.5	37.1
292	妙見様の湧水	大分県玖珠郡玖珠町下園	95/12/16	53.92	13.5	54	6.3	7.3		6.0	2.3	3.5	1.0	2.1	2.8	24.4	2.7	35.2
293	伐株山水場	大分県玖珠郡玖珠町山田	95/12/16	-0.10	7.5	22	6.7	7.0		2.3	0.3	1.3	0.5	3.1	4.5	7.8	0.0	11.0
294	招福の水	大分県玖珠郡玖珠町谷河内	95/12/16	0.27	12.2	48	6.9	7.3		5.2	1.9	3.3	0.8	1.2	3.9	21.7	0.8	34.6
295	万年山の水	大分県玖珠郡玖珠町山浦	03/11/01	0.32	14.6	30	7.7		190	3.2	1.0	3.4	0.3	2.1	2.4	14.9	0.0	18.2
296	麻生釣の水	大分県玖珠郡玖珠町山浦	03/11/01	0.57	13.4	44	7.5		217	3.9	2.2	4.6	0.9	0.6	2.9	24.7	0.2	35.5
297	山浦早水	大分県玖珠郡玖珠町山浦	03/11/01	-10.00	14.7	75	7.3		217	4.3	2.3	9.0	2.5	1.2	2.5	50.1	0.4	35.2
298	宝八幡妙見宮霊水	大分県玖珠郡九重町松木	02/06/01	0.00	13.5	55	6.5		175	5.1	0.2	2.8	1.0	5.6	5.0	13.4	0.0	24.5
299	念仏水	大分県玖珠郡九重町花牟礼	98/07/06	36.21	12.4	69	6.7	7.7		4.8	1.5	8.0	3.4	2.4	2.4	47.6	0.6	38.6
300	念仏水湧水群②	大分県玖珠郡九重町花牟礼	94/05/31	10.85	12.0	78	6.8	7.6		3.7	1.7	6.5	2.0	2.6	1.4	39.5	1.2	46.9
301	念仏水湧水群③	大分県玖珠郡九重町花牟礼	94/05/31	20.39	12.0	74	6.9	7.6		3.7	1.6	6.5	2.2	1.7	1.4	41.2	0.8	44.5
302	無田上集落湧水	大分県玖珠郡九重町花牟礼	95/03/31	25.47	12.1	76	7.0	7.6		4.5	1.6	6.7	2.3	1.9	2.4	36.4	1.0	44.2
303	浅津留湧水	大分県玖珠郡九重町花牟礼	95/03/31	17.20	12.1	101	6.7	7.7		5.1	1.7	9.2	3.6	2.2	2.3	49.5	1.4	48.0
304	タデ原湧水①	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	4.50	16.2	756	4.1	4.1		32.0	4.5	73.5	15.5	390.5	67.0	0.0	1.0	57.4
305	タデ原湧水②	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	27.51	16.0	732	4.1	4.1		31.0	4.5	71.5	15.5	375.5	65.0	0.0	1.0	57.9
306	タデ原湧水③	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	3.80	14.8	506	4.2	4.2		22.0	4.0	46.5	11.0	214.0	45.0	0.0	1.0	46.1
307	タデ原湧水④	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	3.19	14.4	449	4.3	4.3		20.5	4.0	41.5	10.0	179.5	40.5	0.0	1.0	46.3
308	タデ原湧水⑤	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	1.24	13.6	320	4.6	4.7		16.6	3.8	29.4	8.4	118.2	30.4	1.5	0.6	41.4
309	タデ原湧水⑥	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	2.15	14.2	349	5.7	6.4		21.6	4.8	31.6	12.0	99.6	41.4	19.5	0.6	44.9
310	三俣山全湧出量	大分県玖珠郡九重町長者原	95/11/06	81.66														
311	少年自然の家	大分県玖珠郡九重町飯田高原	99/08/19		17.8	75	7.0	7.6		2.2	0.9	5.4	2.3	1.9	4.6	26.1	0.0	34.0
312	銘水の里	大分県玖珠郡九重町飯田高原	03/09/06	-0.50	16.3	68	7.4		53	7.9	1.7	7.7	1.6	5.9	2.3	40.0	0.1	22.9
313	鉄山キャンプ場	大分県玖珠郡九重町飯田高原	03/09/06	-10.00	13.7	163	7.1		173	7.9	1.9	22.6	5.2	20.6	7.3	83.1	0.0	30.5
314	久重観光ホテル	大分県玖珠郡九重町長者原	99/08/20		12.6	62	6.8	6.5		1.4	1.0	3.2	0.9	3.0	10.3	1.1	0.2	29.6
315	PI200	大分県玖珠郡九重町長者原	99/08/20	5.00	16.4	916	3.3			18.6	2.7	69.5	16.7	65.0	361.7	0.0	0.0	63.0
316	久住山水源組合	大分県玖珠郡九重町長者原	99/08/20	1.28	15.2	126	5.8	7.0		4.0	1.7	7.1	3.6	4.6	34.0	1.7	0.2	35.9
317	桂滝湧水	大分県玖珠郡九重町町田	99/12/28	10.00	13.5	116	7.2	7.6		3.7	1.4	8.2	3.4	3.7	8.2	36.3	1.0	34.6
318	猪牟田湧水	大分県玖珠郡九重町町田	99/12/28	0.10	8.9	91	7.2	7.6		3.7	2.0	5.2	2.3	2.9	6.5	26.1	1.1	48.4
319	たなべ前湧水	大分県玖珠郡九重町町田	99/12/28	0.50	12.9	80	7.3	7.6		2.8	1.5	5.4	2.2	1.6	2.3	31.0	0.6	40.7
320	山之神の水	大分県玖珠郡九重町町田	03/10/04	0.26	14.7	178	6.8		263	6.7	3.5	20.7	6.7	6.1	3.8	129.5	0.5	41.3
321	願い水	大分県玖珠郡九重町町田野	99/12/28	0.20	13.0	309	6.3	7.5		10.1	4.9	19.6	7.8	21.2	48.1	32.5	3.3	49.9
322	美味しい温泉	大分県玖珠郡九重町町田野	99/12/28	0.01	37.4	1578	8.1		199.8	0.0	20.0	6.2	84.4	141.4	297.8	0.0	58.8	
323	マズイ温泉	大分県玖珠郡九重町町田野	99/12/28	0.01	10.9	2150	7.4		241.2	2.1	50.0	49.3	129.8	160.5	616.9	0.0	60.7	
324	釜ノロエノハ湧水	大分県玖珠郡九重町町田野	99/12/28	30.00	11.8	126	6.9	7.6		3.8	1.6	8.9	4.3	2.2	4.0	51.7	0.7	37.9
325	あいのせ茶屋湧水	大分県玖珠郡九重町湯坪	99/12/28	10.00	11.8	109	7.0	7.5		3.2	2.8	8.5	1.9	3.2	3.0	36.0	3.0	55.0
326	時松宅湧水	大分県玖珠郡九重町湯坪	99/12/28	0.01	11.5	76	6.5	7.2		2.7	3.3	4.6	1.6	3.3	3.9	22.1	1.7	46.3
327	大岳発電所	大分県玖珠郡九重町湯坪	95/09/06	7.00	20.1	88	4.0	7.0		5.3	2.5	5.5	1.2	8.9	2.6	24.9	0.2	43.5
328	瀬の本新橋小屋	大分県玖珠郡九重町湯坪	99/08/19		12.0	51	6.3	7.2		1.9	1.3	3.6	1.4	1.5	10.0	9.7	0.1	45.0
329	九重の名水	大分県玖珠郡九重町湯坪	99/08/19	0.08	20.3	53	6.4	7.5		1.6	1.2	3.5	1.4	1.4	3.8	16.6	0.0	38.0
330	寺床湧水	大分県玖珠郡九重町野上	03/10/04	0.04	15.1	43	7.0		254	2.9	0.5	5.5	1.2	1.7	3.3	18.4	2.1	12.4
331	夕田湧水	大分県日田市西夕田	01/08/29	-0.10	15.0	110	6.7		152	9.4	5.7	5.8	2.2	8.0	5.5	38.6	4.8	70.3
332	十石湧水	大分県日田市朝日町	01/08/29	-2.00	16.4	307	6.3		142	14.5	9.1	20.7	7.9	14.8	15.8	61.8	53.3	61.4
333	安産の泉	大分県日田市田島	03/11/01	-0.01	17.9	104	7.0		256	7.7	1.2	10.6	3.6	5.3	3.5	61.2	3.3	38.7
334	イボ地蔵の水	大分県日田市刈連町	03/11/01	0.00	20.2	150	7.6		295	12.2	4.3	16.7	3.9	11.0	9.0	86.3	2.5	38.7
335	多嘉																	

No.	名称	所在地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l
352	少年自然の家	大分県臼杵市中津浦	97/07/23	0.06	21.3	81	7.0	7.0		10.8	0.7	2.9	1.2	8.2	10.9	15.9	0.0	2.7
353	大清水	大分県臼杵市大野	95/05/02	1.20	16.8	290	6.1	7.6		19.3	7.4	23.2	6.5	31.6	17.3	58.8	37.2	62.2
354	西の子	大分県臼杵市大野	03/01/14	-0.01	16.4	285	6.1		156	13.8	8.3	15.7	6.3	41.0	9.9	36.6	30.2	50.5
355	三島神社湧水	大分県臼杵市井村	97/11/03		18.1	285	6.2	7.6		18.8	11.7	18.1	6.1	26.5	22.9	41.0	55.0	56.4
356	水之下(内園)湧水	大分県臼杵市井村	97/11/03	0.20	17.6	366	6.0	7.3		17.5	7.7	23.6	7.0	37.1	20.9	32.2	87.4	57.0
357	末広久保湧水	大分県臼杵市末広	97/11/03		14.7	163	7.0	7.4		15.7	6.3	6.9	6.0	30.4	7.7	38.8	0.6	54.8
358	久保湧水	大分県臼杵市末広	95/05/04	-0.05	13.8	176	6.1	7.6		14.4	0.5	14.8	3.4	21.0	15.3	43.4	0.2	23.5
359	一ノ井	大分県臼杵市江無田	97/11/07		14.2	220	6.7	7.4		14.7	4.0	9.6	4.3	18.6	18.6	56.4	21.2	57.6
360	通間湧水	大分県臼杵市戸室	97/11/07		16.3	251	6.3	7.4		19.9	7.9	13.2	7.0	22.9	17.6	53.0	39.0	53.0
361	竹之下湧水	大分県臼杵市戸室御壘社	97/11/07		17.4	296	6.6	7.4		20.6	13.3	16.2	6.8	33.5	19.5	50.8	51.2	51.2
362	山村湧水	大分県臼杵市戸室	97/11/07	0.80	18.0	291	6.4	7.5		19.9	10.3	17.1	7.8	23.3	25.0	56.6	39.6	53.3
363	近衛(揚柳)水	大分県臼杵市市浜	97/11/07		17.1	291	6.2	7.4		21.5	8.8	15.1	9.1	32.0	23.1	58.6	36.5	58.0
364	門前湧水	大分県臼杵市稲田	97/11/04		13.1	221	6.9	7.1		17.3	7.9	12.2	5.9	35.1	12.8	33.4	31.9	59.1
365	平尾宅湧水	大分県臼杵市前田	97/11/04	0.16	16.6	282	6.6	7.4		20.5	10.4	14.1	7.7	26.7	24.6	43.0	47.7	57.5
366	松原湧水	大分県臼杵市田尻	97/11/04	0.03	16.0	81	7.0	7.0		8.9	2.9	2.0	1.1	10.8	7.0	17.1	0.9	57.1
367	吉水の井戸	大分県臼杵市吉小野	96/04/23	0.14	15.0	161	6.3	7.6		7.9	3.7	10.1	3.7	18.7	8.5	37.8	12.9	42.3
368	中臼杵湧水	大分県臼杵市中臼杵	94/08/29	-0.20	22.7	425	7.7	8.0		23.1	13.7	30.5	13.5	18.1	26.1	83.5	78.8	80.0
369	竹場湧水左	大分県臼杵市猿俣	97/11/04	0.10	17.8	175	7.0	7.2		9.4	3.9	9.3	4.5	30.1	8.4	23.4	31.1	46.4
370	竹場湧水右	大分県臼杵市猿俣	97/11/04	0.50	18.1	206	7.1	7.2		12.4	7.9	13.9	6.7	37.0	8.8	23.4	40.3	45.6
371	観音の水	大分県臼杵市中尾	97/11/04	0.03	15.7	150	7.1	7.4		9.6	4.1	7.4	4.2	17.7	5.6	45.9	7.3	55.1
372	ホキの井戸	大分県臼杵市中尾	03/03/30	-0.10	9.9	197	7.3		118	12.1	9.6	9.2	5.7	19.2	8.3	44.5	19.1	58.7
373	化粧の井戸	大分県臼杵市深田	97/11/04		12.7	145	7.1	7.3		8.6	5.0	7.2	3.3	13.7	6.6	27.3	19.0	53.0
374	平清水	大分県臼杵市福良	97/11/04	0.14	16.6	248	6.5	7.5		19.6	9.9	14.7	5.9	23.2	17.7	58.1	28.5	50.8
375	辻井戸	大分県臼杵市臼杵	97/11/07		19.9	441	7.0	7.9		29.7	14.0	29.5	8.2	23.3	30.0	166.0	3.8	25.4
376	切通しの井戸	大分県臼杵市二王座	95/05/02		17.9	198	6.8	7.8		9.6	7.6	20.7	3.7	12.4	7.0	72.5	13.0	54.7
377	山下の井戸	大分県臼杵市二王座	97/11/04		15.4	361	6.9	7.8		18.1	0.7	34.4	11.2	42.1	13.6	137.2	5.0	19.7
378	杜嶋井戸	大分県臼杵市二王座	02/05/12		16.7	260	6.6		184	16.6	4.1	16.1	5.0	22.4	14.7	69.2	6.8	33.8
379	内畑湧水	大分県臼杵市海添	97/11/04		16.0	145	7.1	7.6		6.7	0.4	11.1	0.5	5.3	7.2	61.8	0.8	14.6
380	森木上湧水	大分県臼杵市海添	97/11/04	0.02	16.2	172	7.3	7.6		7.3	0.5	14.7	5.4	12.4	7.1	69.1	0.7	15.7
381	森木下湧水	大分県臼杵市海添	97/11/04	0.12	12.8	137	7.3	7.6		7.4	3.5	11.6	6.1	3.8	6.9	59.8	1.3	16.9
382	御口屋井戸	大分県臼杵市海添	95/05/02		14.8	209	6.6	7.8		9.7	2.5	16.2	9.4	15.6	10.3	71.5	12.2	19.3
383	板知屋湧水	大分県臼杵市板知屋	97/11/04		16.0	158	5.9	6.9		19.4	0.4	2.7	2.3	28.0	15.4	11.5	20.5	22.3
384	大泊湧水	大分県臼杵市大泊	97/11/04	0.14	12.0	120	7.0	7.2		8.6	0.5	6.2	2.2	18.6	10.0	20.5	2.0	11.4
385	水呑み地藏	大分県臼杵市福良	95/05/04	0.16	11.5	79	6.4	7.2		6.7	0.3	5.0	1.5	8.0	7.8	12.9	2.8	14.7
386	山鹿寺湧水	大分県臼杵市福良	95/05/04	0.19	11.6	77	6.3	7.2		6.8	0.3	5.2	1.4	8.4	4.9	15.4	5.0	17.7
387	山鹿寺井戸	大分県臼杵市福良	95/05/04		11.4	101	6.8	7.4		6.5	0.4	8.6	1.9	8.7	4.5	28.8	4.0	19.0
388	賢蔵湧水	大分県臼杵市野田	97/11/06		11.7	117	7.1	7.3		7.4	0.4	9.7	2.1	11.1	6.1	37.6	1.7	15.7
389	新名湧水	大分県臼杵市東神野	97/11/04	0.05	17.6	189	6.9	7.5		4.2	0.3	44.5	1.6	7.1	7.8	67.1	5.7	7.5
390	生目神社の水	大分県臼杵市棧	02/06/15	0.10	16.6	157	7.3		175	5.8	0.5	13.7	5.6	5.3	6.2	70.7	0.8	14.8
391	久保谷湧水①	大分県臼杵市東神野	95/05/02	32.43	15.0	233	7.5	8.1		3.1	0.3	43.2	1.5	5.5	4.8	124.7	4.0	5.5
392	久保谷湧水②	大分県臼杵市東神野	95/05/02	12.31	15.0	234	7.5	8.0		3.1	6.3	43.4	1.5	5.5	4.8	125.5	4.1	9.2
393	お大師様の水	大分県津久見市保戸島	96/07/29		19.3	198	5.4	7.1		25.3	3.5	4.4	5.3	16.6	33.5	8.5	0.0	15.0
394	姫見岳湧水	大分県津久見市上青江	95/05/02	0.29	15.3	180	7.4	7.9		6.1	0.5	26.4	2.1	23.4	4.1	70.5	0.7	15.0
395	神の井	大分県佐伯市日向泊	96/04/23		16.4	166	7.0	7.7		12.1	0.6	10.2	3.0	18.5	20.5	33.0	3.5	8.3
396	大入島湧水	大分県佐伯市石間浦	96/04/23	0.04	12.6	129	6.6	7.0		12.2	0.2	3.4	2.4	17.1	22.5	6.1	0.3	12.6
397	加茂神社湧水	大分県佐伯市高松浦	96/04/23	-1.00	11.6	180	7.1	7.8		10.1	0.5	15.0	3.4	20.7	16.0	48.8	2.3	12.6
398	安井	大分県佐伯市城下東町	02/06/15		22.6	230	6.6		157	7.0	2.6	23.4	3.6	14.2	6.9	76.3	8.4	12.3
399	壱泉	大分県佐伯市城下東町	02/06/22	採水不可														
400	甘泉	大分県佐伯市西谷	02/06/22		18.6	125	6.3		245	8.4	1.7	7.9	2.3	9.3	10.3	25.1	6.3	11.9
401	彦岳の湧水	大分県佐伯市狩生	98/10/10	0.13	16.0	211	6.6	7.8		7.0	0.7	23.9	2.5	10.0	4.8	90.3	4.3	52.1
402	辺田の水	大分県佐伯市長谷	03/11/06	0.12	16.0	100	7.9		223	5.2	0.2	11.3	2.1	8.1	4.3	42.5	0.4	9.6
403	清水川	大分県南海部郡上浦町浅海井浦	02/06/22	-10.00	18.3	249	8.1		159	10.8	0.5	28.7	2.6	10.5	8.1	94.7	1.8	9.6
404	道の駅やよいの水	大分県南海部郡弥生町上小倉	02/06/22		18.0	119	7.2		163	6.0	0.7	10.1	1.9	11.3	6.1	33.0	2.1	10.7
405	虫月の湧水	大分県南海部郡本匠村上浄川	95/12/12	3.46	15.4	115	7.7	7.8		4.6	0.5	17.0	1.5	6.8	4.8	49.3	1.4	11.1
406	水神様の水	大分県南海部郡本匠村井ノ上	03/05/10	-5.00	14.3	197	8.0		95	4.3	0.4	35.7	2.4	7.6	3.6	108.6	2.8	10.0
407	蓮光寺湧水	大分県南海部郡宇目町木浦鉾山	95/12/12	9.05	15.1	118	7.8	7.9		3.3	0.7	19.2	1.5	3.7	3.9	57.4	3.2	16.5
408	塩井	大分県南海部郡宇目町塩見園	04/02/11		14.2	84	8.0		223	6.4	3.2	7.3	2.3	3.4	3.6	40.0	0.9	36.4
409	地蔵様の水	大分県南海部郡宇目町重岡	04/02/11	-0.10	9.2	66	7.2		243	7.0	2.5	3.9	1.5	2.5	6.5	24.4	0.0	36.1
410	田野の水	大分県南海部郡宇目町重岡	04/02/11	0.06	5.4	67	8.0		235	4.4	0.1	9.0	2.0	8.3	3.6	31.4	0.2	11.4
411	塩田横の井戸	大分県南海部郡宇目町小野市	04/02/11		12.3	126	7.7		61	4.8	2.5	16.2	4.4	4.7	5.3	69.8	0.0	19.1
412	ゼロ水	大分県南海部郡宇目町南田原	04/02/11	-10.00	14.9	102	8.6		161	5.8	0.9	16.6	1.0	7.5	2.9	52.6	0.3	16.2
413	ゼロ水横	大分県南海部郡宇目町南田原	04/02/11	-0.50	15.9	104	8.2		188	6.2	0.8	15.8	0.9	7.4	3.5	49.9	0.5	14.5
414	真弓湧水	大分県南海部郡宇目町南田原	01/05/12	-5.00	16.1	102	8.6		88	9.7	0.8	10.1	0.9	5.0	4.0	46.9	0.3	19.5
415	赤木名水	大分県南海部郡直川村赤木	01/05/12	0.10	14.0	100	7.0		161	4.9	0.4	13.0	2.3	6.9	3.1	47.6	1.7	14.1
416	居立の井	大分県南海部郡米津村小浦	04/02/11	濁濁														
417	椿井戸	大分県南海部郡蒲江町西野浦	03/11/06		18.2	207	7.1		244	15.8	0.4	20.7	6.8	12.4	17.3	96.3	0.0	18.2
418	お薬師様の水	大分県南海部郡蒲江町西野浦	03/11/06	-0.50	18.3	89	8.4		208	10.2	0.0	5.2	2.0	4.6	11.1	28.9	0.0	14.5
419	西野浦の井戸	大分県南海部郡蒲江町西野浦	03/11/06		18.2	280	6.9		223	21.4	3.3	20.7	6.7	26.4	31.1	75.9	4.1	1.0
420	清滝橋の湧水	大分県南海部郡蒲江町蒲江浦	03/11/06	0.18	17.4	138	8.1		200	8.3	0.0	17.5	2.6	10.2	7.8	66.7	0.1	13.3

