

大分県温泉調査研究会報告

第 59 号

平成 20 年 7 月

目 次

慢性心不全患者の血管反応に対する 温泉浴の効果について	尾 山 純 一 他 2 名	(1)
朝見川断層付近のボーリングコアの 堆積環境と堆積年代の対比	竹 村 恵 二 他 4 名	(3)
未利用温泉資源量に関する基礎調査と研究 (II) —温泉から河川への有用金属元素の流出量—	大 沢 信 二 他 3 名	(13)
メンタルヘルスに対する温泉入浴・飲泉の効果及び作用機序の検討 特に入浴の効果について	寺 尾 岳 他 5 名	(21)
九重連山の地球化学的研究 2	柴 田 知 之	(31)
伽藍岳・塚原の地熱活動の周辺域への 広がりに関する調査	鍵 山 恒 臣	(35)
関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化 (VII)	安 田 正 之	(41)
関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化 (VIII)	安 田 正 之	(43)
温泉資源を活かしたまちづくりに関する考察	中 山 昭 則	(47)

序

今年（2008年）の初め、大分県の主催による「温泉マイスター」認定試験が実施され、県内外から285名の人々が受験しました。県のホームページによれば、受験者は、旅館・ホテルなど温泉業界の人より一般市民が多かったそうです。このことは、各種の調査から指摘されている日本人の温泉に対する志向の変化、すなわち、かつての団体客による宴会享楽型から脱し、温泉そのものに価値を見出そうとする個人的な方向に進んでいる、ということを示しているように思われます。また、温泉に対する科学的な関心が高まっていることも伺えます。温泉に関する雑誌・書籍の出版数やテレビの番組数、インターネットでの情報量が増加していることも、こうした流れを後押ししているのでしょう。

このような動向は歓迎したいものですが、温泉現象のしくみや温泉水の諸特性に関する基礎知識などに基づいていなければならないのは言うまでもありません。しかし、現状は必ずしもそうとは言えないようです。数年前に発生したレジオネラ問題や温泉の偽装、昨年温泉ガスによる爆発事故などは、温泉への認識の浅さの現れでした。そうした不幸な事件に限らず、認識の浅さを示す例はしぶとく残っています。

六月の末ごろ、ある新聞に大分県の食の広告が掲載されたのですが、その中に、別府温泉が日本一であることを強調するのに「湧き出るお湯の量（1日14万キロリットル）」という文句がありました。「1日13万キロリットル」はあちこちでよく使われた数字ですが、不適切であることが理解され、表現が工夫されるようになってきました。ところが未だに、目に引く場所に、しかも、以前より大きな数字となって残っており、一般に広まった認識を変えることの難しさを感じます。しかし、温泉に関わる者には、倦むことなく、温泉科学の進展と普及に努めていくことが望まれています。

その具体化の一つとも言える「温泉マイスター」の試みは、大分県温泉調査研究会が蓄積してきた知見があったからこそ、可能となったと思われれます。このように、大分県温泉調査研究会の存在はまことに意義深く、これからもその役割が期待されます。

本調査研究会は、昭和24年に発足以来、毎年欠かすことなく報告書を発行してきましたが、本年もここに、平成19年度の活動を記した機関誌第59号を出版する運びとなりました。本号には9編の報告が掲載され、斬新な観点と手法による研究成果に接することができます。多岐にわたる研究課題はいずれも会員諸氏が自主的に選択したものであり、従来からの医学・理学に加えて、新たに「まちづくり」に関わる分野が登場しました。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、それぞれの研究の進展と本会の持続的発展を期待し、引き続いて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

慢性心不全患者の血管内皮機能に対する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・工藤 義弘

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血管反応について検討した。心拍数、心胸比に変化はなかったが平均血圧、内因性一酸化窒素合成酵素阻害物質の低下、左室駆出率の改善、脳性利尿ペプチドの低下に加え、大動脈波伝達速度の低下が認められた。温浴効果は心不全患者の血管反応改善に寄与する可能性が示唆された。

1. 目 的

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。慢性心不全患者において末梢循環が悪化している事が報告されているが、温泉入浴により末梢血管反応が改善させられるか否かは明らかでは無い。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ている。今回我々は当病院で行っている慢性心不全患者の血管反応に対する温泉浴効果について報告する。

2. 方 法

2週間毎日（週5回）40度の温泉に10分程度温泉浴をしてもらい、自覚的症状（ニューヨーク心臓協会分類）、及び他覚的所見として、心胸比、左室駆出率、脈波伝達速度、血液検査（心室性利尿ペプチド、内因性一酸化窒素合成酵素阻害物質）についての変化を検討した。（n=13）。なお対照群として、シャワー浴のみのグループと比較した（n=13）

3. 結 果

慢性効果として、温泉入浴2週間後には、心拍数、平均血圧等に変化はなかったが、自覚的症状、心胸比、左室駆出率の改善、脈波伝達速度の低下、内因性一酸化窒素合成酵素阻害物質の低下が認められた。さらに、統計上の有意差は認められなかったものの脳性利尿ペプチドの低下を認める等、血管拡張反応の改善、及び心機能改善を示唆する結果が認められた。

4. 考 察

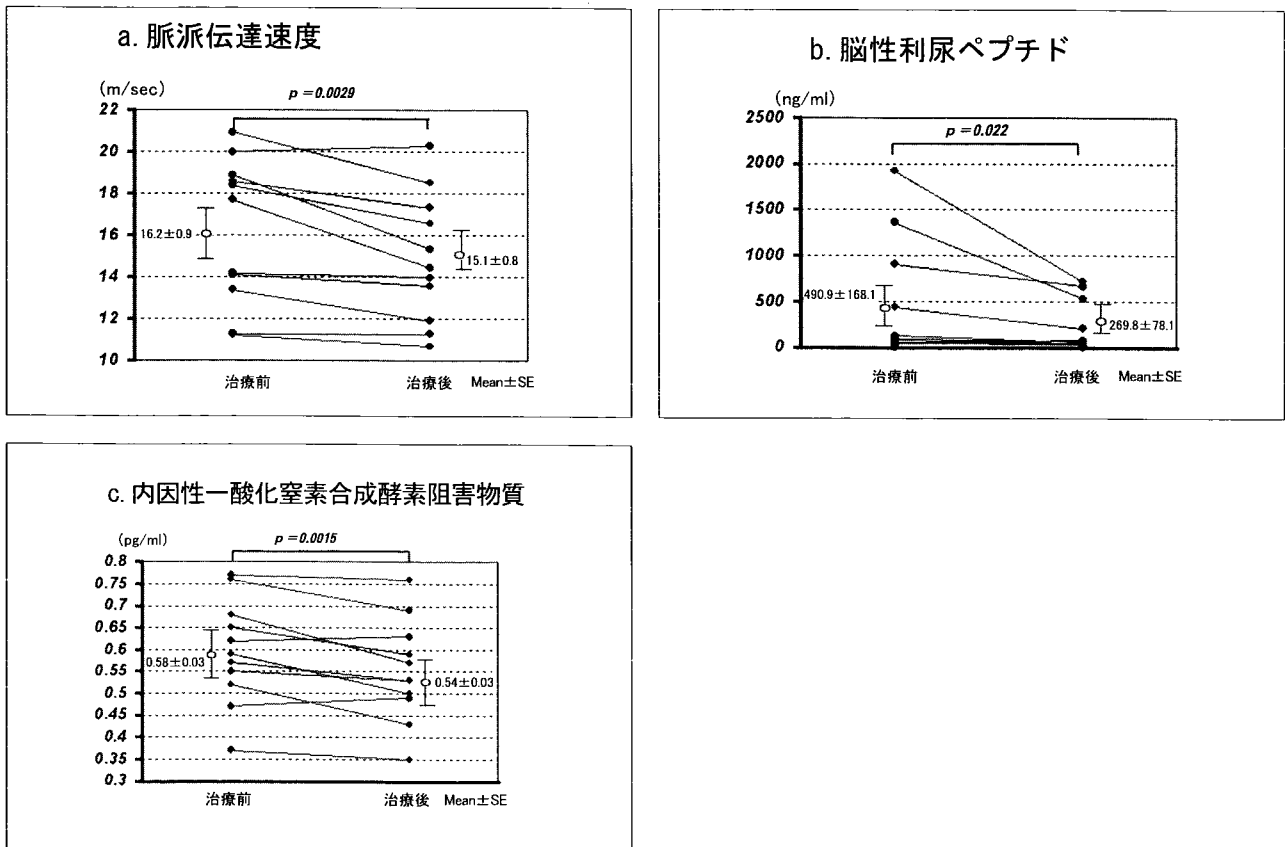
温泉浴療法は、末梢血管反応を改善し、血管抵抗を低下させる事により、心負荷を軽減し、最終的に自覚的症状の改善を呈する可能性が示唆された。

Table

	温泉入浴群 (n=13)		シャワー群 (n=13)	
年齢 (歳)	75.0±3.4		78.4±2.0	
男性/女性	7 / 6		6 / 7	
身長 (cm)	154.1±2.9		152.5±2.1	
体重 (kg)	51.4±2.6		50.2±1.9	
虚血性心臓病/拡張型心筋症	8 / 5		8 / 5	
	治療前	治療後	治療前	治療後
ニューヨーク心臓協会分類	2.53±0.14	1.92±0.07	2.61±0.14	1.92±0.07
心拍数 (bpm)	73.4±3.6	72.4±4.1	74.5±3.8	74.7±4.5
平均血圧 (mmHg)	85.2±2.7	81.2±2.5 *	95.3±4.8	92.6±4.5
心胸比 (%)	56.1±2.5	54.1±1.9	55.3±2.2	55.3±2.0
左室駆出率 (%)	49.0±4.4	58.0±3.2 *	47.8±4.2	46.0±4.2

* P < 0.05 vs 治療前、 Mean ± SE

Figure



朝見川断層付近のボーリングコアの堆積環境と堆積年代の対比

独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ

中西利典

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

竹村恵二・齋藤武士

応用地質株式会社

松山尚典

国立環境研究所化学環境研究領域

柴田康行

要 旨

別府扇状地の南東縁に広がる海岸平野において、朝見川断層の活動性を評価する目的で2本のボーリング調査を実施した。これらのコア試料のうちの沖積層は、砂礫層・砂層・泥層からなる河川成堆積物と浅海底堆積物によって構成される。堆積相と色調、炭素14年代測定値に基づくと、過去7,300年間の朝見川断層の上下変位速度は、当時の海水準が現在と同程度であったと仮定すると、3 mm/yr程度になる可能性がある。

1. はじめに

A級の活動度を持つ北落ちの正断層である朝見川断層（千田、1995）の完新世での活動性を評価する目的で、大分県別府市浜脇地区において20m長の2本のボーリング調査を実施した（図1）。HBPコアの堆積相については中西ほか（2006）で、BHMコアの堆積相とAMS炭素14年代測定値については中西ほか（2007）においてそれぞれ既に報告されている。HBPコアは朝見川断層の推定断層通過位置のすぐ北側において、そこから北西方向へ約200mの地点にあたる同断層の沈降側においてBHMコア試料がそれぞれ採取された。これらのボーリングコア掘削地点と朝見川断層との位置づけは、HBPコアでは沖積層の基底が深度18.68mに認められることと調和的であり、BHMコアでは20m掘削しても鬼界アカホヤ火山灰（町田・新井、2003）の降灰層準が観察されなかったこととも調和的である。今回の報告では、HBPコアから得られた植物試料の炭素14年代結果とBHMコアの土色の測定結果を補足することによって、両コアの堆積環境と堆積年代を対比して朝見川断層の完新世における活動性について推定する。



図1 別府市浜脇地区におけるボーリング調査地点の位置。地図は国土地理院発行の2万5千分1地形図「別府西部」を使用した。活断層の位置は千田ほか(2001)と岡田ほか(2001)を参考にした。

2. HBPコアの炭素14年代測定結果

HBPコアの深度1.56～18.43mから採取した変色の影響が少ない8個の植物試料を用いて加速器質量分析法による炭素14年代測定実験をおこなった。試料は1規定HClとNaOHで溶解して二次的な汚染を除去した。次に、化学処理後のセルロースとCaCO₃試料を高真空中でガス化して、ガラスライン中で二酸化炭素以外を除去した後、水素還元法でグラファイトを精製した(Kitagawa et al., 1993)。それらを用いて国立環境研究所のタンデム加速器(NIES-TERRA: Yoneda et al., 2004)でAMS炭素14年代値を測定した。年代値は加速器で測定した $\delta^{13}\text{C}$ 値で補正した¹⁴C/¹²C同位体比を基に計算した。その年代値をCalib 5.0.1(Stuiver & Reimer, 1993; Reimer et al., 2004)を使って暦年代値に校正した(表1)。以下の議論では、試料を採取した層準はコアの上端と下端の深度の中間値を記して、炭素14年代値は西暦1,950年から何年前かを示す暦年校正した値(cal yr BP)を用いる。

深度18.38m, 17.70m, 16.30m, 16.09m, 13.79m, 13.65m, 10.61m, 1.56mにおいて8470±80～390±90cal yr BPの年代値を得た(図2)。これらの年代値は上位ほど新しい年代値を示している。また、深度12.31～11.96mでは7300cal yr BPに堆積した鬼界アカホヤ火山灰が確認されており、上下の層準から得られた試料の年代測定値と調和的である。したがって、試料には再堆積の影響が小さく、試料の年代値を地層の堆積年代と近似できるものと考えられる。一方、深度17.80～16.96mには合計3条の断層が観察されている(図2)。この層準の堆積年代は8500cal yr BP程度であるので、それ以降に朝見川断層が活動したと考えられる。なお、堆積速度が詳しく判明した深度18.43～10.61mの層準の平均堆積速度は4.7mm/yrである。

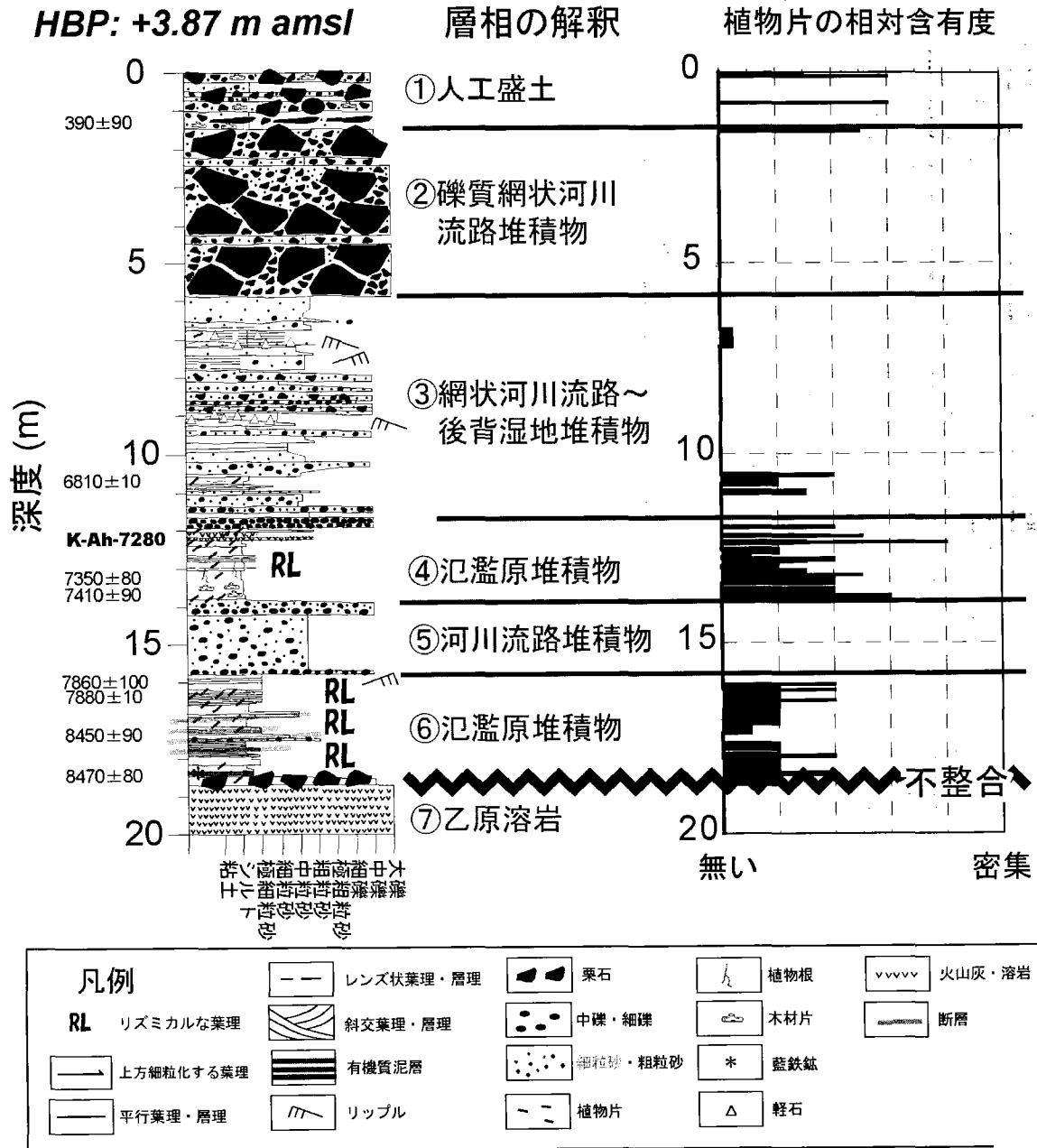


図2 HBPコアの柱状図と炭素14年代測定結果。柱状図と層相の解釈、植物片の相対含有度のデータは中西ほか（2006）に基づく。

表1 HBPコアから得た炭素14年代測定値

Depth in core		Elevation		Material	Weight (mg)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Measured ^{14}C age		Conventional ^{14}C age (yr BP)	Error (+/- yr)	Calibrated ^{14}C age (cal yr BP)			Error (+/- yr)	Sample code
Medium	Top	Bottom	Medium				Calibrated by Calib.5.0.1								
(m)	(m)	(m)	(m)				Youngest	Oldest			Mean				
1.56	1.55	1.56	2.32	Charcoal	2.64	-28.5	390	50	340	30	310	480	390	90	b060206a05
10.61	10.59	10.62	-6.74	Plant fragments	2.57	-28.0	6130	50	6090	40	6800	6820	6810	10	b060206a06
13.65	13.64	13.65	-9.78	Wood	3.28	-29.5	6500	50	6420	50	7270	7420	7350	80	b060206a09
13.79	13.77	13.80	-9.92	Plant fragment	3.52	-29.6	6590	50	6520	50	7320	7510	7410	90	b060206a10
16.08	16.07	16.09	-12.21	Plant fragments	2.58	-29.5	7100	50	7030	50	7760	7960	7860	100	b060206a11
16.29	16.27	16.30	-12.42	Plant fragments	2.79	-29.2	7260	70	7190	70	7880	7890	7880	10	b060206a12
17.68	17.65	17.70	-13.81	Plant fragments	3.20	-28.4	7680	60	7620	50	8360	8540	8450	90	b060206a15
18.41	18.38	18.43	-14.54	Plant fragments	3.10	-28.6	7740	60	7680	50	8390	8560	8470	80	b060206a16

