

# 大分県温泉調査研究会報告

## 第 56 号

平成 17 年 7 月

### 目 次

別府北部域の温泉水への海水混入の検出	芳川雅子 外 2 名	(1)
大分県南部地域の温泉の同位体地球化学的調査 —臼杵市の六ヶ迫鉱泉—	大沢信二 外 3 名	(5)
温泉地における空気イオン測定 (1)	網田和宏 外 3 名	(11)
大分平野のボーリングコア解析 —大分平野における沖積層の層相と年代—	竹村恵二 外 2 名	(25)
両子山火山の地球化学的研究	柴田知之	(29)
自然電位法を用いた鍋山・明礬地域の熱水調査	長谷英彰	(33)
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	(39)
深層熱水型温泉における泉質の経時変化 —揚湯開始時の変化について—	川野田實夫 外 1 名	(41)
最近の温泉（権）紛争について（下）	大野保治	(45)
関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化 (V) —未加療活動性関節リウマチ患者に対する 機能訓練・温泉浴によるIL-6とIL-1raの変化—	安田正之	(67)
皮膚病に効能のある温泉と湧水のORPを指標とした 予察研究	河野忠	(69)
地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究 (5) —九重火山における高密度空中磁気観測について—	田中良知 外 1 名	(81)

# 序

1960年代を中心とした高度経済成長期の頃から、全国的に温泉ブームが続いており、日本人の温泉志向はとどまるどころを知らないようにみえます。温泉に関わる者にとっては嬉しいことですが、一方では、温泉利用の影とでも言うべき部分があらわになってきました。数年前のレジオネラ問題、そして週刊誌の報道がきっかけとなって、昨年夏以降いくつかの温泉地で露見した偽装温泉の存在や不当表示などです。これらは社会問題化し、温泉への信頼が損なわれかねない事態になったことは、ご承知のとおりで、モラルの重大さを改めて認識させられた思いがします。

これに対処するため、環境省では省令によって温泉法施行規則の一部を改正し（平成17年2月24日公布、5月24日施行）、温泉成分をはじめとする従来からの掲示項目に追加して、温泉施設が温泉水に加えている行為（加水・加温など4項目）の明示を義務づけました。眼目は、適正な表示をすることによって、温泉利用者に的確な情報を提供することにあるのでしょうか。

適正な表示は、モラルはもちろんのこととして、温泉現象や温泉水の諸特性に関する科学的知識に裏付けられていなければなりません。そうでなければ、結果として不当表示をすることになりかねませんし、実際、そうした例に出会うことがあります。

大分県温泉調査研究会は、昭和24年の発足以来、温泉に関する科学的知識を営々として蓄積し、公開してきましたが、その役割はますます重要になっているものと思われまます。ここに、平成16年度における本研究会の活動を記した機関誌「大分県温泉調査研究会報告」第56号を出版することは大きな喜びです。

本号には12編の報告が掲載されています。研究課題は、理学・医学から社会科学まで多岐にわたっておりますが、いずれも会員諸氏が自主的に選択した課題であり、今年もまた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。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

# 別府北部域の温泉水への海水混入の検出

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

芳川 雅子・柴田 知之  
由佐 悠紀

## 要 旨

別府温泉北部亀川港周辺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 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) と塩素イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 濃度を測定し、当該地域における温泉源への海水混入の現状把握を行った。その結果、温泉水のSr同位体比は $\text{Cl}^-$ 濃度 (0.16 - 1.27g/l) とは相関せず0.7044 - 0.7046の値を示し、泉源域の地層を示すと考えられる値とほぼ同じであった。さらに別府温泉南東域の $\text{Cl}^-$ 濃度を測定し、由佐ほか (2004) のSr同位体比と合わせて検討を行ったところ、現在海水混入は朝見川近傍に限定されることがわかった。

## 1. はじめに

近年、表流水-地下水系の研究にストロンチウム (Sr) 同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 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; 由佐ほか、2004)。水文学分野で長く用いられてきた安定同位体とは異なり、放射性起源のSr同位体は自然界では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ための優れたトレーサーとなりうる (Barbieri and Morotti, 2003)。由佐ほか (2004) は、別府東南端域において温泉水のSr同位体比を測定し、海水混入域が30年前と大きな変化が無い事を示し、海水混入のトレーサーとしてSr同位体比が有効であることを示した。本研究では先行研究 (吉川・北岡、1977) で海水混入が認められていた別府北部域の亀川港付近の温泉を対象に調査を実施し、東南端域との比較を行った。

## 2. 試料および分析方法

試料は、亀川港付近で2005年1月13日に採取した。吉川・北岡 (1977) で海水混入が認められた2源泉に加え、今回新たに採取した1源泉と地理的に海水が混入していないと考えられる血の池地獄の源泉とあわせて4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 (図1)。さらに、比較のため東南端域で地理的に海水混入が認められないと考えられる不老泉の温泉水も採取した。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。

$\text{Cl}^-$ 濃度はハック社56255型複合塩化物電極を用い、直接キャリブレーション法で測定した。昨年度採取した東南端部の温泉水についても今回 $\text{Cl}^-$ 濃度を測定した。

Sr同位体分析は、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1 mlをメンブランフィルター (孔径 $0.2\mu\text{m}$ ) を用いてろ過した後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1 ml 6 M HClを加え再び乾固した後、DCTAを用いたイオン交換法を用いオープンカラムでSrを単離した。Sr抽出中のブランクは $<10\text{pg}$ 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 (MAT 262<sup>®</sup>) を用い、静的マルチコレクター法で測定した。なお、測定中の同位体分別効果の補正係数には $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ をもちいた。標準溶液 (NIST SRM 987標準物質から作成) の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は0.710277である。

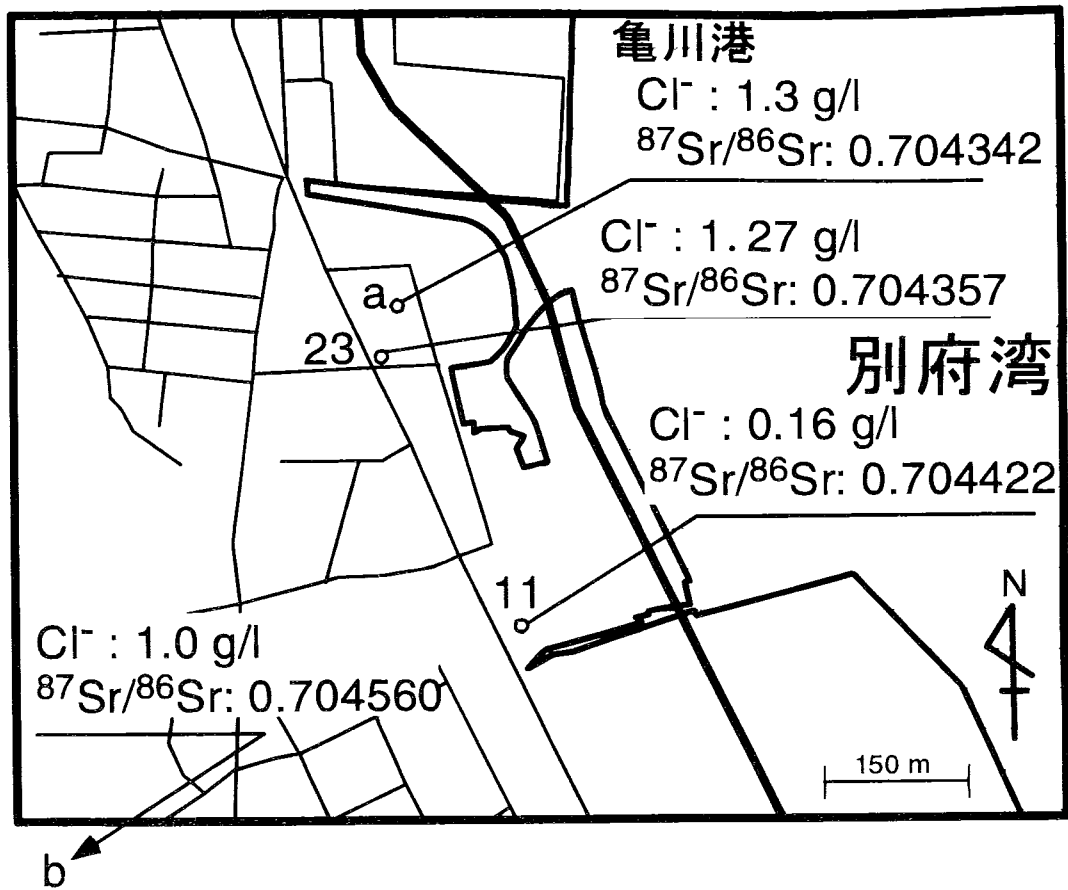


図1. 温泉水のCl<sup>-</sup>濃度・Sr同位体測定結果

### 3. 結果

温泉水の温度・pH値・電気伝導度・Cl<sup>-</sup>濃度・Sr同位体比を表1に示した。源泉の番号は、吉川・北岡（1977）、北岡（1978）と同じである。新たに採取した増永邸・血の池地獄・不老泉はそれぞれa・b・cとした。北部地域の温泉水の<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比はCl<sup>-</sup>濃度と相関が認められず、すべて0.7046以下であった（図2）。東南地域の温泉水のCl<sup>-</sup>濃度は、吉川・北岡（1977）の調査時に>0.5g/lを含んでいた温泉口すべてで低下が認められ、もっとも高いものでも0.6g/lであった。