-は推定値

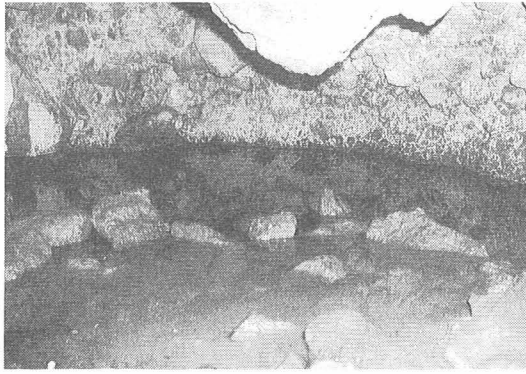


写真1 金水銀水(豊後高田市西観山)
六郷満山開祖、仁間にまつわる水



写真2 山浦早水(玖珠町山浦)
棚田を潤す灌漑・生活用水



写真3 安産の泉(日田市田島)
神功皇后にまつわる安産伝説の水



写真4 七夕名水(大野町田中)

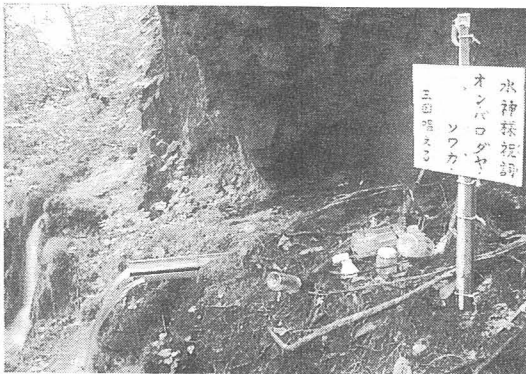


写真5 今水(直入町・久住町の境)

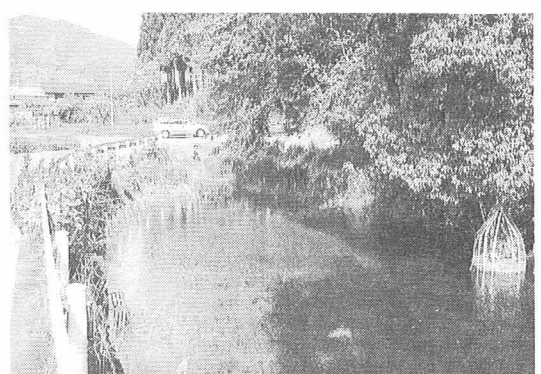


写真6 清水(野津町清水原)
石灰岩から湧出する農業用水

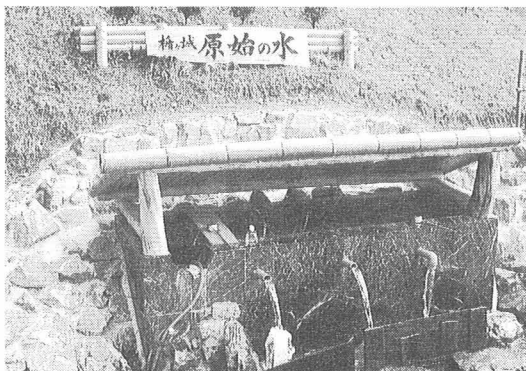


写真7 榎ヶ城原始の水(野津町白岩)
トンネル掘削時に湧出した水

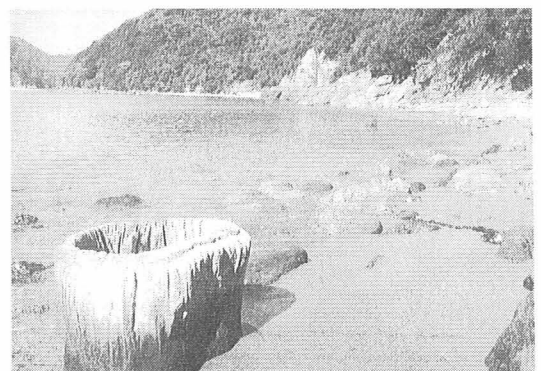


写真8 居立ちの井(米水津村小浦)
大入島神の井同様、海岸に湧き出る淡水

4. 水文科学的特徴

(1) 湧水の分布とその湧出形態

これまでの調査の結果、大分県内には800ヶ所以上の湧水が存在することが分かった。しかし、その存在の確認がとれたものは700ヶ所強であり、実際に採水できたものは418ヶ所であった。まだまだ未調査の湧水が多数あり、その全体像を把握しているとは言い難いが、その成果は別の機会に調査、報告したいと考えている。

図1に大分県内の湧水・地下水の分布図を示す。河野(2001)で述べたように大分県の湧水・地下水の分布は次の三地域に分類できる(図2)。

- ①北部第三紀地域
- ②中西部第四紀火山地域
- ③南部堆積岩地域。

大分県の湧水を市町村単位で便宜的に北部、中西部、南部と分類すると、湧水・地下水の数は各々76、268、74ヶ所となった。調査による若干の偏りもあるが、大分県における湧水・地下水の分布傾向を示していると考えてよいだろう。

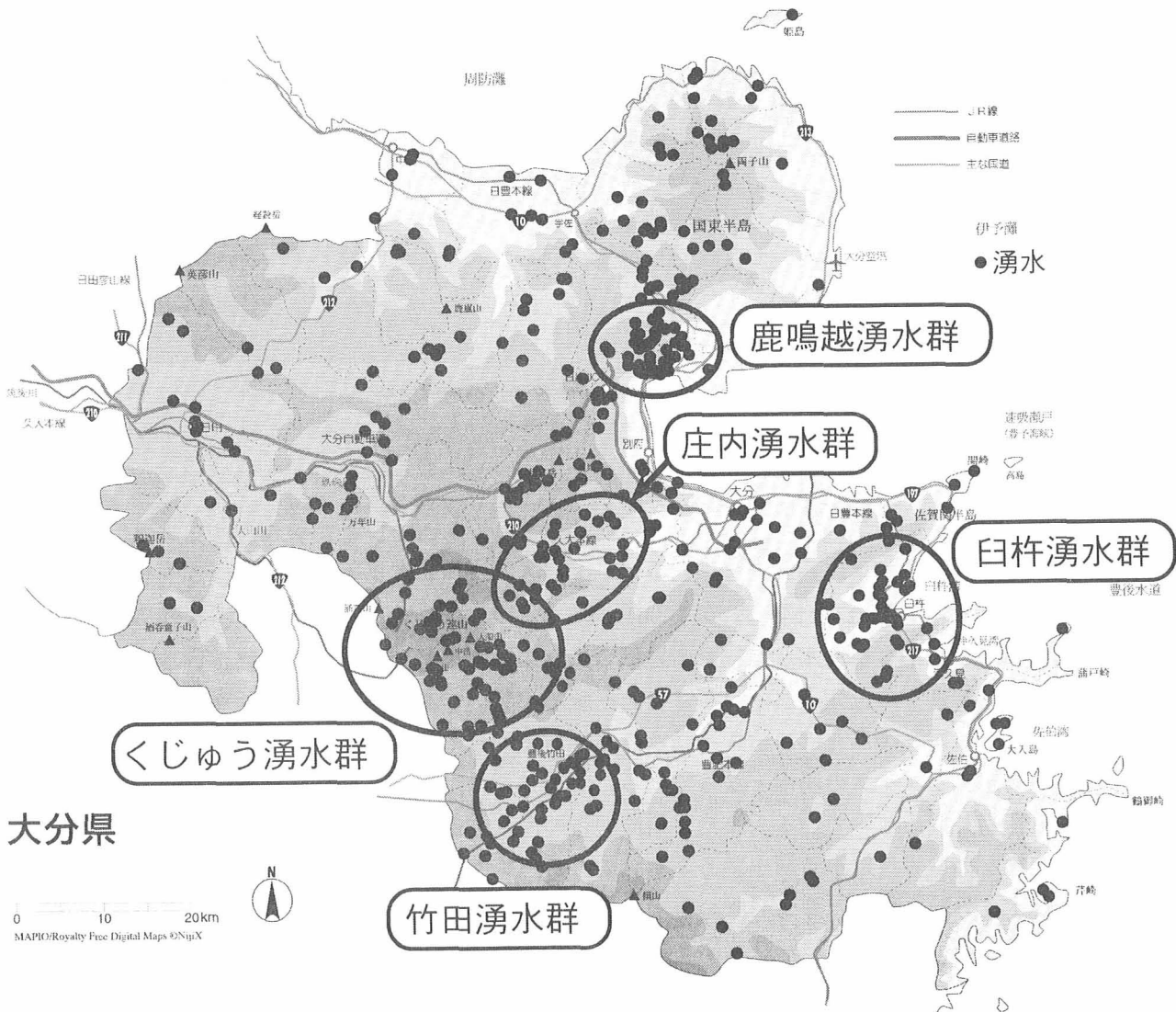


図1 大分県の湧水分布

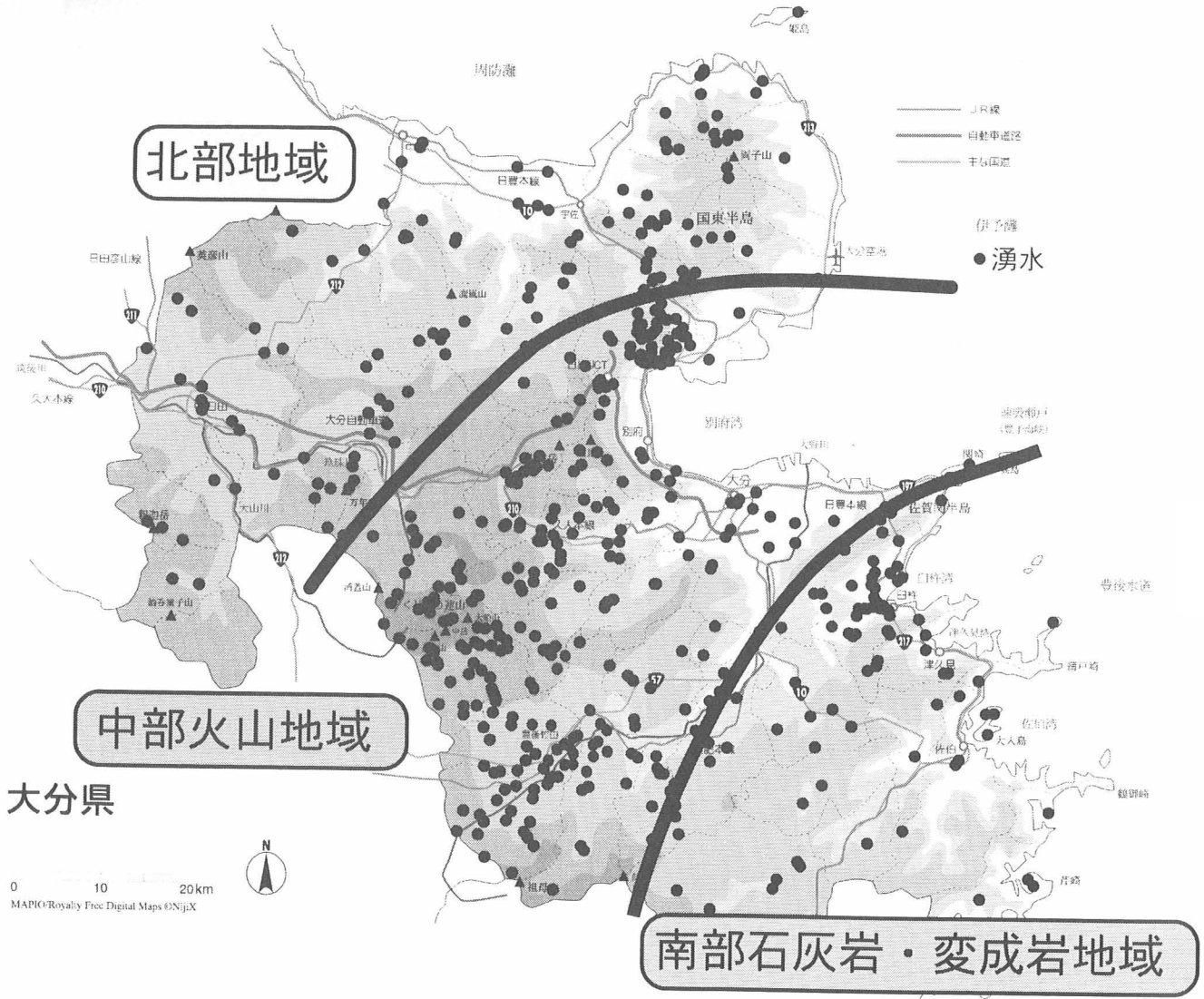


図2 大分県内に分布する湧水の地域区分

1) 北部第三紀地域

大分県北部地域は、中西部地域に比べると非常に湧水の数少なく、その分布は国東半島の両子山山頂付近の第四紀火山噴出物に覆われた地域に集中している。国東半島の湧水は両子山を南北に通る軸線上に集中する傾向が認められる(河野ほか、1996)。半島北部の田中社湧水、許波田社極水周辺地域には、急傾斜の斜面に沿って小さな湧水が点在し、地域の人々の生活用水として利用されている。国東半島の湧水は、幾つかのタイプに分類される。多くは第三紀噴出物の中を流動する局地的な涵養湧出機構を持つ湧水と考えられるが、半島北部の田中社湧水とランプ屋湧水では、浅層地下水が地下水面を切る形で沖積平地から湧出するタイプの湧水となっている。雲崎井戸は山地と平地の境界点に位置し、井戸底まで8mもある自噴井戸となっている。また、清滝観音の湧水と走水観音の霊水は、第三紀層の基盤と第四紀火山噴出物との境界付近から湧出するタイプである。タタラ迫水飲場と許波田社極水、迫田湧水などは、谷頭湧水に分類される。弁分一ヶの霊水は谷が形成した崖線から湧出する。清水寺の霊水は、ごく低い丘陵地と沖積平地との崖線から湧出するが、その地形的集水域面積はごく小さい。しかし、古来湧出量の変化しない湧水といわれ、1994年の渇水にも涸渇することは無かった。清滝観音湧水と走水観音の霊水および弘法大師の霊水は、岩盤の割れ目から湧出する「列か水」の形態を示す湧水である。