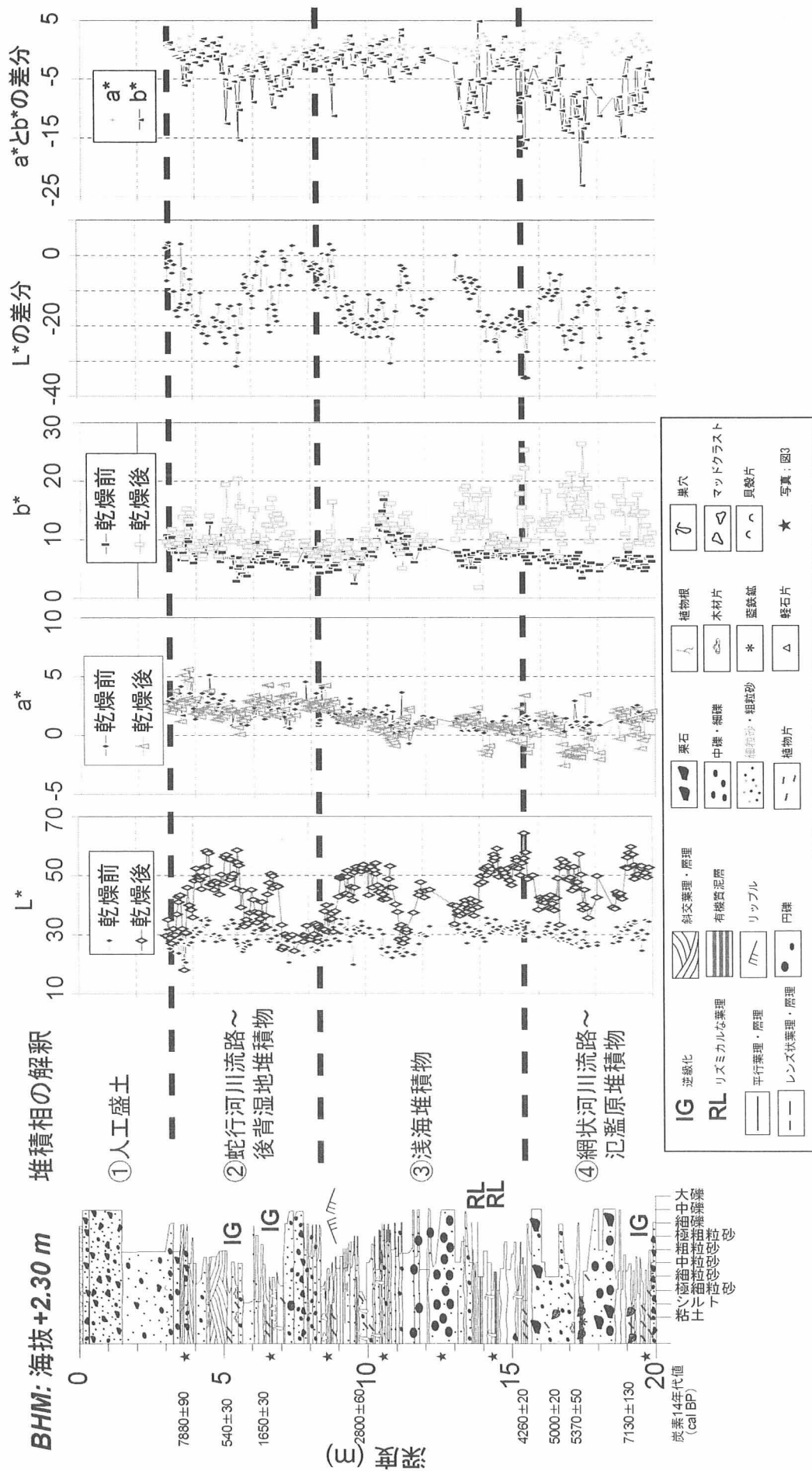


図3 BHMコアの色調の測定結果

3. BHMコアの土色測定結果

BHMコアの堆積環境を推定する目的でボーリングコア半断面の色調の変化を測定した。測定にはコニカミノルタホールディングス社製の土色計（SPAD-503）を用いて、旭化成株式会社製のサララップごしのCIE1976：JIS Z 8729（L*：明度・a*：緑-赤系・b*：青-黄系）表色系を計測した。深度0～3 mではコア状の試料が得られていないので、深度3 m以深において5cm間隔で合計272点において測定した。また、大型の礫がみられる層準などでは、測定器が半断面に密着させられないので計測をしなかった。ボーリングコアの乾燥後の変色を定量的に求めるために、乾燥の前後でそれぞれ測色してその差分を計算した。それぞれの測定では1点について2回以上測定して再現性を確認した。測定結果と堆積柱状図の相関を図3に示し、以下に主な結果について記述する。

L*は乾燥前には18.31～40.38、乾燥後には18.04～64.36を示す。乾燥前の全体の平均値とバラツキ（1 σ ）は29.6 \pm 3.5を示すのに対して、乾燥後は43.8 \pm 8.6と明色化してバラツキが増大する。細粒な層準において明色化する傾向が大きい。

a*は乾燥前には-0.72～5.11、乾燥後には-2.62～5.57を示す。乾燥前の全体の平均値とバラツキは1.66 \pm 0.94であるのに対して、乾燥後は1.33 \pm 1.37とやや緑色を帯びてバラツキが増大する。深度15.43～20.00mの網状河川流路～氾濫原堆積物において緑色に変色する傾向が大きい、全体的に変化は小さい。

b*は乾燥前には2.53～16.86、乾燥後には1.89～26.45を示す。乾燥前の全体の平均値とバラツキは全体で7.31 \pm 1.91を示すのに対して、乾燥後は11.59 \pm 3.75と黄色く変色してバラツキが増大する。粗粒な層準において黄色く変色する傾向が大きく、深度15.43～20.00mの網状河川流路～氾濫原堆積物において特に顕著である。

以上でみられたL*の増大はNagao&Nakashima（1991）が海底堆積物で示したように含水量の変化に対応していると考えられる。今回、その傾向が含水率の高い細粒な層準ほど大きく認められたことは、この推定と調和的である。一方、b*の増大（黄色化）は硫化物や石膏の析出および鉄酸化物の生成を示唆していると考えられる。このようなb*の変化が氾濫原堆積物であると解釈される深度16～18mの有機質泥層においても認められるので、堆積当時の化学組成とは異なる間隙水が寄与している可能性がある。したがって、ボーリングコアの色調変化から直接的に当時の堆積環境を推定する場合には注意が必要であり、堆積相や微化石などと併せて議論すべきであると考えられる。

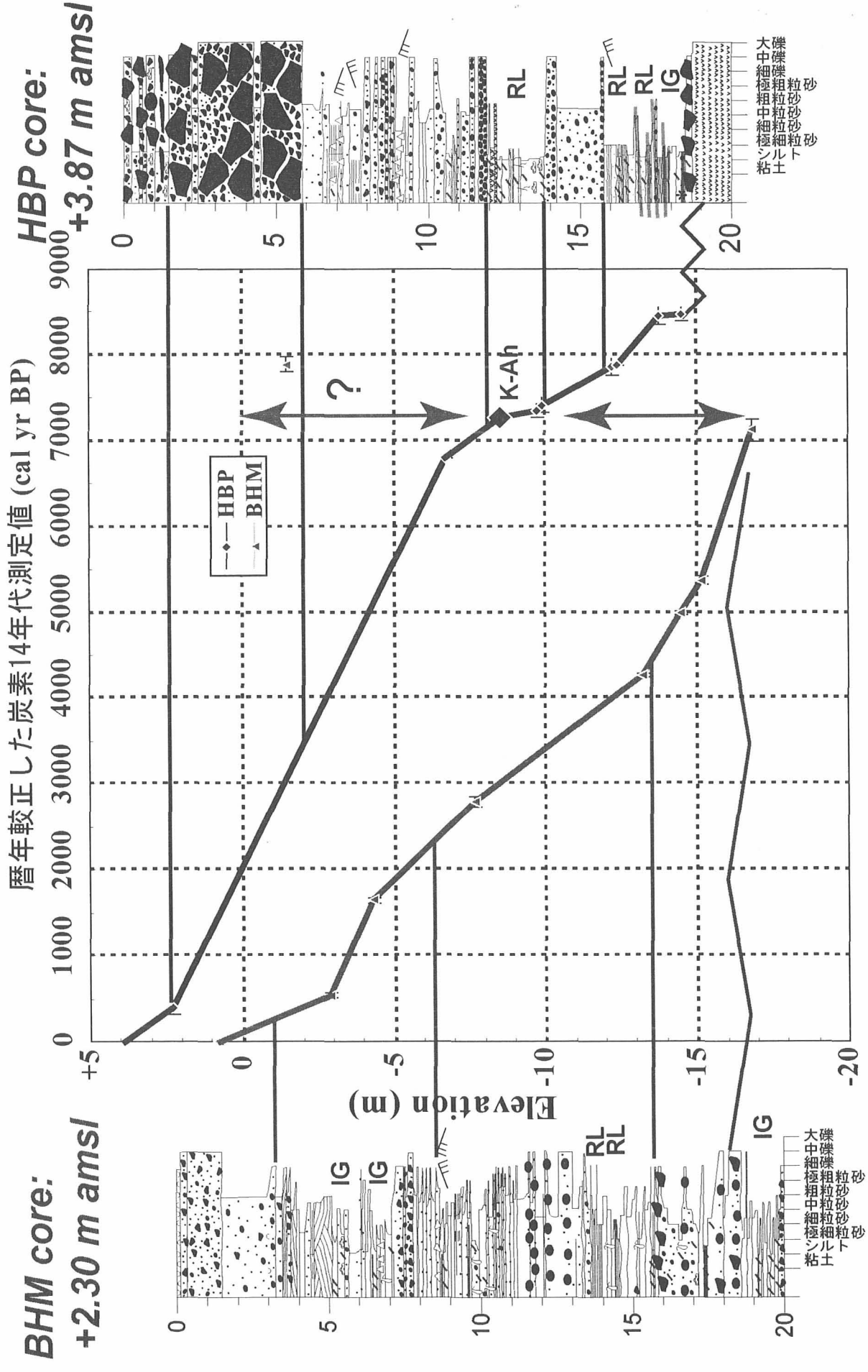


図4 HBPコアとBHMコアの堆積年代の対比。BHMコアの堆積曲線は中西ほか(2007)に基づく

4. HBPコアとBHMコアの対比に基づく断層の上下変位置

朝見川断層のほぼ直上で掘削されたHBPコア試料には、厚さ約19mの沖積層とその基盤となる中部更新統の乙原溶岩流堆積物が観察される。沖積層は扇状地性の河川流路堆積物と氾濫原堆積物によって、8500cal yr BP以降に平均4.7mm/yrの堆積速度で埋積される。一方、深度10m以浅の6800cal yr BP以降の堆積年代と堆積環境については詳しく判明していない(図4)。今後、乾燥後の色調を測定してBHMコアの測定値と比較するとともに、珪藻などの微化石について検討したいと考えている。

一方、沈降側のBHMコア試料は全層準が沖積層で、下位から網状河川成堆積物～浅海堆積物～蛇行河川成堆積物によって構成される。これらの地層の堆積年代は、鬼界アカホヤ火山灰の降灰年代である7300cal BP以降であると考えられる(図4)。掘削後一年以上経過したコア半断面では、硫化物や石膏の析出が部分的に認められる。このような層準においても微化石を分析することによって本来の堆積環境を推定して、沿岸地域で採取した地層の色調が乾燥に伴って変化する要因について検討したい。

このように、両コアの7300cal BP以降の層厚は10m程度異なる(図4)。この時期の地層は共に河川成堆積物で構成されるので、ほぼ水平に形成されたと考えられる。したがって、両コアの層厚の相違は朝見川断層の活動を反映している可能性が高く、断層の平均上下変位速度に換算すると1.4mm/yr程度に相当する。なお、HBPコアは断層面のほぼ直上に位置しているため、断層活動による沈降の影響を被っている可能性が高い。現に鬼界アカホヤ火山灰の降灰層準は深度12m程度に分布する。当時の海水準が現在と同程度であったと仮定すると、朝見川断層の平均上下変位速度は3mm/yr程度になる可能性がある。この可能性を吟味するために、断層の隆起側で鬼界アカホヤ火山灰の同時間面を検討して、現在の地形の勾配と比較する必要がある。

謝辞

加速器質量分析法による炭素14年代測定試料の作成にあたり、名古屋大学大学院環境学研究科の北川浩之先生にお世話になりました。また、現東京大学大学院新領域創成科学研究科の米田穰博士と株式会社伯東の小林利行氏、環境研究センターの鈴木亮氏には国立環境研究所での年代測定実験の際にお世話になりました。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文献

- 千田 昇・池田安隆・中田 高・岡田篤正・宇根 寛 (2001) : 2万5千分の1都市圏活断層図「別府」. 国土地理院. 千田 昇 (1995) : 別府扇状地の形成時期と堀田-朝見川断層群の活動. 地学雑誌, 104 (6), 895-898.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon*, 35, 295-300.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) : 新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 336pp.
- Nagao, S., and Nakashima, S. (1991) A convenient method of color measurement of marine sediments by colorimeter. *Geochem. J.*, 25, 187-197.
- 中西利典・竹村恵二・松山尚典 (2006) 別府浜脇地区のボーリングコア解析-東別府駅前ボーリングコアの堆積相-, 大分県温泉調査研究会報告, 57, 1-5.
- 中西利典・竹村恵二・齋藤武士・松山尚典・柴田康行 (2007) 大分県別府浜脇地区の沖積層ボーリングコア解析, 大分県温泉調査研究会報告, 58, 11-19.
- 岡田篤正・池田安隆・中田 高・千田 昇・宇根 寛 (2001) : 2万5千分の1都市圏活断層図「大分」. 国土地理院.

- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2004) IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 26-0 ka BP. *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Yoneda, M., Shibata, Y., Tanaka, A., Uehiro, T., Morita, M., Uchida, M., Kobayashi, T., Kobayashi, C., Suzuki, R., Miyamoto, K., Hancock, B., Dibden, C., Edmonds, J.S., (2004). AMS ^{14}C measurement and preparative techniques at NIES-TERRA. *Nucl. Instr. and Meth. B*, 223-224, 116-123.

未利用温泉資源量に関する基礎調査と研究（Ⅱ）

—温泉から河川への有用金属元素の流出量—

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

大 沢 信 二

東邦大学理学部化学科

渡 邊 康 平・高 松 信 樹

東邦大学医学部化学教室

加 藤 尚 之

要 旨

河川流量観測と河川水の化学分析にもとづき、別府温泉を流れ下る5つの河川（朝見川、境川、春木川、平田川、新川）の最下流非感潮域において、15種の溶存微量元素の流出量の調査を行った。調査は2005年12月から2006年11月までの1年間、春・夏・秋・冬に4回行い、それぞれの観測日の日流出量データをもとに年間流出量の推定を行った。大沢・他（2007）で報告された河川水中の温泉排水由来元素であるLi、B、Rb、Csの5河川合計年間流出量はいずれも1トン以上であり、その半分以上が平田川からのものであることが判明した。これら温泉排水由来元素の年間流出量を金属市場での取引金額に換算すると、Li、B、Rbの"流出額"は相当なものとなり、別府市では温泉水に含まれる有用金属元素が利用されることなく河川へ捨てられていることが明らかにされた。

1. はじめに

昨年度の調査研究において、別府温泉を流れ下る5つの河川（朝見川、境川、春木川、平田川、新川）について上流域から下流域までの多地点で河川水の化学分析値を取得し、温泉水の化学データ等と比較することで温泉由来の元素を特定する研究を行い、以下のことが明らかとなったことを報告した（大沢・他，2007）。

- (1) 境川と朝見川では支流の合流によって主要溶存化学成分濃度の総量値（TDS）の一時的な低下が見られるものの、おおむね河川の流下とともにTDS値は増加する傾向にある。また、最上流域を除き、どの河川でも河川水のTDS値が一般の河川のそれを大きく上回っており、特に平田川の下流域のTDS値は1000mg/Lを超えている。
- (2) 河川流下にとまなう河川水温の変化は、河川水の主要溶存化学成分濃度の総量値（TDS）に見られた変化とほとんど同じであり、河川水のTDS値を上げているものは温度も高いことを示しており、その実態が温泉排水であることを示唆する。また、どの河川においても中流域ですでに25℃のレベルを超えており、別府の河川は"湯の川"といっても過言ではない状況にある。
- (3) 温泉水、地下水、海水の区別ができるTDS値-Li/Cl比図上で上流域を除く河川水（TDS値 \geq 200mg/L）が温泉水の範囲内にあり、上流域以外の河川水中のLiは全量が温泉水に由来することが明らかにされた。
- (4) 河川水のB、Cs、Ge、Rbの濃度と温泉排水由来元素であるLiの濃度の間には高い正の相関関係があり（相関係数 r^2 値 $>$ 0.9）、これらもまた温泉排水に由来することが示された。

本年度は、温泉排水の影響のあることが明らかとなった新川、平田川、春木川、境川、朝見川の5河川について、最下流非感潮域における河川流量観測と河川水の化学分析から、河川に流出する微量元素量を見積り、昨年度予告したように「温泉由来の有用元素の河川への年間流出量の推定」を行っ

たので、報告する。

2. 観測・研究の方法

前報告でも述べたように（大沢・他，2007）、研究の対象とした河川は流域のほぼ全区間がコンクリートで三面張りにされている（九州横断道路より上流側と平田川の明礬温泉 - 鉄輪地獄地帯の区間だけが三面張りになっていない）。よって、河川水は流域途中で地下に浸透することはほとんどなく、ほぼ全量が最下流・河口域にまで達していると考えられる。そこで、流域のあちこちで河川に放流される温泉排水（使用済みも未使用も含む）は全て集められて最下流にまで到達しているとして、観測点を最下流の非感潮域に設定した。

2-1. 河川に流出する微量元素量見積りのための基礎データの取得

温泉排水の影響を受けている新川、平田川、春木川、境川、朝見川、ならびに参照として、影響が認められない冷川の合計6つの河川について（大沢・他，2007）、図1に示す非感潮の最下流域において、微量化学成分分析用の河川水の採取と河川流量観測を行った。観測は2005年12月からの1年間に4回実施し、流量の季節変動を考慮し、2005年12月15日と16日、2006年4月25日、2006年6月28日、2006年10月19日に行った。

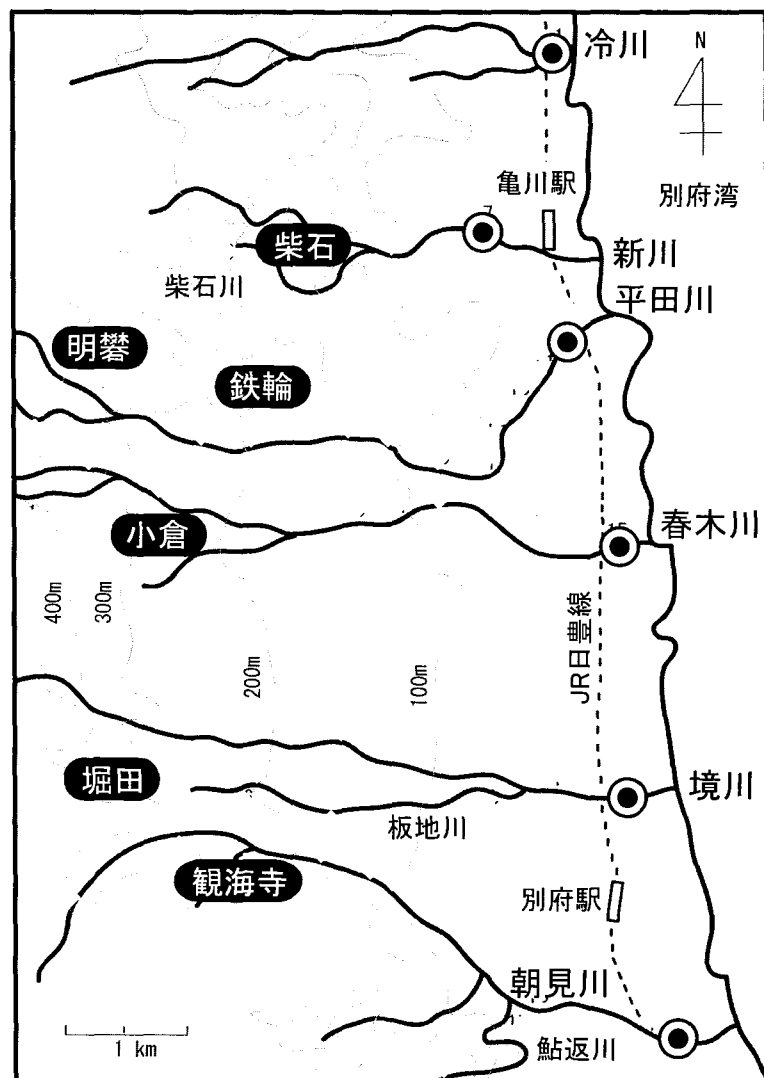


図1 別府温泉を流下する河川と河川水試料採取および河川流量観測の位置 (●印)