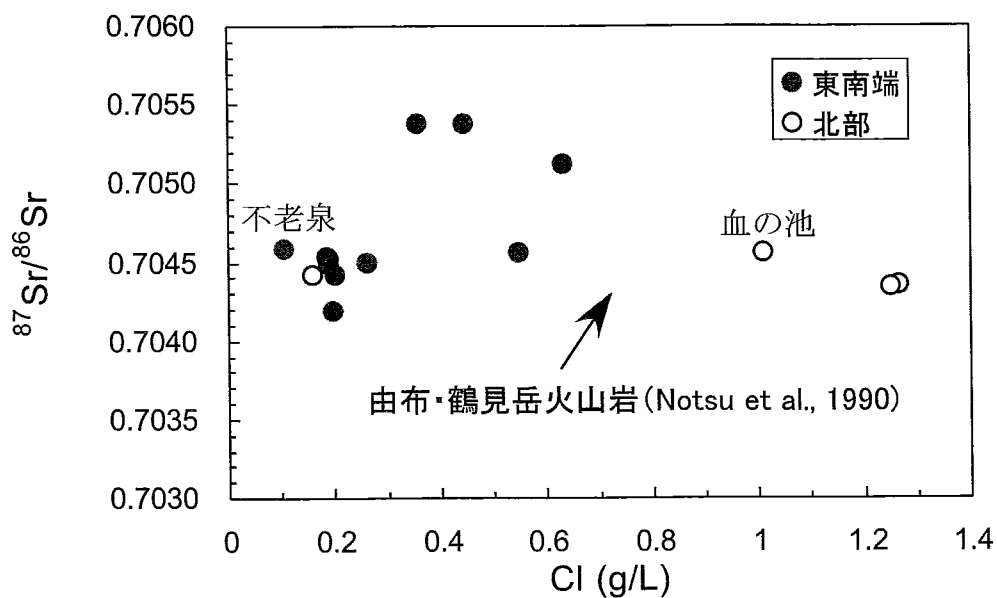


表 1

No	採取地点	泉温 (°C)	pH	電気伝導度 (mS/cm)	Cl (g/l)	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	
11	寺山邸	52.5	7.16	894	0.16	0.704422	± 0.000009
23	脇邸	57.3	7.37	3850	1.2	0.704357	± 0.000012
a	増永邸	>50.1	7.94	3770	1.3	0.704342	± 0.000025
b	血の池地獄	59.9	3.02	4160	1.0	0.704560	± 0.000017

No	採取地点	温度 (°C)	pH	電気伝導度 (mS/cm)	Cl (g/l)	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	
	二幸荘 (近映江)	56.0**	7.68**	909**	0.20**	0.704190	± 0.000010**
9	旅館新玉：犬走	44.8**	7.78**	2480**	0.63**	0.705114	± 0.000008**
15	垣迫医院	46.4**	7.18**	1661**	0.45**	0.705375	± 0.000018**
32	原田耕作邸	43.0**	7.29**	1206**	0.19**	0.704533	± 0.000008**
33	奥島：旧美鶴荘	>44.3**	6.71**	1285**	0.27**	0.704493	± 0.000020**
35	安部栄邸	43.2**	6.60**	1061**	0.20**	0.704416	± 0.000009**
38	小代医院	>39.9**	7.09**	1136**	0.20**	0.704521	± 0.000014**
54	松原温泉	47.2**	7.22**	1088**	0.19**	0.704487	± 0.000013**
59	旅館東菊	>49.0**	7.38**	1910**	0.55**	0.704562	± 0.000007**
87	山東電気	41.8**	6.74**	1455**	0.36**	0.705379	± 0.000011**
c	不老泉	51.7	7.42	995	0.11	0.704590	± 0.000010

#### 4. 考察

血の池地獄の温泉水のCl<sup>-</sup>濃度 (1 g/l) から、北部域の背景的塩素濃度は高いと推測される。従って、Cl<sup>-</sup>濃度のみを用いた海水混入についての議論は困難である。北部域の温泉水は、ほぼ一定のSr同位体比 (0.7044-0.7046) を示す。それらは南東部において海水の浸入がない不老泉の値 (0.7046) や由佐ほか (2004) で海水混入が無いと報告された値 (0.7046以下) と一致する。従って、北部域の温泉水に関しては、現在では海水混入の証拠は認められないと考えられる。

一方、東南部ではCl<sup>-</sup>濃度とSr同位体比にやや正の相関が認められ、海水混入していると見られる朝見川近傍の源泉 (由佐ほか、2004) はCl<sup>-</sup>濃度・Sr同位体比ともに高い。従って東南部・北部域で現在海水の混入が認められると思われる源泉は、朝見川近傍に限られ、温泉口数の減少や市街地温泉の採湯の制限によって、温泉水への海水混入が縮小したと思われる。また、Cl<sup>-</sup>濃度の減少傾向は吉川・北岡 (1977) でもすでに報告されており、30年の間にさらに減少がすすんだことがわかる。

#### 5. まとめ

今回の調査・検討による結果は、以下のようなものである。

- (1) 別府温泉の北部域では現在海水混入が認められない。
- (2) 別府温泉東南端域のCl<sup>-</sup>濃度は、著しく減少している。

#### 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.
- 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.
- 由佐悠紀・柴田知之・芳川雅子 (2004) : 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, *大分県温泉調査研究会報告*, 55, 1–4.
- 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 Tatsumi, Y. (2000) : The Sr, Nd and Pb isotopic ratios of GSJ standard rocks, *Annual Report of Institute for Geothermal Sciences*, FY, 2000, 30.
- 油原雅樹・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.

# 大分県南部地域の温泉の同位体地球化学的調査

— 臼杵市の六ヶ迫鉱泉 —

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 ・ 網 田 和 宏

杜 建 国\* ・ 山 田 誠

( \* 現在：中国地震局解析予知センター )

## 要 旨

六ヶ迫鉱泉（大分県臼杵市）の水の起源や水質形成機構の解明を目的として、同位体地球化学的調査を行った。この鉱泉は、総溶存化学成分量 6 g/L の高塩分泉であり、水質は Na-Cl, HCO<sub>3</sub> 型、多量の Li と B を含み、全溶存炭酸の炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は鉱泉水の形成に深部起源流体の関与があることを示唆した。高圧変成岩の形成時に発生した変成流体が、その深部起源流体であろうと推測された。

## 1. はじめに

六ヶ迫鉱泉（図 1）は、臼杵市の熊崎川上流の溪谷にある鉱泉で、およそ 200 年前に、けがをした白鷺が傷をいやしているところを村人が見て、発見されたと伝えられている。江戸時代から続く湯治場で、臼杵藩の献上湯としても利用されていた。六ヶ迫の鉱泉水は、塩分濃度が高く、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の発泡を伴うのが特徴であり、本県大分市の塚野鉱泉、妙見泉とともによく知られた自然湧出の鉱泉である。このように、六ヶ迫鉱泉は県民や臼杵市民にとって馴染みの深い鉱泉であるにもかかわらず、その科学的調査はほとんど行われておらず、古い温泉分析書によりその水質を知ることができる程度である。そこで、今回、水や二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の起源は何か、溶存成分がなぜ高い濃度を示すかといったことを明らかにすることを目的として、同位体地球化学的調査を実施した。本論文では、それらの結果について報告する。



図 1. 六ヶ迫鉱泉の位置

## 2. 試料と分析

2003年10月26日に現地調査を行い、下元湯と薬師湯で鉱泉水を採取した。また、参照試料として、六ヶ迫川の水を採取した。水温とpHの測定は現地で行い、実験室に持ち帰った試料水について、Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>をイオンクロマトグラフで、Li, Bを四重極型ICP質量分析装置で、DIC（溶存全炭酸：CO<sub>2</sub> (aq) + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>）をイオン電極法（二酸化炭素電極をイオンメータに接続した装置）で分析した。DICの炭素安定同位体比（<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C）は、試料水に水酸化ストロンチウムを加え析出した炭酸ストロンチウムに濃リン酸を滴下し、発生する二酸化炭素を気体質量分析計に導入し測定した。水の水素と酸素の安定同位体比（D/Hと<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O）は、それぞれ金属亜鉛を用いた還元法により発生した水素ガス、二酸化炭素平衡法により同位体平衡化した二酸化炭素について気体質量分析計で測定した。測定同位体比は、定法に従い標準物質の同位体比からのずれを千分率で表示した（δ値：‰）。

## 3. 結果と考察

分析結果を表1に示す。総溶存化学成分量は、下元湯が5.9g/L、薬師湯が5.8g/Lであり、最も溶存量の多い化学成分は、いずれの源泉も、陽イオンがNa、陰イオンがClである。陽イオンで2番目に多いMgは重量でNaのおよそ10分の1であるが、陰イオンで2番目に多いDICはClの半分か僅かに少ない程度である。水質的にはNa-Cl, HCO<sub>3</sub>型であり、大分平野に産する深層熱水の内、高塩分型に分類されるものや塚野鉱泉の高塩分水のものと類似している。DICの炭素安定同位体比（δ<sup>13</sup>C）から（高塩分型深層熱水：-3.3‰~-9.7‰、塚野鉱泉：-5.0‰）、それらの高塩分水の水質形成への深部起源流体の関与が指摘されており（大沢、2001；2003）、六ヶ迫鉱泉のDICのδ<sup>13</sup>Cも同様の値を示すことから（下元湯：-4.6‰、薬師湯：-2.9‰）、同じ様に水質形成に深部起源流体が関わっている可能性がある。

六ヶ迫鉱泉の水の起源を検討するために、水素・酸素安定同位体測定データ（表1）を、δダイヤグラム（δD - δ<sup>18</sup>O図）上にプロットした（図2）。同図には、天水線（δD=8×δ<sup>18</sup>O+10）及び、海

表1 化学・同位体分析の結果

試料名	下元湯	薬師湯	六ヶ迫川
採取日	2003. 10. 26	2003. 10. 26	2003. 10. 26
水温 (°C)	16.5	15.3	13.7
pH	5.85	6.13	7.45
Na (mg/L)	1530	1880	19.0
K (mg/L)	76.9	82.2	1.3
Ca (mg/L)	91.5	175	5.0
Mg (mg/L)	153	195	11.3
NH <sub>4</sub> (mg/L)	62.0	56.8	n.d.
Li (mg/L)	10.4	9.0	0.1
Cl (mg/L)	2290	2360	20.4
SO <sub>4</sub> (mg/L)	n.d.	n.d.	8.0
DIC (mg/L)	1670	1040	n.a.
B (mg/L)	20.6	22.3	n.a.
δD H <sub>2</sub> O (‰)	-39.8	-44.3	-48.8
δ <sup>18</sup> OH <sub>2</sub> O (‰)	-6.2	-6.7	-7.4
δ <sup>13</sup> C DIC (‰)	-4.6	-2.9	n.a.