国東半島はもともと水の乏しい地域として知られているが、それは湧出量にも反映し、どの湧水の湧

出量も非常に少ないことが特徴である。最も多い湧出量を示すタタラ迫水飲場の湧水でさえ、毎秒2.58ℓにすぎない。国東半島は大きな目で見れば第三紀の火山としてみることができ、火山としての大きな地下水流動による湧出形態はみられず、ごく小規模で局地的な湧水のみがみられる。

その他の湧水は、八面山山麓や中津市の山国川が形成した河岸段丘崖などに散見できる。耶馬溪にはその溪谷美に反してごく小規模の湧水が幾つかみられるにすぎない。その湧出量は毎秒1ℓ以下であり、その多くが毎秒0.1ℓ以下である。

2) 中西部第四紀火山地域

大分県中西部地域にはまとめて湧水が存在し、かつ大きな湧出量を有する地域が4ヶ所存在している。南部にも1ヶ所存在するが、本稿ではそれぞれの湧水群を、①鹿鳴越湧水群、②庄内湧水群、③くじゅう湧水群、④竹田湧水群、⑤臼杵湧水群と呼ぶ。

①鹿鳴越湧水群

日出町、山香町にまたがる鹿鳴越山群は、東西10km、南北8kmの輝石安山岩からなる第四紀火山で、標高612mの経塚山を主峰として、烏屋岳や唐木山といった標高約600mの山々が東西方向に連なっている。国東半島とは安芸川地溝帯によって接続し、北西は八坂川と三川を境界として別府の鶴見岳火山群と接している。地質は、ほとんど第四紀の輝石安山岩^{ようごく}から成っており、北麓の一部を安山岩質凝灰角礫岩が覆っている。鹿鳴越山群の南東麓にある日出町湯谷城沖には鹿鳴越を涵養源とする海底湧水が存在し、この湧水が大分県名産の「城下カレイ」の味を引き立てていると言われている。

鹿鳴越湧水群は、すでに河野(1996)、河野ほか(1996)で概要を明らかにしたが、隣接する鶴見岳と由布岳を含めた大きな火山地域としての湧水群とみなすこともできる。しかし、第四紀火山である鶴見岳と由布岳には大きな湧水が数ヶ所あるものの、山麓が直接別府湾へ落ち込んでいることと、暖められた地下水が温泉水として大量に利用されていることから、それほど多くの湧水はみられない。

②庄内湧水群

庄内湧水群は男池湧水を水源とする阿蘇野川と大分川上流域に存在している。この地域は両河川の形成する河岸段丘と山麓緩斜面が卓越し、傾斜の変換点や段丘崖から多量の湧出量を持った湧水が数多く見られる。

③くじゅう湧水群

くじゅう湧水群は、くじゅう火山群山麓から湧出する多くの湧水が見られる地域である。くじゅう山の火砕流堆積物が厚く堆積していることから、それが良好な帯水層を形成していることが特徴である。この帯水層の地下水は、くじゅう山の噴火活動と直接関係している場合があり(河野、2000a)、今後継続的な観測が必要である。

④竹田湧水群

竹田湧水群は阿蘇火砕流の中を流動する地下水が竹田盆地に湧出したもので、環境庁の選定した日本の名水百選にも指定されている。しかし、竹田市北部はくじゅう山系から流動する地下水と考えられる湧水があり、南部には祖母・傾山系が涵養源と考えられる湧水も存在し、あわせて大きな湧水群を形成している。

3) 南部堆積岩地域と臼杵湧水群

大分県南部は大きな湧水群は見られないが、それぞれ特徴を持った湧水が散在している。最も特徴的な湧水は、久保谷湧水や風連鍾乳洞などの石灰岩が堆積岩中に挟在する地域から湧出し、極端に大きな湧出量を示す湧水である。また多くの湧水は、堆積岩地域の崖線や岩盤の割れ目などから湧出する小規模な湧水で、沿岸部や島嶼部には、海岸であるにもかかわらず塩分の非常に低い淡水の湧出する湧水もあり、独特な涵養湧出機構を示している。

臼杵市には40近い湧水が存在する。堆積岩地域ではあるものの、阿蘇火砕流の末端部が市内各所に達

しており、その凝灰岩が形成する崖下部からの湧水が多数見られる。臼杵市南部の石灰岩地帯にある久保谷湧水を除き、湧水量は極端に少ない。しかし、昔から水に不自由した土地柄からか、ごく小さな湧水を大切に利用し、伝説、史実などを付して現在に伝えられている例が多くみられる。本稿ではこの地域を臼杵湧水群と呼ぶ。

(2) 水質の水文科学的特徴

①北部第三紀地域

水質分析値から作成した北部地域のトリリニアダイアグラムを図3に示す。国東半島を代表とするごく小規模の湧水は、Ca-SO₄型を示すサンプルが多くみられる。志賀ほか(1983)によると、これは火山活動の影響ではなく、第三紀火山による岩質の影響が大きいと考えられる。また、中央構造線に平行して発達する断層が東西方向に伸びていることから、深層地下水や熱水の影響を受けていることも否定できない。特に国東半島一帯には、SO₄²⁻、Cl⁻濃度の非常に高い鉱泉が多く知られている。

国東半島の中で、唯一第四紀噴出物の地域で文殊山山頂付近に湧出する清滝観音の湧水と両子山の走水観音の霊水は、他の湧水と比較して溶存成分濃度が小さく、ごく狭い集水域を持つことが分かる。これらは安山岩質の第四紀火山に属することに起因している。

その他の湧水は、概ね安山岩質の水質パターンを示し、国東半島の湧水ほど濃度が極端に高いものはみられない。したがって、これらの湧水は局所的な涵養湧出機構を持ち、深層地下水や熱水の影響をほとんど受けていないと考えてよいであろう。

人為的汚染の指標となるNO₃⁻濃度は一部の湧水を除き概ね5mg/l以下で、ほとんど汚染は認められない。比較的濃度の高い乳貰い水、泉神社湧水と岩鼻の井戸は、台地や平野部の地下水が湧出することから、田畑への施肥による汚染と考えてよいであろう。また、人為汚染の全く考えられない国東半島の文殊山山頂付近にある清滝観音の湧水、御許山山頂の観水と甲尾山山頂の霊水で比較的高い値を示している。場所から考えてその起源は不明であるが、林内地の樹幹流から比較的高濃度のNO₃⁻濃度が観測されている(井倉ほか、1994)ことから、その典型例として考えられる。また大分県という位置関係から酸性雨の影響も考慮されよう。

②中西部第四紀地域

図4に中西部地域のトリリニアダイアグラムを示す。大分県中部地域は一部の湧水を除きほぼ一定の水質を示しており、安山岩質の第四紀火山としての大きな涵養湧出機構の中で流動する地下水の湧出である。ほとんどの湧水・地下水がCa-HCO₃型の水質を示すことから、大分県における火山地域の湧水・地下水は基本的に同じパターンを示すと考えて良いであろう。一部Ca-SO₄型を示すサンプルがあるが、これらはくじゅう山周辺地域の火山活動の影響を受けていると考えられる湧水群で、熱水が混入する割合により、より強いCa-SO₄型を示している。その他のパターンを示すサンプルは挟在する堆積岩地域から湧出するサンプルで、河野(2001)の中で指摘した南部地域の湧水群と共通した特徴を示す。

③南部堆積岩地域

図5に南部地域のトリリニアダイアグラムを示す。南部地域の水質は、典型的な石灰岩地域の特徴を示すCa-HCO₃型や海岸付近に存在して風送塩の影響を受けているNa-Cl型の水質を示すもの、人為的な

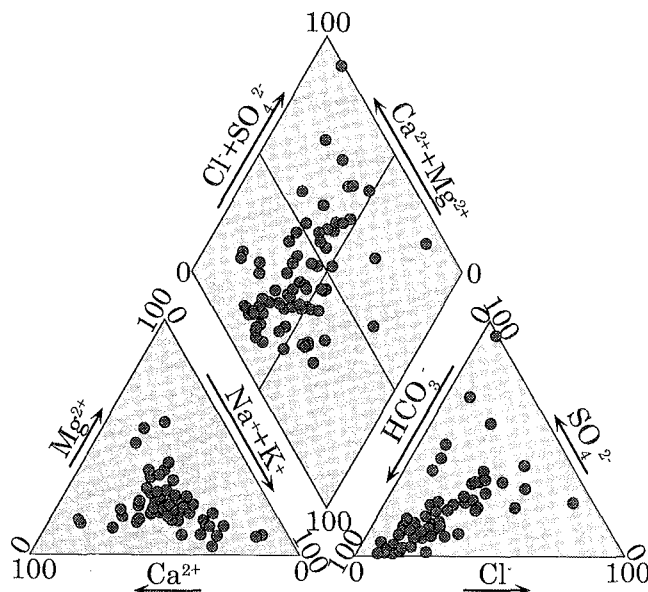


図3 北部地域のトリリニアダイアグラム

汚染の影響を受けているものなど様々な特徴を持っている。また、河野・長田(1999)で述べたように、阿蘇火砕流を帯水層として流動する地下水とその他の地下水の水質はそれぞれ特徴が見られる。

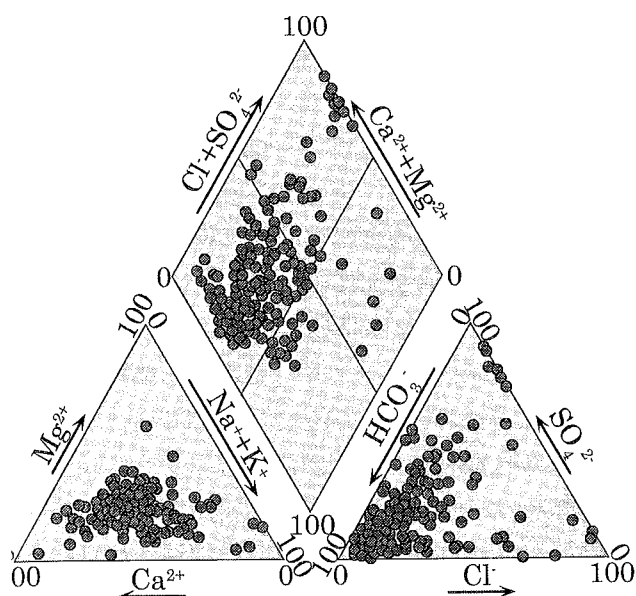


図4 中西部地域のトリリニアダイアグラム

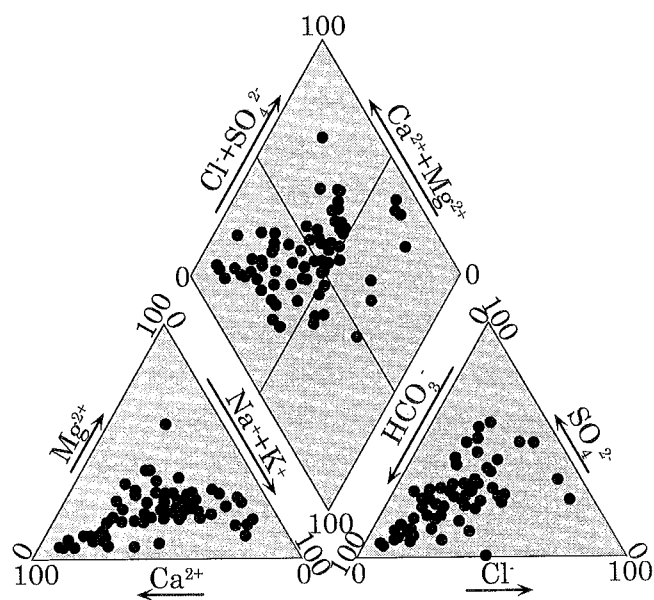


図5 南部地域のトリリニアダイアグラム

5. 湧水の利用状況と水文化

大分県内の各湧水は、その水文化学的特徴や周辺地域の状況に応じて様々な利用方法がみられる。河野(1996・2003a)で述べたように、大分県北部国東半島の湧水と南部沿岸部島嶼部にある湧水は、薬水・霊水としての水利用が卓越している。いずれの地域も昔から水不足による飢饉の発生しやすい地域であり、水を大切に利用してきた地域である(河野ほか、1996；河野、2000・2003b・2003c)。

また、これらの地域には、弘法大師にまつわる湧水が多い共通した特徴が見られる。椿堂御霊水は霊験あらたかな水として、大分県以外からも参拝に訪れる人々が後を絶たない湧水である。津久見市保戸島には、柳田国男の海南小記にも出てくるお大師様の水と呼ばれる湧水があり、昔から島民の命の水として大切に利用されてきた。また、湧水自体が御神体とされているところも多い。姫島の拍子水や佐伯市大入島の神の井が代表的な湧水であるが、なかでも国東半島文珠仙寺の奥の院にある智慧の水は、正月と3月末に行われる大祭の年2回のみ開放されるという非常に珍しい湧水である。

大分県中西部にある4つの湧水群周辺地域では、その豊富な湧水の一部は飲料水として利用されているものの、そのほとんどが灌漑用水として使われている。

南部の石灰岩地域にある湧水は大量の湧出が見られるものの、あまり水質がよくないために飲料水として利用されることはあまりなく、主に灌漑用水として利用されている。他の南部堆積岩地域にある湧水は、湧出量が少ないために積極的に利用されているものは少なく、開発などによって汚染され、利用できなくなった例が多く見られた。

大分県の湧水に共通してみられる特徴の一つに、日本各地で一般的にみられる水船形式がほとんどないことがあげられる。特に2段以上の水船を持つ湧水は皆無であった。水神様を祭っているところも少なく、あまり湧水を大事にしているとは思えないところが多い。大分県は水の豊富な地域であり、河川水を飲料水や灌漑用水として利用してきた経緯があるために、湧水を省みることはほとんどなく、湧水への関心が薄かったのではないかと考えられる。また、その豊富な湧出量を持つ湧水のほとんどは人口の少ない山地にあるために、利用し難かった点もその要因の一つであろう。

大分県中西部の湧水は北部に限らず伝説のある湧水が多い。特筆すべきものは、阿蘇火砕流に覆われ

た地域に、「疣水」というイボや皮膚病に効能があるという水が多いことである。「疣水」は、これまでの調査で大分市斗代、臼杵市大清水、臼杵市深田、竹田市籠目権現、竹田市落水、竹田市疣水に知られている。これらは阿蘇火砕流の溶結凝灰岩から湧出する水で、比較的NO₃⁻濃度の高い傾向が認められる。また万病や眼病に効能があるという水も多数みられる。今回の調査でも、清水寺の霊水、弘法大師の霊水、疣石の水、乳貰い水、水沼井などに薬水伝説が残されていることが分かった。医学的な因果関係は不明であるが、病気に効能のある水は特異な水質を示すことが多く(河野、2000 b・2003 d)、今後、温泉医学、民間療法の観点から調査、研究が行われることを期待している。

6. おわりに

大分県内には数多くの湧水が存在するものの、その分布は偏っている。その分布状態から、湧水の少ない北部地域、湧水が卓越して分布する中西部地域、数は少ないがバラエティーに富んだ南部地域の3地域に分類することができた。

湧水の数や湧出量が多くまとまって存在する地域は、①鹿鳴越湧水群、②庄内湧水群、③くじゅう湧水群、④竹田湧水群、⑤臼杵湧水群の5ヶ所にみられた。南部の臼杵湧水群以外は、第四紀火山が形成した良好な帯水層から見られる地域であるが、臼杵湧水群は、定常的な水不足から、他地域では見向きもされないような小さな湧水が大切にされ、残された経緯がみられた。

その湧出量や水質は、北部の第三紀、中西部の第四紀、南部の堆積岩という地質に基づいていることが確認できた。

国東半島や沿岸地域、島嶼部には弘法大師に由来する湧水が多くみられた。いづれも昔から干ばつに悩まされた地域であり、当時の人々の苦勞が偲ばれる。また、薬水伝説が多く見られ、その一部には独特な水質を示すことが分かった。

近年の名水ブームで大分県各地の湧水は、休日ともなると県内、県外から多数の人々が訪れ賑わっているが、湧水は地下水環境のよい指標であり、将来の水資源としても貴重なものである。温泉の涵養源や災害防止の観点からも湧水の動向には非常に注目すべき点があり、現在の環境に安心することなく、しっかりとした保全体制をとってほしいと願う次第である。

謝辞

日本文理大学環境科学研究所元所長村谷俊雄教授には実験室およびイオンクロマトグラフを快く使用させていただいた。大分県民の方々には多くの情報をいただき、湧水を紹介していただいた。また日本文理大学学生諸君には現地調査を手伝っていただいた。特に大戸佳子さんには、データ整理や原稿作成で頻りに手を患わせた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 井倉洋二・吉村和久・久保田勝義・中尾登志雄・荒上和利(1994)：九州山地中央部における降水および樹幹流のpHと溶存成分。九大演報，No. 71，1-12。
- 大河内正一他(1999)：温泉水および皮膚のORP(酸化還元電位)とpHの関係，温泉科学，Vol. 49，No. 2，59-64。
- 大河内正一他(2000)：二酸化炭素泉のORPとpHの関係，温泉科学，Vol. 50，No. 2，94-101。
- 大河内正一(2003)：『生きている温泉とは何か』くまざき出版，75p。
- 北岡豪一・河野 忠(1999)：くじゅう火山群の湧水と河川水の安定同位体比とトリチウム濃度。大分県温泉調査研究会報告，No. 50，15-18。
- 北岡豪一・河野 忠(2000)：くじゅう連山の湧水調査(Ⅱ)。大分県温泉調査研究会報告，No. 51，73-80。

- 河野 忠・田川豊治・藤原秀二(1996)：国東半島と鹿鳴越山群の名水. 地下水学会誌, Vol. 38, No. 2, 137～143.
- 河野 忠(1996 a)：大分県日出町の海底湧水と地下水. 日本文理大学紀要, Vol. 24, No. 2, 103～109.
- 河野 忠・長田美智子(1999)：大分県臼杵市の名水 ～その現状と水文学的特徴～. 日本文理大学環境科学研究所報告, No. 2, 20～29.
- 河野 忠(2000 a)：硫黄山噴火前後の周辺湧水の動向. 大分県温泉調査研究会報告, No. 51, 29～34.
- 河野 忠(2000 b)：地下水・湧水の湧出形態と水質形成機構の解明 —弘法水を例として—. 河川整備基金助成事業研究成果報告書, 69p.
- 河野 忠(2001)：大分県南部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 52, 27～35.
- 河野 忠(2002 a)：大分県中部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 53, 21～28.
- 河野 忠(2003 a)：大分県北部地域湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No. 54, 73～84.
- 河野 忠(2003 b)：「大分の伝説の水を科学する.」, 辻野 功編『大分学・大分楽』明石書店, 99～113.
- 河野 忠(2003 c)：福岡県の名水～伝説に彩られた北部の名水～. 地下水学会誌, Vol. 45, No. 4, 469～478.
- 河野 忠(2003 d)：『弘法水の水文学的研究』立正大学学位論文, 135p.
- 志賀史光・川野多実夫・小石哲史(1983)：国東半島陸水の水質, 『国東半島 —自然・社会・教育—』大分大学教育学部, 72～84.