河川流量測定は、河川断面積と河川水の流速から求めた（例えば、新井，1994）。断面積は、巻尺と折尺を用いて川幅と水深を計測し、計算によって求めた。水深計測は川幅を0.5～1.5m間隔に区切り、複数点で行った。流速は水深計測位置において、東邦電探社製電磁流速計（TK-105DH）を用いて水深6割の位置で20秒間の平均値を計測した。これを3回行い、その平均値を流速データとした。

河川水の採取は流心部で行い、現地においてアドバンテック社製セルロース混合エステルタイプ0.45 μmメンブレンディスクフィルターでろ過後（従って、分析される元素は河川水に溶存するものに限定される。）、TAMAPURE製超高純度硝酸を添加し、試料水のpHが約2になるように調整して実験室に持ち帰った。Li, B, V, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Mo, Cs, Ba, Wの15種の微量元素を、Rhを内標準としてICP-MSで分析した（加藤・他，1997）。

2-2. 微量元素の河川への年間流出量の推定方法

河川に排出される微量成分量は、河川水の微量元素濃度に河川流量を掛けて算出した。河川流量測定と河川水採取の作業は、1観測点につき30分から1時間程度であるので、ここで算出される微量成分排出量は、正確には、作業時間帯の時間値である。これを単純に24倍して日量とし、さらに365倍して年間量とするのはあまりにも大雑把であるので、実際の見積りでは次のような方法を取った。

見積りに最も大きく影響する観測データは河川流量であり、豪雨時の一時的な増水を除けば、季節変化を一番に考慮する必要があると考えられる。また、温泉排水の河川への排出の時間変化もポンプ揚湯をしている源泉については無視できないと思われるが、別府全域の採湯量のおおよそ半分を占める沸騰泉（由佐・他，1975）では揚湯量の調整をしていないことに加え、5河川の合計排出量の中で最も多いNaとClは（川野・他，1994；川野，1996）沸騰泉の泉質を決めている主要元素であることから、温泉成分の河川への排出量には大きな時間変動はないとみてよいであろう。そこで、1年を冬（12月～2月）、春（3月～5月）、夏（6月～8月）、秋（9月～11月）の4つの期間に分け、2005年12月15日と16日、2006年4月25日、2006年6月28日、2006年10月19日の観測データをそれぞれの期間の代表値に見立てる。そして、観測日一日の間には河川流量は大きく変化しないとして観測で得た時間値を24倍して日量にし、表1に示したような冬、春、夏、秋の各期間の日数（それぞれ90日、92日、92日、91日）を日量に掛け、最後に全てを足し合わせて年間値とする。

表1 観測日の河川への微量元素流出量から年間流出量を推定するための日数の振り分け

年	月	月の日数	観測日	観測データの振り分け期間	積算日数
2005	12	31	2005/12/15 or 16	↑ ↓	90
2006	1	31			
2006	2	28			
2006	3	31		↑ ↓	92
2006	4	30	2006/4/25		
2006	5	31			
2006	6	30	2006/6/28	↑ ↓	92
2006	7	31			
2006	8	31			
2006	9	30		↑ ↓	91
2006	10	31	2006/10/19		
2006	11	30			
2005年12月～2006年11月					365

3. 結果

河川に流出する微量成分量見積りのための基礎データ（河川流量と河川水中の溶存態微量元素の濃度）を表2に、それらを元に算出した観測日の河川への微量元素流出量を表3に示す。また、2-2節に記述した方法によって求めた微量元素の河川への年間流出量を表4に示した。本研究の成果は、表3と表4に集約されており、主要な内容を列挙すると下記のようなになる。

表2 河川へ流出する微量元素量見積りのための基礎データ（河川流量と河川水中の溶存態微量元素の濃度）

河川名	調査日	河川流量 ($\times 10^4$ トン/日)	微量成分の濃度 ($\mu\text{g/L}=\text{ppb}$)														nd: 検出せず	
			Li	B	V	Mn	Co	Ni	Zn	Ga	Ge	Rb	Sr	Mo	Cs	Ba	W	
新川	2005/12/15	0.50	420	1230	3.1	453	0.21	0.66	176	0.54	3.5	112	99.3	nd	42.0	20.3	0.11	
	2006/4/25	1.02	440	1260	3.6	418	0.23	1.1	142	0.44	3.2	108	94.3	nd	42.4	21.0	0.12	
	2006/6/28	1.66	200	560	2.9	182	0.22	0.81	65.2	0.41	1.5	51.8	90.4	0.67	18.1	20.5	nd	
	2006/10/19	1.15	330	930	5.1	315	0.27	0.72	109	0.51	2.5	84.4	96.6	0.46	29.3	20.2	0.16	
平田川	2005/12/16	2.85	2450	6250	8.8	463	0.26	nd	72.7	1.7	18.8	423	309	4.8	235	61.9	7.3	
	2006/4/25	1.74	2610	6470	7.3	347	0.34	2.3	25.8	1.1	18.3	399	297	nd	239	49.5	7.7	
	2006/6/28	3.29	1700	4270	4.7	407	1.6	nd	115	1.0	11.6	258	246	2.8	150	50.0	3.8	
	2006/10/19	2.53	1750	4570	11.5	213	0.24	1.3	30.3	1.2	13.0	288	264	3.2	159	41.1	5.7	
春木川	2005/12/16	1.19	1040	2520	19.2	12.7	0.07	0.91	12.2	0.63	7.8	164	177	4.0	83.8	20.1	4.4	
	2006/4/25	1.56	1190	2810	19.1	5.4	nd	1.4	12.7	0.49	7.1	168	167	2.5	91.4	18.8	5.9	
	2006/6/28	2.29	770	1850	18.5	9.5	nd	1.2	nd	0.47	5.7	123	157	3.2	66.0	17.9	4.3	
	2006/10/19	2.09	780	1930	22.6	2.3	0.09	nd	8.6	0.53	5.2	130	162	4.9	65.5	15.7	3.6	
境川	2005/12/16	1.28	380	900	24.7	6.1	0.08	0.85	7.7	0.33	2.7	59.2	119	3.1	27.5	8.7	1.7	
	2006/4/25	1.33	390	900	28.4	6.3	0.12	1.3	9.2	0.33	2.2	61.3	116	2.6	28.9	9.7	1.8	
	2006/6/28	1.80	310	720	23.5	5.1	nd	nd	nd	0.33	2.1	49.1	110	nd	22.8	11.2	1.8	
	2006/10/19	1.58	330	800	30.2	1.8	0.10	0.69	7.6	0.34	1.9	54.1	121	3.2	24.8	8.6	1.5	
朝見川	2005/12/16	4.81	290	510	8.8	3.9	0.04	0.66	2.7	0.27	1.4	33.4	98.6	2.1	21.1	7.9	1.2	
	2006/4/25	6.30	200	370	9.0	10.6	0.05	nd	1.7	0.26	0.9	27.1	89.4	nd	15.2	10.5	0.93	
	2006/6/28	10.7	130	230	8.8	3.3	0.06	0.55	nd	0.19	0.7	19.3	98.6	1.2	11.4	6.8	0.69	
	2006/10/19	14.9	120	230	8.9	1.5	0.04	0.34	5.6	0.24	0.7	18.6	82.3	1.1	9.2	7.5	0.61	
冷川	2005/12/16	0.45	nd	10	6.4	14.2	1.2	nd	29.5	0.12	nd	9.5	86.4	0.55	0.2	4.4	nd	
	2006/4/25	0.56	nd	20	6.4	9.4	0.04	0.48	1.0	0.11	nd	8.7	76.9	nd	0.2	5.0	nd	
	2006/6/28	1.23	nd	10	6.0	9.1	0.05	0.33	1.5	0.12	nd	9.1	82.6	0.30	0.2	5.8	0.03	
	2006/10/19	1.36	nd	10	7.1	7.0	0.04	0.19	1.0	0.12	nd	10.5	82.5	0.29	0.4	4.6	0.03	

- (1) 流出量の大小を判断する適当な基準を設定することは容易ではないが、仮に一日当りの流出量10kgをその基準ラインとすると、該当する微量元素は、平田川、春木川ならびに朝見川のLiと平田川、春木川、境川ならびに朝見川のBが挙げられる（表3）。我々は研究用に試薬を500g入りビンで入手することが多いが、日々20本以上にもおよぶ試薬をそれぞれの河川に流していることに相当すると考えると、これらの元素の河川への流出量は決して少なくはないと感じられた。Li、Bはともに典型的な温泉排水に由来する元素であり（大沢・他，2007）、これらが定常的に10kg/日以上流出している平田川、春木川ならびに朝見川の上流域が沸騰泉の密集地帯に当ることから、LiとBの主要な排出源は沸騰泉およびその利用施設であろう。
- (2) 5河川への年間流出量の合計が1トンを超える元素は、Li、B、Mn、Rb、Sr、Csであり、温泉排水由来であることが示された元素（Li、B、Rb、Cs；大沢・他，2007）がここに含まれている。この中でLiとBは年間10トンを超す流出であり、“温泉資源流出”の中でも際立った存在である。また、温泉排水由来の微量元素であるLi、B、Ge、Rb、Csの5河川合計流出量の半分以上が平田川からのものである（表4）。昨年度の研究（大沢・他，2007）で温泉排水由来であることが確定できていないMn

表3 観測日の河川への微量元素流出量

河川名	調査日	河川への微量元素流出量 (kg/日)														nc: 計算できず
		Li	B	V	Mn	Co	Ni	Zn	Ga	Ge	Rb	Sr	Mo	Cs	Ba	W
新川	2005/12/15	2.1	6.2	0.02	2.3	0.001	0.003	0.9	0.003	0.02	0.6	0.5	nc	0.2	0.1	0.001
	2006/4/25	4.5	13	0.04	4.3	0.002	0.01	1.5	0.004	0.03	1.1	1.0	nc	0.4	0.2	0.001
	2006/6/28	3.3	9.3	0.05	3.0	0.004	0.01	1.1	0.01	0.02	0.9	1.5	0.01	0.3	0.3	nc
	2006/10/19	3.8	11	0.06	3.6	0.003	0.01	1.2	0.01	0.03	1.0	1.1	0.01	0.3	0.2	0.002
平田川	2005/12/16	70	178	0.3	13	0.01	nc	2.1	0.05	0.5	12	8.8	0.1	6.7	1.8	0.2
	2006/4/25	46	113	0.1	6.1	0.01	0.04	0.5	0.02	0.3	7.0	5.2	nc	4.2	0.9	0.1
	2006/6/28	56	140	0.2	13	0.05	nc	3.8	0.03	0.4	8.5	8.1	0.09	4.9	1.7	0.1
	2006/10/19	44	115	0.3	5.4	0.01	0.03	0.8	0.03	0.3	7.3	6.7	0.08	4.0	1.0	0.2
春木川	2005/12/16	13	30	0.2	0.2	0.001	0.01	0.2	0.01	0.09	2.0	2.1	0.05	1.0	0.2	0.05
	2006/4/25	19	44	0.3	0.08	nc	0.02	0.2	0.01	0.1	2.6	2.6	0.04	1.4	0.3	0.09
	2006/6/28	18	43	0.4	0.2	nc	0.03	nc	0.01	0.1	2.8	3.6	0.07	1.5	0.4	0.1
	2006/10/19	16	40	0.5	0.05	0.002	nc	0.2	0.01	0.1	2.7	3.4	0.1	1.4	0.3	0.07
境川	2005/12/16	4.9	12	0.3	0.08	0.001	0.01	0.1	0.004	0.03	0.8	1.5	0.04	0.4	0.1	0.02
	2006/4/25	5.1	12	0.4	0.08	0.002	0.02	0.1	0.004	0.03	0.8	1.5	0.04	0.4	0.1	0.02
	2006/6/28	5.5	13	0.4	0.09	nc	nc	nc	0.01	0.04	0.9	2.0	nc	0.4	0.2	0.03
	2006/10/19	5.3	13	0.5	0.03	0.002	0.01	0.1	0.01	0.03	0.9	1.9	0.05	0.4	0.1	0.02
朝見川	2005/12/16	14	24	0.4	0.2	0.002	0.03	0.1	0.01	0.07	1.6	4.7	0.1	1.0	0.4	0.06
	2006/4/25	13	23	0.6	0.7	0.003	nc	0.1	0.02	0.06	1.7	5.6	nc	1.0	0.7	0.06
	2006/6/28	14	24	0.9	0.4	0.01	0.06	nc	0.02	0.08	2.1	11	0.1	1.2	0.7	0.07
	2006/10/19	18	34	1.3	0.2	0.01	0.05	0.8	0.04	0.1	2.8	13	0.2	1.4	1.1	0.09
冷川	2005/12/16	nc	0.06	0.03	0.06	0.01	nc	0.1	0.001	nc	0.04	0.4	0.003	0.001	0.02	nc
	2006/4/25	nc	0.08	0.04	0.05	0.0002	0.003	0.01	0.001	nc	0.05	0.4	nc	0.001	0.03	nc
	2006/6/28	nc	0.2	0.07	0.1	0.01	0.004	0.02	0.002	nc	0.1	1.0	0.004	0.003	0.07	0.0004
	2006/10/19	nc	0.2	0.1	0.09	0.0005	0.003	0.01	0.002	nc	0.1	1.1	0.004	0.01	0.06	0.0005

表4 河川への微量元素の推定年間流出量

河川名	河川への微量元素の推定流出量 (トン/年)															
	Li	B	V	Mn	Co	Ni	Zn	Ga	Ge	Rb	Sr	Mo	Cs	Ba	W	
新川	1.2	3.6	0.01	1.2	0.001	0.003	0.4	0.002	0.01	0.3	0.4	—	0.1	0.08	0.0003	
平田川	20	50	0.07	3.5	0.007	—	0.7	0.01	0.1	3.2	2.6	—	1.8	0.5	0.06	
春木川	5.9	14	0.1	0.05	—	—	—	0.003	0.04	0.9	1.1	0.02	0.5	0.1	0.03	
境川	1.9	4.5	0.2	0.03	—	—	—	0.002	0.01	0.3	0.6	—	0.1	0.05	0.01	
朝見川	5.3	9.6	0.3	0.1	0.002	—	—	0.008	0.03	0.7	3.0	—	0.4	0.3	0.03	
上記5河川の合計	34	82	0.7	4.9	—	—	—	0.03	0.2	5.4	7.7	—	2.9	1.0	0.1	
冷川	—	0.05	0.02	0.03	0.001	—	0.02	0.0004	—	0.03	0.3	—	0.001	0.02	0.0001	
平田川/5河川合計	0.58	0.61	0.11	0.71	—	—	—	0.45	0.61	0.58	0.34	—	0.61	0.48	0.46	

(注) — : 河川水の化学分析データの一部が得られていないため(表2参照)、計算せず。

とSrについては、Srは温泉排水の影響を受けていない冷川の排出量(0.3トン/日)と同レベルか10倍程度であることから(表4)、自然状態の排出量に近いとみるのがよく、Mnは春木川、境川、朝見川ではSrと同様に自然状態と見れるが、新川と平田川のMn排出量はそれぞれ冷川の40倍、117倍であり自然状態の排出と見るには大きすぎることから、温泉排水を疑った方がよさそうに思える。新川、平田川の上流域には酸性硫酸塩泉や酸性食塩泉が分布し、これらの泉質の温泉水には無視できない量のMnが含まれていることから(新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1990; 中村, 1996のデータによる)、新川と平田川のMnについては温泉排水由来の分がかなりの部分を占めると考えておくのがよいであろう。

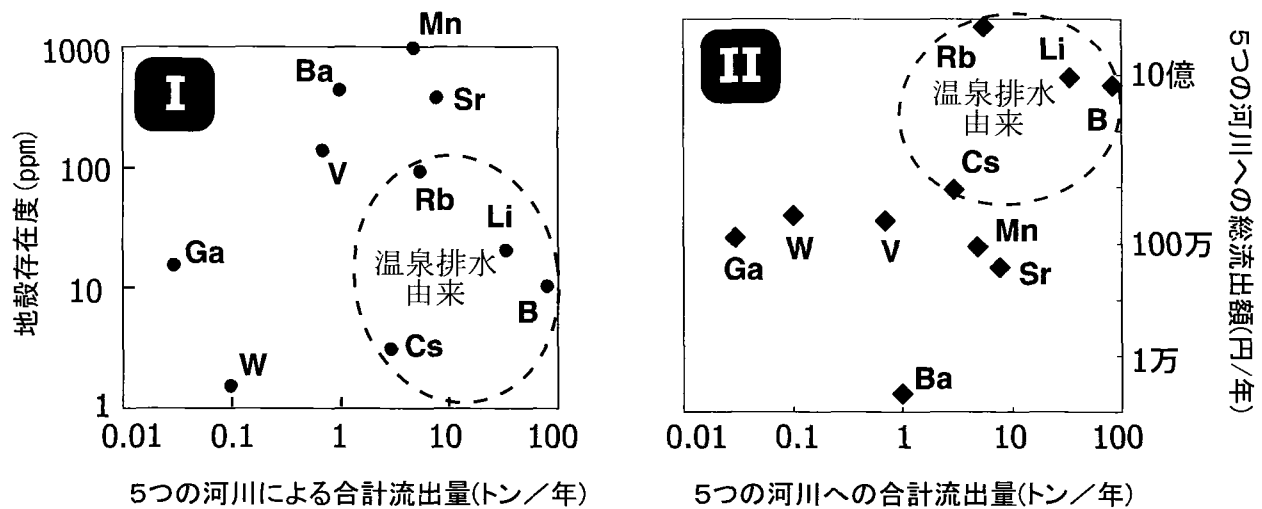


図2. 河川への微量元素の年間流出量と地殻元素存在度の関係 (I) および元素流出量と相当流出金額の関係 (II)

先に流出量の大小を判断する適当な基準を設定することは容易ではないとしたが、それを客観的に示すひとつの方法として金属市場での取引金額に換算してみるのは無意味ではないであろう。そこで、インターネットで公開されている取引金額に関する資料を使って試算してみた。換算金額を数値のまま表にすると、金額だけが一人歩きをする可能性があり、好ましくないと判断したので、流出量との関係を表すグラフとして表示することにし、それを図2のIIに示した。また、参照のために、図2の上半分のIには微量元素の河川への流出量と地殻存在度(松井・坂野, 1992)との関係を表した。

まず、流出量と地殻存在度との関係を表した図2のIを見てみる。河川水中の元素濃度はおおむね地殻を構成する元素の含有量(地殻存在度)に比例すると予想されるが、別府の河川ではそのような関係は明瞭に認められない。ただ、温泉排水由来元素であるLi, B, Rb, Csに着目すると、図中でそれらは、元素存在度はそれほど高くないが流出量が多い領域(破線の囲み)に分布しており、これらを除外すれば流出量と地殻存在度はおおむね比例関係にあることを見て取れる。このことは本研究にとってはさほど重要なことではないが、別府ではLi, B, Rb, Csが温泉を通して地下から地表に効率よく運び出され、河川に流出しているという状況にあることを示しているだろう。さて、図2のIIに表された流出量の換算金額を見ていただきたい。流出量の多い元素ほど、金額が大きい傾向が見られないでもないが、ここでも温泉排水由来元素(Li, B, Rb, Cs)をくくって(破線の囲み)、それを除外してみると、Baを除けば流出量に関係なくほぼ同じ金額であることが判り、それを基準にして見るとCsを除く温泉排水由来元素(Li, B, Rb)の流出額が特異で際立ったものであることをうかがい知ることができよう。

4. おわりに

昨年度と今年度の研究から、別府市では温泉水に含まれる有用金属元素が利用されることなく河川へ捨てられていることが明らかにされたとしてよいであろう。このような状況はいつごろから続いているのかということにおのずと関心がいくが、1994年に行われた河川の主要成分に関する調査で温泉排水が河川に流れ込んでいるとの指摘がすでになされていることから（川野・他，1994；川野，1996）、少なくとも最近十数年間は温泉からの有用金属元素の河川への流出は続いていたものと考えられ、その量は膨大であると推察される。

河川に捨てられている温泉有用金属元素をどのように利活用するかについては我々の研究目的の範疇外にあるが、温泉排水を貯水池などに受けて目的元素を抽出する（その後に河川に排出）ということが方法のひとつとして考えられるのではないかと思う。住民の居住環境との関わりや抽出技術の存否、経済的に採算が取れるかなどの多くの問題が立ちはだかると思われるが、プランニングを試みる価値はあるのではないだろうか。

最後に、温泉には経済的に有用な元素だけではなく、生物にとって無害ではない元素も含まれており、温泉排水が河川に流されている現状ではその方面にも注意をはらっておく必要のあることを喚起しておきたい。例えば、本研究で取り上げたBは環境排出基準値が設けられている元素でもあり、そのことが容易に理解できるであろう。

引用文献

- 新井正（1994）河川流量. 水環境調査の基礎 第6章, p.51-p.68, 古今書院, 東京.
- 大沢信二, 山崎一, 高松信樹, 山田誠, 網田和宏, 加藤尚之（2007）温泉から河川への有用金属元素の流出 - 未利用温泉資源量に関する基礎調査と研究 - . 大分県温泉調査研究会報告, 58, 21-30.
- 加藤尚之, 高松信樹, 今橋正征, 相川嘉正（1997）ICP-MS法による温鉱泉水および岩石中の微量元素の定量. 温泉科学, 47, 45-55.
- 川野田實夫, 小石哲史, 金子敦, 志賀史光（1994）別府市の水系と水質. 「別府市の自然 別府市自然環境学術調査報告書」, p.85-p.102, 別府市自然環境学術調査団, 大分.
- 川野田實夫（1996）別府湾周辺の水系と水質. 「地域総合研究論文集 別府湾沿岸地域 - 自然・社会・教育 - 」, p.29-p.38, 大分大学教育学部, 大分.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構（1990）平成元年度全国地熱資源総合調査（第3次）広域熱水流動系調査 鶴見岳地域流体地化学調査 報告書. 90-91.
- 松井義人, 坂野昇平（1992）岩石・鉱物の地球化学, 岩波地球科学選書, 304.p, 岩波書店, 東京.
- 中村美穂（1996）別府最北部の熱水流動過程の推定. 平成8年度東邦大学理学部化学科特別問題研究報告書, 28p.
- 由佐悠紀, 野田徹郎, 北岡豪一（1975）地熱地域を含む温泉地からの流出水量, 熱量および化学成分 - 別府温泉の場合 - . 温泉工学会誌, 10, 94-108.