〔注〕 n.d.：検出されず、n.a.：分析せず、DIC：全溶存炭酸



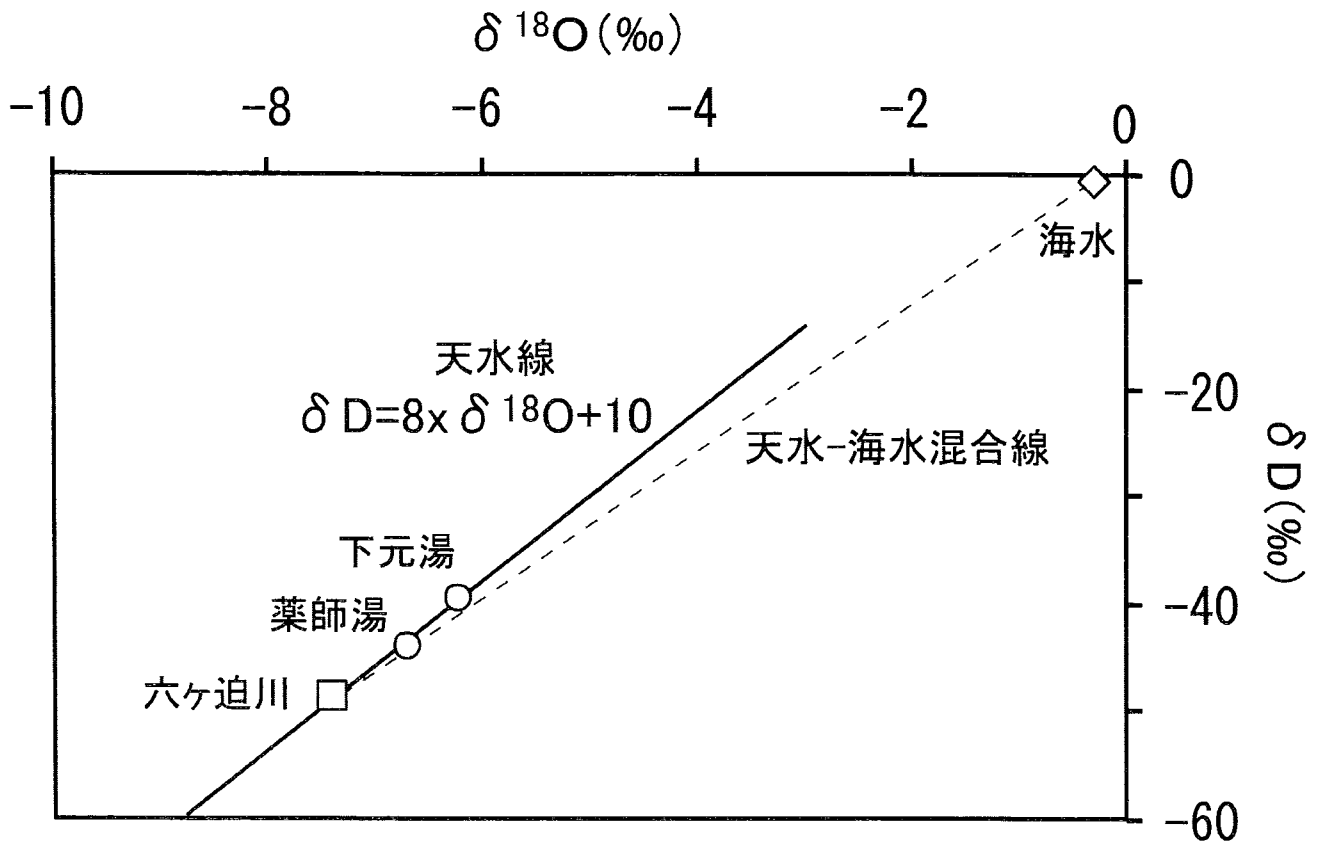


図2. 鉱泉水の水素・酸素安定同位体組成 (δD - δ<sup>18</sup>O図)

水（別府湾；大沢、2004）と河川水（六ヶ迫川）のデータポイントを結んだ天水-海水混合線も示した。六ヶ迫鉱泉水のデータは、概ね天水線上にプロットされ、深部起源流体の関与は示されていない。これは、深部起源流体の同位体情報が多量の天水混入でかき消されてしまっているためと解釈できるが、データポイントは天水-海水混合線上にあるようにも見え、いずれにせよ水素・酸素安定同位体組成だけで水の起源を判断することは難しいと結論せざるを得ない。そこで、溶存化学成分のデータから、水の起源についてさらに検討を加えることにする。

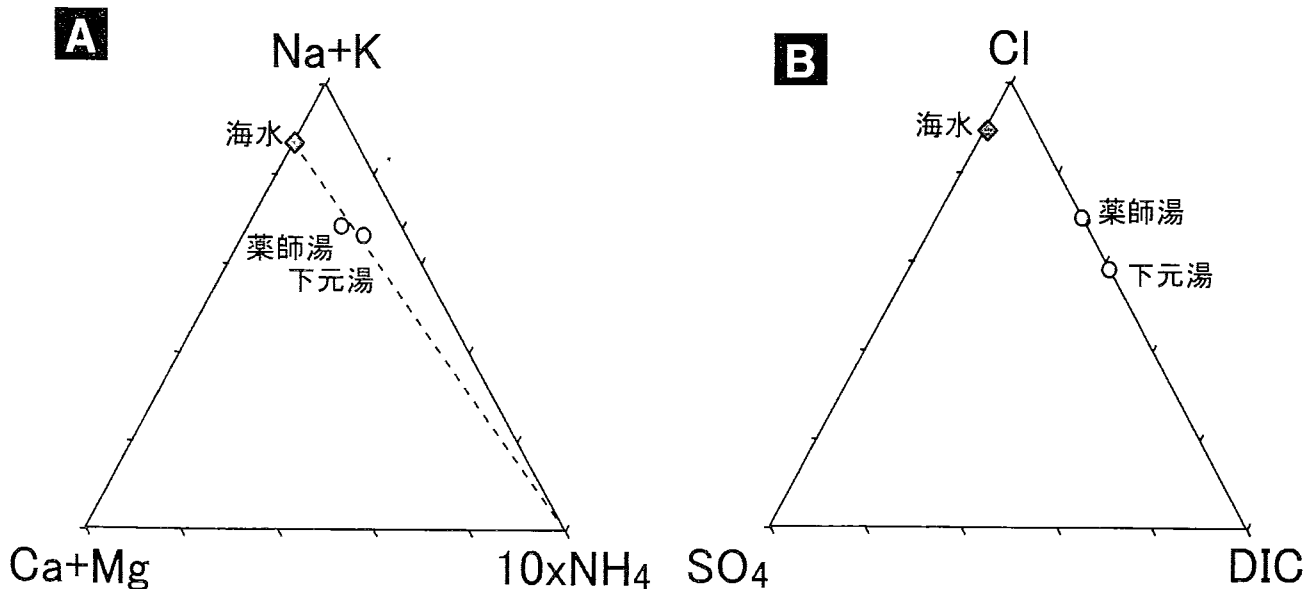


図3. 鉱泉水の主要陽イオン組成 [A] と主要陰イオン組成 [B]

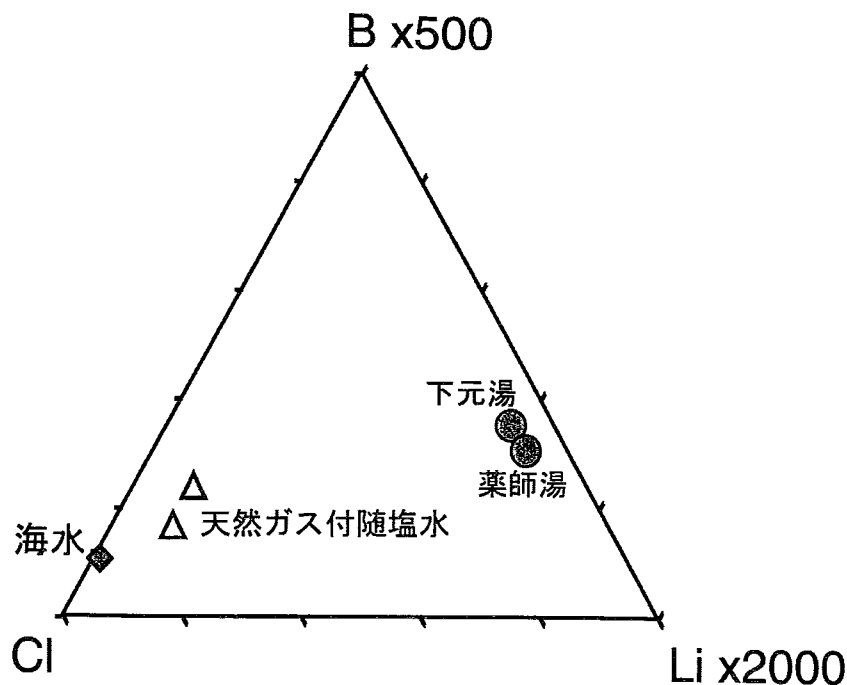


図4. 鉱泉水のLi - B - Cl組成

主要溶存化学成分 (Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, DIC) について、陽イオン、陰イオンそれぞれの相対組成を、現海水のそれとともに図3に示した。六ヶ迫の鉱泉水は、現海水に比べてNH<sub>4</sub>に富み、SO<sub>4</sub>を欠き、明らかに現海水とは異なった化学組成を持つ。このことは、先の水素・酸素安定同位体データ解析によって示された可能性の一つである天水-海水混合（現海水の天水希釈）では、少なくとも水の起源は説明できないことを明示している。

六ヶ迫の鉱泉水が、現海水の天水希釈では説明できないことは、鉱泉水の溶存微量化学成分 (Li, B) のデータ解析からも示される。図4は、Li, Bならびに主要溶存化学成分の内、Li, Bと同様に可溶性元素のカテゴリーに入れられるClを取り上げ、これら3成分の相対組成を示した図である。同図には、六ヶ迫鉱泉の他に、現海水、ならびに比較検討のために宮崎平野に産する天然ガス (CH<sub>4</sub>) 付随塩水のデータ（網田・大沢、未公表データ）もプロットした。六ヶ迫の鉱泉水のLi-B-Cl組成は、現海水と大きく異なっており、LiとBに富むことが示されている。このことは、堆積物・堆積岩の続成作用によって生じると考えられる天然ガス付随塩水と比較しても言える。一般に、天水起源の地下水は塩分濃度が希薄なので、それにより現海水や天然ガス付随塩水が希釈されても、Li-B-Cl相対組成に変化は起こりえず、多量のLiとBを六ヶ迫の鉱泉水に供給するプロセスを考えなければならない。先に、DICの炭素安定同位体の情報から鉱泉水の水質形成に深部起源流体が関わっている可能性があることを示したが、そのような深部起源流体が多量のLiとBをもたらしているのであろう。それでは、深部起源流体は、具体的にはどのようなものなのであろうか？最後に、そのことについて考察してみたい。