地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究(4)

京都大学大学院理学研究科地球熱学研究施設

田 中 良 和・宇津木 充

要 旨

別府伽藍岳は地熱活動が盛んで、泥火山をはじめ多くの噴気活動が見られる。このような地熱活動の推移を地磁気変化を介して把握しようとするのが、この研究の目的である。前年までの研究で、白土鉦山の北側の3地点において過去3年間に約5 nTにおよぶ磁場の減少が観測された。しかし、観測地点が少ないこと、繰り返し観測では解析精度が悪く、原因となる源の深さや位置は決定できなかった。平成15年度には、新たに4点の繰り返し観測地点を補うとともに、別途の2地点にプロトン磁力計を設置して連続観測を行った。この報告では、これらの連続磁場観測を中心にして、伽藍岳の地磁気変化の特徴および繰り返し磁場観測の精度についての考察を行った。

1. はじめに

火山岩には多くの磁性鉱物が含まれていて帯磁している。地球磁場環境で冷却した際に熱残留磁化を獲得したものである。この磁化は通常、200°C以上で強い負の温度依存性を示し、約600°Cあたりで磁性を失う。変質を受けない限り、温度変化に対して可逆的である。この性質を用いると、地表面での磁場観測から地殻内部の磁化変化を抽出して、地下の温度状態を把握出来る。筆者らは活動的な火山の火口近傍において、多地点の連続や繰り返し地磁気観測を行って、火口直下の蓄熱状態の時間推移を把握し、火山活動予測に役立っている。大分県九重硫黄山では1995年の水蒸気噴火直後からプロトン磁力計による地磁気全磁力観測を行って、最大の変化地点では40 n T/年を超える変化が持続していることを見出した。多数地点の観測結果を用いて、磁化変化の中心は在来噴気のC領域付近の深さ数百mで、磁化が増加していることを求めた。磁化の変化から、地下の火山岩を冷却するために要した熱量は数100メガワットと推定され、九重硫黄山における定常的な噴気放出エネルギーと整合的である。一方、阿蘇火山の火口直下の熱的状态は、火口が湯溜り状態で閉塞されている場合には蓄熱が進行し、開口状態では放熱過程に転じて、消長を繰り返すことが知られている。地熱兆候を示す地域において噴気の増大が認められた場合、磁化が増大すれば浅い部分に蓄積されていた熱が放散されているので危険度は比較的少ないと判断できるし、逆に噴気が減少した場合に磁化が減少すれば蓄熱が進行しているので遠からず水蒸気爆発などを生じる危険が予想される。このようなわけで、一連の研究では、鶴見岳山頂部にある赤池噴気と別府伽藍岳を対象として、地磁気観測によって地下浅部の熱的推移を把握しようとしている。

この報告では、2004年3月までに別府伽藍岳の2地点において連続的に観測された磁場変化を提示して繰り返し磁場観測の問題点を考察する。

2. 別府伽藍岳における地磁気連続観測

伽藍岳は鶴見連山の北端に位置する比高350mの鐘状火山で、同連山の中で最も強い地熱兆候を示している。伽藍岳の南側には円弧状の崩壊地形が発達しており、白土鉦山として利用されてきた。この鉦山の北端には小さい泥火山やジェット音を発する強い噴気孔の他に、いくつかの弱い噴気孔が存在する。この鳴動噴気の南北に8地点の繰り返し磁気点を設け、2000年7月から繰り返し観測を始め、2004年4月までに9回の測定がなされた。繰り返し磁場測定はGSM-19型オーバーハウザープロトン磁力計を用いて、地上高さ2.38mで行われている。

昨年度までの結果では、N1, NE, S0の3地点の磁場変化は3年間に約4~5 nT減少しているが、他の地点では有意な変化は認められない事が報告されている。

変化の認められた3地点は、白土鉾山の北東部に位置する強い鳴動音を発している噴気孔の近くに位置し、磁場変化の大きいN1とNEの表層部分は白土化していないが、S0およびS1~S6地点の表層部は白土化している特徴がある。このことから、地下における熱磁気変化に起因する可能性が指摘できる。しかし、一般に北半球の中緯度においては、磁気異常の原因が地下に存在すれば、源の北側と南側で変化の符号が逆転し、南側の変化量の大きい事が期待される。ここに得られた結果は、このような通常の磁気モデルには符合しない。

2-1. 新規の磁場観測

上記の事柄を踏まえて、2003年には、図1に示すW, C1, C2, C3の4地点に繰り返し磁気点を新設するとともに、白土鉾山の北東部に2台のプロトン磁力計を設置して

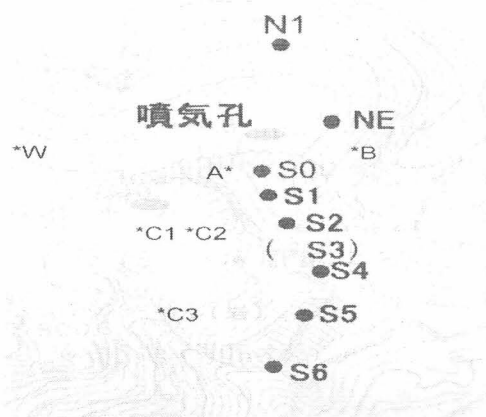


図1 伽藍岳における磁場観測地点

連続的な磁場観測を行って、この地域の地磁気変化の全貌を明らかにしようと試みた。2003年には繰り返し観測が数回なされたが、データ処理が不十分なため、この報告では以下の連続観測について記述する。

S0近傍の磁力計をA、NEの南点をBと呼ぶ。設置した磁力計は、筆者らが開発したKM622型プロトン磁力計で、2003年6月20日に設置して5分間隔の計測とした。センサーはシングルソレノイドコイル型で地上高約2mに木柱で固定し、電力は太陽電池でまかなっている。運用の結果、B地点の磁力計には太陽電池の電力不足やメモリーカードの不良などのトラブルが発生して欠測が続出しており、A磁力計との比較は2ヶ月しか出来なかつた。

しかし、A磁力計は問題なく作動しているので、阿蘇の火山研究センターの磁力計を基準として9ヶ月に及ぶ磁場変動の様子を見ることが出来た。

2-2. A, B地点の磁場変化

各地点の磁場変化そのものを示しても日々の変動が大きく有意ではない。ここでは、近接した2地点における同時刻の全磁力磁場の差を示し、比較検討する。

図2は2003年7月、図3は2003年8月の伽藍岳においてプロトン磁力計により5分毎に計測された地点BとAの差を図示したものである。縦軸は0.1nT単位で示し、横軸は月初めからの時間単位で、目盛りは日を示している。個々の計測値にはプロトン磁力計特有のカウントミスに伴うドロップアウトノイズが存在する。これらを除去した上で、さらに1時間平均を求めて示している。図で分かるように、2地点は約200m程度しか離れていないにもかかわらず、全磁力の差は一定ではなく時間変化を示している。特に、夜間の地点差は、約107から107.5nTとほぼ一定であるが、昼の時間帯においては、日々その振幅は異なるものの、1~2nT減少する傾向が顕著である。このような現象はSq場と呼ばれる電離層電流の作る地磁気日変化磁場の影響を反映したものであることはよく知られている。

Sq場を生じる電離層渦電流は、高度150kmから200kmを流れ、地上に、ほぼ一樣な磁場を作る。しかしながら、各地点の地表における地磁気全磁力は、地殻内部に原因する北向きの磁場ベクトルに上述の電離層電流の作る変動磁場ベクトルが合成された磁場強度であるから、たとえ外部から与えられる変化磁場ベクトルが等しくても、各地点の地殻磁場ベクトルの方向が微妙に異なれば、その合成ベクトルの

大きさは異なってしまいます。このようなことが原因してスカラー量である全磁力の差は一定にはならない。地下の浅い部分に強く磁化した火山岩が埋まっていることはしばしば見受けられる。この問題を回避するには、安定な地磁気3成分の観測と、各観測地点における地磁気偏角や伏角の測定、あるいは統計的な実験式を求めて補正すれば良いことは、既に、別府鶴見岳の磁場観測の項で記述したのだが、実践には極めて多くの労力を必要とする。

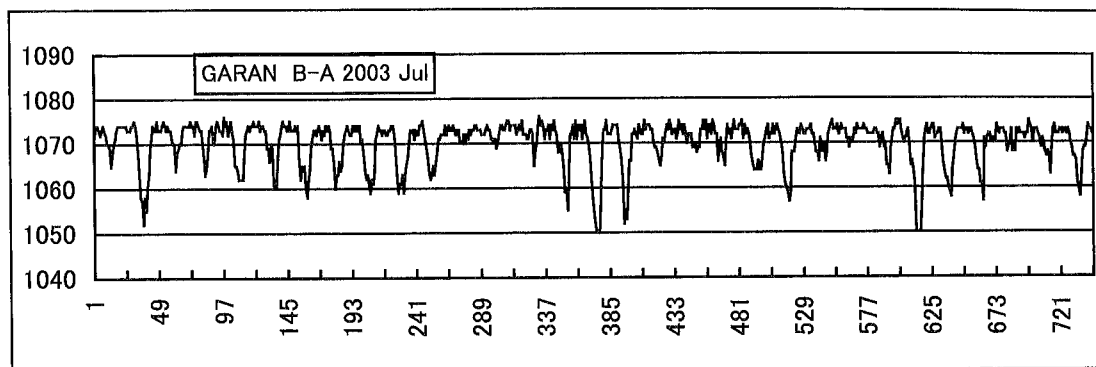


図2 伽藍B点とA点の全磁力差(時間平均値)2003年7月。縦軸は0.1nT単位

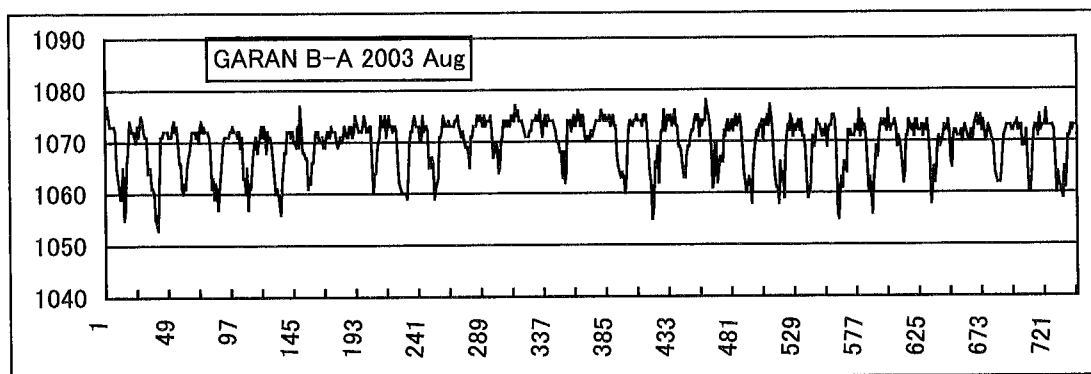


図3 伽藍B点とA点の全磁力差(時間平均値)2003年8月。縦軸は0.1nT単位

このような理由で、S_q場の小さい夜間部分をトレースして、やや長周期の変動をみると、7月には有意な変化は存在せず、夜間平均値差は107.3nTが得られる。一方、8月においては8月7日を極小、14日を極大とする0.2nT程度の変化が認められるが、これらの時期には磁気嵐が発生しているので、地熱活動に関連した磁場変化であるとは断言できない。

2-3. 火山研究センターを基準としたA地点の磁場変化

B地点の磁力計には太陽電池の電力不足やメモリーカードの不良などのトラブルが発生して欠測が続出した。このため、A磁力計との比較は上述のように2003年7月と8月の2ヶ月しか出来なかった。しかし、A磁力計は問題なく作動していたので、阿蘇の火山研究センターの磁力計を基準として2003年7月から2004年3月までの9ヶ月に及ぶ磁場変動の様子を見ることとする。

外部擾乱磁場を除去するために、参照磁場観測地点として火山研究センター(熊本県阿蘇郡長陽村)の東点を用いた。ここでも、毎5分値差をそのまま表示したのでは、あまりにも分散が大きく見づらいため1時間平均値差を求めて図示している。図化の都合上、負値を避けるために100nTを加えている。縦軸は0.1nTを単位とし、横軸は月初めからの時間を単位としたものであり、日ごとに目盛りが付してある。

図示した9ヶ月に及ぶ時間平均値差は、概ね52nTから55nTにあることが分かる。7月24日から28日、

10月5日-6日、2月23日、3月6日-8日などに見られる上方への飛び跳ねは、基準となる火山研究センターのデータが欠けているためである。図を概観すると、1日を単位として振幅2-3nTのパルス状の変動が重畳している。Sq場と言われる地磁気日変化に起因するものである。Sq場は地上にはほぼ一様な磁場を作るが、別府と阿蘇は約100km離れるので、その非一様性も磁力差を作る一つの原因ではあるが、上述したように、各観測地点の地殻磁場ベクトルの方向が微妙に異なり、合成ベクトルの大きさが異なることに起因してスカラー量である全磁力の差は一定にならない。図2と図4、あるいは図3と図5を比較すると分かるように、伽藍の2地点の夜間差は0.2nT程度の変動幅にあり、一定していたが、阿蘇を基準にすると夜間においても2nT程度の変動が見られ変化の様子が随分と異なっている。

夜間部分のみを取り上げると、全磁力差は概ね、53nTであることが分かる。しかしながら、11月7日頃から12月1日の期間は52nTと1nT小さくなっている。また、2月23日の前後1日は約2nT大きい。地熱活動に起因するものか否かは、このようにノイズの大きな図版からは判断できない。この報告では間に合わなかったが、今後、3成分磁場補正を行い詳細に検討したい。蛇足ながら、全磁力差の図版の、いくつかの部分で特に大きく下がっている部分が見出せる。特に顕著であるのは7月12日、8月18、19日、11月20、21日であり、大きな磁気嵐に起因している。

3. 議論

我々の目的は、地磁気変化を介して地熱地域に蓄積される熱の動向を探ることにある。期待できる地表の磁場変化の大きさは、九重火山を例にとると、500MWから1GWの熱放散に対して、最大の変化地点では40nT/年程度の変化が期待される。別府伽藍岳の地熱活動は数10分の1程度と小さいので高々1nT/年程度の磁場変化となるであろう。ここに示された解析結果を概観すれば、昼間に行われる繰り返し磁気測定の精度については正負2nT程度の誤差を伴うことは明らかである。特に、大きな磁気嵐の時点で測定を行うと、5nTを上回る誤差を生じることが示されている。この点に留意するならば、1nT程度の磁場変化の検出には従来の方法による短時間の繰り返し観測は、このままでは全く無意味であると結論せざるを得ない。

考えうる有効な方法として、各磁気点において少なくとも1回は従来の繰り返し観測を1ヶ月程度行うことである。このようにしておくと、基準観測地点との地磁気3成分を用いた相関関係が既知となるので、この補正係数を通常の短時間繰り返し観測に適用して精度の高い補正を行うことが可能となる。磁力計を定点に固定して継続的に計測することは、活動的な火山場においては比較的短期間に熱の消長が繰り返されることや活動の監視の意味から有効ではある。しかし、維持やコスト面で必ずしも得策ではない。このようなわけで、上述の繰り返し観測法を提案するが、今後、現実のデータ解析により、その有効性を示す必要がある。

参考文献

橋本武志・田中良和・宇津木充(2001):阿蘇火山における地磁気変化について(1991-2000年)、京都大学防災研究所年報、第44号B-1, 333-343.

坂中伸也・田中良和・宇津木充・橋本武志(2000):九重硫黄山での地磁気変化による噴気火道の形状推定、秋田大学工学資源学部研究報告、第22号、25-38.

Tanaka, Y. (1993): Eruption mechanism as inferred from geomagnetic changes with special attention to the 1989-1990 activity of Aso Volcano, J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol. 56, 319-338.

田中良和・宇津木充(2001)地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究、大分県温泉調査研究会報告、第52号9-14.

田中良和・宇津木充・橋本武志(2002)地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究(2)、大分県温泉調査研究会報告、第53号57-63.

田中良和・宇津木充・橋本武志(2002)地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究(2)、大分県温泉調査研究会報告、第54号85-89.