メンタルヘルスに対する温泉入浴・飲泉の効果および作用機序の検討：特に入浴の効果について

大分大学医学部精神神経医学

寺尾 岳・塚本 光江
塩月 一平

1. 目的

私どもは、メンタルヘルスに対する温泉入浴・飲泉の効果および作用機序の検討を重ねている。今回の研究の目的は、温泉への入浴は精神状態に影響を及ぼすのか、もし及ぼすとすればどのような機序を介するのかを科学的に検討することである。

対象と方法：対象は健常者23人（男性10人、女性13人）であった。平均年齢は、 26.3 ± 6.2 歳で、研究の目的や方法を文書で説明し、書面で同意を得た。これらの被験者に挟間町来鉢の極楽温泉へ集ってもらい、無作為にシャワー群と入浴群に割りつけて、それぞれ約7分間シャワーもしくは入浴をしてもらった。この前後に精神状態の評価や体重・体温測定、採血を行った。なお、この研究は既に大分大学医学部倫理委員会で承認されている。

2. 結果

入浴群の方がシャワー群と比較して有意に不安が改善した。不安の軽減を従属変数、体重の減少率や体温の上昇率（これらは発汗によると考えられる）、脳由来の神経栄養因子（脳細胞の機能を賦活する物質、以下BDNFと略）を独立変数として重回帰分析にかけると、有意な重回帰式が成立した。

3. 結論

温泉入浴には不安の軽減効果があり、その作用機序として入浴による発汗や血中BDNF濃度の上昇が関連している可能性がある。いずれにせよ、対象数が少ないために、さらに研究を重ねる必要がある。

4. 謝辞

今回の研究にご協力いただいた極楽温泉に深謝する。

メンタルヘルスに対する温泉入浴・ 飲泉の効果および作用機序の検討： 特に入浴の効果について

寺尾 岳、塚本光江、塩月一平
大分大学医学部精神神経医学

目的

- 私どもは、メンタルヘルスに対する温泉入浴・飲泉の効果および作用機序の検討を重ねている。
- 今回の研究の目的は、温泉への入浴は精神状態に影響を及ぼすのか、もし及ぼすとすればどのような機序を介するのか、科学的に検討することである。

対象

- 人数 23人
- 性別 男性 10人 女性 13人
- 年齢 26.3 ± 6.2 歳
- 研究の目的や方法を文書で説明し、書面で同意を得た。
- なお、この研究は既に大分大学医学部倫理委員会で承認されている。

場所

極楽温泉(挟間町来鉢)



方法

対象

無作為割付

入浴群

シャワー群

身長、体重、体温、血圧、採血、心理テスト(STAI)

入浴(約7分)

シャワー

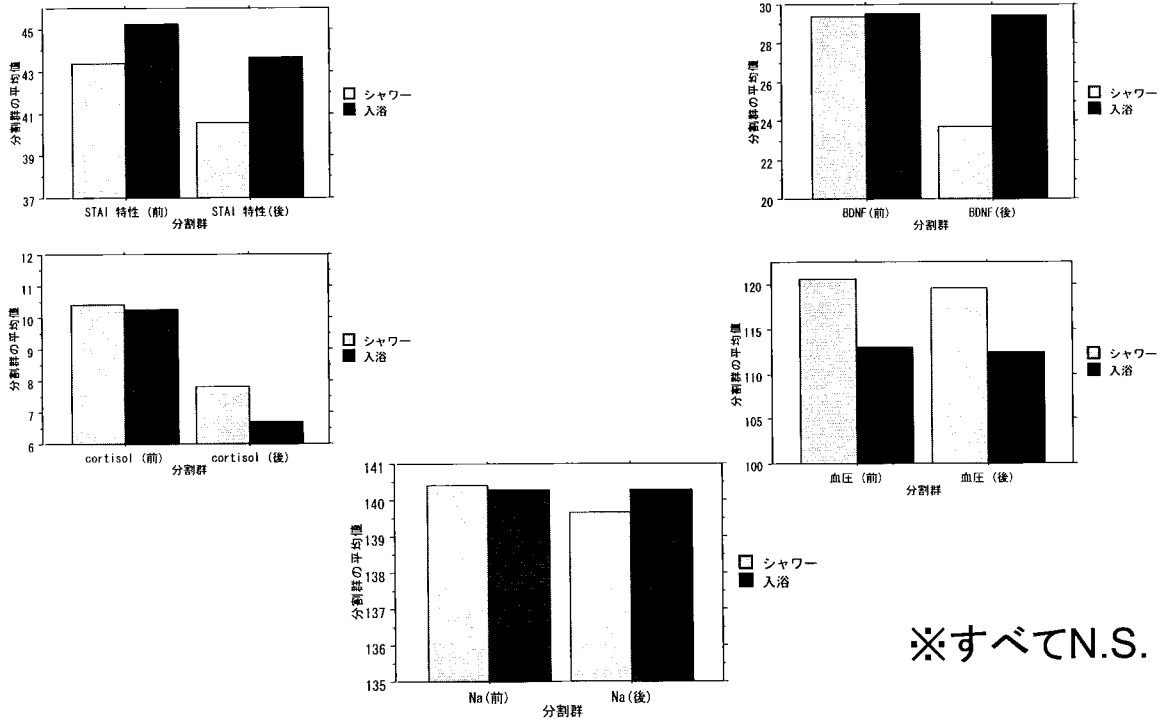
体重、体温、血圧、採血、心理テスト(STAI)

※採血では、brain-derived neurotrophic factor; BDNF、cortisol、Naの値を測定した。

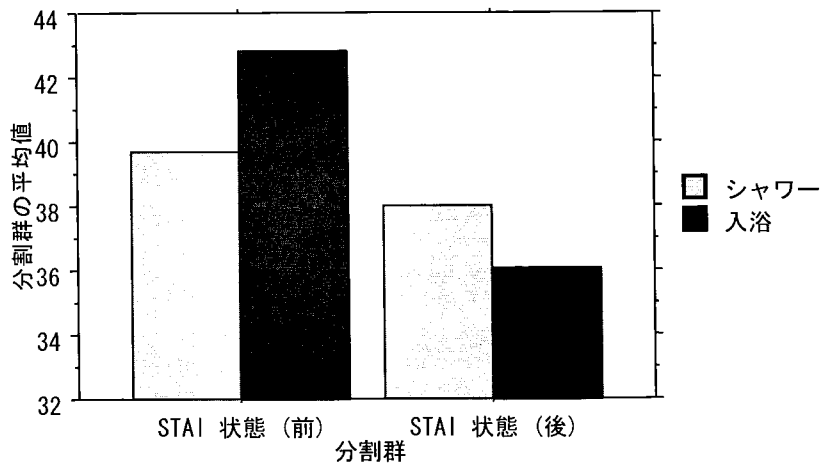
解析方法

- それぞれの検査項目において、入浴もしくはシャワー前後での値が入浴群とシャワー群の間で有意差をもって変動していたかどうかを、反復測定分散分析によって解析した。

STAI特性不安、血圧、 血中BDNF、cortisol、Na濃度の変化



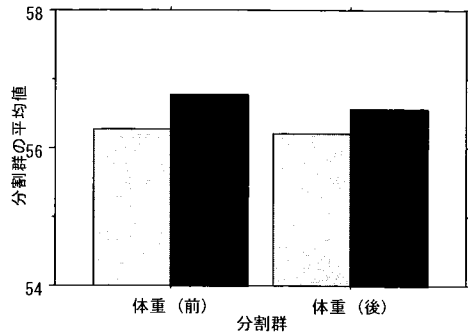
STAI状態不安の変化



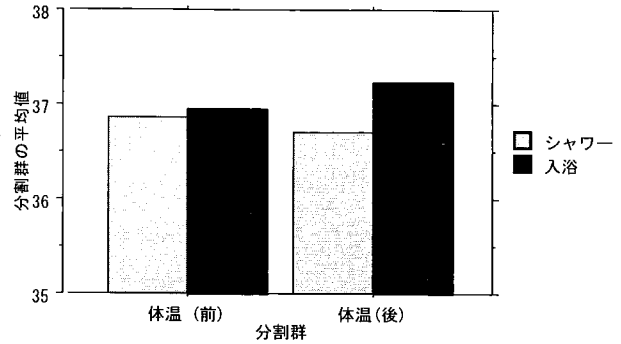
F = 7.817
p = 0.0108

入浴群で入浴後有意に低下

体温、体重の変化



F = 4.446
p = 0.0466



F = 10.982
p = 0.0033

入浴群で、入浴後体重は有意に低下、
体温は有意に上昇した。

入浴群における STAI状態不安の変化について①

入浴群ではSTAI状態不安が有意に低下。



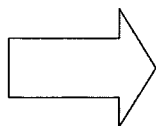
何故入浴群で状態不安が軽減したのか？



他に入浴群で有意に変化していた
体重、体温と関係があるのではないか。



それぞれの変化率をもとに、重回帰分析を行った。



$R^2 = 0.459$

回帰係数
率STAI 対 2 独立変数
行の除外: 温泉データ4. svd

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t値	p値
切片	-.137	.029	-.137	-4.674	.0023
体重率	12.511	5.563	.655	2.249	.0593
率体温	4.075	2.603	.456	1.566	.1614

入浴群における STAI状態不安の変化について②

- 先行研究では、血中BDNF濃度が増えるほど状態不安が減るという結果が得られている。
- 今回の状態不安の変化にも血中BDNF濃度が影響を及ぼしているのではないか。
- 血中BDNF濃度の入浴前後の変化率も加えて重回帰分析を行った。

⇒ $R^2 = 0.734$

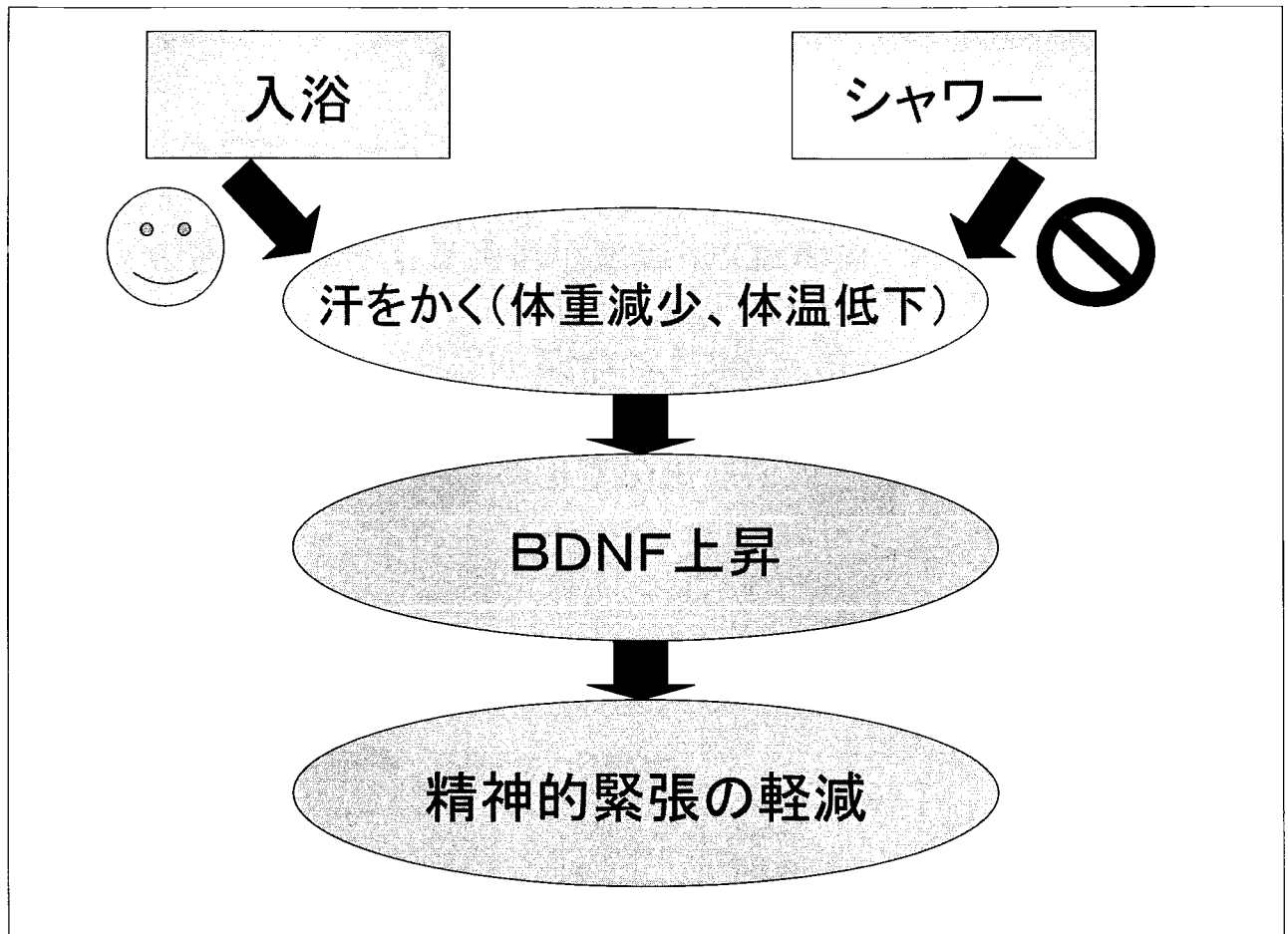
	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t値	p値
切片	-.140	.022	-.140	-6.297	.0007
率体温	7.032	2.303	.787	3.053	.0224
体重率	15.146	4.347	.793	3.484	.0131
率BDNF	-.104	.042	-.613	-2.487	.0473

入浴群における STAI状態不安の変化について③

STAI状態不安の軽減に影響する因子

- ・体温の上昇率が小さい
 - ・体重の減少率が大きい
 - ・血中BDNF濃度の上昇率が大きい
- 発汗量が多い

入浴後、発汗量が多く、血中BDNF濃度が増加しているほど、状態不安は軽減する



まとめ

- STAIの状態不安に関しては、入浴群がシャワー群と比べて有意に改善しており、温泉の入浴が不安を軽減させる効果があると考えられる。
- またその不安の軽減には、入浴による発汗や血中BDNF濃度の上昇が影響していると考えられる。

付録: BDNFとは？

- 脳由来の神経栄養因子 (Brain-derived neurotrophic factor) で、神経の成長、分化、シナプスの可塑性、神経修復や生存に関与している。
- ストレスを受けたラットの脳でBDNFが減少した (Smith et al, 1995)。
- うつ病モデルラットにおいても、BDNFが低かった (Angelucci et al, 2000; Roceri et al, 2002)。
- ラットの脳に外からBDNFを注入すると、抗うつ効果が発揮された (Siuciak et al, 1997; Shirayama et al, 2002)。

- うつ病で自殺した方の死後脳研究で、海馬や前頭皮質のBDNFが減少していた (Dwivedi et al, 2003)。
- うつ病患者は健常者と比較して血清BDNFが低下している (Karege et al, 2002; Gonul et al, 2003; Shimizu et al, 2003)。
- うつ病患者の死後脳研究で、抗うつ薬投与を受けていた方のほうが、受けていなかった方よりもBDNFが多かった (Chen et al, 2001)。
- うつ病患者でBDNF遺伝子の多型が報告されつつある (Neves-Pereira et al, 2002; Sklar et al, 2002)。

九重連山の地球化学的研究 2

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
柴田知之

要 旨

大分県には、沈み込むフィリピン海プレートの部分溶融を起源とするアダカイト質マグマが、姫島、両子山、由布・鶴見、及び九重連山に分布している。これらの地域のアダカイト質マグマのSr/Y比は、北から南に向けた島弧縦断方向で減少する傾向を示す。今回、このSr/Y比の空間変化が起きる原因についてモデル計算を基に検討した。その結果、当地域では沈み込むスラブの深度が大きいため、すなわち、圧力が高いためスラブの部分溶融液とスラブの脱水反応で生じた流体相の両者が第二臨界点に達していることに、空間変化の原因を求められる可能性があることを指摘できた。

1. はじめに

大分県直下に沈み込むフィリピン海プレートの沈み込み角度は、他の沈み込み帯に比べ著しく急である。そのため、スラブの沈み込みに伴う温度・圧力変化の履歴が他の沈み込み帯と大きく異なり、それがマグマの発生条件や、さらにはマグマの特徴に何らかの変化をもたらしている可能性があり、沈み込み帯のマグマ起源に対し新たな知見をもたらす可能性が高い。最近になり、大分県に分布する姫島、両子山、由布・鶴見の第四紀火山から、アダカイト質マグマが観察されている。加えて、昨年度、大分県西部の熊本県との県境付近に分布する九重連山からもアダカイト質マグマが観察されること、並びに、Sr/Y比が北から南に向けた島弧縦断方向で減少する傾向を示すことを報告した(図1)。この変化傾向に注目して、微量元素組成を用いたモデル計算を基に、当地域下での沈み込み帯でのマグマの発生機構を検討したので報告する。

2. 結果と考察

アダカイトマグマは、沈み込む海洋地殻の部分溶融を起源とすると考えられている(Defane and Drummond, 1990)。そこで、まず、アダカイト質マグマの成因について高検討する。Tatsumi and Hanyu (2003)の角閃岩を沈み込む海洋地殻を代表するものと仮定し、これを出発物質とし、McKenzie and O'Nions (1991)、Foley et al. (2000)、

Tasumi (2000)の分配係数を用いて、バッチメルトの式で海洋地殻の部分溶融液(スラブメルト)のモデル組成を計算した。図2に計算結果

を大分県の第四紀アダカイトのうち最もSr/Y比が高い試料(姫島、大海岳)とともに、Primitive Mantleで規格化したパターン(微量元素パターン)を示した。モデル計算によって得られたスラブメルトのパ