六ヶ迫鉱泉が変成岩地帯（三波川変成帯）に位置し、その変成岩は海洋プレートの沈み込みに伴う高圧変成作用で生じたものであることから、深部起源流体として高圧変成作用時に発生した流体（変成流体）が考えられる。変成流体は、主として水 (H<sub>2</sub>O) とCO<sub>2</sub>からなり、その他にNaClなどを含むとされている（都城、1994：都城は粒間流体という表現を使っている）。これを水質に置き換えるとNa-Cl, HCO<sub>3</sub>型となり、このことは深部起源流体が変成流体であることを示す重要な情報であると考えられる。変成岩中に取り残されている流体（流体包有物）の塩濃度は10%（100g/L）を越えるという報告もあり（例えば、Scambelluri and Philippot, 2001）、変成流体の溶存化学成分濃度は相当に高いと思われるため、六ヶ迫の鉱泉水の起源が変成流体にあるならば、大幅に天水起源の地下水で希釈されているはず

で、水の水素・酸素安定同位体組成には変成流体の寄与に関する情報が現れないのも無理はない。六ヶ迫の鉱泉水がそのように天水起源地下水で薄められているにもかかわらずまだ相当に高い塩濃度を保ち、溶存化学成分に地球深部の情報が保持されているのは、変成流体の塩濃度がすこぶる高いためであるとして説明できる。

#### 4. おわりに

今回の調査では直接取り扱わなかった付随ガス中のCO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Heには重要な深部情報が保持されていると期待されるので、今後それを採取し、化学・同位体分析を行いたいと考えている。また、変成流体の実態解明は変成岩研究の重要な課題であるため、近年活発に研究が行われており、そのような研究の成果を視座に入れながら高塩分型鉱泉水の温泉科学研究を進めていくことが肝要になっていくものと考えられる。場合によっては、温泉科学の研究者自身が、変成岩に取り残された流体を一種の温泉水ととらえ、積極的に取り扱うことが必要となってくるかもしれない。

#### 参考文献

- 都城秋穂 (1994) 変成作用。256p.、岩波書店、東京。
- 大沢信二 (2001) 大分平野に産する深層熱水中の炭酸成分の起源。大分県温泉調査研究会報告、52、21-26。
- 大沢信二 (2004) 塚野鉱泉水の水質形成機構。大分県温泉調査研究会報告、54、7-14。
- Scambelluri, M., Philippot, P. (2001) Deep fluids in subduction zones. *Lithos*, 55, 213-227。



# 温泉地における空気イオン測定 (1)

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

網田 和宏・山田 誠  
馬渡 秀夫・大沢 信二

## 要 旨

温泉湯けむりが空気イオン濃度に与える影響を調査する目的で、別府温泉において空気イオン濃度測定を行った。別府温泉南部地域において行われた観測結果では、測定地点の違いによる空気イオン濃度の違いは確認されなかったが、湯けむりとプラスイオン濃度が連動して変化しているようなデータが得られた。また、京都大学地球熱学研究施設の敷地内で行った定点観測によって、空気イオン濃度は数日程度の時間間隔では大きな変化を見せないが、数ヶ月以上の期間が経過した場合は同じ場所であってもプラスイオン濃度とマイナスイオン濃度の関係が大きく変化することが明らかになった。

## 1. はじめに

近年、マイナスイオンがちょっとしたブームを起している。家電製品、食料品、衣類のような商用品をはじめとして医療や農畜産、観光の分野など、いたるところでマイナスイオンという言葉に触れる機会が増えてきた。マイナスイオンとは空気中の分子が負に帯電した状態にある気相イオンのことであり、正に帯電しているプラスイオンと併せて空気イオンと呼ばれている（大気電気学においては正イオン、負イオンとされるが、健康問題に関係するときはプラスイオン、マイナスイオンと呼ばれる。本稿においてもこの呼び方を用いる）。空気イオンは上層大気から対流圏までの地球のすべての大気層に存在しており、それぞれの層において周囲の大気やエアロゾル（大気中を漂う粒径 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 程度の固体あるいは液体の微粒子）と相互に影響を及ぼしあっている。また、空気イオンは大気の電気伝導度と大気化学反応の橋渡しとしての役割も担っており、大気中で生じる化学反応や大気の電氣的性質を考える上で非常に重要な存在でもある。

空気イオンは、自然環境下においては地中の放射性物質や宇宙線の持つ電離作用によって生成されているが、局所的に空気イオンが発生する機構としては「レナード効果」と呼ばれる現象が有名である。レナード効果とは水がより小さな水滴へ分裂するような場、例えば滝壺のような場所で水しぶきが帯電してマイナスイオンを生成するという現象で、分裂した際に大きい水粒子が正の電荷を得、小さい水粒子または空気が負の電荷を得るものとして説明されている。このレナード効果によって滝や噴水の周辺ではマイナスイオン濃度が高くなっており、そのような意味では滝や噴水は一種のマイナスイオン生成装置であると考えることができる。

別府温泉は源泉数約2千800箇所（平成12年3月末時点；大分県温泉管理基本計画、2001）、一日の流出量約5万トンの湯量を有する日本でも最大級の温泉地として知られている。標高1000mを越える鶴見火山群から海岸に至る東西約5km・南北8kmの範囲に、沸騰泉・一般温泉・高温湖沼・地熱変質帯と多種多様な地熱温泉現象が展開している。特に、市街のいたるところに立ち昇る温泉の湯けむり風景は“21世紀に残したい風景”の投票で富士山に次ぐ全国の第2位を獲得するなど、別府を代表する景観であるといえる。個々の温泉の湧出口や温泉井の形態は場所によって異なるため、湯けむり、すなわち微小な水滴の発生機構もまた様々である。

これらの温泉湯けむりの存在は周辺の空気イオン環境（本研究では、ある場所における平均的な空気イオン濃度、およびプラスイオンとマイナスイオンの量比に見られる関係のことを空気イオン環境と呼

ぶ) にどのような影響を与えているのであろうか。過去にレナード効果について行われた研究では、水滴中に含まれる化学成分の種類や水滴の温度によって発生する電荷量に違いがあることなどが報告されており、温泉の泉質や温度、あるいは湯気の放出量の違いなどが空気イオン環境に影響を与えている可能性は高いと考える。そこで本研究では、別府地域の各所において空気イオン濃度の測定を行い、空気イオンの時間的・空間的分布の状態を把握することを第一の目的とした。観測は現在も継続中で新たなデータを取得中であるが、本稿では本年度に行った別府南部地域における観測結果と、市街での観測に先んじて予備的に行った京都大学大学院附属地球熱学研究施設の敷地内における観測結果について報告する。

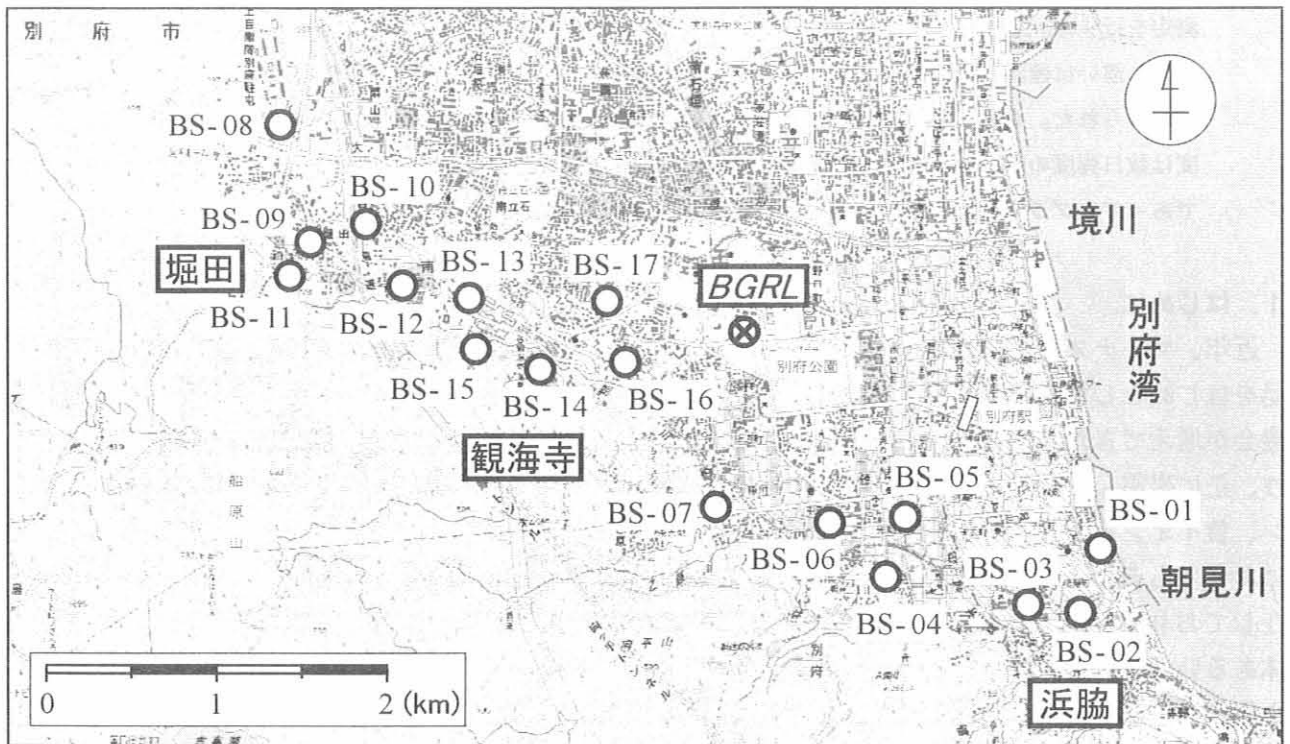


図1. 観測点位置図

## 2. 測定の概要

空気イオン濃度の測定には、アンデス電器社製の空気イオンカウンター、ITC-201Aを使用した。この装置では大気1cc中に存在する空気イオンの数を0.5秒間隔で測定でき、さらに測定モードを切り替えることでプラスとマイナスの両イオンの測定が可能である。また空気イオン濃度の他に気温・湿度の測定も行っており、これらすべてのデータは専用のソフトウェア上で扱うことのできるファイルとして本体内蔵のメモリに保存することができる。以上の性能に加えて本体は小型・軽量（本体重量400g）であるため野外における観測作業に非常に適した装置であるといえる。