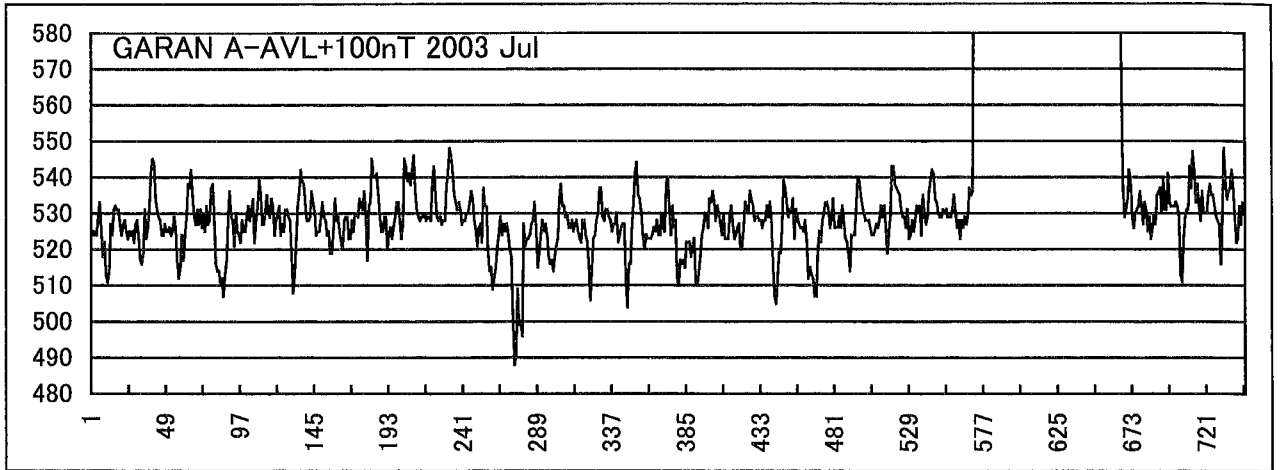


図4 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年7月1日 - 7月31日。

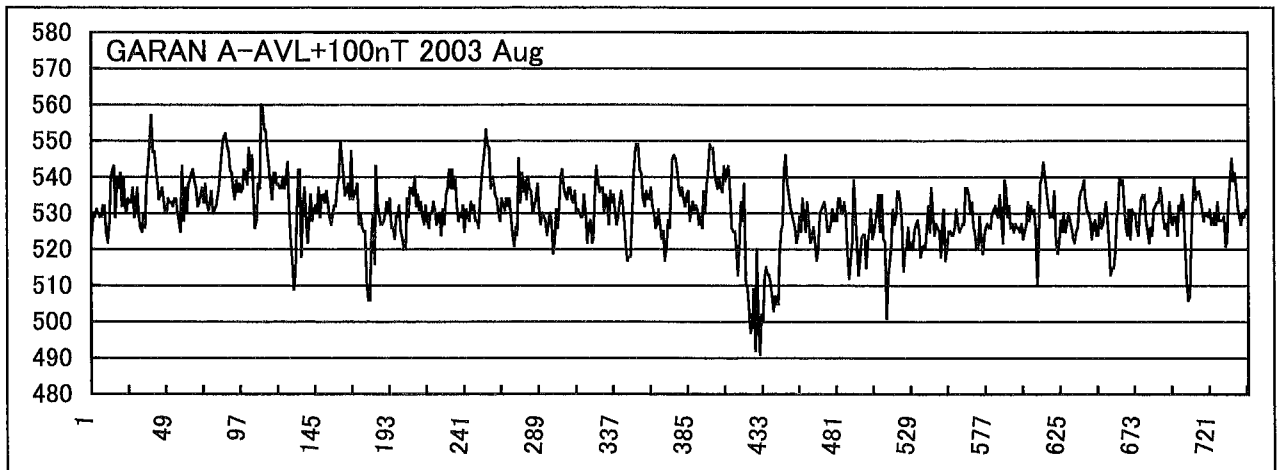


図5 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年8月1日 - 8月31日。

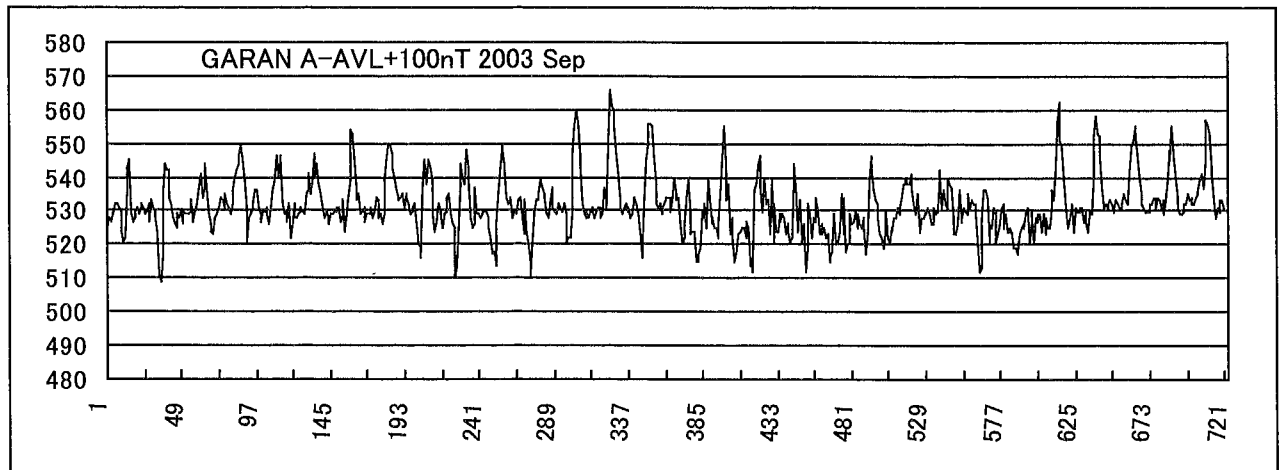


図6 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年9月1日 - 9月30日。

縦軸は0.1nT単位、毎5分値から火山研究センター東の値を減じ、1時間平均値に100nTを加えている。

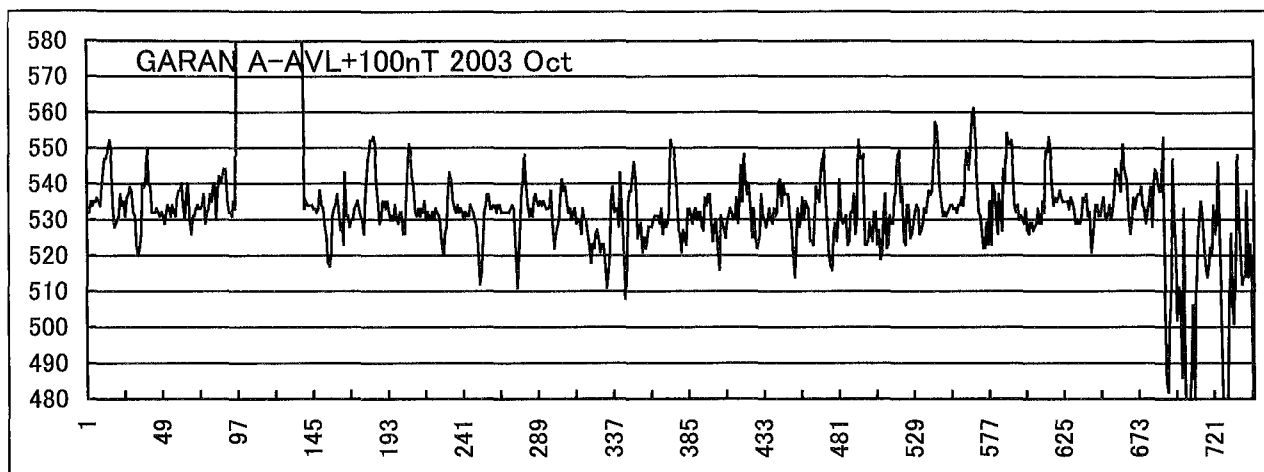


図7 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年10月1日-10月31日。

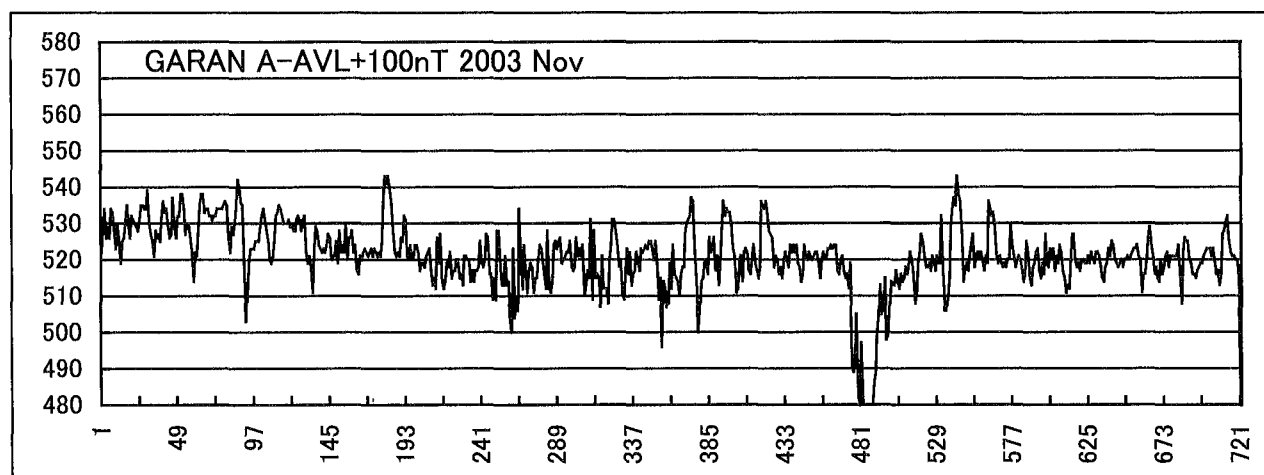


図8 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年11月1日-11月30日。

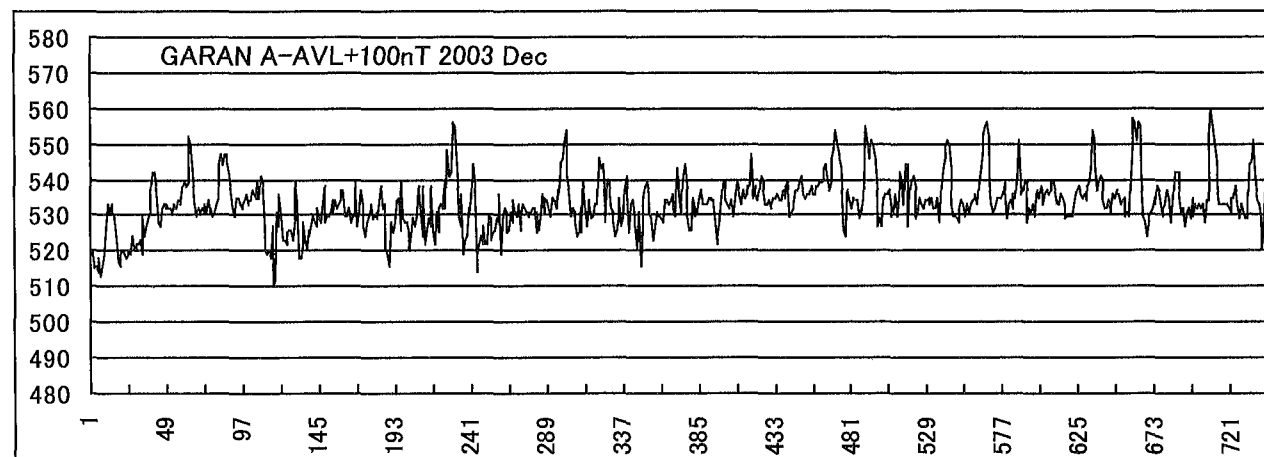


図9 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2003年12月1日-12月31日。

縦軸は0.1nT単位、毎5分値から火山研究センター東の値を減じ、1時間平均値に100nTを加えている。

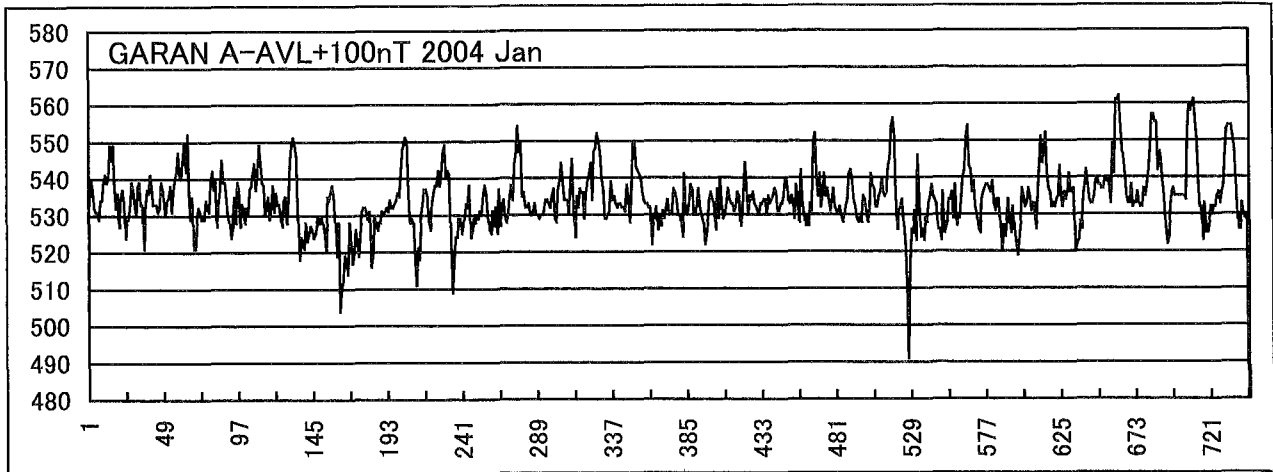


図10 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2004年1月1日-1月31日。

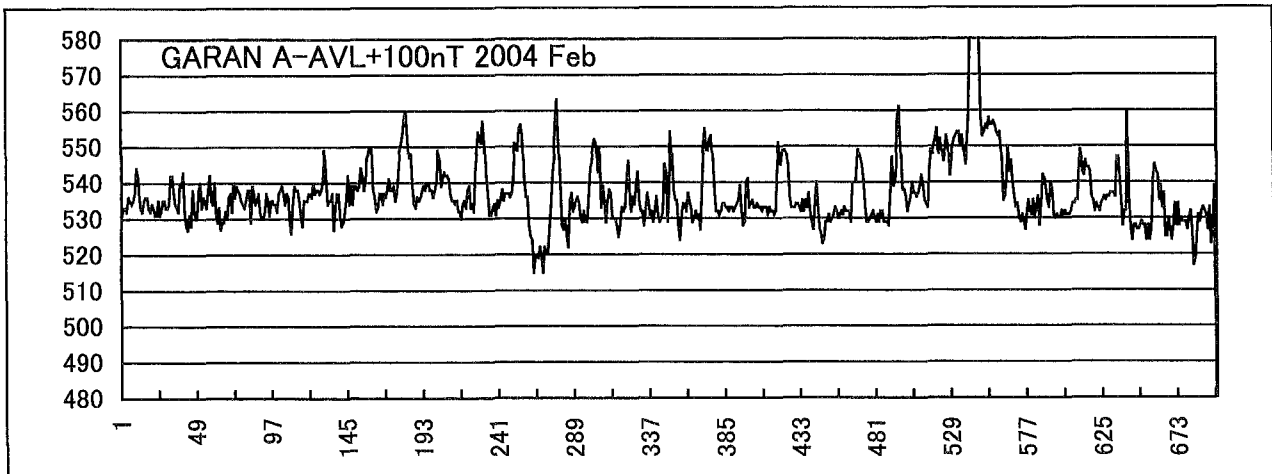


図11 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2004年2月1日-2月29日。

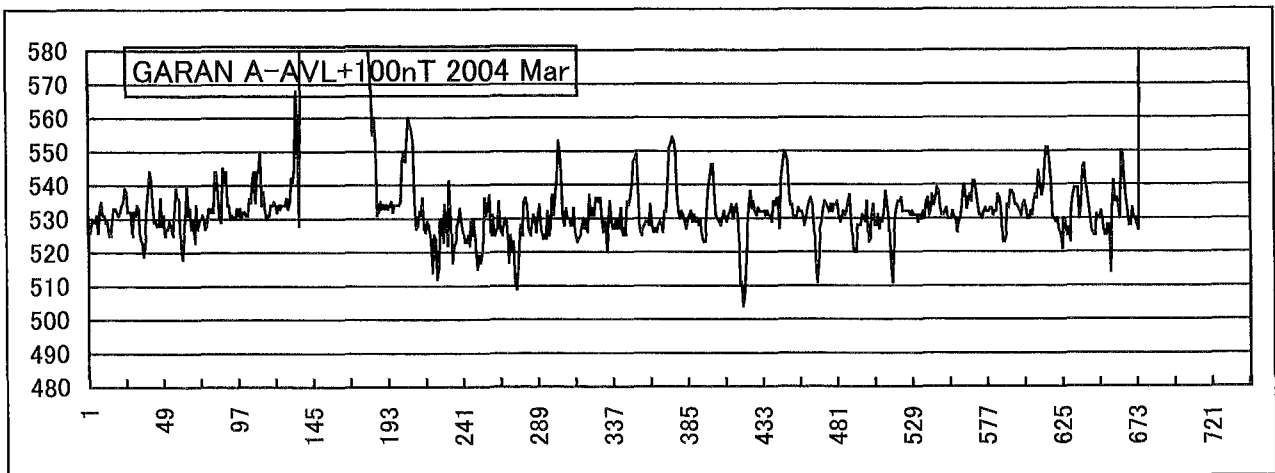


図12 別府伽藍岳A点における全磁力磁場変化。2004年3月1日-3月31日。

縦軸は0.1nT単位、毎5分値から火山研究センター東の値を減じ、1時間平均値に100nTを加えている。

由布院盆地の地下構造と堆積物に関する研究(2)