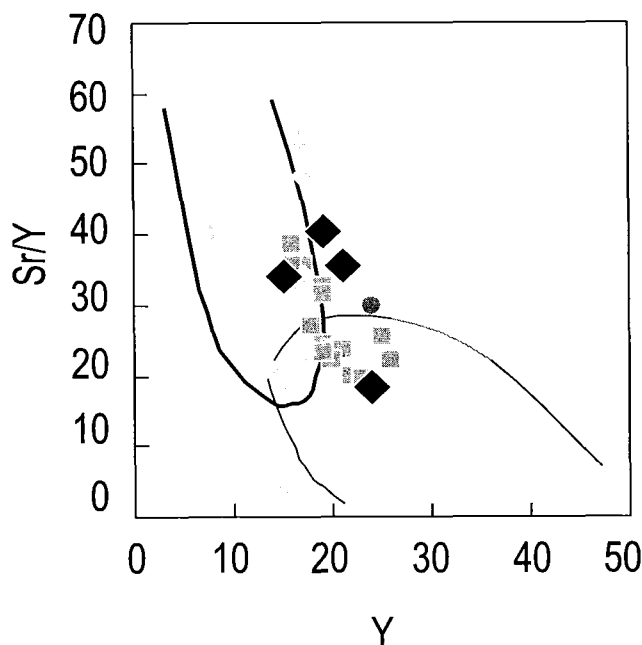


図1. Y vs. Sr/Y比変化図

黒ダイヤモンドが九重連山(Kita et al. (2001)、灰色ダイヤモンドは姫島(伊藤, 1990)、灰色円は両子山灰色四角は由布・鶴見。太実線の領域はアダカイト、細い実線の領域は一般的沈み込み帯マグマの示す領域(Defane and Drummond, 1990)。

ターンは、アダカイトと比較すると、Rb、Th、Pbに富みSrに枯渇する傾向を示す。このことは、海洋地殻の部分溶融のみでは、アダカイトマグマを計算上作れないことを意味する。沈み込む海洋プレートの上には堆積物が堆積しており、この堆積物の一部はプレートとともにマンタルウェッジ内に沈み込む。従って、堆積物も島弧マグマの起源物質になりえる。そこで、フィリピン海プレートに堆積している陸源性堆積物の組成 (Shimoda et al., 1994) を用い、堆積物の部分溶融液 (セディメントメルト) のモデル計算を行った (図2)。同時に、スラブメルト : セディメントメルト = 2 : 8の比率で二つのメ

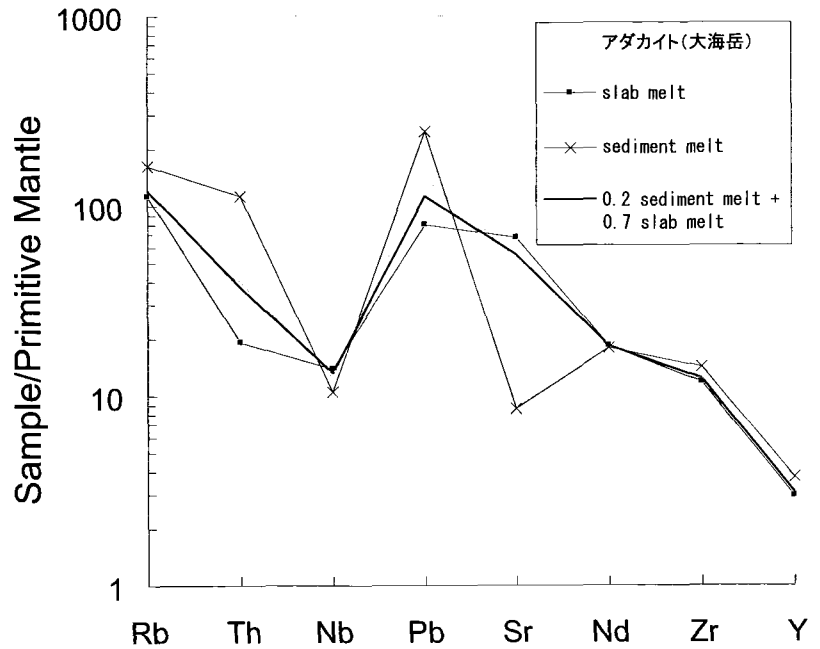


図2. 微粒元素モデル計算結果

ルトを混合させた (混合メルト) パターンも図2に示した。混合メルトの微量元素パターンは、RbとNdで若干異なるものの、アダカイトのパターンとよく一致する。この結果から、大分県の第四紀アダカイトマグマの起源は、沈み込む海洋地殻及び陸源性堆積物の部分溶融に求めることが可能である。

次に、Sr/Y比の島弧縦断方向の変化傾向について議論する。深発地震面震度から、当地域では、120 ~ 140 km程度の深度でスラブメルティングが起こっていると考えられる。この深度は、西南日本でアダカイトが観察される火山直下の深度 (約70km) と比べて、深い。Kawamoto (2006)の実験によれば、この深度は、海洋地殻を構成する玄武岩の部分溶融液 (スラブメルト) と脱水により生じる流体 (スラブフルイド) の間の第二臨界点以上の圧力条件に達している。このことは、すなわち、スラブメルトとスラブフルイドは物理的に区別できないことを意味し、さらに言えば、スラブから放出された物質のうち部分溶融起源および脱水反応起源の物質間の量比は自由に変化できることを示す。脱水反応起源の物質が多い場合、それは水に富んだ物質なる。一般の、非アダカイト質の島弧マグマはスラブフルイドの付加を受けたマンタル物質が部分溶融することで、発生すると考えられている。従って、水の多いスラブメルトがマンタルウェッジ内を上昇するときに、その水と反応したマンタルが部分溶融しスラブメルトと混合する可能性を指摘できる。この過程を、微量元素組成でモデル化し図3に示した。この図には、大分県の各火山で観察された最もSr/Y比の高いデータもプロットした。モデル計算は次の手順で行った。1) 沈み込む海洋地殻と陸源性堆積物を脱水させ、これにより生じるフルイドの微量元素組成をTatsumi (2000)のmobilityを用いて算出、2) 枯渇したマンタルの組成をマンタルウェッジの組成と仮定し、これに1)を混合させたものをスラブフルイドの付加を受けたマンタル組成とする、3) スラブ物質の付加を受けたマンタルを部分溶融させる、3) スラブメルト (図1) と3)を混合させる。図3に、スラブメルトとスラブフルイドの付加を受けたマンタルを部分溶融液の混合曲線を示した。モデル計算で求めた混合曲線は、大分県の第四紀アダカイトマグマの島弧縦断方向の変化傾向と、よく一致した。

以上のことから、大分県の第四紀アダカイトマグマの起源物質は、スラブメルトとスラブフルイドの付加を受けたマンタルの部分溶融液の混合物であり、スラブメルトの量比が北から南に減少することで、Sr/Y比の島弧縦断方向での変化傾向を説明可能であることが指摘された。

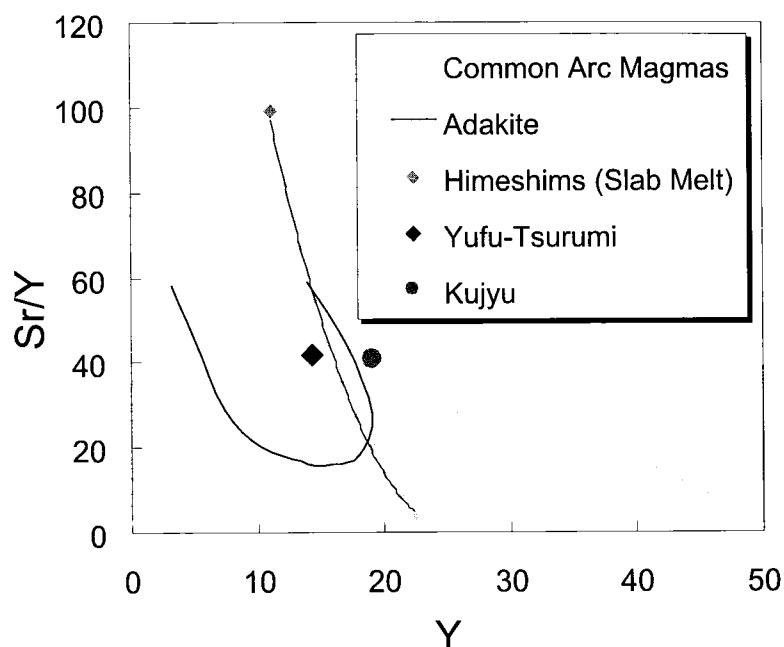


図3. Sr/Y比及びY濃度のモデル計算結果

参考文献

- 伊藤順一(1990), 姫島火山群の岩石学、岩鉱、85, 541-558.
- Defant and Drummond (1990), Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere, *Nature*, 347, 662-665.
- Foley, S.F., Barth, M.G. and Jenner, G.A. (2000). Rutile/melt partition coefficients for trace elements and an assessment of the influence of rutile on the trace element characteristics of subduction zone magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 933-938.
- Kawamoto, T. (2006) Hydrous phase and water transport in the subducting slab, *Rev. Mineral. Geochem.*, 62, 273 - 289.
- Kita, Yamamoto, Asakawa, Nakagawa, Taguchi and Hasegawa (2001) Contemporaneous ascent of within-plate type and island-arc type magmas in the Beppu-Shimabara graben system, Kyushu island, Japan ; *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 111, 99-109
- McKenzie, D. and O'Nions, R.K. (1991). Partial melt distributions from inversion of rare Earth element concentrations. *Journal of Petrology*, 32, 1021-1,091.
- 鎌田浩毅・池邊浩司 (1999) , 九重火山、高橋・小林編「九州の火山」、築地書館、33-48.
- Sugimoto, Shibata, Yoshikawa and Takemura (2006) Sr - Nd - Pb isotopic and major and trace element compositions of the Yufu-Tsurumi volcanic rocks: implications for the magma genesis of the Yufu-Tsurumi volcanoes, northeast Kyushu, Japan, *J. Min. Petrol. Sci.*, 101, 270-275.
- Tatsumi, Y. and Hanyu, T. (2003) Geochemical modeling of dehydration and partial melting of subducting lithosphere: toward a comprehensive understanding of high-Mg andsite formation in the Setouchi volcanic belt, SW Japan, *Geochem. Geophys. Geosys*, 4, doi: 10.1029/2003GC000530.

伽藍岳・塚原地熱活動の周辺域への広がりに関する調査

京都大学理学研究科地球熱学研究施設火山研究センター

鍵山恒臣・宇津木充
吉川 慎・寺田 暁彦

要 旨

伽藍岳・塚原地熱地域周辺において表層の比抵抗分布を調査した。その結果、地熱地域中心部でもっとも低比抵抗となり、周辺に向かって比抵抗の増大が見られた。中心から100m以内では $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下、西側500m以内では $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下であった。東側では2007年3月の段階では中心から200m離れた場所では $100\Omega\cdot\text{m}$ 以上となっていたが、2008年4月の段階では低比抵抗域が東側に拡大していることが判明した。この変化に対応して微弱な噴気活動の東側への拡大が見られている。

1. はじめに

地熱地域では、地下深部から供給される火山ガスが地表に噴出するとともに帯水層に付加されて周辺に拡散していると考えられる。鍵山(2006)は、霧島火山群において地下浅部の帯水層の比抵抗が火口中心から周辺に向かうにつれて高くなるとともに、通常は高比抵抗であることが一般的な表層の比抵抗も中心部ほど低くなる傾向が見られること、地熱活動の活発な火山ほど低比抵抗域の面積が広がることを示している。こうした傾向が他の火山でも見られるならば、浅部の低比抵抗域の広がりによって地熱活動の強さを推定する尺度となるかもしれない。伽藍岳・塚原地熱地域において低比抵抗域の広がり調査することは大変興味深い。この地域の電磁気学的調査としては、大羽・他(1997)による自然電位および電気探査、橋本・他(2003)による鶴見・伽藍岳の自然電位調査が行われており、塚原地熱地域に熱水の上昇域があること、地熱活動の中心部では表層から $2\Omega\cdot\text{m}$ という低比抵抗層が存在するのに対して、伽藍岳北麓では $1\text{k}\Omega\cdot\text{m}$ の表層の下100mの深さで $30\Omega\cdot\text{m}$ となっていることなどが明らかにされているが、地熱活動中心部から周辺部にいたる地域の相違などに関する情報は十分に得られていない。こうした観点から、本調査では、多点観測を簡便に行えるVLF-MTによる表層の比抵抗分布調査を行った。

2. VLF-MTによる比抵抗調査

調査は2007年3月および2008年4月に実施した。2007年3月の調査は、図1に示す塚原地熱地域周辺を対象とし、2008年4月の調査は、図2および図3に示すように塚原地熱地域周辺およびより広域の地域を対象とした。

2-1 塚原地熱地域の比抵抗分布の特徴

2007年3月の調査では、塚原地熱地域中心部の湯溜りのごく近傍で $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗が観測され、中心部から離れるにしたがって比抵抗値が増大する結果が得られた。比抵抗値の増大傾向は方向によって異なり、西方には溪流にそって低比抵抗域が遠方まで伸び、500m以内では $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下を示しているが、東側では、標高が高くなるにつれて比抵抗が高くなり、200m離れた地点で $100\Omega\cdot\text{m}$ 以上になっている。北側および南側へは観測値があまり得られていないが、東側同様に急激に比抵抗が増大している。この傾向は、塚原地熱地域が西側に開いた爆裂火口の特徴を持つことを考えると整合的である。

2008年4月に行った調査でも、中心部近傍の比抵抗は $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下を示し、西側に向かって火口から遠

ざかるにつれて比抵抗が高くなる傾向が見られる。この傾向は、2007年の調査結果と変わりがない。しかし、東側では、2007年に $100\Omega\cdot\text{m}$ 以上を示していた複数の地点で $5\Omega\cdot\text{m}$ から $45\Omega\cdot\text{m}$ 程度を示し、比抵抗が低下したと考えられる。また、調査範囲を東側に広げた結果、低比抵抗域が伸びることが確認された。ただし、この地域は、以前から微弱な噴気活動が存在することが知られており、新たな地熱活動を意味するものではない。この地域内の5ヶ所において温泉水の温度、電気伝導度、pHを測定した。結果は、表1に示すとおりである。

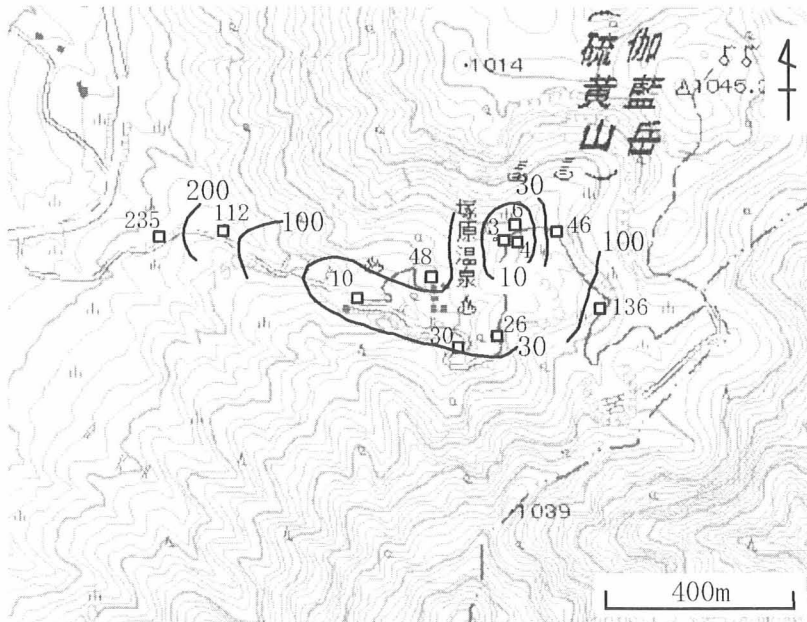


図1 VLF-MTによる塚原地熱地域周辺の比抵抗分布
(2007年3月：単位 $\Omega\cdot\text{m}$)

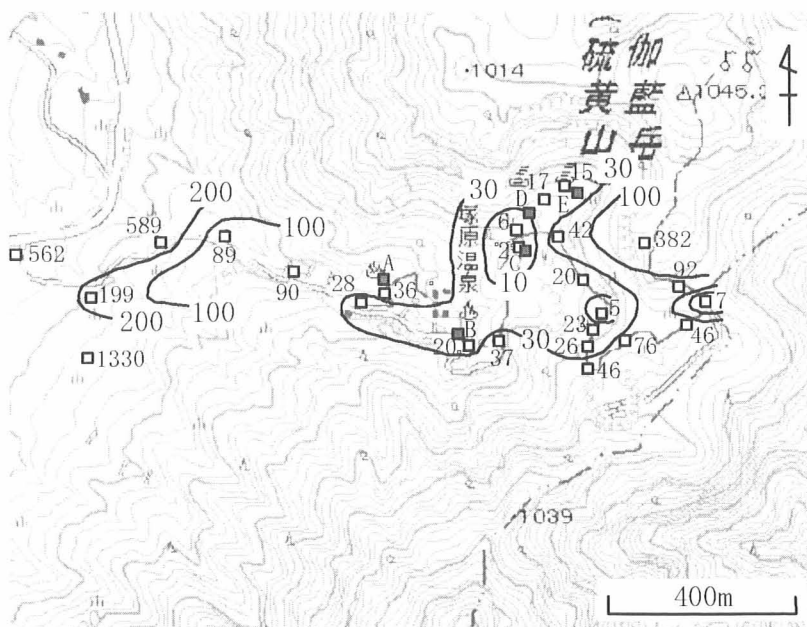


図2 VLF-MTによる塚原地熱地域周辺の比抵抗分布
(2008年4月：単位 $\Omega\cdot\text{m}$)
■は水の電気伝導度測定点

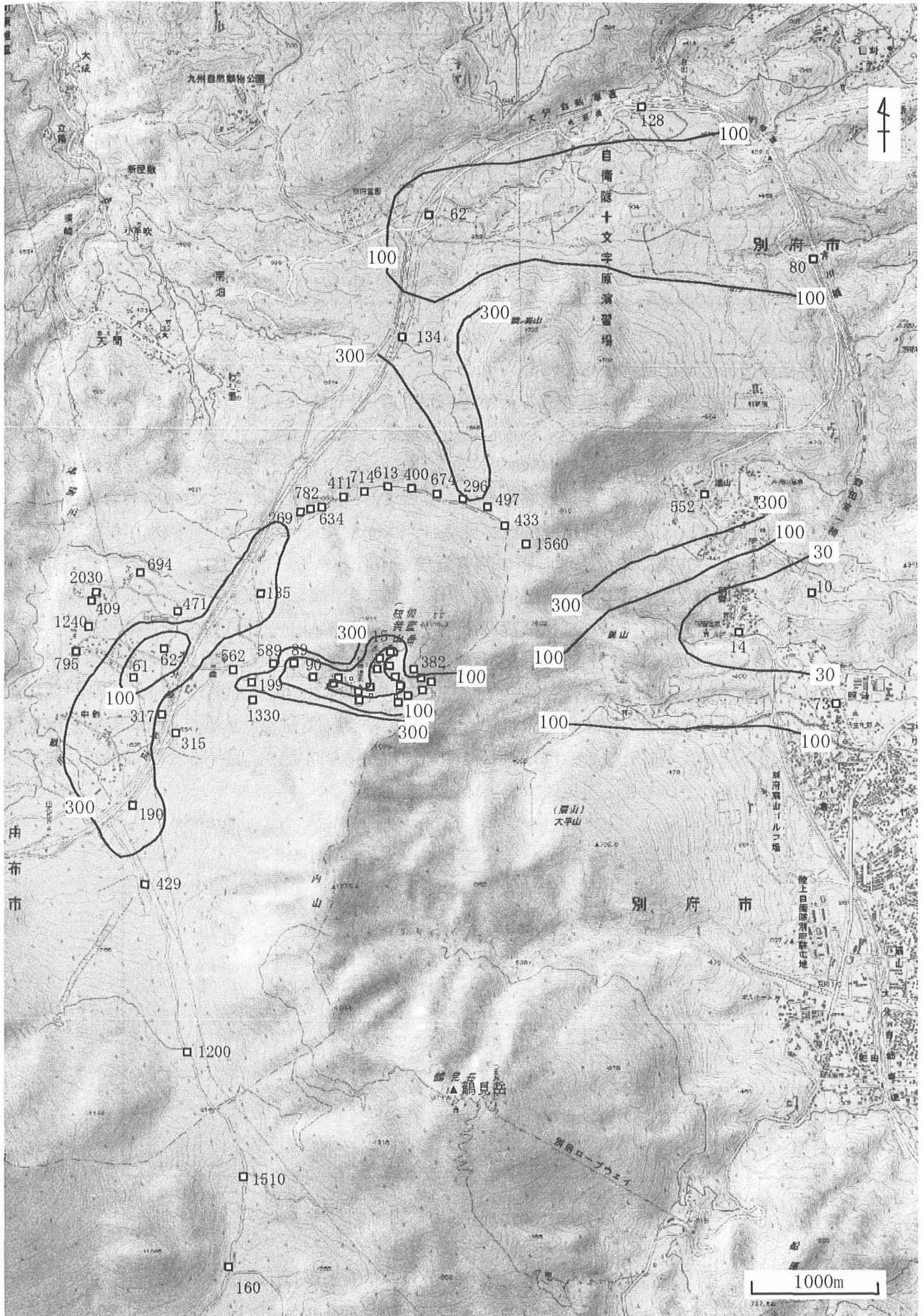


図3 VLF-MTによる加藍岳周辺の広域比抵抗分布 (2008年4月)