本装置の空気イオン濃度の測定は装置内に一定流量の空気を引き込みイオンの移動度（イオンが電界による静電気力を受けながら移動する時の単位電界あたりの速度）の測定を行い、測定された移動度からイオン濃度を算出するという方式を採用している。この方式の場合、気流が安定しない環境下で測定を行うと測定誤差が大きくなるという問題が生じる。そこでデータの解析あるいは解釈の際に用いる補足的なデータとして、空気イオン濃度の測定時の風向と風速の観測を行った。観測には大田式風向風速計を使用し、30秒間の平均風速値と風向のデータを取得した。

大気中を移動する空気イオンはエアロゾルに衝突・付着することで消滅する。そのため、一般的にはエアロゾル濃度が高い場所では空気イオンの消滅率が高いことが知られている。エアロゾル濃度も空気

イオンと同様に局所的に異なる分布を持っているため、様々な場所で測定された空気イオン濃度のデータを評価する際に、観測地点のエアロゾル濃度を知っておくことも重要であると考えた。そこで柴田科学社製パーティクルモニター、GT-321型を使用してエアロゾル濃度（粒径 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $5.0\mu\text{m}$ ）の測定も行った。

### 3. 空気イオン濃度の定点観測

本研究のように調査対象地域内において多点観測を行い、そのデータを地図上におとして知りたい物理量の空間分布を調べる方法（いわゆるマッピング法）を用いて調査を進める場合には、研究対象となる物理量の時間変化の特徴や性質を把握しておくことが非常に重要となる。そこで、別府の市街地で空気イオン濃度の測定を行う前に、京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設の敷地内において予備観測を実施し、空気イオン濃度が時間の経過に対してどの程度の変動を示すのか調査した。観測を行う場所として研究施設の敷地を選んだのは、周囲に障害物のない十分に広い平坦な場所の確保が容易であり、また観測条件が人為的な要因（例えば車や人の通行など）によって乱されることが無いため定点観測を行う場所として非常に好条件が揃っていると判断したためである。

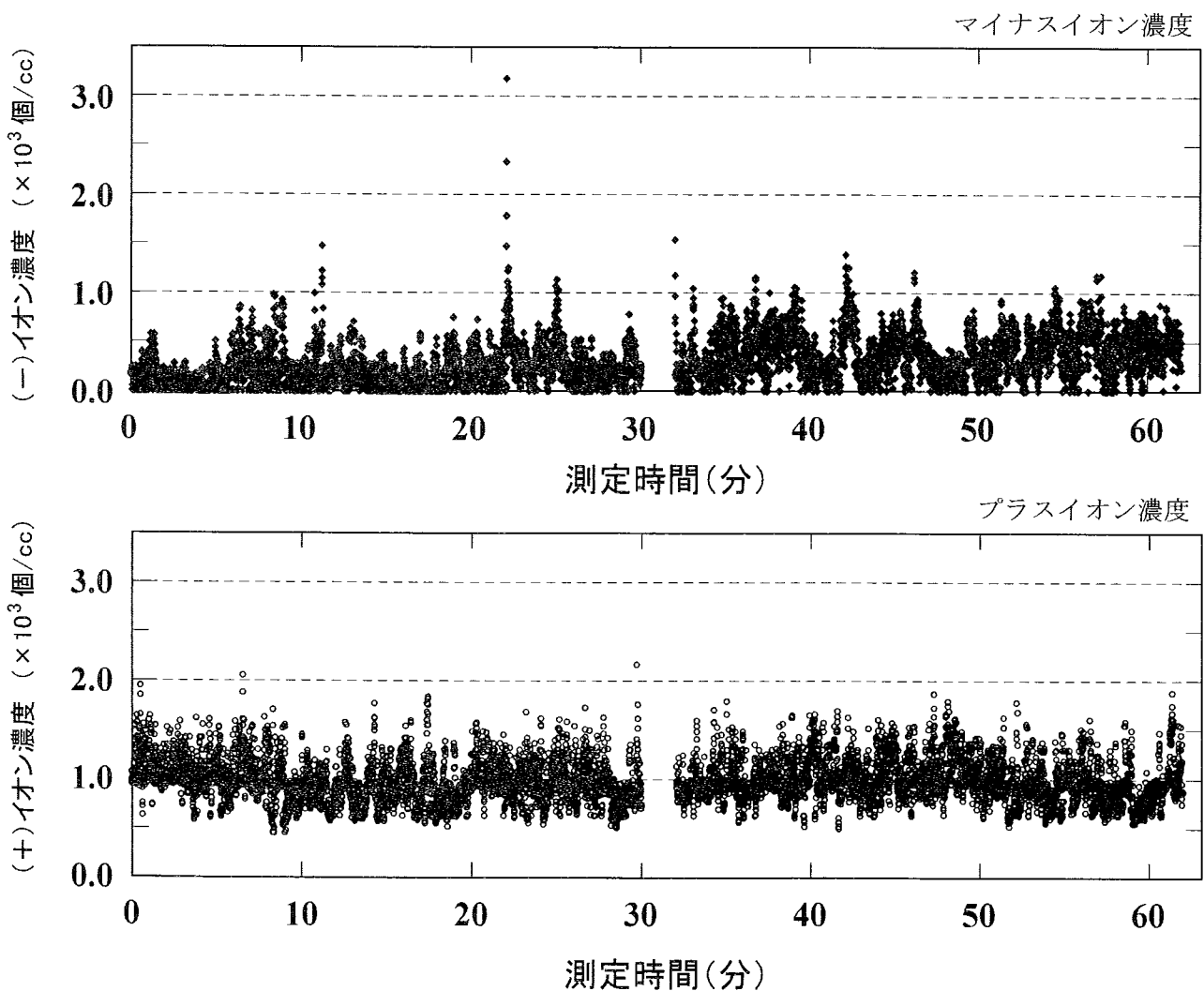


図2. 研究施設前庭における空気イオン濃度の1時間連続測定データ

2004年4月20日に、プラスイオン・マイナスイオンのそれぞれについて1時間の連続測定を行った。図2に空気イオン濃度の時間変動データを示す。なお図2で空気イオン濃度のデータが経過時間30分を過ぎた辺りで一度切れているのは、測定装置の記録モードが最大30分までしか設定できないために

生じたデータの空白区間である。また、このときの測定では最初にマイナスイオンの測定を行い、次に測定モードを切り替えてプラスイオンの測定を行っており、プラスイオンとマイナスイオンの測定は同時刻に行われたものではない。

空気イオンの測定データはプラスイオン、マイナスイオンのそれぞれで測定時間中に大きな変動は認められず、その変動幅はマイナスイオンで $500 \pm 500$ 個/cc、プラスイオンで $1000 \pm 500$ 個/ccである。この範囲を越えてイオン濃度が急上昇している箇所もいくつか見られるが、それらは不規則かつ数秒程度の時間内に起こっている現象であり、観測地点における平均的な空気イオン環境を反映したものではないと判断した。

次に2004年4月21日のAM9:30からPM19:30にかけて1時間おきにプラスイオン、マイナスイオンを5分間ずつ測定した。結果を図3に示す。図3では、マイナスイオンとプラスイオンのそれぞれに対する全体平均値をグレーの点線で表し、気温（細線）と湿度（太線）のデータも示した。また、18時台のマイナスイオン濃度と10時台および19時台に測定されたプラスイオン濃度のデータは、一部グラフの表示範囲からスケールアウトしてしまっているが、これらのデータはいずれも5分間の測定中の数秒間だけに見られた不規則な現象であり、空気イオン濃度の時間変化の傾向を見る上では特に重要でないため作図の際に敢えて無視した。なお、図3では5分間分の記録を11時間の時間軸上で表示しているために空気イオン濃度のデータが棒グラフのように見えているが、実際には図4の上段に示したような時間変動データが得られている。一部にデータが欠損している時間帯があるものの、一日を通じた変動を全体的に見るとプラスイオンは400個/ccから1800個/cc（平均680個/cc）の範囲を、マイナスイオンは600個/cc以下（平均82個/cc）の値を示しており、プラス・マイナスイオンともに大きな変動はみられていない。また、18:00以降から湿度が上昇し始めるが、空気イオン濃度には特に目立った変化は見られなかった。この観測が行われた4月21日は、1時間連続測定を行った4月20日と1日違いであるが空気イオン濃度の変動の様子は良く似ており、平均的にはプラスイオン濃度がマイナスイオン濃度より数倍ほど高い値を記録していた。

地球熱学研究施設の敷地内における観測は、ここまで示した2回の観測以外にも数回に渡って行っており、その結果を図4に示す。上からそれぞれ2004年の4月21日、6月11日、6月13日、2005年3月5日に測定されたデータである。ただし、空気イオン濃度の変動幅の関係から、2005年3月5日のデータだけは、他の日のデータと違って空気イオン濃度軸（縦軸）が8000個/ccになっている。また、プラスイオン濃度とマイナスイオン濃度のそれぞれの5分間平均値から求めた（-イオン）/（+イオン）比も図中に表記した。

2004年の4月と6月のデータでは空気イオン濃度の示す傾向は良く似ており、その（-イオン）/（+イオン）比はそれぞれ0.18、0.17、0.22であった。一方、2005年3月に得られたデータは2004年に得られたデータと比較して明瞭な違いが見てとれた。特にプラスイオン濃度は極めて低い値を取り、ほとんど変動していないのが分かる。（-イオン）/（+イオン）比も24.28と、他の日に得られているデータとは明らかに異なるものであった。2005年3月には、別府の市街地における観測が実施されているが（後述）その観測で得られたデータにも同様の傾向は認められており、ここで示されたデータの傾向は2005年3月の別府地域における平均的な空気イオン環境を反映したものであると考えられる。

以上のことから、一日～数日程度の時間間隔であれば空気イオン濃度はある範囲内の値をとり、その傾向が大きく変わることは無いことが確認された。したがって、観測点ごとに測定時刻がずれていたとしても、測定されたデータはそれぞれの観測点における空気イオン環境の特徴が反映されたものであり、十分に比較検討の対象になり得ると判断した。しかし、数ヶ月以上の時間が経過した場合には空気イオン環境が変わっている可能性が高く、観測期間に大きな隔たりのあるデータ同士については単純な比較ができないことも示された。この長期間隔で起こる空気イオン濃度の環境変化が実際にどの程度の時間