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

井上直人・竹村恵二
由佐悠紀

概要

由布院盆地の地下構造を明らかにするために、反射法地震探査測線に沿った重力データの解析を実施した。基盤と被覆層からなる均質2層モデルによる2次元解析からは、実測値と計算値との差が由布院盆地と測線南部、北部で大きくなった。このひとつの原因と考えられる湖沼堆積物や風化安山岩などの分布を考慮した表層部の低密度層(2.00 g/cm³)、火山性の岩石を含む堆積層(2.30 g/cm³)、基盤(2.70 g/cm³)の3層モデルにおける2次元解析の結果、由布院盆地内の湖沼堆積物の分布形状とともに、由布院断層、別府北断層および断面北部で大きな基盤の落差や、由布院断層南部、由布院断層から別府北断層にかけて南に傾斜している基盤形状が明らかになった。

1. はじめに

由布院盆地は由布-鶴見地溝(星住ほか、1988)の西南部に位置する温泉地で、第四紀火山に囲まれ、鈴木(1937)以来、湖沼堆積物が分布するとされる。地溝北縁は別府北断層、南縁は由布院断層が分布している。地溝の南北の長さは約5-7 kmである。別府北断層の断層崖上は、標高700-900 m程度の稜線があり、由布院断層の南側は、雨乞岳などの標高1100 m程度の火山地形がひろがっている。地溝南部には、標高500 m程度で由布院盆地が位置している。この盆地では、温泉水に関する物理化学的調査が実施されてきた。本報告では、平成15年度報告(竹村ほか、2003)にひきつづき、由布院盆地の地下構造に関する検討を実施した。今年度は特に、反射法地震探査測線上の重力データを用いた3層モデルによる解析を実施した。

2. 使用データ

今回の解析には福田ほか(1995)で測定されたデータ(図1参照)に対して、重力異常と地形との相関より推定された補正密度2.30 g/cm³を適用したブーゲー異常(竹村ほか、2003)を用いた。図2に補正密度2.00、2.30、2.60 g/cm³におけるブーゲー異常断面を示す。

3. 解析手法および結果

最初に基盤と被覆層からなる単純な均質2層構

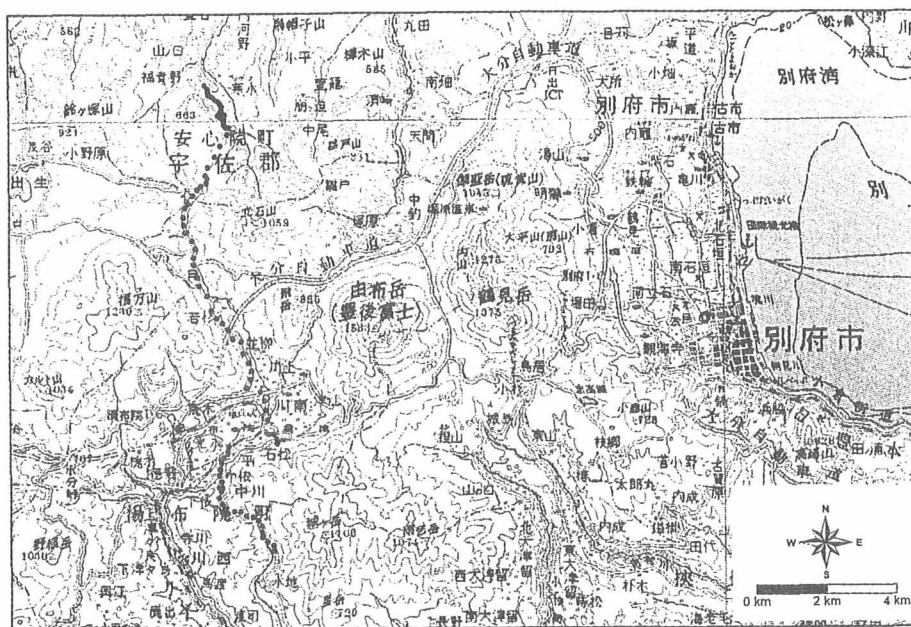


図1. 重力測定点

造を仮定した2次元解析を試みた。対象地域付近には基盤深度に関して直接参照可能なボーリングデータや露頭情報がないので、新エネルギー・産業技術開発機構(1990)による均質2層および多層2次元解析結果を参考にした。広域トレンドは1次傾向面による近似で除去を行った。地下構造解析には実測値と計算値との差に応じて逐次近似的にモデルを修正する方法を適用した。基盤と被覆層との密度差は新エネルギー・産業技術開発機構(1990)の結果を参考に 0.4 g/cm^3 を採用した。推定された地下構造(図3)は、ブーゲー異常断面(図2)と同様、南に向かって深くなる傾向にある。断面の南と北側に基盤が深くなる箇所が見られ、由布院断層、別府北断層に相当する。また由布院盆地で基盤が深くなっている。

均質2層構造解析結果(図3)の実測値と計算値との差は由布院盆地と断面南部および北部で大きくなっている。反射法地震探査断面(由佐ほか、1995)と表層地質とを総合して考えると、これらの場所は湖沼堆積物や風化安山岩などが分布する。したがって推定された基盤構造だけでは重力異常を説明できず、表層部付近に密度の低い局所的な構造を考慮する必要があると思われる。

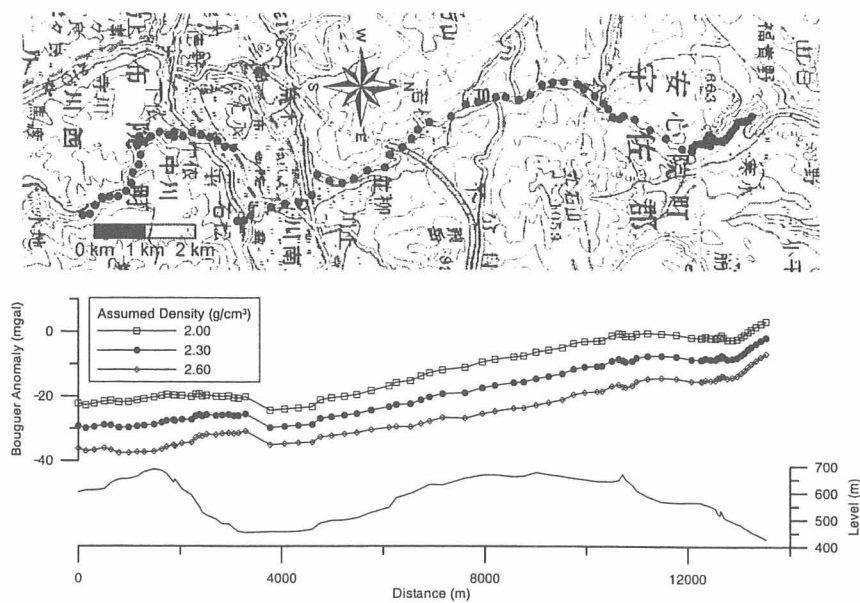


図2. 各補正密度におけるブーゲー異常断面

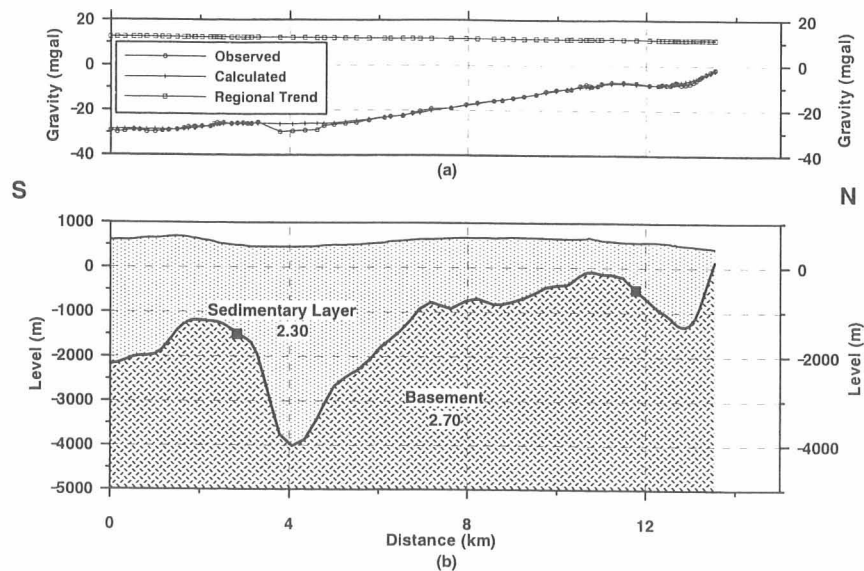


図3. 均質2層構造解析により得られた密度構造モデル

(a)重力異常(単位はmgal). Observed: 観測値, Calculated: 計算値, Regional Trend: 広域トレンド.
 (b)密度構造. ■は基盤のコントロールポイントを示す. 数字は密度(g/cm^3).

そこで新エネルギー・産業技術開発機構(1990)や楠本ほか(1996)、Kusumoto et al. (1996)の重力解析結果や由佐ほか(1995)による反射法地震探査結果を参考に、表層付近の低密度層(2.00 g/cm³)、堆積層(2.30 g/cm³)、基盤(2.70 g/cm³)の3層モデルでの検討を行った。各境界面の初期値として表層に近い方から順に標高400m、-1000mを与え、実測値と計算値との差に応じて逐次近似的に境界面深度を修正する方法により地下構造を推定した。図4に得られた結果を示すが、境界面深度は初期値に依存することに留意されたい。しかし、初期値を変えて解析を行っても得られる境界面の形状に大きな違いは認められない。ここでは境界面の深度ではなく、形状のみを議論する。

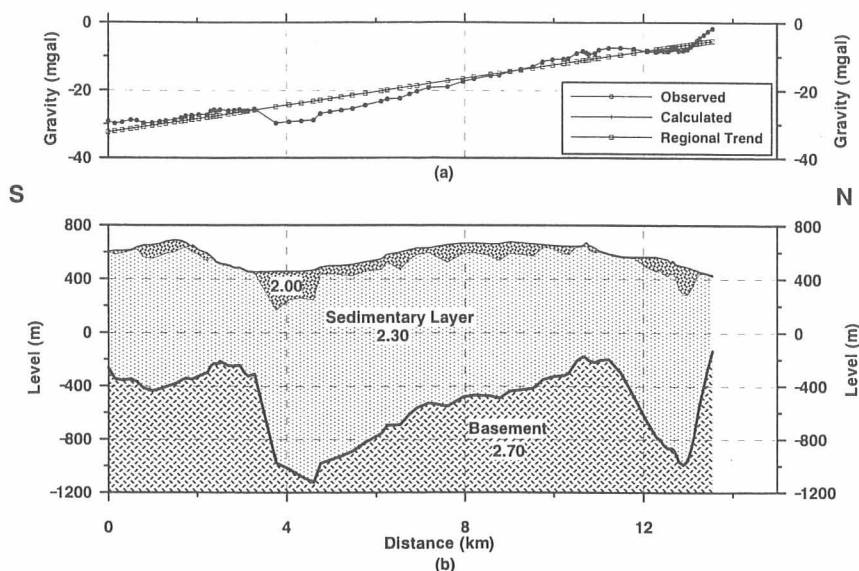


図4. 3層構造解析により得られた密度構造モデル

(a)重力異常(単位はmgal). Observed: 観測値, Calculated: 計算値, Regional Trend: 広域トレンド.
 (b)密度構造. 数字は密度(g/cm³).

図5に重力測定点と推定された地下構造モデルを示す。表層地質は由布院断層の南側では倉木山安山岩、別府北断層より北側では高陣ヶ尾安山岩が分布する。由布院盆地は湖沼堆積物で構成される。由布院盆地北部から別府北断層南部にかけては扇状地堆積物、岩屑流堆積物、火砕流堆積物と表層地質は変

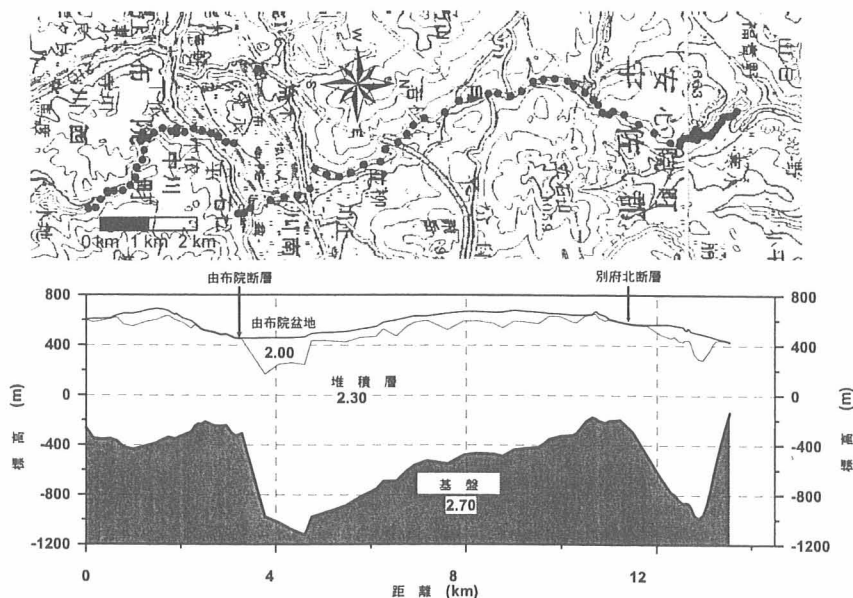


図5. 由布院盆地地下構造モデル

化に富む。図5の表層部の低密度層をみると由布院盆地で厚くなっており、湖沼堆積物に相当すると思われる。倉木山安山岩、高陣ヶ尾安山岩が分布する地域でも低密度層は厚くなっており、表層部の強風化の安山岩に対応していると思われる。由布院盆地から別府北断層にかけても低密度層が分布するが、北に向かって薄くなる傾向にある。

基盤形状についてみると、由布院断層、別府北断層および断面北部で大きな基盤の落差が認められる。さらに由布院断層南部、由布院断層から別府北断層にかけて基盤は南に傾斜している。

謝辞

本研究では、京都大学理学研究科地球物理学教室の福田洋一助教授から重力測定結果のデータ提供を受けた。記して感謝いたします。

引用文献

- 福田 洋一, 瀬木 哲, 楠本 成寿, 馬渡 秀夫, 竹村 恵二・由佐 悠紀(1995): 別府地域の重力調査(2), 大分県温泉調査研究会報告, 46, 19-28.
- 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.
- 楠本 成寿, 福田 洋一, 竹本 修三, 由佐 悠紀(1996): 別府-島原地溝東部における重力解析(演旨), 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 610-610.
- Kusumoto, S., Fukuda, Y., Takemoto, S. and Yusa, Y. (1996): Three-dimensional subsurface structure in the eastern part of the Beppu-Shimabara Graben, Kyushu, Japan, as revealed by Gravimetric Data, J. Geod. Soc. Jpn., 42, 167-181.
- 竹村 恵二, 井上 直人, 由佐 悠紀(2003): 由布院盆地の地下構造と堆積物に関する研究, 大分県温泉調査研究会報告, 54, 1-6.
- 新エネルギー・産業技術開発機構(1990)全国地熱資源総合調査(第3次)広域熱水流動調査 鶴見地域
- 鈴木政達(1937): 別府附近の地史と温泉脈. 地球物理, 1, 6-19.
- 由佐 悠紀, 福田 洋一, 北岡 豪一, 大沢 信二, 井川 猛, 阿部 進(1995): 由布院盆地における反射法地震探査(速報), 1995年度地震学会(静岡)予稿集, 61.