表1 塚原地熱地域内の水の電気伝導度（2008年4月）

測定点	電気伝導度 (mS/m)	温度(°C)	pH	備考
A	1023	26.6	1.6	溪流の水
B	102	26.5	3.1	
C	114	64.0	2.3	湯溜りの端の部分
D	504	78.8	1.5	温泉施設枡中の温泉水
E	395	94.0	1.4	噴気地内の湧出温泉水

2-2 伽藍岳周辺の広域比抵抗分布の特徴

図3は広域の比抵抗を調査した結果である。伽藍岳北麓では $300\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗を示しており、塚原地熱地域の低比抵抗域は北には伸びていないことが確認された。また、伽藍岳西麓では $300\Omega\cdot\text{m}$ 以下のやや抵抗の低い地域が南北方向に広がっている。この地域は由布岳と伽藍岳にはさまれた低地に対応しており、両火山に降った雨水がこの地域に集まっているためと考えられる。この中でも、塚原地熱地域の西の延長上に $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗域が見られ、塚原地熱地域中心部から熱水が供給されているためと推察される。一方東側では、別府市の明礬温泉を中心とする一帯で $30\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗域が見られ、その北側に $300\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗域、その北側の十文字原付近に $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗域が見られる。これらの低比抵抗域、高比抵抗域の配置は、伽藍岳付近の比抵抗分布と東西方向に連続する傾向が見られ、特に、明礬温泉周辺の低比抵抗域は、塚原地熱地域から鍋山を経てつながるように見える。竹村・由佐(1989)は同地域の岩石の帯磁率の調査に基づいて、塚原地熱地域から鍋山、明礬温泉に至る地域で熱変質が進んでいることを示しており、その結果と調和的である。また、北側の低比抵抗域は別府北断層の南側に生じた低地が埋積された平坦地に対応しており、地下水がこの地域に集まった後に別府市方向に流れていることを反映したものと推察される。

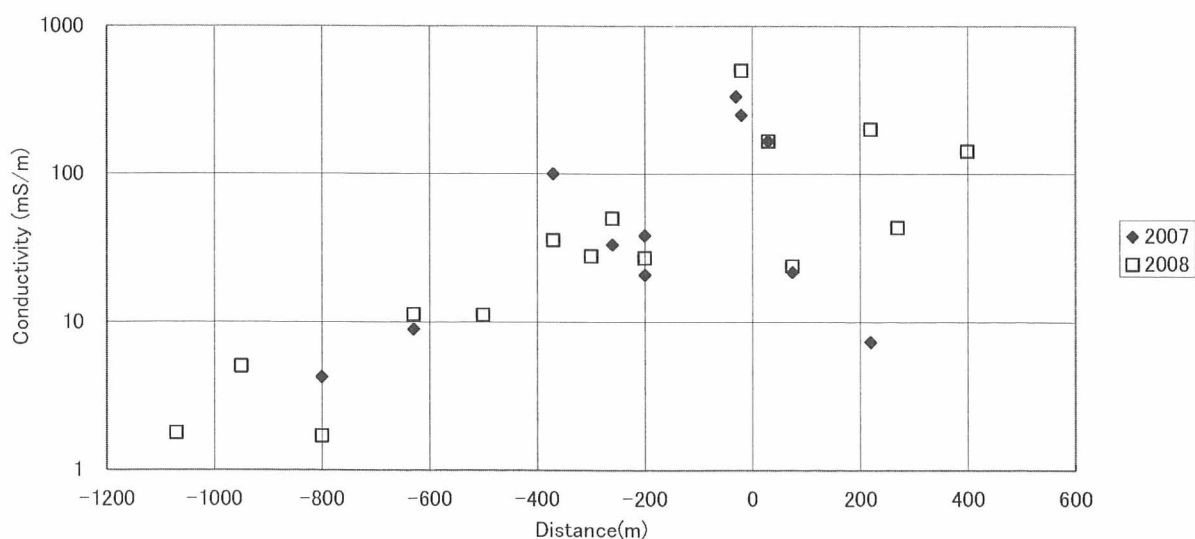


図4 塚原地熱地域中心部（湯溜り）からの距離と電気伝導度との関係
距離は西側を負、東側を正とする。

2-3 低比抵抗域の広がりについて

塚原地熱地域では、湯溜り近傍の比抵抗がもっとも低比抵抗となったこと、地形の特徴から湯溜り付近が爆裂火口の中心に位置することから、本論文では、湯溜りを地熱活動の中心とみなす。この中心から離れるにつれて電気伝導度（比抵抗の逆数）がどのように低下するかを検討した。図4は中心からの距離と電気伝導度との関係を示す。距離は西側を負、東側を正としている。2007年3月と2008年4月の測定結果を比較すると、西側の地域では両者の違いはなく、いずれの年も500mで電気伝導度が1ケタ低下する結果となった。一方、東側では、2007年の測定では、150mで1ケタ低下していたが、2008年の測定では、ほとんど低下する傾向は見られなくなっていた。この理由は、地熱活動の中心部地下から火山ガスが供給されているのではなく、塚原地熱地域から明礬温泉にいたる線状の地域で火山ガスないしは熱水が供給されているためと考えられる。2007年と2008年の測定の間、東側地域で電気伝導度が増大した理由は明らかではないが、2007年に別府市において群発地震活動が発生したと何らかの関係があるかもしれない。

謝 辞

調査に際して、塚原温泉関係者にご協力をいただいた。測定結果の解釈において、京都大学地球熱学研究施設竹村恵二教授との討議が有益であった。この誌面を借り謝意を表します。

参考文献

- 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，54，91-96.
- 鍵山恒臣 (2006)：火山噴火予知研究の課題と構造探査，物理探査，59，539-548.
- 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析の試み－，大分県温泉調査研究会報告，48，13-20.
- 竹村恵二・由佐悠紀 (1989)：別府地域の岩石の帯磁率測定（その1），大分県温泉調査研究会報告，40，15-19.

関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化(VII)

-TNF- α の変化- I -

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

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、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。今回、凍結保存血清を使用してTNF- α 値を測定した。その結果、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴では、IL-6濃度はほぼ半減しているが、TNF- α は変化していなかった。

1. 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、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[1-4]。これまでの報告ではTNF- α の測定が未検であったため、今回はTNF- α 値を測定した結果を従来の結果に追加して報告する。

2. 方 法

既報のごとく、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴を行い、前後で(10 am, 11 am)採血の後に-30°Cで凍結保存されていた未解凍の血清を使用してTNF- α を測定した。

3. 結 果

20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴では、IL-6濃度はほぼ半減しているが、TNF- α は変化していなかった(図1)。

4. 考 察

これまでの報告で、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴により、関節リウマチ患者のIL-6濃度はほぼ半減し、気分の爽快さとかわばり感の軽減を得ていた[1]。関節リウマチ患者のIL-6高値はTNF- α により誘導された結果と理解されているが、結果のように、TNF- α 値の変動は認められなかった。すなわち、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴は、既報のごとく副腎皮質ホルモンレベルの変化を与えず、また、リウマトイド炎症の引き金であるTNF- α にも影響していないことになる[1]。したがって、温熱作用や血流の増加は、IL-6への直接作用や、あるいはIL-6代謝と密接に関連する何らかの因子への作用の結果としてIL-6濃度を低下させ、気分の爽快さとかわばり感の軽減を与えると思われる。

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化 (II). 大分県温泉調査研究会報告 52: 45-47, 2001.
- [2]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化 (IV). 大分県温泉調査研究会報告 55: 27-28, 2004.
- [3]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化 (V). 大分県温泉調査研究会報告 56: 67-68, 2005.
- [4]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化 (VI). 大分県温泉調査研究会報告 57: 69-72, 2006.

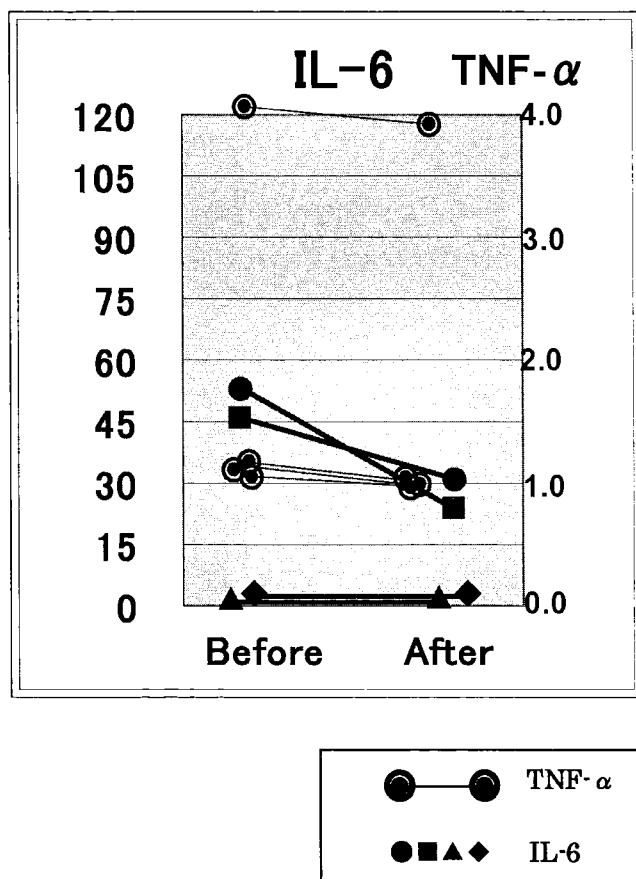


図1 リハビリテーション訓練と温泉浴によるIL-6およびTNF- α の変化

関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化(Ⅷ)

-TNF- α の変化- II -

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

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、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。平成19年度報告-1において、凍結保存血清を使用したTNF- α 値の測定では、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴では、TNF- α は変化していなかった。したがって、今回はリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴により気分の爽快さとこわばり感の軽減を得た患者と却って悪化をもたらした患者でTNF- α 値の変化を検討した。その結果、気分の変化にかかわらずTNF- α 値は変化していなかった。

1. 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、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[1-5]。平成19年度報告-1において、凍結保存血清を使用したTNF- α 値の測定では、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴では、TNF- α は変化していなかった。したがって、今回はリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴により気分の爽快さとこわばり感の軽減を得た患者と却って悪化をもたらした患者からの凍結保存血清を用いてTNF- α 値の変化を検討し、従来の結果に追加して報告する。

2. 方 法

既報のごとく、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴を行い、前後で(10 am, 11 am)採血の後に-30°Cで凍結保存されていた未解凍の血清を使用してTNF- α を測定した。

3. 結 果

表1に20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入前後のTNF- α の変化を示す。入院直後の患者で却ってIL-6値が上昇した患者でも、また、入院生活に適応した時期の同一患者においても一定の変化を認めなかった(図1)。

4. 考 察

これまでの報告で、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴により、関節リウマチ患者のIL-6濃度はほぼ半減し、気分の爽快さとこわばり感の軽減を得ていた[1]。関節リウマチ患者のIL-6高値はTNF- α により誘導された結果と理解されているが、既報のように、20分間のリハビリテーション訓練（理学療法）と20分間の温泉入浴によるTNF- α 値の変動は認められなかった[6]。

今回の結果からは、患者が得る気分の爽快感とこわばりの軽減、あるいはその逆の気分は、TNF- α の変化と関連していないことが示唆された。IL-6濃度は気分の爽快感とこわばり感とよく相関しており

[1-5]、温熱作用や血流の増加は、IL-6への直接作用や、あるいはIL-6代謝と密接に関連する何らかの因子への作用の結果としてIL-6濃度を低下させ、気分の爽快さとこわばり感の軽減を与えられる。

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]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化
 (IV). 大分県温泉調査研究会報告 55: 27-28, 2004.
- [3]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化
 (V). 大分県温泉調査研究会報告 56: 67-68, 2005.
- [4]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化
 (VI). 大分県温泉調査研究会報告 57: 69-72, 2006.
- [5]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化
 (VII). 大分県温泉調査研究会報告 59: **-**, 2008.

表1：未加療時と加療後でのリハビリテーション訓練および温泉入浴によるTNF- α の変化

	未加療		加療後	
	入浴前	入浴後	入浴前	入浴後
RA-1	2.5	3.3	1.2	1.0
RA-2	2.4	2.0	1.2	1.2
RA-3	—	—	4.1	3.9
RA-4	1.9	1.8	1.4	1.2

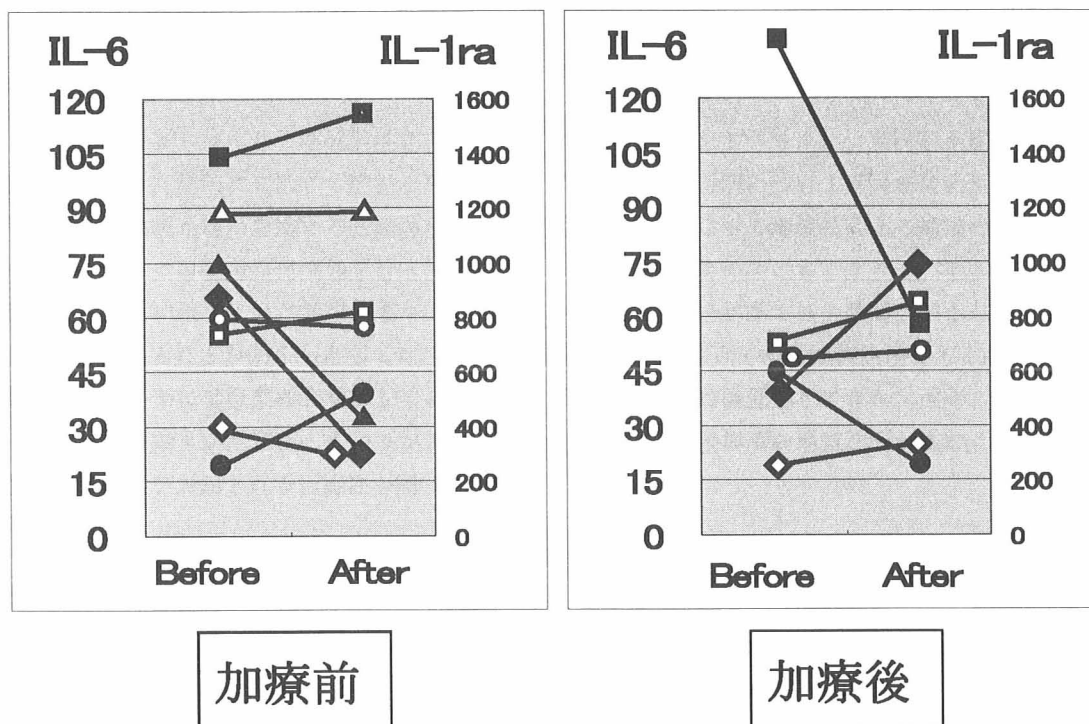


図1 : IL-6/IL-1raの変化に対する加療の影響
 ●○ : RA-1、■□ : RA-2、▲△ : RA-3、◆◇ : RA-4
 ●■▲◆ : IL-6 pg/ml
 ○□△◇ : IL-1ra pg/ml

温泉資源を活かしたまちづくりに関する考察

～鉄輪・筋湯温泉を事例として～

別府大学

中山 昭 則

要 旨

温泉資源はまちづくり・地域活性化にどのような役割を果たしているのか、別府温泉郷の一つである鉄輪温泉と九重町に立地する筋湯温泉を取り上げその実情と課題について検討を加えた。我が国を代表する温泉観光地に立地する鉄輪温泉は、近年行政が主体となって地域社会との連携のもと公的事業を取り込んで温泉街の再整備を行っている。その結果、観光客の姿は多くなりつつあるが、その反面地元住民も利用していた共同浴場がより観光資源としての機能が高まり、共同浴場としての機能が低下しつつあることが明らかとなった。一方、山間部に立地する古くからの湯治場である筋湯温泉は、高度経済成長期には温泉観光地としての機能を発揮したが、その後低迷してきた。近年、郊外に旅館業を展開する動きが活発化しているが、その一方では旧来の温泉集落の地盤沈下が進むことが予測され、地域社会が再編される可能性が明らかとなった。

1 はじめに

近年我が国においては、温泉資源を巡りさまざまな動きがみられる。例えば、温泉の衛生管理、泉質表示、安全管理といった問題は、温泉管理者および宿泊施設責任者のモラルを問う社会問題として批判を浴びた。その一方では、大深度掘削技術の進歩による温泉開発は一時のブームは去ったものの、地域活性化の切り札として熱いまなざしが注がれている。また、国内旅行の選定先として温泉地は今日でも揺るぎない地位を保っている。

今日、全国の温泉地は前述の批判を乗り越えるべく方途を探りながら、最も可能性を秘めた観光資源として温泉資源の有効な活用法を模索している。例えば、国土交通省の「まちづくり交付金」の活用、医療機関と提携した「ヘルス・ツーリズム」の展開、独特の温泉街の景観を保全している事例などが挙げられる¹⁾。こうした温泉資源を活用した地域づくりの動きの背景には、30年来言われ続けている国内旅行の低迷といった背景は疑う余地はない。さらに、観光形態の多様化も指摘され続けている。その一方では、このような全国一律的な背景ばかりではなく、個々の温泉地特有の背景にも注目する必要がある。個々のケースをより多く検討しこれら問題点を類型化することによって、これまであまり表面に出てこなかった問題点が提示される可能性も否定できまい。

そこで、本報告は別府温泉郷の一つである鉄輪温泉と九重町筋湯温泉を事例として取り上げ、両地域における温泉資源の活用動向について検討を加えたい。事例地域の選定理由は、鉄輪温泉は前述の「まちづくり交付金」を導入して、むし湯の建て替えを中心とした整備事業を積極的に展開しており、温泉資源の積極的な活用事例地として適地と考えた。一方、筋湯温泉は山間地の湯治場として発展してきたが、近年の湯治場の衰退に合わせて新しい動きが見られ、温泉資源活用の新たな展開事例として適地と考えた。

今年度は鉄輪温泉を中心として調査を実施した。筋湯温泉を対象とした調査は温泉地形成に関する聞き取り調査を実施した。本報告は鉄輪温泉の報告を主体とし、筋湯温泉についてはその概要を述べることとし、本格的な調査は次年度以降に実施したい。

II 事例地概要

2006年度における鉄輪温泉への宿泊者数は、別府市の統計データによると明礬温泉と合わせて8万3,000人(推計)で、別府市全体の宿泊者数393万7,000人の20.4%を占めていた²⁾。公表データは明礬温泉との合計値であるが、両温泉の宿泊定員からみてその多くは鉄輪温泉に宿泊しているものと考えられる。