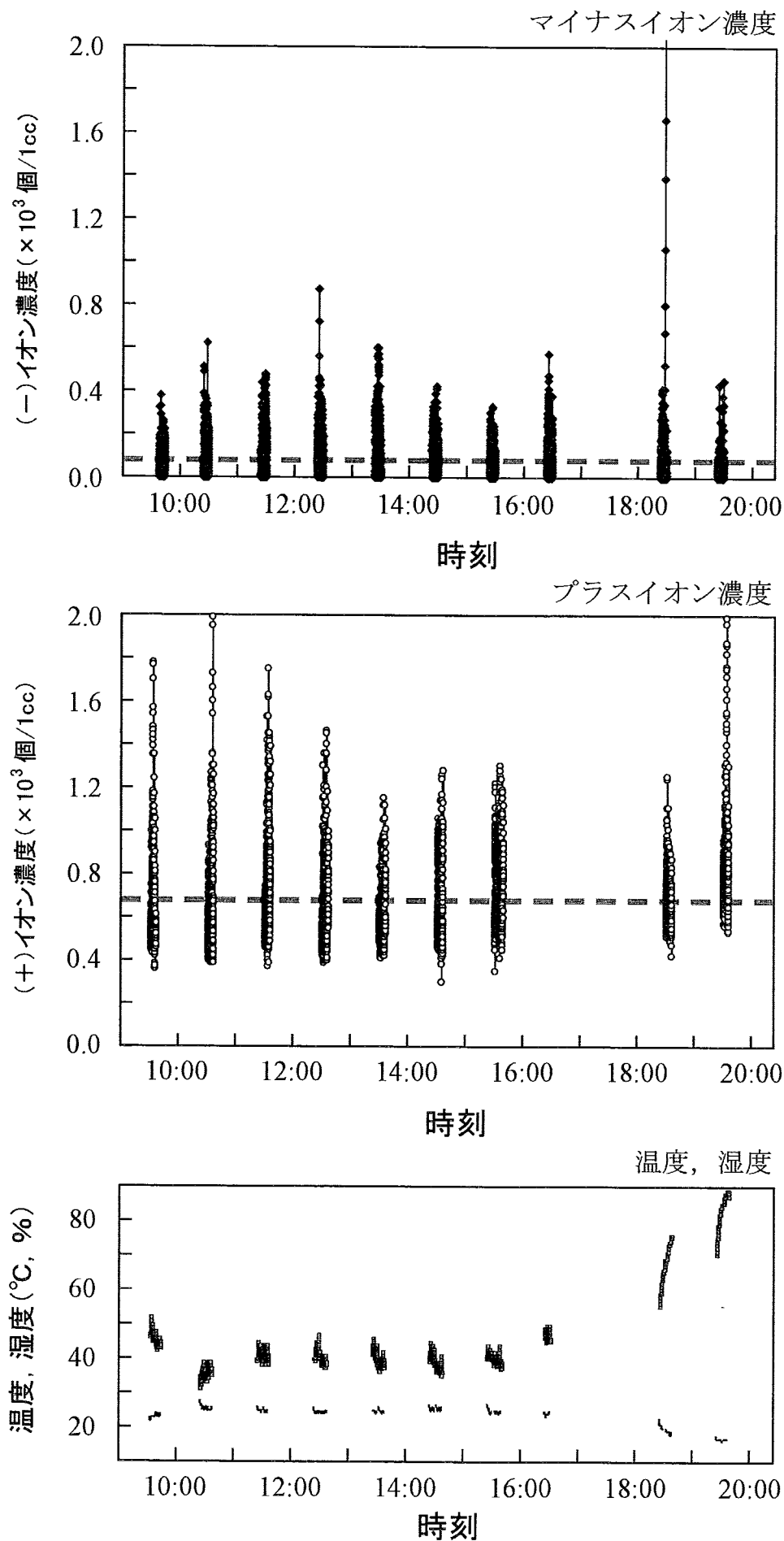


図3. 2004年4月21日に研究施設前庭で行った空気イオン濃度および温度・湿度の測定データ

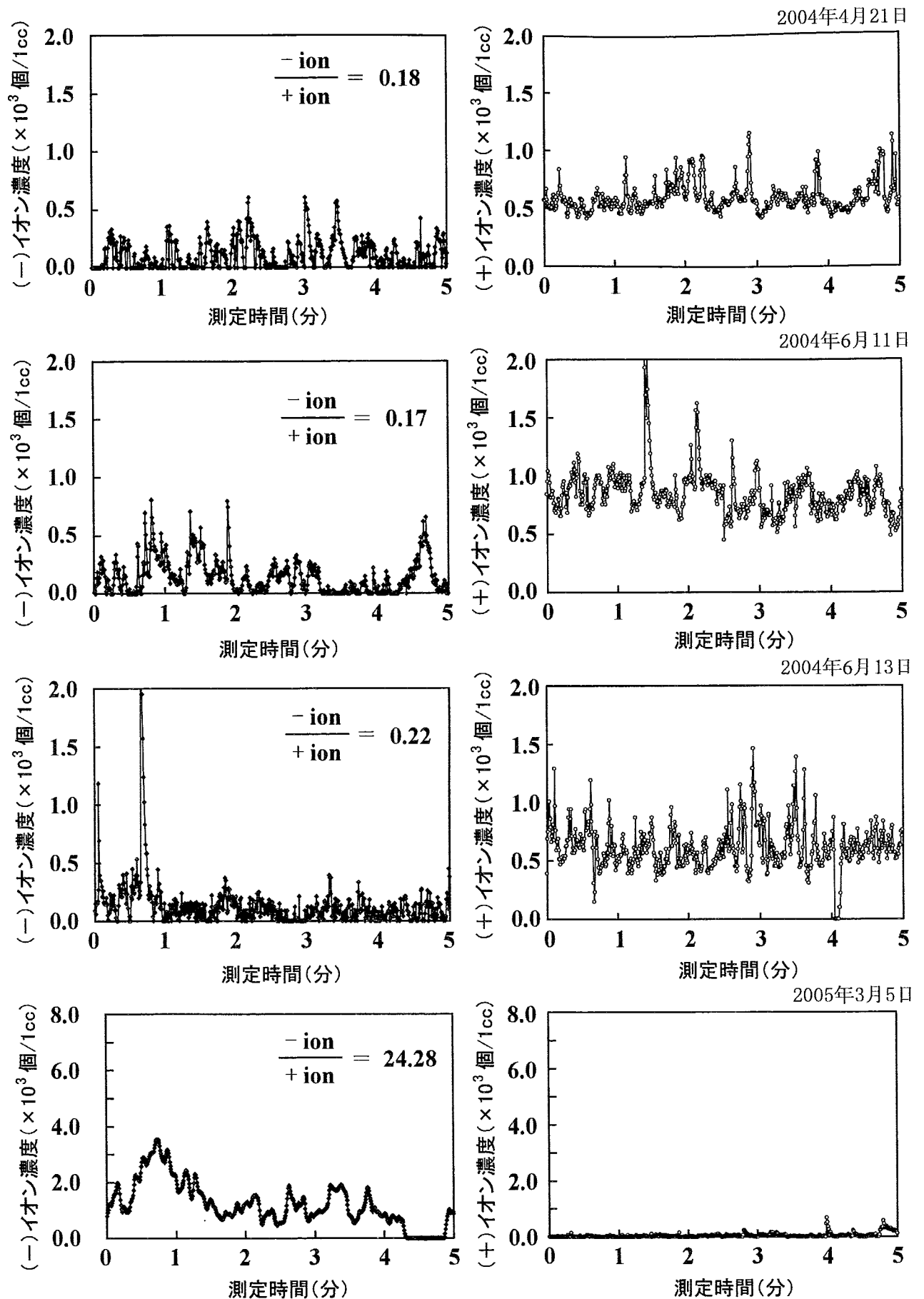


図4. 研究施設前庭で行われた空気イオン濃度の測定データ ただし、2004年4月21日のデータは、図3で示した13時台の測定データを引用している。

スケールで起こる現象であるのか、また環境変化は緩やかに連続的に起きているものなのか、あるいは急激に起きているものなのか、といった点については今後研究を進めていく上での課題としたい。

#### 4. 別府市街地における空気イオン濃度観測

地球熱学研究施設での定点観測によって、一日から数日程度の期間内であれば空気イオン濃度が示す傾向に大きな変化が無いことが確認されたので、次に別府の市街地における観測を行った。図1に観測地点を、表1に観測に関する諸データを示す。観測は別府南部の朝見川沿いのルートで行った。このルートは山側から海側にかけて、堀田温泉、観海寺温泉、別府温泉、浜脇温泉など別府八湯のうち四湯が位置しており、別府の中でも比較的温泉が多く分布している地域である。測定に際しては、測定装置(ITC-201A) 2台を同時使用することでプラスイオン・マイナスイオン濃度の同時測定を可能にし、1地点あたり5分間の測定を行った。また、各地点で得られるデータを評価する際の参照用データとして、地球熱学研究施設(BGRL)前庭における観測も行った。

別府南部ルートにおいて2005年3月5日と3月6日に測定された空気イオン濃度および気温(細線)・湿度(太線)の時間変動データを図5-1から図5-5に示す。観測を行った全ての地点において、マイナスイオン濃度がプラスイオン濃度よりも高く、多くの観測点で1000個/cc~4000個/ccの範囲内の値を取っていた。一方、プラスイオン濃度は概ね2000個/cc以下で、中には数十個/cc前後で濃度がほとんど変動しない観測地点もあった。このデータ全体に見られる傾向は、研究施設前庭(BGRL)で測定されたデータでも確認されており、観測が行われた2日間の別府地域における空気イオン環境が、大まかに見た場合には同じ状態にあったことを示唆している。

観測点毎の空気イオン環境には大きな違いは見られなかったが、BS-09、BS-11、BS-15などの観測点において湿度とプラスイオン濃度がほぼ同時に急増するという現象が見られた。この現象が最も顕著に現れているのがBS-09の地点である。測定が行われた5分間の間に4回(1分30秒過ぎ、2分、3分、4分過ぎ)湿度の急増が見られているが、ほぼ同時刻にプラスイオン濃度も急上昇していた。BS-11やBS-15に関しても同様で、湿度の急増に連動するようにプラスイオン濃度の増加が見られた。一方、マイナスイオンに関しては湿度の急激な変化に対応する濃度変化は明瞭ではなかった。BS-09ではプラスイオンと湿度が急増する時間帯にマイナスイオンの減少が見られたが、他の2点(BS-11、BS-15)ではこのような傾向は確認されなかった。