由布岳における自然電位観測

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究センター

宇津木 充・田中 良和

要 旨

これまで京都大学では、火山域における地下水系、熱水対流系を明らかにすることを目的に鶴見岳、伽藍岳において自然電位測定を行ってきた(大羽ほか, 1997, 橋本ほか, 2003)。その一環としてわれわれは、由布岳における地下水系を明らかにすることを目的に2004年4月に自然電位測定を行った。本報告では、この観測で得られたデータを元に自然電位の数値計算を行い由布岳の地下水系及び地下構造についての議論を行った。

1. 由布岳の活動

由布岳(標高1583m)は、鶴見岳の西側、有名な観光地である湯布院の北東部にそびえ、豊後富士といわれて親しまれている。火山体は、主火山体と数個の溶岩ドーム及び山頂溶岩からなり、周囲には約7千3百年前の鬼界アカホヤ火山灰よりも新しい小規模な火砕流堆積物がいくつも分布する(草薙・宇井, 1995)。これらのうち、北麓と南麓の火砕流堆積物は約2千年前の噴火活動によると考えられる。この噴火活動では、おそらくマグマの上昇により山体斜面が不安定となり山体崩壊が発生したのちに、池代溶岩ドームが噴出し、北東側から西側山麓に火砕流が流下、その後山頂溶岩が出現し、南麓などにも火砕流が流下したと考えられている。また、これら一連の噴火活動に伴って由布岳火山灰が降下し、その後、断続的に山頂でのブルカノ式噴火が続いき、火砕物を降下させた。その後、現在に至るまで噴火活動は起きていない。

2. 自然電位観測

一般に、大地には様々な原因によって電場が生じており、大地の2点間で電位差をもつ。このうちの、直流成分、もしくは非常にゆっくりとした変動成分で地球内部に原因を持つものを自然電位と呼ぶ。その発生原因にはいくつかのメカニズムが提唱されているが、特に火山・地熱地帯で検出される自然電位異常は流動電位がもっとも有力なメカニズムと考えられている。ここで流動電位とは、多孔質媒質中を流体が流動する際に正電荷が運ばれ、流体流動の方向に電流が生じることでつくられる電位差である。これまでに数々の火山・噴気地帯において数百mVから、場合によっては数Vにまで及ぶような大きな自然電位異常が観測されているが、それらは流動電位を発生メカニズムとして火山地下の熱水系の流動と結び付けられ、調和的な解釈がなされている。特に、火山・地熱地域における自然電位観測の特徴として、大きな正の異常が見られることが多く、こうした異常は地下の熱水上昇に対応していると考えられている。またこれとは別に、地熱活動のない山域での自然電位では、地形効果と呼ばれる特徴的な電位分布が見られることが知られている。これは、山体浅部をながれる地下水による流動電位と考えられており、山頂から山麓に流れる電流(=地下水)により山頂に行くにしたがって電位が低くなる。その分布は、ちょうど地形標高を逆にしたようなV字型のパターンを持ち、地形標高との間に直線的な負の相関関係を持つことが知られている。火山域においても、火口や噴気地帯のような地熱活動域から離れた山麓部などでこうした特徴的な分布がみられることが多い。こうしたことから、山頂部に活動域をもつ火山では、山麓-山腹部で地形効果による電位降下、山頂付近で熱水流動による電位上昇がみられ、結果

として火山を横切る測線の自然電位プロファイルをつくと、W字型の分布がみられることとなる。実際、三宅島や阿蘇火山などでこうしたW字型プロファイルがみられ、活動的火山における自然電位分布の一つの典型と考えられてきた。しかし近年、こうしたW型の電位プロファイルが、活動的でない火山でも見られることが報告されている。たとえば、Hase(2004)では、噴気などの地熱兆候が全く見られない阿蘇・根子岳においてW型の電位プロファイルが見られることが明らかになり、かつこうしたプロファイルが地下構造によって説明できる事が明らかにされている。

3. 自然電位観測

自然電位観測は、西側の由布登山口(A点)から山頂東嶺(C点)を経て東側登山道(E点)までのコース、及び南側登山道からB点までを結ぶコース(図1)について行った。測定は、total field法と呼ぶ計測法で行った。この計測方法は以下の通りである。まず基準となる点を確保し、そこからある程度の長さ

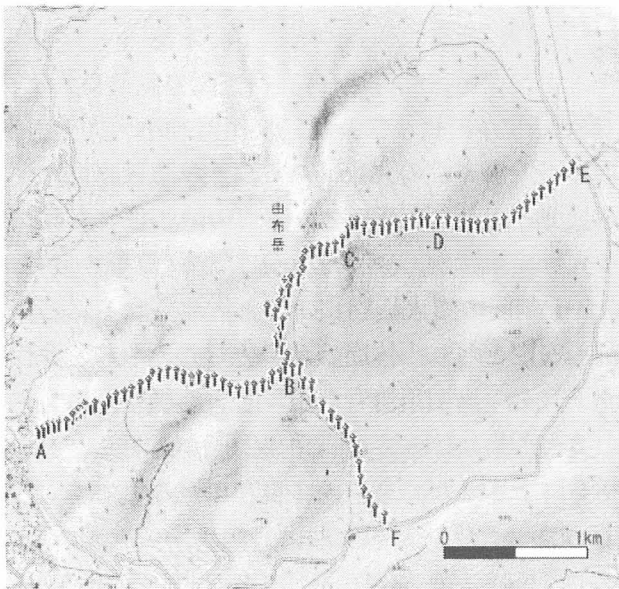


図1 自然電位観測点分布

の電線(今回は1 km)を伸ばしつつある間隔(今回は100m、一部150m)おきに基準点との間の電位を計測する。電線を伸ばし終えたら終点近くに新たに基準点を設け前の基準点との間の電位を計測、また電線を伸ばしながら新たな基準点との間の電位差を計測する。これを測線全体について繰り返し、基準点間の電位差を補正して全体の電位分布を見積もる、というものである。各計測点では、近接した3箇所、表土を除いて深さ数センチ程度の穴を掘り、保水力の高い粘土(ベントナイト)で大地と電極間の接地を確保しつつ基準点との電位差を測定、計測ミス等による異常値を除いて平均値を取りその点の電位の代表値を得た。今回の測定では、電極には硫酸銅電極、電位計にはデジタルマルチテスタ(入力インピーダンス10Mohm)を用いた。また、電線にはラッピング線を用いた。

図1の点Aを基準とした、A-E測線、B-F測線の測定結果を図2-1、2-2に示す。ただしこ

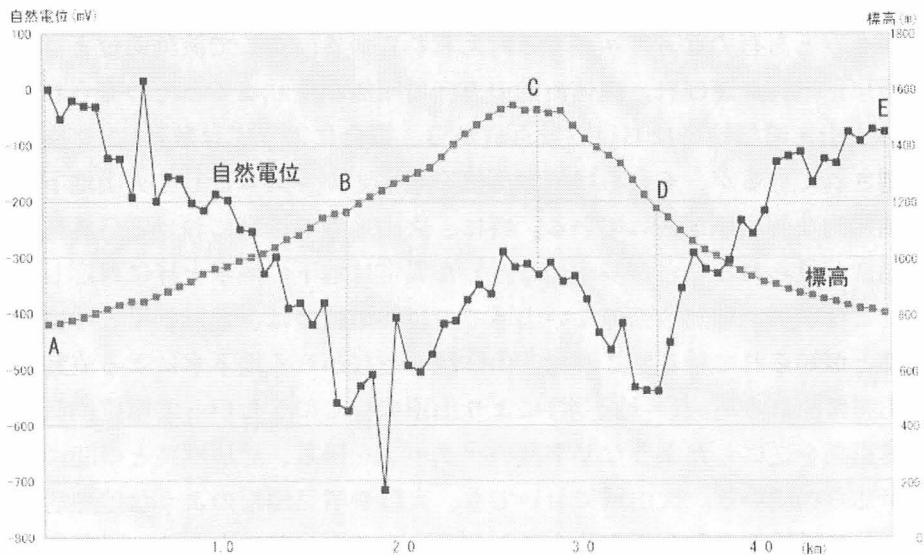


図2-1 測線A-B-C-D-E間の自然電位プロファイル

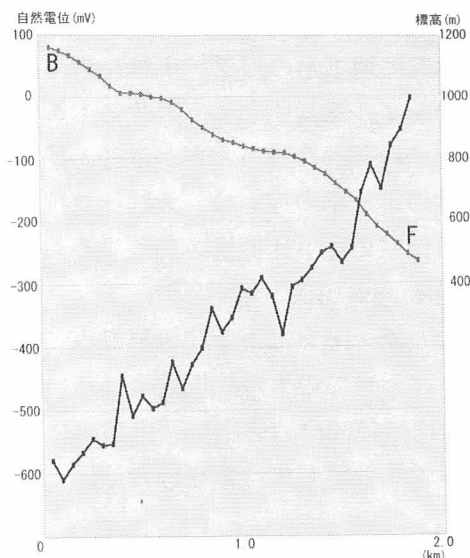


図 2-2 B-F間の電位プロファイル

の図では、各観測点の水平位置は、A-C間の各観測点についてはA-Cを結ぶ直線、C-E間の観測点についてはC-E、B-FについてはC-Fを結ぶ直線上に投影した位置を示している。山麓から山腹部に掛けて(A-P, C-E)の領域では、地形標高と逆相関の電位分布がみられる。図1、A-B、C-D及びB-E間の電位について標高-電位の相関をとった結果を図3に示す。これを見ると、電位-標高間にはほぼ直線的な関係がみられ、この変化が地形効果による電位プロファイルであると考えられる。その傾きは約-1.1mV/mで他の火山と比較しても地形効果として整合的な値を示している。一方、山頂付近のB-C、C-D間では、山麓部とは逆に電位が高まる傾向を示しており、いわゆるW型の自然電位分布を示しているように見られる。しかし、B-C、C-D間の電位の増加量はおよそ200mV程度と比較的小さく、かつ

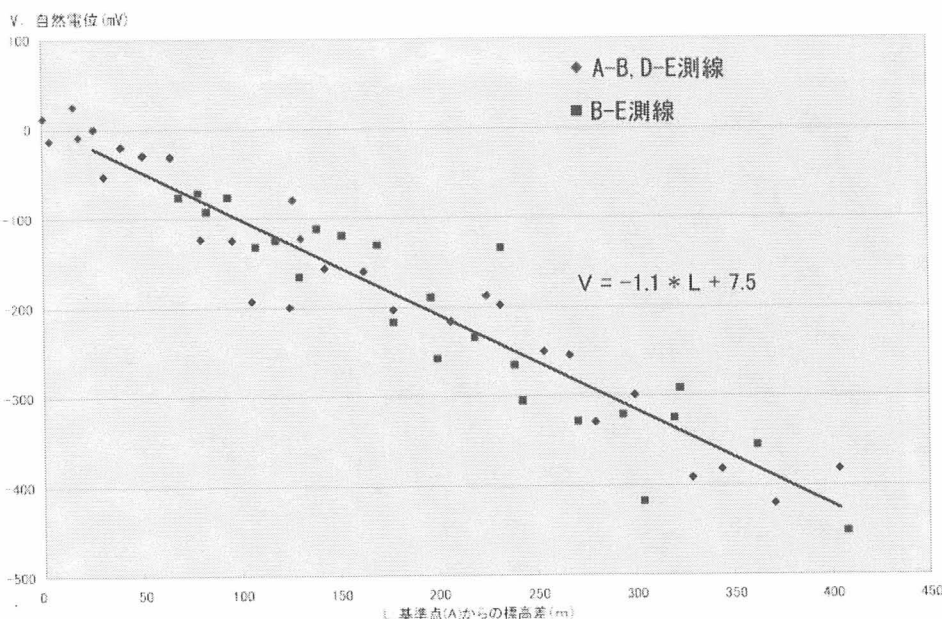


図 3 A-B, D-E間及びB-E間の標高-電位図

由布岳山頂部では現在地熱兆候が見られないことから、この領域の電位上昇を、地下水の上昇によるものとするよりは地下構造に依存した流水系の変化によるものとしたほうが考え易い。実際、山麓部では地表が表土に覆われているが、山頂部では溶岩が露出しており、山頂部と山麓部で地表付近の地下水の流れが大きく異なっていることが想像できる。そこで、地下の透水係数にコントラストを与えて数値計算を行い、由布岳で見られたような電位プロファイルが再現できるかを検証してみた。

4. 自然電位計算

電位計算に際しては、等価電流源モデルを用いた。この計算方法の概略は以下のようなものである。前述のように、自然電位は地下水流に伴う流動電位で説明されるが、この際、地下水が大地比抵抗の境界面を通過する場合、電流の連続性を保つために比抵抗境界面付近に電荷が集中し、それによりその付近に大きな電場が作られる。ここで、地表面も非常に顕著な比抵抗境界であるから、雨水の浸透、地下

水の湧出が生じる領域付近にそれぞれ負、正の電荷集中が起こり自然電位のソースとなる。等価電流源モデルとは、こうした地下水の流れを模式的に表現するために山頂付近に地下水の浸透、山麓に地下水の湧出を等価的に表現するための電流ソースを置き、自然電位プロファイルの説明しようとするものである。ここで由布岳では、山頂部での雨水の浸透量は非常に少なく、山腹部からほとんどが浸透し始めると仮定し、雨水の浸透を表す負電荷を山腹部に置いた。また、大地の透水率の違いは、大地比抵抗に反映されるから、山頂部で透水性率が低いことを表すため、対応する領域の地下比抵抗を高く与えた。こうした計算方法はHase(2004)で行われたものと同じ方法を取っている。

こうしたモデルを初期モデルとして、A-C間の電位分布を元にマルカート方による非線形最小二乗法でソースの位置、強度及び不透水域の境界の位置を求めた。由布岳についての大地比抵抗等についての値は明らかではないが、Hase(2004)の計算で用いられている比抵抗値(500Ωm)を用い、山頂部についてはその10倍を与えた。また大地はA-C間の地形を持つ2次元媒質と仮定して計算を行った。

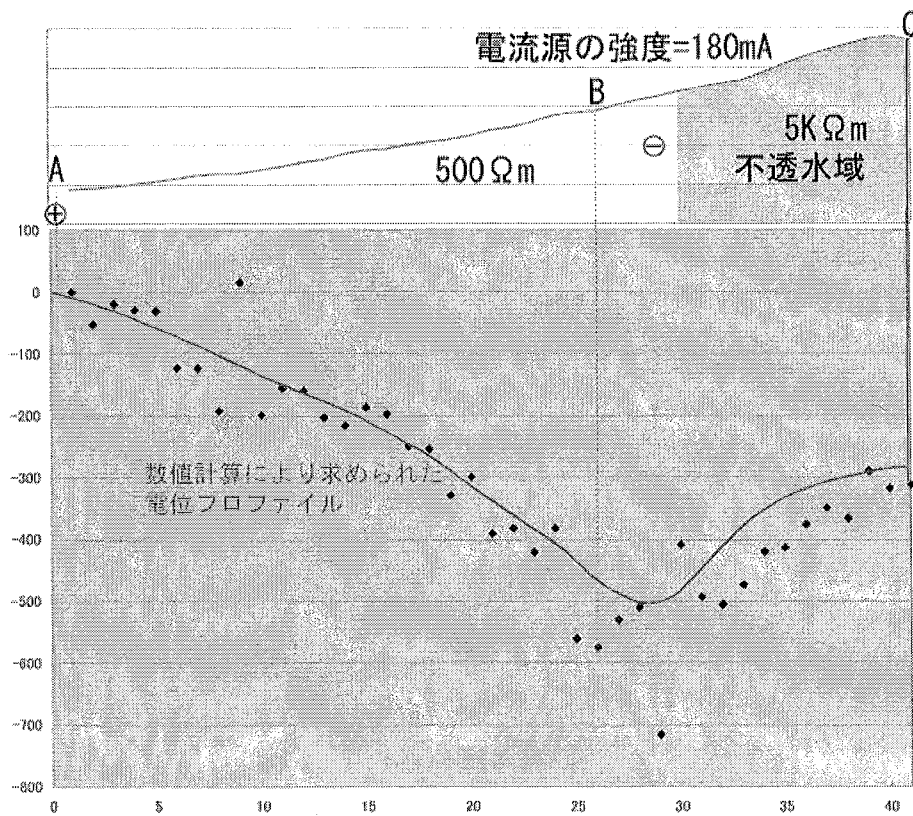


図4 数値計算により推定される等価電流源モデル(上図)及び計算された電位プロファイル(下図)

最終的に得られたモデル及び計算結果を図4に示す。この図で示された数値計算結果は、由布岳で得られた電位プロファイルを再現できていることが分かる。特に、山頂部における電位上昇の振幅を良く説明できている。このことから、山頂部付近の電位の高まりは、山腹部の地下水の浸透に伴い生じる負電荷による電位降下が緩和され、電位0の状態に戻ろうとする過程の見かけ上のものであると考えることが出来る。また山頂の不透水域は、地表に山頂溶岩として現れている貫入マグマと考えることが出来るかもしれない。この領域では、水の浸透性が悪い、すなわち固結して破砕されておらず、自然電位を有効に作り出すほどに地下水のパスが発達していない状態であると推定することが出来る。

5. まとめ

今回、得られた自然電位データの解析から、由布岳浅部における地下水系の推定、及び地下構造に関

する簡単な議論を行った。しかし、こうした議論は、詳細な地下の比抵抗構造といった地球電磁気学的な情報や、由布岳における地下水の流量の推定値といった陸水学的データを元にした議論を経なければ確たる結論に至ることは難しい。今後この地域におけるこれまでの諸研究から得られた成果を統合して、より具体的な地下水系についての議論を進める必要がある。

参考文献

- 大羽成征・田中良和・由佐悠紀(1997)：伽藍岳の地熱調査(3)－自然電位測定による熱水流動系解明の試み－，大分県温泉調査研究会報告，48，13－20.
- 橋本武志，網田和宏・長谷英彰，田中良和(2003)：自然電位調査による鶴見岳周辺域の地下熱水系の推定，大分県温泉調査研究会報告，53，13－20.
- Hase, H. (2004)：Self-Potential Studies for Volcano-Hydrology -Constraint from Field Observations and Laboratory Experiments-，PHD thesis for Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University.
- 長谷英彰・田中良和・橋本武志・坂中伸也(2000)：阿蘇火山中央火口丘における自然電位観測，京都大学防災研究所年報，43，B-1，47-53.