鉄輪温泉は一遍上人によって建治2年(1276)に開かれたことは広く知られている。蒸し湯については、学者貝原益軒の『豊国紀行』の記述が最も古い記録とされている。これによると「温湯の上にかまえたる風呂有、病者是に入て乾浴す。」との記述がある³⁾。益軒は元禄7年(1694)4月に別府に滞在している。このように、鉄輪温泉は古くから蒸し湯を中心として発展してきたことが伺える。蒸し湯はその後も幾度かの建て替えを経ながら、今日まで地域発展の中心的な存在として機能してきたといえる。現在鉄輪温泉には70軒程度の宿泊施設が立地し、今日においても自炊を基本とする湯治宿ならびに「貸間」を掲げている宿も少なくない。

筋湯温泉の宿泊者数を示すデータは公表されていないが、2006年度の九重町全体の宿泊者数43万人と照らし合わせると、推計ではあるが筋湯温泉の年間宿泊者数は、10～15万人程度と思われる⁴⁾。

筋湯温泉は天徳2年(958)に開かれたとの記録があり、鉄輪温泉よりも古い歴史を持つことになる。藩政期には天領になる直前の日田藩主松平直矩によって温泉冥加金年銀20文を納める命令が下されたとの記録も残る。また、明治30年頃と1949年(昭和24)の2度にわたる大火に遭遇している。戦後間もない大火の復興によって現在の温泉街が形成された。ふるくから「打たせ湯」が有名で、共同浴場は「日本一のうたせ湯」として売り出している。

III 鉄輪における温泉資源の活用

1. まちづくり交付金事業の概要

蒸し湯のリニューアルを柱とした鉄輪温泉の地域整備事業(以下、当事業)は、国土交通省「まちづくり交付金事業」(以下、まち交事業)を活用している。まち交事業は「地域の歴史・文化・自然環境等の特性を活かした地域主導の個性あふれるまちづくりを実施し、全国の都市の再生を効率的に推進することにより、地域住民の生活の質向上と地域経済・社会の活性化を図る」ことを目的として創設された。その事業適用範囲は広く、自治体が設定した都市再整備計画に基づいて、道路・公園・下水道・河川の整備から地域交流施設整備、優良住宅整備、土地区画整理そして鉄輪温泉にみる市街地再整備にまで及ぶ。

平成16年度の創設から現在までに全国662市町村1100地区で事業化され、平成19年度の事業規模は6,115億円にのぼる。当事業を取り込んでいる事例をみると、中心市街地の活性化を目的としたものが多数を占めるが、各地の温泉地域においても洞爺湖温泉、鬼怒川温泉、下呂温泉、草津温泉、鹿教湯温泉などでこの事業を活用している⁵⁾。

鉄輪温泉におけるまち交事業は、別府市が実施を計画していた「鉄輪地区都市再整備事業」に基づいて行われている。この都市再整備計画は「ふれあいと情緒ある温泉街の賑わいを再生し、うるおいに満ちた湯けむりたなびく交流型観光地の創造」を目的として平成17年度から5年計画で、総事業費はおよそ9億6,000万円である(表1)。

表1-1 鉄輪地区都市再整備事業の概要

事業名	事業期間	事業名	事業期間
鉄輪蒸し湯温泉整備事業	H17	温泉管共同BOX	H17～21
観光交流センター整備事業	H17	湯けむり景観まちづくり計画策定	H18
街灯整備事業	H17～21	温泉遺産の復活事業	H18
市道美装化整備事業	H17～21	モニュメント整備事業	H18～19
情報板整備事業	H17～21	鉄輪温泉ポケットパーク整備事業	H18～19
PR戦略事業	H17～21	大谷公園整備事業	H18～19

注) 別府市資料により筆者作成

事業は「基幹事業」と「提案事業」に区分され、前者は道路、公園、生活基盤整備などの地域の社会資本整備事業を指す。後者はまちづくり、観光交流などの地域の特性に見合った事業ならびにその事業調査・研究、推進事業などに関する事業である。鉄輪温泉における事業区分をみると、提案事業としてメインといえる蒸し湯リニューアル事業が盛り込まれている(表2、図2)。

蒸し湯リニューアル事業費は1億9720万円で、新築なった蒸し湯は木造一部鉄筋コンクリート造りで、旧蒸し湯と比べると外観は大きく変貌している。述べ床面積は2.3倍、蒸し風呂部分(石室)は男女別各10㎡で、これは旧蒸し湯の男女共用9㎡の2倍の広さとなっている。さらに、休憩施設も整備され旧蒸し湯とは外見とともに機能面においても大きく変貌を遂げている(表3)。管理体制もこれまでの外郭団体への委託から、地元の鉄輪共栄会が指定管理者となり、地元による運営が実現した。2階部分には観光交流センターが設けられ、専属の担当者が常駐している。

表2 鉄輪地区都市再整備事業の区分

事業区分	事業費	事業内容
基幹事業	7億6,000万円	市道美装化整備事業2,330m(道路石畳整備)、公園1カ所、ポケットパーク3カ所、観光交流センター街路灯83カ所、情報版24カ所、モニュメント1カ所 駐車場20台分
提案事業	2億600万円	蒸し湯温泉、温泉管共同BOX1,500m、景観計画策定 温泉遺産の復活2カ所、宣伝PR

注) 別府市および国土交通省資料により筆者作成

表3 新旧蒸し湯の比較

区分	旧蒸し湯	新蒸し湯
建築年	1970(昭和45)年11月	2006(平成18)年8月
構造	鉄筋コンクリート造	木造一部鉄筋コンクリート造
述べ床面積	122.76㎡	285.30㎡
石室の形態	男女共用(約9㎡)	男女別(各約10㎡)
管理者	(財)別府市総合振興センター 管理委託者	鉄輪温泉共栄会 指定管理者

注) 別府市資料により筆者作成

当事業は蒸し湯のリニューアル事業の他に、市道美装化整備事業としてメイン通りともいえる「いでゆ坂」と「みゆき坂」を石畳の舗装に付け替えている。これにより鉄輪温泉のイメージはかなり変わったと思われる。また、温泉遺産の復活事業として地元住民によって使われていた洗濯場ならびに熱の湯温泉源泉跡の復元がなされた。こうしたメイン工事はほぼ完了し、今後は街路灯、駐車場、ポケットパーク等の整備が行われる予定である。

2. 地域社会の対応

さて、鉄輪地区始まって以来の大規模な地域整備事業であるが、この事業に対して地域社会はどのような対応を取ったのであろうか。事業計画に対しては賛否両論があったとされている。とりわけ蒸し湯の取り壊しと新築に対しては紆余曲折があったと聞く。当事業の実施に際しては、受け皿となる地域社会が必ずしも一枚岩でないことは鉄輪地区のみならず全国共通の問題ともいえようか。ここでその紆余曲折の実情について検討することは避けるが、まちづくりに対する地域社会の取り組み方については検証すべきであろう。

鉄輪地区全体の動向とすれば、当事業に対しては積極的に推進する方向で動いてきたといえよう。地域整備事業決定の報を受けた地域社会は、2006年(平成16)11月には自治会・旅館組合・商工会・NPO法人などの代表による「受入協議会」を発足させ、事業に対する地元の要望をまとめていった。このように敏速な対応が取れたのは、この数年来住民による様々な活動によってネットワークが築かれていたことが大きいのではないかと。さらに、これらの諸活動によって、鉄輪の将来像に対するビジョンが住民各自の胸の内醸成されていったとも思われる。その結果、地元の計画的な活動がなされたと見るべきであろう。

このような地域社会の対応も評価され「第2回まち交大賞全国大会」において、銀賞に相当する「創意工夫大賞」を受賞した。この賞はモデル性の高い創意工夫のある取り組みをしている地区を表彰するもので、鉄輪温泉の当事業のプログラムは、今後全国の温泉地域再生のモデルとみなされるであろう。ちなみに、温泉地域の受賞は第1回大会で北海道洞爺湖温泉が鉄輪温泉同様の創意工夫大賞を受賞している。

3. 蒸し湯のリニューアルと利用動向

まずリニューアルになった蒸し湯の利用者数をみる。新しい蒸し湯の開業は2006年8月24日なので年度の途中が開業日となる。通常統計データは年度別で集計・公表され、2006年度の蒸し湯の利用者数は3万110人であった。これは前年度の利用者数1万8,445人と比べると163%増となる。さらに2006年度の内訳をみると8月24日以降の利用者数は2万3,914人で同年度利用者総数の80%を占める。つまり、リニューアル後は1日平均100人の利用者があったのだが、旧蒸し湯ではおよそ40名に過ぎない。新旧蒸し湯の間では収容人員には差があるが、それにしても利用者の絶対数は2.5倍に増えている。こうしてみると、やはり蒸し湯のリニューアルは集客の面では効果があったといえよう。

さらに2007年度の利用者数は3万4,280人で前年に比べるとおよそ10%増加している⁶⁾。これを月別にみると、1月が最も多く4,091人が利用している。利用者は1月からゴールデンウィークのある5月までの上半期は何れの月も3,000人以上の利用者がみられた。しかし、それ以降の下半期は毎月の利用者は2,000人台で推移している。利用動向をみると回数券利用者が1万6,282人で全体の半数を占めており、常連客の利用も多いことを窺わせている。また、回数券利用者が普通入浴券利用者を上回る日数は189日あり、これは年間営業日数351日の56%を占め、全て平日であった。このように蒸し湯はかなりの集客効果が認められるといえるが、蒸し湯の利用者数の変遷を遡ってみると、統計上歴代で利用者数が一番多かったのは1951年度で6万9,359人である。このように、リニューアルなっても全盛期の半分程度

の利用者に過ぎない。しかし、同年における市営温泉の利用者総数が190万人程度で今日の2倍に上っていたことを考えれば、蒸し湯のみが地盤沈下したとは言い切れまい。当然のことながら当時と現在とでは、一般家庭における浴室の普及率、市内の共同浴場の状況、観光客数の動向と志向性などは明らかに大きく変化している。今日の別府観光を取り巻く状況を鑑みると、リニューアルした蒸し湯はむしろ健闘しているといえよう。

さらに、リニューアルしたむし湯の利用動向について管理・運営する鉄輪共栄会によって実施されたアンケート調査から分析する⁷⁾。これによると、利用者の年齢層は21～40歳までの層が全体の48%を占め、男女ともにこの年齢層の利用者が多い。利用者は県外客が全体の75%を占めている。開業から1ヶ月間におけるアンケート回答者の居住地をみると、大分県内21.4%で一番多く、次いで福岡県15.7%、別府市内14.4%の順となっていた。さらに東京からやってきた利用者も5.0%いた(サンプル数299)。しかし、開業から一年半のトータルでみると福岡県からの利用者からの回答者数が226名を占めており、これは大分県内からの利用者232名をも凌ぎ他を圧倒している。福岡県に次いで多いのが東京都の65名、次いで大阪府56名となっている。旧蒸し湯の利用実態調査においても、福岡県からの利用者からの回答数の占める割合が一番高いとのデータも示されていることから、発地別利用者の動向は新旧の間でもほぼ同じ傾向にあるといえよう⁸⁾。他方、利用回数は「初めて」との回答が80%以上に達している。こうした利用動向を鑑みると、リニューアル後のむし湯は観光施設としての機能がより強まったことは間違いないといえよう。

旧蒸し湯利用者の間では、独特の雰囲気に着目していた利用者は多く「この雰囲気がたまらないから通っている」という県外からの利用者の声が多かった。さらに、今回実施しているアンケートからも旧蒸し湯を懐かしむ声も出ている。しかしながら、男女別浴になったことと明るい雰囲気になって「安心して利用できる」との声が圧倒的に多い。さらに新しい施設ならば利用できるといった初心者も多く、蒸し湯のリニューアルは新たな観光客の掘り起こしに大きく貢献する可能性があるだろう。

新しい蒸し湯は、確かに観光面では今後もまちづくりに大きく寄与することであろうが、その一方で、かつては自宅の浴室と同様に利用していた地元の人々にとっては利用し難くなっていることも指摘しなければならない。まずは料金が210円から500円に値上げされてしまったことがあげられよう。加えて、増加した観光客に独占される時間帯が生じたこともあげられる。聞き取り調査においても「地元の常連客は半減したのではないか」との関係者からの証言を得ている。

蒸し湯を中心とした湯治客、また蒸し湯を日常的に利用していた地元住民、こうした人々によって支えられ発展してきた鉄輪温泉であるが、この蒸し湯も当事業によって観光施設(資源)として特化しつつある。今後のまちづくりと観光温泉地としての方向性を考える場合、当然のことながら、これまでとは違う観光客層の流入を見据えなければならない。しかもこれは現実のものとなりつつある。つまり、既に鉄輪温泉は大分市に立地する水族館「海たまご」、さらには九重町の「夢吊橋」目的の宿泊客の姿が増えつつある。さらに蒸し湯がリニューアルされ、多くの人々が利用しやすくなったことによって、一層「トレンドィーな」客層が増加する可能性が高い。

4. 鉄輪温泉における地域づくりの動き

元来の湯治は一般的には最低でも一週間滞在し療養することが目的であったが、こうした利用形態は今日の旅行の志向性や生活スタイルからすれば一般的とは言い難い。そこで最近はこのコンパクトにした体験型湯治、プチ湯治という温泉利用法が唱えられている。我が国を代表する湯治場として今日なおその機能を有する鉄輪温泉ではあるが、前述の通り、湯治客を引き付けてきた蒸し湯が観光施設としての色彩をより強めている。こうした中、当地区においても近年様々な動きが出ている。

鉄輪の湯治場の雰囲気は、残したい景色(風情)として常に挙げられている。整った歴史的な環境とは

言い難いのであるが、我々が思い描く温泉イメージと合致する処が多いのであろう。また、その温泉イメージを代表するのが「湯けむり」である。湯けむりの立ち込める景観を「世界遺産にすべし」との声もある。そこで当地区では湯けむりのライトアップを始めている。しかし、肝心の湯けむりを望む展望施設となると最近別府市によって大観山中腹に展望台が整備されたものの、鉄輪地区内には適地はあると思われるのだが、残念ながらこうした施設は無い。

他方、かつて鉄輪温泉を代表していた老舗旅館旧「富士屋」は、旅館業こそ閉めているものの、由緒ある建築物は登録文化財の指定を受けている。現在ではその施設をギャラリー、催し物等に貸し出して一般に開放している。登録文化財制度を活用した新しい動きであるが、鉄輪温泉にはこれに続く建築物は見当たらない。

高度経済成長期の最盛期と比べ地盤沈下の著しい別府温泉郷にあって、鉄輪温泉は他と比べるとその影響は少ないといわれている。湯治場であったがゆえに宿泊施設の大型化に乗り遅れたことが今となっては幸いしたと考えられる。しかし、湯治客および観光客の出足にはかつての勢いは感じられない。こうした状況に対して地元では、鉄輪独自の雰囲気を利用した試みも始められている。例えば、観光客に俳句をひねってもらう催しなどは、他の別府温泉郷の雰囲気では実現不可能なことであろう。また、女将たちによる豚まんの考案なども、至る所で蒸気が噴き出ている当地の雰囲気の中から生まれたものであろう。このような発想は大型ホテルと歓楽街のもとでは生まれえないのではないか。さらに、今日全国各地で実施されている地域ガイドも当地においても行われている。

その中で、昨年来注目すべき動きもみられる。これは集客のためのものではなく温泉を運用するものといえよう。鉄輪温泉の源泉は一部では100℃にも及び、そのため旅館・浴場施設ではこれを入浴の適温にまで冷ます手立てを講じなければならない。他の温泉地にとっては誠に羨ましい限りではあるが、当地では意外と手間のかかる問題であった。そこで、大分県産業技術センターと地区内の入浴施設「ひょうたん温泉」は共同で竹を使った冷却装置を考案・開発した。詳細については別稿に譲るが、これによって温泉資源の有効利用が図られるとともに、これまで冷却に使用していた水道代金も大幅に改善される。既にこの装置を取り付けている共同浴場「熱の湯」では水道代金は半減している。また、温度が高い故に「水道水を入れて冷ましている」などといった誤解も解けよう。鉄輪温泉から全国の温泉地に温泉の有効利用の推進をアピールできる画期的な動きと評価したい。

IV 筋湯における温泉資源の活用

筋湯温泉はその歴史は古いものがあるが、今日の温泉街の形成は1949年(昭和24)の大火後に形成されている。今回はその形成過程について述べていく。

1. 筋湯温泉の発展過程

筋湯温泉の発展は1964年(昭和39)の九州横断道路の全通と、1970年(昭和25)の瀬の本に抜ける県道の開通に依るところが大きい。九州横断道路開通以前の筋湯温泉へのアプローチは、豊後中村から九酔溪を経て至る経路が中心であった。また、九州横断道路開通前の筋湯温泉は九重連山の登山客と近県からの湯治客が利用する山間部の温泉集落に過ぎなかった。旧国鉄久大線豊後中村駅との間で路線バスが運行を始めたのは1958年(昭和28)のことである。こうした意味ではこの道路の開通は、筋湯温泉が別府温泉と阿蘇といった大観光地を結ぶ道路沿いに立地することとなり、その影響ははかり知れない。

九州横断道路の開業によって、筋湯のみならず飯田高原全域が観光開発ブームに沸き各地で開発計画が相次いで打ち立てられている。筋湯周辺においても例外ではなく、福岡資本の観光開発会社による開発計画が持ち上がった。この計画は現在の九州電力八丁原地熱発電所にあたる筋湯地区の入会地を買収して開発をするものであった。その計画の一端をみると、現在の九重森林公園スキー場の頂上付近に神

社を建立するとともに、現在のスキー場駐車場付近に池を造成するなどの計画があったようである⁹⁾。しかし、この会社は倒産してしまい開発計画は頓挫した。開発会社の倒産後九州電力による地熱発電所の開発計画が持ち上がり今日に至っている。また、筋湯温泉では入会地の売却で得た収入を元に旅館の増改築を進めた旅館経営者が多かった。

一方、熊本県瀬の本高原に抜ける県道は、当初は玖珠営林署所管の林道として造成されつつあった。この道路は九州横断道路の脇道としての機能も持ち、この開通によって熊本方面からの宿泊客が増加したという。また、近年では後述するがこの県道沿いに温泉街から移転してきた旅館も多く、今日では筋湯の新たな旅館集積地になりつつある。

これらの道路が開通した頃が筋湯の最も賑わった時期ともいえ、湯治客相手の商店や飲食店が数軒あり、また共同浴場を利用する湯治客が日中も温泉街を散策していたという。しかし、現在では自炊施設を持つ湯治宿は僅か3軒のみである。また、九重森林公園スキー場の開業当初はスキー客の宿泊も多かったが、開業翌年からはその数は減少し、現在ではスキー客の宿泊はほとんどない。これは交通アクセスが良いためスキー客の大部分は日帰りの利用者となってしまったからである。さらに、長崎県のハウステンボス開業後はゴールデンウィークの宿泊者がかなり減少しているという。その上、夏の避暑客もクーラーの普及とともに減少し続けている。こうしてみると、これといった自前の観光資源を持たないゆえに、筋湯温泉の動向は飯田高原、別府・湯布院などの県内の観光地、さらに九州各地の観光資源・施設の動きに翻弄されてきたというのが筋湯温泉の展開過程といえそうである。その一方、近年では夏季にラグビー・陸上競技の合宿地として賑わいをみせている。

2006年10月、筋湯温泉から僅か10kmの山間に「くじゅう夢吊り橋」が開業し、開業一年目の入場者数は200万人を越えるブームを巻き起こした。しかし、この施設は典型的な通過型観光施設で入場者の大部分は湯布院・黒川といった温泉地で宿泊するため、観光バスの乗り入れができる一部の大型ホテルの利用者は増えたものの、筋湯温泉全体にはその効果は及んでいないようである。

2. 温泉集落の展開と変遷

筋湯温泉は前述のとおり、昭和28年の大火と昭和39年の九州横断道路の開通、そして昭和40年の瀬の本に抜ける県道の開通によって大きく変わっていった。ここでは、これらの出来事によって温泉集落はどのように変貌していったのか検討してみたい。

筋湯温泉は昭和28年大火によって筋湯の集落の大半は焼失してしまったといわれている。大火以前の温泉集落は旅館数軒のひなびた湯治場であったようであるが、大火を契機に新たに開業した旅館も数軒認められる(図1①・②)。こうした旅館は全て地元住民の経営によるもので、商店経営者や農家が旅館経営に進出した例が多くみられた。