幾つかのデータに見られた湿度とプラスイオン濃度の増加という現象は、何が原因となって引き起こされたものなのであろうか。数秒~数十秒という短い時間内に湿度を数% (大きい場合では10%以上) 変化させる要因は通常は自然環境下では考えにくい。今回、湿度の急増が顕著に見られた3地点は測定器を設置した場所の近傍に温泉井があり、風向きの変化に応じて時折、測定器の設置場所周辺が湯けむりに巻かれることがあった。ごく短時間に起こった湿度の急変は、この湯けむりによってもたらされたものであると考えるのは妥当であり、そうであるとするならばプラスイオン濃度の急増と湯けむりの間にも何らかの関係があるのではないかと思われる。

#### 5. まとめ

温泉地における空気イオン環境が温泉の湯けむりによって、どの程度の影響を受けているのか調査するために、別府地域における観測を行った。別府市街地における多点観測および京都大学地球熱学研究施設で行われた定点観測の結果から以下のことが明らかとなった。

- (1) 空気イオン環境は一日~数日の期間内であれば比較的安定している。
- (2) 空気イオン環境は数ヶ月以上の時間スケールでは大きく変動している可能性が高い。

- (3) 別府南部地域における観測から、観測時期が同じであれば比較的広い範囲の空気イオン環境が平均的には同程度であることが確認された。
- (4) 幾つかの観測点において、湿度が急増する時間に連動するようなプラスイオン濃度の増加が見られ、湯けむりと空気イオン濃度の間には何らかの関係性が存在していることが示唆された。

今後も観測を継続して行い、別府地域における空気イオン環境の空間分布を明らかにしていきたい。今回の研究で分かった、空気イオン濃度に見られる長期変動や湯けむりとプラスイオン濃度の間に見られた関係についても平行して調査を進めていく予定である。また、今回の報告では測定した風速とエアロゾル濃度のデータについては触れなかった。これらのデータを用いたデータの解析についても今後進めていきたいと考えている。

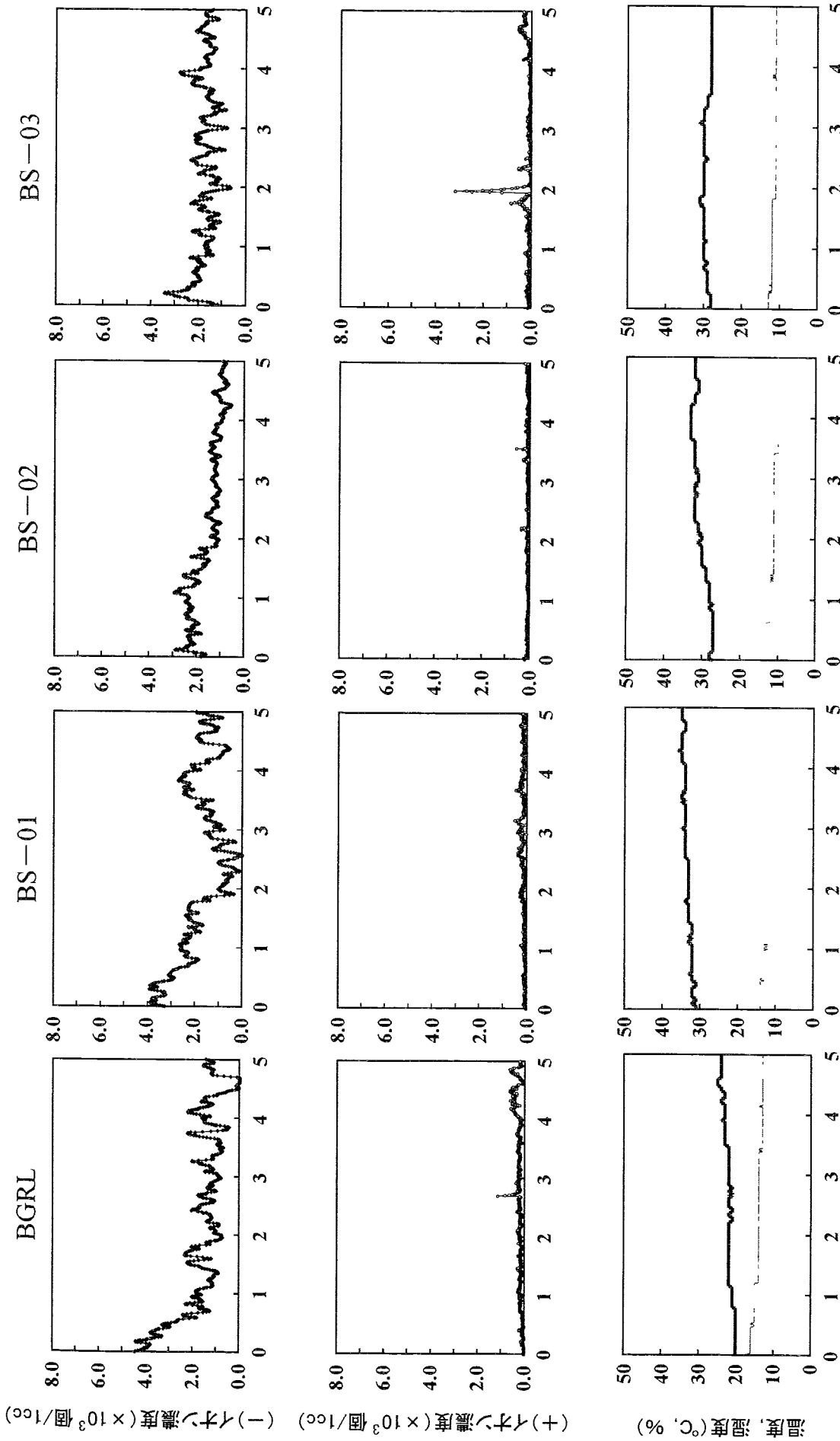
表1. 別府地域南部ルート観測点の空気イオン濃度の平均値および平均気温・平均湿度、風向・風速データ

測定日	測定点	測定地点名	測定開始時刻	平均気温 (°C)*	平均湿度 (%)*	風向	風速 (m/s)**	-イオン濃度 (個/cc)***	+イオン濃度 (個/cc)***	(-Ion)/(+Ion)
2005/3/5	BGRL	研究施設前庭	9:59	13.9	21.0	—	0.0	1560	205	7.6
2005/3/5	BS-01	別府中央魚市場	9:44	11.4	33.3	—	0.0	1789	122	14.7
2005/3/5	BS-02	浜脇セントピア	11:05	10.2	30.0	東	3.7	1491	51	29.2
2005/3/5	BS-03	南小学校	11:27	10.7	28.6	西	2.0	1731	133	13.0
2005/3/5	BS-04	朝見神社鳥居前	11:47	11.6	25.2	西	1.0	2185	461	4.7
2005/3/5	BS-05	山本病院横	12:06	10.9	32.7	西～北	1.0	1503	124	12.1
2005/3/5	BS-06	西小学校	12:23	9.8	32.4	西	3.5	1442	126	11.4
2005/3/5	BS-07	ラクテンチ駐車場	12:46	11.2	27.2	北	1.0	2384	354	6.7
-----										
2005/3/6	BGRL	研究施設前庭	10:03	13.9	18.3	—	0.0	2907	434	6.7
2005/3/6	BS-08	扇山浄水場入り口	10:27	11.5	21.4	西	1.7	2946	266	11.1
2005/3/6	BS-09	市営堀田温泉源泉	10:44	10.0	28.1	西	3.0	2926	569	5.1
2005/3/6	BS-10	高速高架下	11:02	8.8	31.4	西～北	3.3	1869	215	8.7
2005/3/6	BS-11	堀田温泉	11:24	12.1	27.4	北	2.2	2026	398	5.1
2005/3/6	BS-12	海雲寺上	11:47	13.3	21.6	西～南	2.2	2087	277	7.5
2005/3/6	BS-13	スギノイ駐車場	12:01	12.8	21.9	西	1.1	3140	1119	2.8
2005/3/6	BS-14	観海寺温泉	12:19	12.5	26.9	東～南	2.5	2770	1101	2.5
2005/3/6	BS-15	杉の井地熱	12:36	10.8	31.4	東～南東	1.6	2335	121	19.3
2005/3/6	BS-16	九尾温泉	12:57	13.0	24.8	南西	1.1	2372	537	4.4
2005/3/6	BS-17	トキハ駐車場	13:09	14.2	21.4	北西～西	1.7	1589	685	2.3

\* 平均気温, 平均湿度は測定を行った5分間のデータの平均値

\*\* 風速は30秒間の平均風速

\*\*\* プラス・マイナスイオン濃度は測定を行った5分間の平均値



測定時間 (分)

図5-1. 別府地域南部ルートにおける観測データ (2005年3月5日測定)