温泉入浴の睡眠時無呼吸症候群への影響

第 2 報

仁泉会畑病院

畑 知 二・畑 洋 一
矢 永 尚 士

要 旨

睡眠時無呼吸症候群(SAS)は事故の原因、夜間突然死の原因、生活習慣病の原因・増悪因子とされている。そこで温泉入浴によるSASへの影響をポリソムノグラフィー(PSG)を用いて検討した。症例は55歳から74歳の男性3名、女性1名の計4名。全例高血圧あり、1例のみ脳梗塞の既往あり。PSGを温泉入浴(+)と入浴(-)の2晩行った。結果は、入浴(+)にて無呼吸指数が平均24.2%改善した。また、全例で睡眠効率の改善と覚醒指数の改善をみた。この結果は昨年の一例報告と同様であり、温泉入浴は睡眠効率を改善し、睡眠時無呼吸症候群を改善させることが推察された。

<はじめに>

睡眠時無呼吸症候群(Sleep Apnea Syndrome : SAS)は1976年、ギルミノーらにより提唱され、睡眠中10秒以上の呼吸停止が睡眠1時間あたり平均5回以上あることと定義される。主な原因は上気道の閉塞によるもので肥満がその促進因子とされる。先ごろの新幹線の事故で注目されたが、睡眠深度が浅くなる為、頻回の覚醒、熟睡感の欠如、日中傾眠等の症状により事故の原因や仕事効率の低下の原因として注目される他、循環器系の疾患、高血圧、動脈硬化や不整脈、更に夜間突然死の原因とも推測されている。米国の統計では夜間突然死症例の約半数にSASが認められていたとの報告がある。又、無呼吸は比較的睡眠深度の浅い段階で見られる。一方温泉入浴は、入浴による爽快感、適度なカロリー消費などにより睡眠深度の改善が期待される。そこで温泉入浴によりSASがどう変化するかにつきPSGを用いて温泉入浴の有無による違いを検討した。

<方法>

症例(表1)は51歳から74歳の男性3名、女性1名。全例高血圧あり。一例のみ脳梗塞の既往あり。入院にてPSG施行。入院後1週間経過し入院に慣れた段階で当院の入浴施設(ナトリウム一塩化物・炭酸水素塩泉、弱アルカリ性低張性温泉)に入浴した日としなかった日の2回PSGを行った。検査の間隔は2週間以内で行った。入浴以外の日常activityは同程度であり、2回の検査時の体重に変化はみられなかった。PSG測定・解析はチェスト社:Apnomonitor Neuroにより行った。

表1. 症例

	年齢(歳)	性別	身長(cm)	体重(kg)	BMI
症例1	74	男性	164	63.0	23.4
症例2	76	男性	159	51.2	20.1
症例3	55	男性	161	61.4	23.7
症例4	77	女性	146	71.0	33.5

<結果>

(1) 睡眠状況

入浴(-)および入浴(+))において睡眠時間には差を認めなかったが、睡眠時間中覚醒指数は入浴(-)で明らかに高かった(図1)。睡眠時無呼吸症候群では睡眠ステージが浅く、睡眠中の覚醒反応頻度が増加することが知られており、これらの症例でも例外ではないが温泉入浴(+)で明らかに覚醒反応の減少を認めた。また、睡眠ステージは両条件間で差を認めなかったが睡眠効率 {消灯時間(TIB)／就寝中の睡眠時間(TST)} は入浴(-)に比べ入浴(+)で入浴した日の睡眠効率の改善がみられた(図2)。

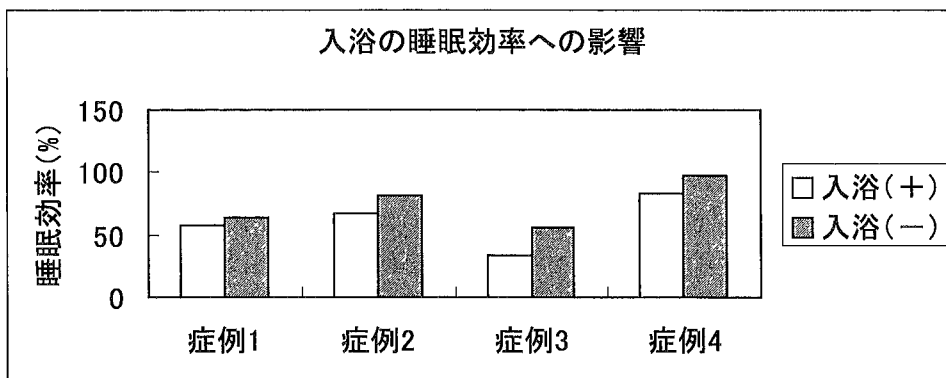


図1. 温泉入浴の睡眠中覚醒指数への影響

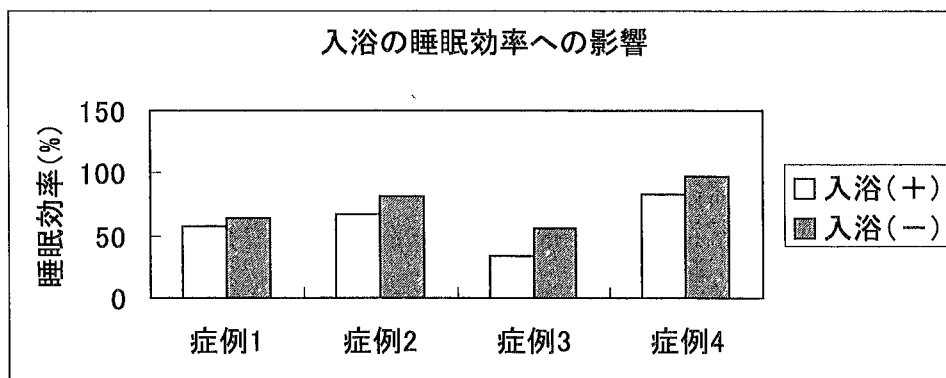


図2. 温泉入浴の睡眠効率への影響

(2) 睡眠時無呼吸

図3に無呼吸指数の変化を示すが、入浴(-)に比べ入浴(+)では全例で12.9%から42.3%の改善を示し、平均では24.2%の改善を認めた。しかし最長無呼吸時間は明らかな傾向はみられなかった。

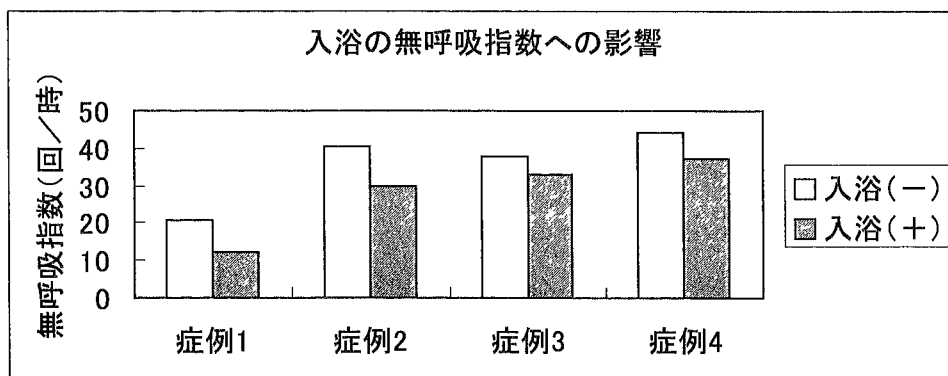


図3. 温泉入浴の無呼吸指数への影響

(3) 睡眠中酸素飽和度

無呼吸の程度が強くなると血中の酸素分圧、酸素飽和度が低下する。表2に最低SpO2の変化を示す。入浴(+)で悪化はなく、同等もしくは改善を示した。また、無呼吸・低呼吸により5%以上SpO2が低下することをDesaturationというが、この回数を1値時間あたりに換算したDesaturation Indexで図4に示す。1例を除きあきらかな改善を示した。

表2. 温泉入浴の最低SpO2への影響 (%)

	入浴(-)	入浴(+)
症例1	81	81
症例2	83	89
症例3	78	82
症例4	61	73

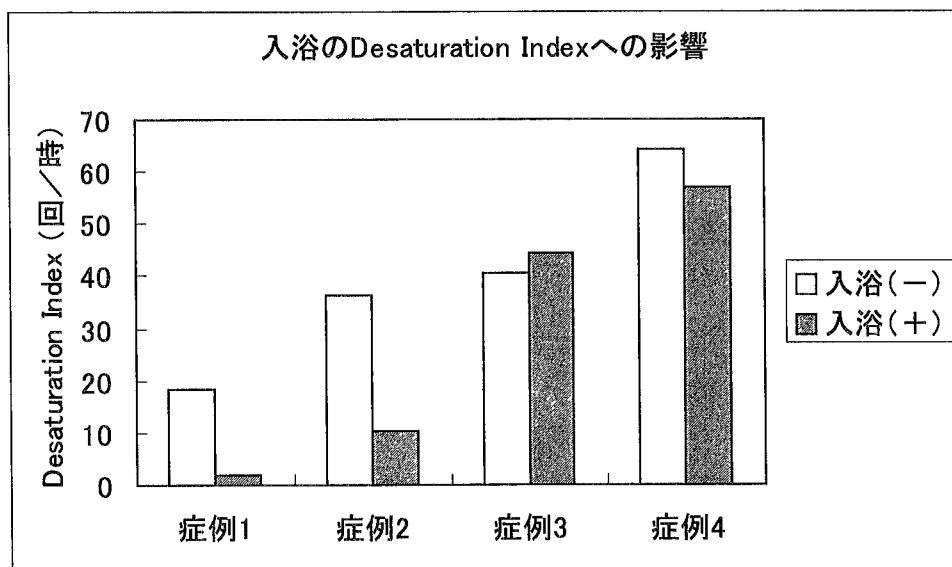


図4. 温泉入浴のDesaturation Indexへの影響

<まとめ>

前回一例の患者にて温泉入浴により睡眠効率の改善、覚醒指数の改善と無呼吸指数の改善を認めたことを報告した。今回、4名の患者にて同様の検討を行ったが、前回同様に温泉入浴は睡眠時無呼吸症候群を明らかに改善した。この改善の理由として、前回の一例報告と同様に睡眠深度の改善はみられなかったが睡眠効率が入浴(+)で全例改善したことが一因ではないかと推測される。

睡眠時無呼吸症候群は1980年代米国で相次ぐ事故で注目され、また、日本では先頃の新幹線の事故で注目されたが、まだまだ一般に認知されておらず多くの患者が放置されたままの状態であるが、事故の発生、仕事や学業の効率の低下、夜間突然死の一因としての重要性に加え、最近では高血圧、糖尿病、動脈硬化等生活習慣病の原因もしくは増悪因子としての報告がふえており、その重要性は今後増していくものと考えられる。CPAP療法が開発されるまでは、睡眠深度が深くない現象をとらえて、様々な睡眠薬や抗鬱剤などの神経作用薬が試みられてきたが、そのほとんどがかえって病態を悪化させるものであった。その原因としてそれら薬物のもつ筋弛緩作用が考えられている。今回の報告では温泉入浴により睡眠効率の改善と睡眠時無呼吸症候群の改善がみられた。ということは温泉入浴は睡眠薬とは異なる機序

で睡眠改善をもたらすと推測されるが、健康人においても入浴と睡眠効率、睡眠深度の関係は明らかにされていない。今後、入浴の睡眠にたいする影響・効果を解明するとともに再現性、予後との関連、長期効果、作用機序の検討、泉質との関連、入浴プロトコルなどを症例をかさねて検討し、同様の結果が出るようなら、温泉入浴による自然な睡眠の改善による睡眠時無呼吸症候群の治療として発展する可能性がある。

大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会は大分県温泉調査研究会（以下「会」という。）という。

第2条 会の事務所は大分県企画振興部観光・地域振興局内に置き、調査研究の必要に応じては出張所を設けることができる。

第3条 会は大分県内における温泉の科学的調査研究をして公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。

第4条 会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

- (1) 温泉脈及び温泉孔の分布状況調査
- (2) 噴気に関する研究調査
- (3) 温泉に対する影響圏の調査
- (4) 化学分析による温泉調査
- (5) 療養的価値よりみたる温泉の調査
- (6) 温泉に関する図書及び機関紙の発行
- (7) その他会の目的達成に必要な事業

第5条 会は下記の構成員をもって組織する。

学識経験者

県及び温泉所在地市町村の代表

関係行政庁の吏員

第6条 会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

会 長	1 名
副 会 長	2 名
常 務 理 事	1 名
理 事	若干名
監 事	2 名

2 役員任期は2年とする。ただし、役員に欠員を生じた場合の補欠役員任期は前任者の残任期間とする。

第7条 会長は会務を総理し、会議の議長となる。

2 会長に事故のあるときは副会長が、会長及び副会長に事故があるときは常務理事がその職務を代理する。

3 常務理事は会長を補佐して会の常務に従事する。ただし、会の出納事務は常務理事が処理するものとする。

4 理事は会務に従事する。

5 監事は会計及び会務を監査する。

第8条 会に顧問を置くことができる。

- (1) 顧問は役員会の承認を得て会長が委嘱する。この場合、総会に報告しなければならない。
- (2) 顧問は会の事業について会長の諮問に応ずるものとする。

第9条 役員は名誉職とする。ただし、常時会務に従事しておる者及び職員はこの限りでない。

第10条 会に下記の職員を置く。

- (1) 書記 若干名
- (2) 書記は会長が任命又は委嘱する。
- (3) 書記は上司の指揮を受け庶務に従事する。

第11条 会議は総会及び役員会とする。

第12条 総会は会長が招集する。

- 2 総会は通常総会及び臨時総会とし、通常総会は毎年4月、臨時総会は会長が必要と認めたとき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。
- 3 総会の招集は開会の5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第13条 総会において下記の事項を議決する。

- (1) 会則の変更
- (2) 役員を選出
- (3) 予算及び事業計画
- (4) 解散
- (5) その他重要事項

第14条 総会は会員の過半数が出席しなければ議事を開き議決することはできない。

- 2 議事は出席会員の過半数で決し、可否同数のときは議長の決するところによる。
- 3 議事に関しては議事録を調整し、会長の指名した2名以上の者がこれに署名しなければならない。

第15条 下記の事項については会長は専決することができる。

- (1) 総会の議決事項であっても軽易な事項
 - (2) 臨時急を要する事項
 - (3) 会員の入会・退会
- 2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。
- (1) 前項の専決事項
 - (2) 前年度の事業及び決算

第16条 役員会は会長が招集する。

- 2 役員会は総会に付議する事項、顧問の推薦、その他会長が必要と認める事項を審議する。

第17条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第18条 会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員会を設けることができる。

- 2 前項の委員会に関する事項は総会で定める。

第19条 会の経費は負担金及び補助金、委託料、寄附金等その他の収入をもってこれにあてる。

第20条 会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終わる。

2 年度における余剰金は翌年度に繰越することができる。

附 則

前条の規定にかかわらず、昭和24年度の会計年度は6月1日から始めるものとする。

附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成2年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成7年5月1日から適用する。

この会則の改正は、平成9年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成16年4月1日から適用する。

大分県温泉調査研究会会員名簿 (順不同)

(平成16年7月1日現在)

職 名	氏 名	備 考
京都大学名誉教授	由 佐 悠 紀	会 長
九州大学名誉教授	矢 永 尚 士	副 会 長
大分県企画振興部観光・地域振興局長	檜 本 譲 司	副 会 長
大分県企画振興部観光・地域振興局景観自然監	汐 月 俊 昭	常 務 理 事
九州大学名誉教授	古 賀 昭 人	
九州大学名誉教授	延 永 正	
大分大学名誉教授	志 賀 史 光	
大分総合検診センター会長	辻 秀 男	
大分大学名誉教授	森 山 善 蔵	
元大分大学教育学部教授	大 野 保 治	
大分大学教育福祉科学部教授	川 野 田 実 夫	理 事
国立別府病院リウマチ膠原病内科医長	安 田 正 之	理 事
九州大学生体防御医学研究所教授	牧 野 直 樹	
岡山理科大学理学部教授	北 岡 豪 一	
京都大学大学院理学研究科教授	竹 村 恵 二	理 事
京都大学大学院理学研究科教授	田 中 良 和	
京都大学大学院理学研究科助教授	大 沢 信 二	理 事
日本文理大学工学部助教授	河 野 忠	
大分大学工学部研究員	大 上 和 敏	
京都大学大学院理学研究科	網 田 和 宏	
京都大学大学院理学研究科助手	柴 田 知 之	
京都大学大学院理学研究科研修員	長 谷 英 彰	
九州大学病院別府先進医療センター助手	尾 山 純 一	
別府ONSEN地療法研究会(仁泉会畑病院)	畑 洋 一	
別府ONSEN地療法研究会(仁泉会畑病院)	畑 知 二	
別府ONSEN地療法研究会(大分県中央保健所)	佐 藤 貴 子	
(株)エスピーシーテクノ九州(温泉登録分析機関)	植 木 和 宏	
(社)大分県薬剤師会検査センター(温泉登録分析機関)	炭 本 悟 朗	
(株)住化分析センター(温泉登録分析機関)	板 井 清 美	
大 分 市 長	釘 宮 馨	理 事
別 府 市 長	浜 田 博	理 事
臼 杵 市 長	後 藤 國 利	
杵 築 市 長	八 坂 恭 介	

職 名	氏 名	備 考
真玉町長	安 永 信 義	
国見町長	金 山 尚 學	
山香町長	緒 方 喜代美	
挾間町長	佐 藤 成 己	
庄内町長	首 藤 奉 文	
湯布院町長	佐 藤 哲 紹	理 事
久住町長	本 郷 幹 雄	理 事
直入町長	伊 藤 隆 弘	理 事
九重町長	坂 本 和 昭	理 事
玖珠町長	小 林 公 明	
天瀬町長	渡 辺 捷 汎	理 事
三光村長	渡 辺 賢 一	
本耶馬溪町長	小 野 和 彦	
耶馬溪町長	北 山 義 晴	
山国町長	池 田 勝 一	
院内町長	川 野 哲 也	
安心院町長	高 田 文 義	
別府市観光経済部長	東 昇 司	
別府市温泉課長	遠 島 孜	監 事
別府市温泉課温泉企画係長	八 坂 秀 幸	
大分県中央保健所長	渡 辺 英 宣	監 事
大分県中央保健所次長兼総務温泉企画課長	藤 澤 俊 典	
大分県衛生環境研究センター所長	吉 武 史 朗	理 事
〃 化学部長	山 下 秀 門	
〃 微生物部長	内 山 静 夫	
〃 化学部主幹研究員	溝 腰 利 男	

(会員数 59名)

書 記

職 名	氏 名	備 考
大分県企画振興部観光・地域振興局景観自然班課長補佐	渡 辺 政 治	
〃 主幹	佐 伯 久	
〃 主査	橋 本 秀 明	
〃 技師	向 田 邦 彦	

(4名)

大分県温泉調査研究会報告 第55号

平成16年7月 印刷
平成16年7月 発行

発行者 大分県温泉調査研究会
〒870-8501 大分市大手町3丁目1番1号
大分県企画振興部
観光・地域振興局内(事務局)
電話 097-536-1111 内線 2121
F A X 097-533-8816

印刷者 〒870-0022 大分市大手町2丁目3番4号
有限会社 舞鶴孔版
電話 097-532-4231