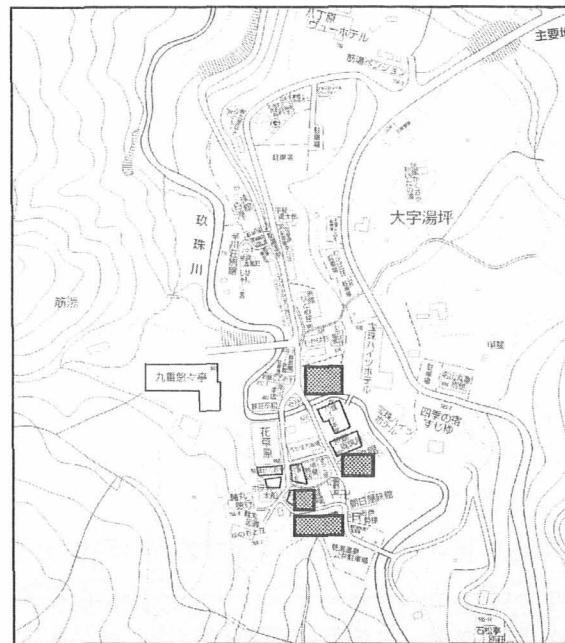
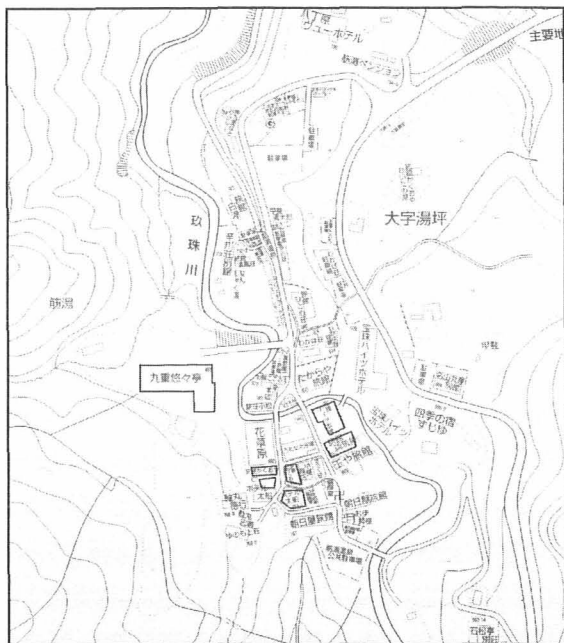


図1 ① 昭和28年大火以前から由来のある旅館

②大火後新たに開業した旅館(■の旅館)

(注)現地調査より筆者作成

昭和30年代半ばになると高度経済成長による観光ブームは、筋湯温泉をはじめ飯田高原一帯にも飛び火してきた。とりわけ長者原地区は国立公園の集団施設整備地区に設定され売店や食堂の整備が進められた。宿泊施設も当初は国民宿舎の整備を中心としたものであったが、大分交通といった県内資本はもとより外来の大手資本の進出計画も数多く立てられたという。長者原地区一帯は元来周辺集落の共同入会地や各集落の入会地が多く占めていた。しかし、観光開発によって入会地の中には入会権が解体されその土地が売却されてしまうケースも多かった。今日ではラムサール条約によって保護されることになったタデ原湿原も、福岡資本によって買収され観光施設が整備されようとしていた。筋湯周辺においても現在の県青年自然の家および九重町営キャンプ場一帯も、かつては地元集落の入会地であったが、大手資本の手によって買収されてしまい開発される予定であったが、開発寸前に県が買い戻して今日の施設が整備されている。高度経済成長期における観光開発については別の機会に検討してみたい。こうした観光開発ブームをさらに加速させたのは昭和39年に全通した九州横断道路(やまなみハイウェイ)であった。九州横断道路について改めて説明する必要はないであろうが、この開通によって飯田高原は別府温泉と阿蘇を繋ぐ線上に位置し、これまでの豊後中村あるいは熊本県小国町から入る経路から人の流れは一気に変化し、大観光地域に生まれ変わった。

筋湯地区人々は長者原から瀬の本に抜ける道路整備の必要性を説き、大分・熊本両県に働きかけ、昭和40年代の前半には全通させることができた。これによって筋湯へのアクセスは改善されるとともに、熊本方面からの観光客の流入という新たな展開を見ることになった。

以上みてきたような観光道路の整備によって筋湯温泉は新たな旅館開業が相次いだ(図2)。この頃開業した旅館の多くは、共同温泉「うたせ湯」を中心として展開してきた筋湯由来の温泉街の周りを取り巻く形で立地していたが温泉集落は拡張した。旅館の新規開業にともない、宿泊客を相手とする商店や飲食店の出店もあり、筋湯温泉は旧来の湯治場機能とともに観光温泉集落の機能としても強化されたのであった。

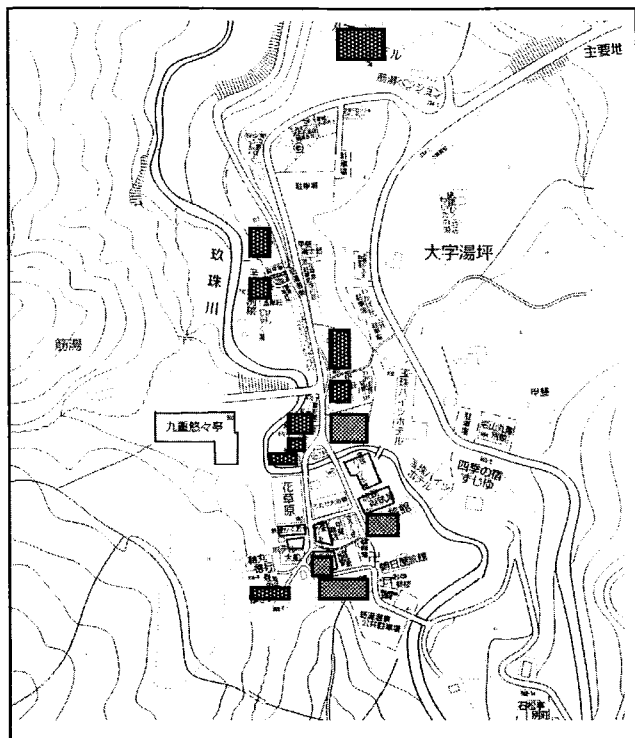


図2 昭和40年代前半に開業した旅館客
 (注)現地調査より筆者作成
 ■の旅館が該当

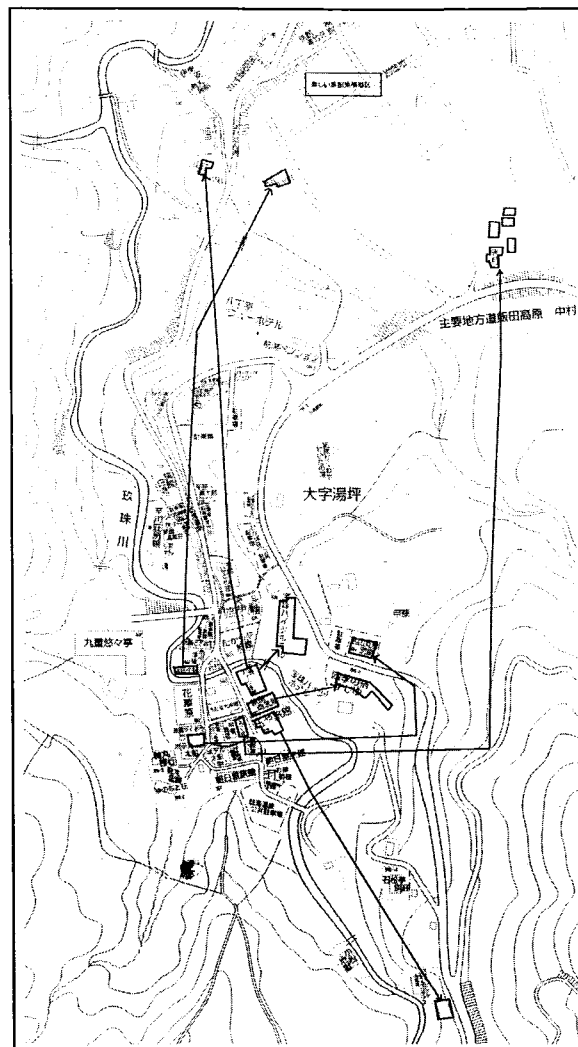


図3 最近の旅館の移動
 (注)現地調査より筆者作成

しかし、1970年代後半のオイルショックとその後の経済低成長期になると、国内観光産業は全国的に低迷していった。さらに、1980年代後半は円高ドル安を背景とした海外旅行ブームが巻き起こり、山間部の温泉地は大きな痛手を被った。加えて筋湯温泉の旧来の温泉集落は狭い路地が入り組んでおり、バスはもとより普通自動車さえも往来に難儀するほどである。こうした立地条件から団体ツアー客の誘致もままならず低迷に拍車をかける結果となった。

近年、筋湯温泉では旧来の温泉集落で長年旅館を営んでいた老舗旅館が相次いで集落郊外に別館あるいは姉妹館を展開する動きが出てきている(図3)。これらの動向をみると、新規展開の移動先は集落の北1キロメートルほどに立地する別荘地用として増設された所に集中している。新たな立地場所は道路も整備されており自動車利用の宿泊客にとっても利用しやすいといえよう。これらの旅館の多くは客室を離れ形式で整備し、しかも各客室(離れ)に専用の浴室(一部露天風呂)を設えており、宿泊客のプライベート空間の確保を優先した高級志向といえ、旧来の旅館とは経営手法は一線を画している。このような新規開業の旅館はいずれも好評を博しているようである。こうした動きは今後も加速し、郊外に新たな温泉集落が形成される可能性も指摘できよう。このような事態になると、旧来の温泉集落の地盤沈下は一気に進むことも予測され、今後の動向には常に関心を寄せ続けなければなるまい。

その一方で、自動車利用の宿泊客が大半を占めるといった状況は今日に始まったわけではない。筋湯

温泉において郊外への新たな旅館の展開について、その経営背景、土地所有、温泉権といった側面からの検討が必要である。

V おわりに

今回は、大分県別府市鉄輪温泉ならびに九重町筋湯温泉を事例として、温泉資源はまちづくりあるいは地域づくりに如何に活用できるのか検討してきた。その結果、以下の知見を得ることができた。

- ①温泉資源の観光的活用は、地域振興・観光振興において有効な手法であることは旧来より指摘されてきたが、今回の調査によって改めてその有効性が確認できた。
- ②その手法の一つとして公的事業は地域連携のもとで、つまり行政が如何に地域社会と連携し、さらに地域社会が如何に主体性を持つかが大きな鍵を握っているのかについて、その実情が把握できた。
- ③その一方で、温泉資源は地域社会にとっても重要な資源であることから、観光資源としての活用に偏った場合、地域住民の資源利用に支障をきたすことにもなりかねないといった課題も浮き彫りになった。とりわけ、有り余るほどの湯量を誇る鉄輪温泉でさえもこのような課題を抱えつつあることを明らかにできた意義は大きい。
- ④筋湯温泉は、旅館の一部はより立地条件の良い集落の周縁部に旧来の集落から移動している。筋湯温泉集落同様に狭い路地が行き交う形態の温泉集落は全国に展開しており、今後の温泉資源利用を分析する上で有効なサンプルを提示できたといえよう。

今回の調査は基礎資料の収集を目的とした現地調査と聞き取り調査が主であった。今後この調査を展開していく上で今後の課題を提示していきたい。

まず、鉄輪温泉については「まちづくり交付金」事業がいよいよ佳境を迎えようとしている。地域住民にとってもこの事業の全容がようやく明らかとなりつつある。今後はこの事業に対する地域住民の意識をさらに深く分析する必要がある。また、鉄輪温泉の来歴といった文脈の中でこの事業の位置づけを考察する必要もあろう。さらに、再整備事業によって鉄輪温泉は温泉観光地として今後どのような役割と機能を持つことになるのかについても検討しなければならない。古くから湯治場としての存在意義さらに大観光温泉地としての機能を持ってきた鉄輪温泉の今後の動向は、全国の温泉地に大きな影響を及ぼすであろう。

筋湯温泉については、旧来の温泉集落の周縁部への移動を可能にした背景を分析することが急務である。つまり、温泉旅館の経営に際して何はともあれ温泉(源泉)の確保は絶対必要条件である。当然のことながら、これがクリアされたから移動も可能になったであろうが、どのような方策でクリアしたのかが明らかにすることは温泉地研究にとっては極めて重要である。さらに、土地所有についても同様のことがいえる。

温泉資源は、日本人の観光形態が多様化されて久しいといえども、国内旅行では最も重要な観光資源であることは間違いない。よって温泉資源を活用したまちづくりは地域活性化への最も有効な手段として、全国各地で熱いまなざしが注がれている。本報告は温泉資源のより有益な活用を提示するためのほんの始まりにすぎない。今後はこれら事例研究をさらに進めるとともに、全国有数の温泉を有する大分県下の温泉地についても同様の調査を進めていく必要がある。

謝辞) 本研究を進めるにあたり、鉄輪温泉ならびに筋湯温泉の方々から多大なご協力を頂いた。ここに厚く御礼を申し上げます。また、報告者の指導のもと鉄輪温泉の調査を続けている別府大学大学院宮崎英華さん、卒業論文のテーマとして調査した松栄美菜子さんからは調査の補助をして頂いた。本調査は二人の献身的な調査に依るところが大きかったことをここに記します。

【参考文献】

- 1) 山村順次(1975)：「別府市鉄輪療養温泉の実態」。温泉、第42巻9号、28～30頁。
- 2) 同 (1980)：「温泉観光都市・別府の地域変化」。千葉大学教育学部紀要、30巻1部、129～115頁。
- 3) 浦達雄(2005a)：「別府温泉郷における旅館経営の変容」。温泉地域研究、第4号、17～27頁。
- 4) 同 (2005b)：「近代における別府温泉郷の形成過程」。温泉地域研究、第5号、1～12頁。
- 5) 小堀貴亮・山村順次(2004)：「別府市鉄輪温泉における湯治場の地域変容」。温泉地域研究、第2号、49～54頁。
- 6) 中山昭則(2003)：「大正期における別府温泉の別荘地開発」。温泉地域研究、創刊号、17～22頁。
同 (2005)：「別府温泉郷における地獄の観光開発と地獄組合」。温泉地域研究、第5号、13～22頁。
- 7) 飯沼賢司(2006)：「蒸し湯と一遍上人」。一遍上人探求会・別府大学文化財研究所：『蒸し湯っちなんなんー蒸し湯の学術調査報告ー』、1～5頁。
- 8) 別府大学地理学研究室(2006)：「別府鉄輪温泉むし湯の利用実態からみた資源性」。別府大学地理学研究室研究年報第4号、1～8頁。
- 9) 松栄美奈子(2008)：『別府鉄輪温泉むし湯における地域資源性の変容』。別府大学文学部文化財学科平成19年度卒業論文。
- 10) 小野喜美夫(2007)：『九重・飯田高原百話集』。九重・飯田ふるさと資料館、全228頁。

【脚注】

- ¹⁾ 「まちづくり交付金」は北海道登別温泉や栃木県鬼怒川温泉が挙げられる。「ヘルス・ツーリズムは」宮城県鳴子温泉と長野県鹿教湯温泉が先進事例地である。景観保全としては山形県銀山温泉や兵庫县城崎温泉が有名である。
- ²⁾ 別府市の統計データでは鉄輪温泉と明礬温泉が同一地区として扱われ、その合計値が公表されている。
- ³⁾ 飯沼賢司(2006)：「蒸し湯と一遍上人」。一遍上人探求会・別府大学文化財研究所：『蒸し湯っちなんなんー蒸し湯の学術調査報告ー』、1～5頁。
- ⁴⁾ 筋湯温泉は九重町の宿泊施設数ならびに宿泊収容人員の30%程度を占めていることから推計している。
- ⁵⁾ 国土交通省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/>) より。
- ⁶⁾ 鉄輪共栄会資料による
- ⁷⁾ このアンケート調査は、鉄輪共栄会が2006年8月から2007年12月まで実施したもので、サンプル数は1170である。
- ⁸⁾ 別府大学地理学研究室が2005年7～9月および、2005年12～2006年1月にかけてアンケート調査を実施している。
- ⁹⁾ 現地調査における聞き取りによる。

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景観自然室内に置き、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。

この会則の改正は、平成18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20年6月27日現在)

所 属 ・ 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 景観自然室長	野 田 啓 司	副 会 長
大分県企画振興部 景観自然室 参事	渡 辺 政 治	常 務 理 事
大分大学教育福祉科学部 教授	川 野 田 實 夫	理 事
臼杵市医師会立コスモス病院	安 田 正 之	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	
元大分大学	大 野 保 治	
大分総合検診センター 会長	辻 秀 男	
九州大学生体防御医学研究所気候内科 教授	牧 野 直 樹	
岡山理科大学理学部基礎理学科 教授	北 岡 豪 一	
立正大学地球環境科学部 教授	河 野 忠	
明豊高等学校 教諭	大 上 和 敏	
京都大学地球熱学研究施設 教授	竹 村 恵 二	理 事
京都大学地球熱学研究施設 准教授	大 沢 信 二	理 事
京都大学地球熱学研究施設 助教	山 本 順 司	
京都大学地球熱学研究施設 助教	柴 田 知 之	
京都大学地球熱学研究施設 研究機関研究員	杉 本 健	
秋田大学工学資源学部地球資源学科	網 田 和 宏	
京都大学地球熱学研究施設 教務補佐員	芳 川 雅 子	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 火山研究センター	宇津木 充	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 火山研究センター	鍵 山 恒 臣	
北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター	長 谷 英 彰	
九州大学病院別府先進医療センター循環呼吸老年病内科 助教	尾 山 純 一	
別府ONSEN地療法研究会 (畑病院)	畑 洋 一	
別府ONSEN地療法研究会 (畑病院)	畑 知 二	
株式会社エスピーシーテクノ九州	植 木 和 宏	
大分県薬剤師会検査センター水質計量課 課長代理	炭 本 悟 朗	
(株)住化分析センター大分事業所	板 井 清 美	
大分大学医学部 精神神経医学教授	寺 尾 岳	

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
大分大学医学部 医員	塩 月 一 平	
別府大学文学部文化財学科 准教授	中 山 昭 則	
(株)住化分析センター大分事業所 グループリーダー	樋 口 秀 臣	
(株)住化分析センター大分事業所 主任技師	加 藤 昭 司	
大 分 市 長	釘 宮 啓	理 事
別 府 市 長	浜 田 博	理 事
中 津 市 長	新 貝 正 勝	
日 田 市 長	佐 藤 陽 一	理 事
臼 杵 市 長	後 藤 國 利	
竹 田 市 長	牧 剛 尔	理 事
杵 築 市 長	八 坂 恭 介	
宇 佐 市 長	時 枝 正 昭	
由 布 市 長	首 藤 奉 文	理 事
国 東 市 長	野 田 侃 生	
九 重 町 長	坂 本 和 昭	理 事
玖 珠 町 長	小 林 公 明	
別府市ONSENツリズム部温泉課 課長	浜 口 善 友	監 事
別府市ONSENツリズム部温泉課 補佐	宮 崎 徹	
大分県東部保健所 所長	大 神 貴 史	監 事
大分県東部保健所 次長	小 野 通 孝	
大分県衛生環境研究センター 所長	野 田 修 一 郎	理 事
大分県衛生環境研究センター水質担当 専門研究員	宮 崎 博 文	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主幹研究員	小 河 正 雄	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主幹研究員	牧 克 年	
大分県産業科学技術センター地域資源担当 主任研究員	齊 藤 雅 樹	

(会員数 57名)

書 記

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
大分県企画振興部 景観自然室 自然交流班 室長補佐	小 野 悦 治 郎	
〃 主事	熊 野 真 二 郎	

大分県温泉調査研究会報告 第59号

平成20年7月 印刷
平成20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
景観自然室内(事務局)
電話 097-506-2139
FAX 097-506-1730

印刷者 〒870-0026 大分市金池町5丁目7番18号
有限会社 大分出版印刷
電話 097-532-4078