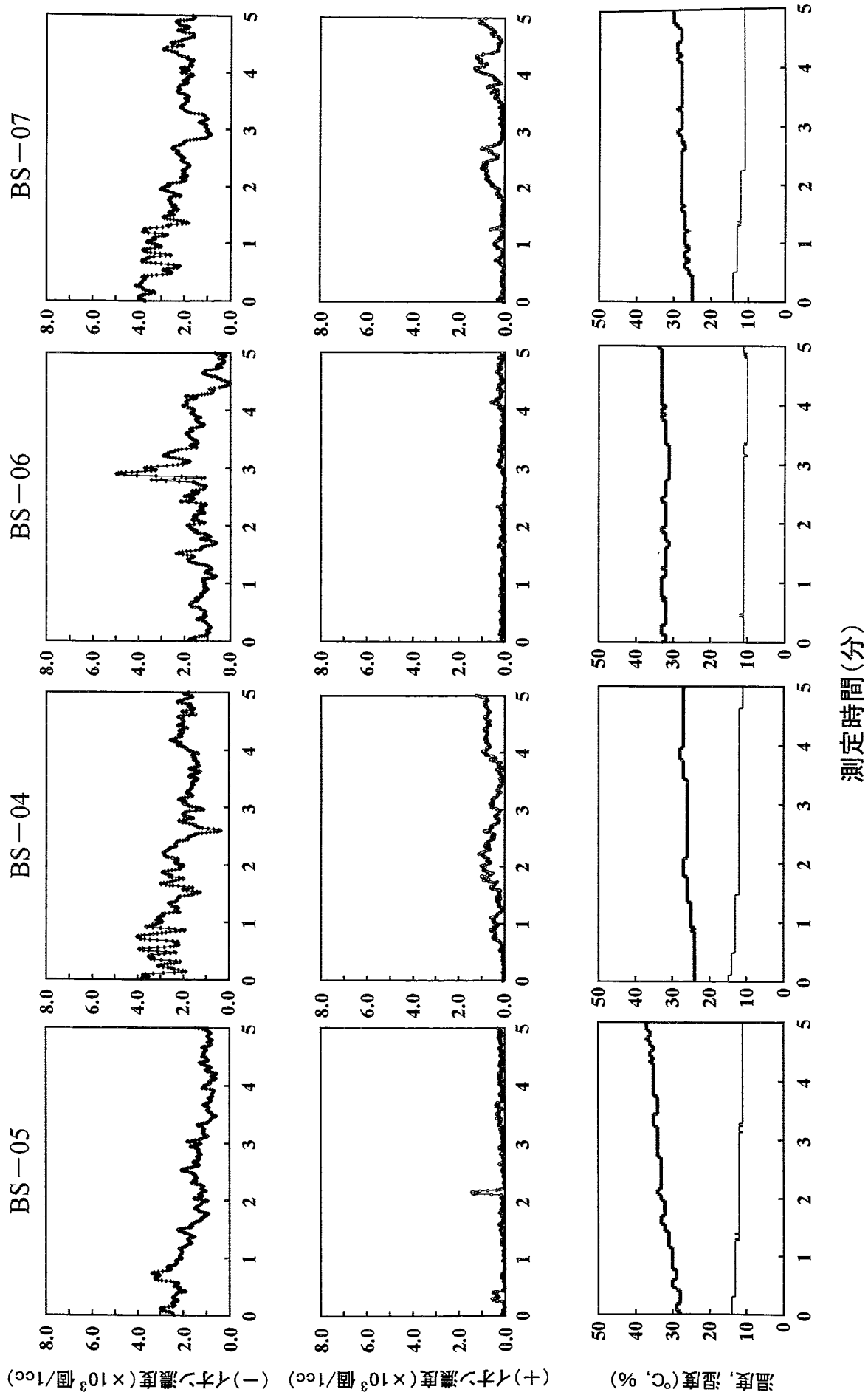
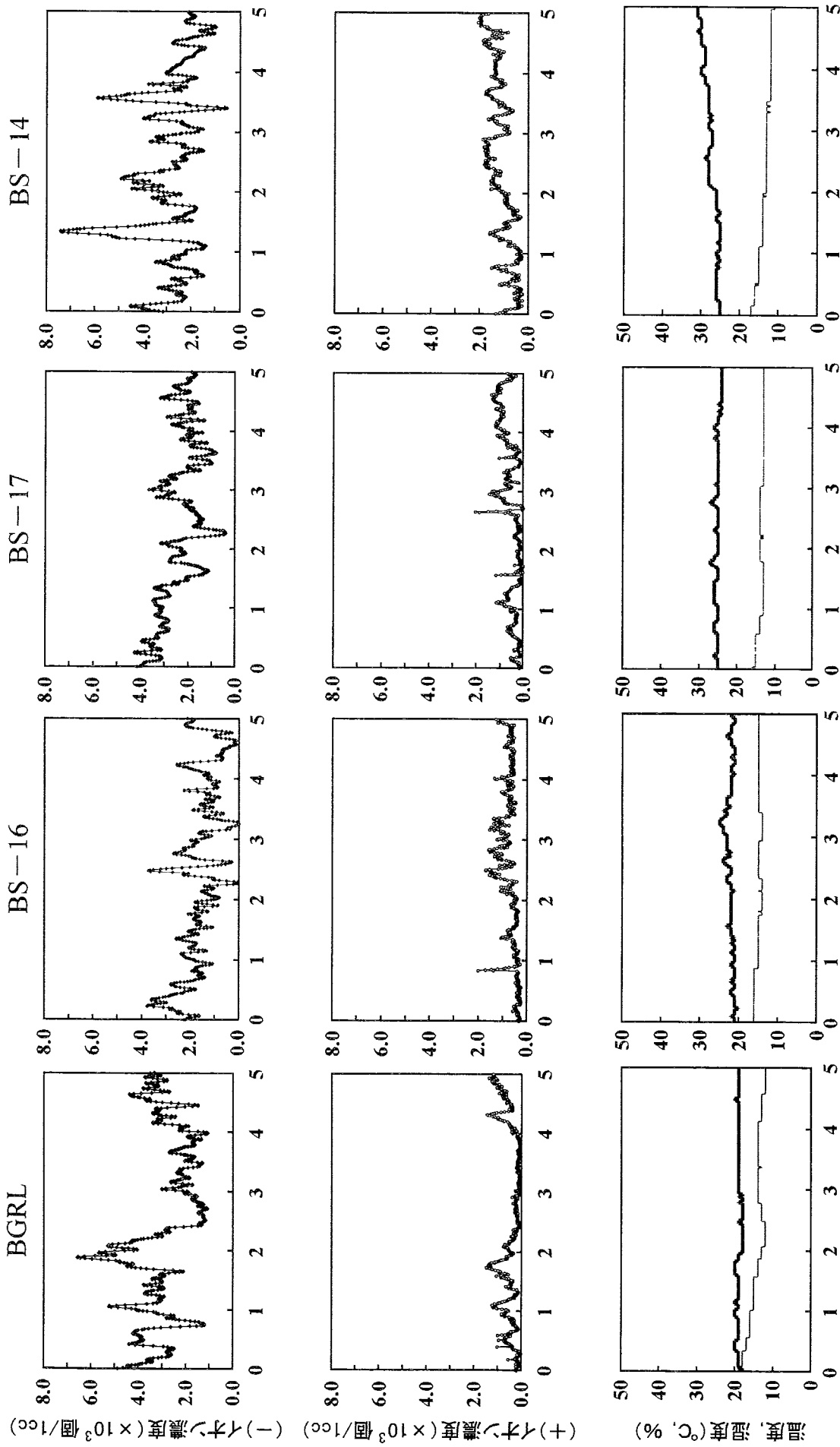


図5-2. 別府地域南部ルートにおける観測データ (2005年3月5日測定)



測定時間(分)

図5-3. 別府地域南部ルートにおける観測データ (2005年3月6日測定)

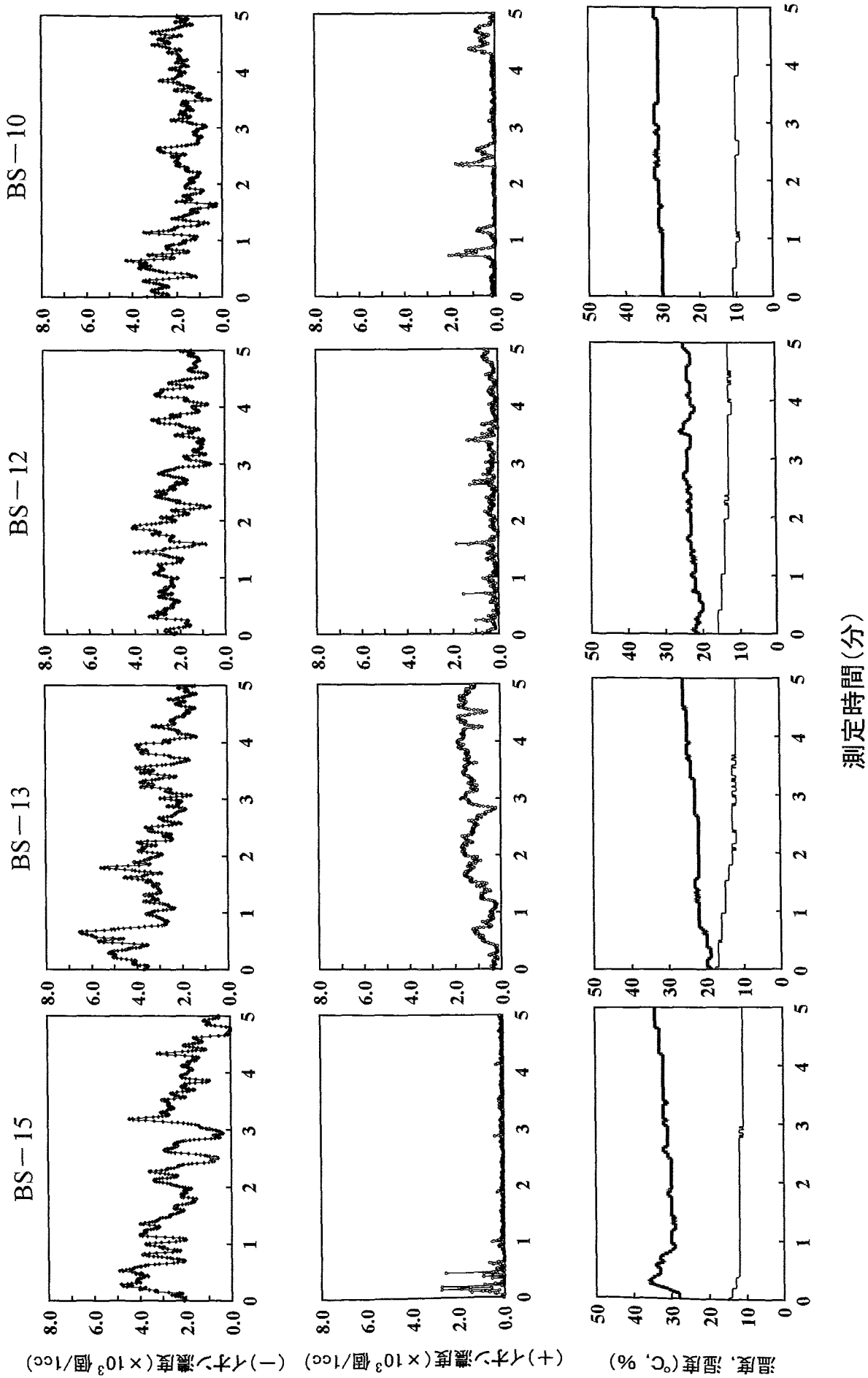


図5-4. 別府地域南部ルートにおける観測データ (2005年3月6日測定)



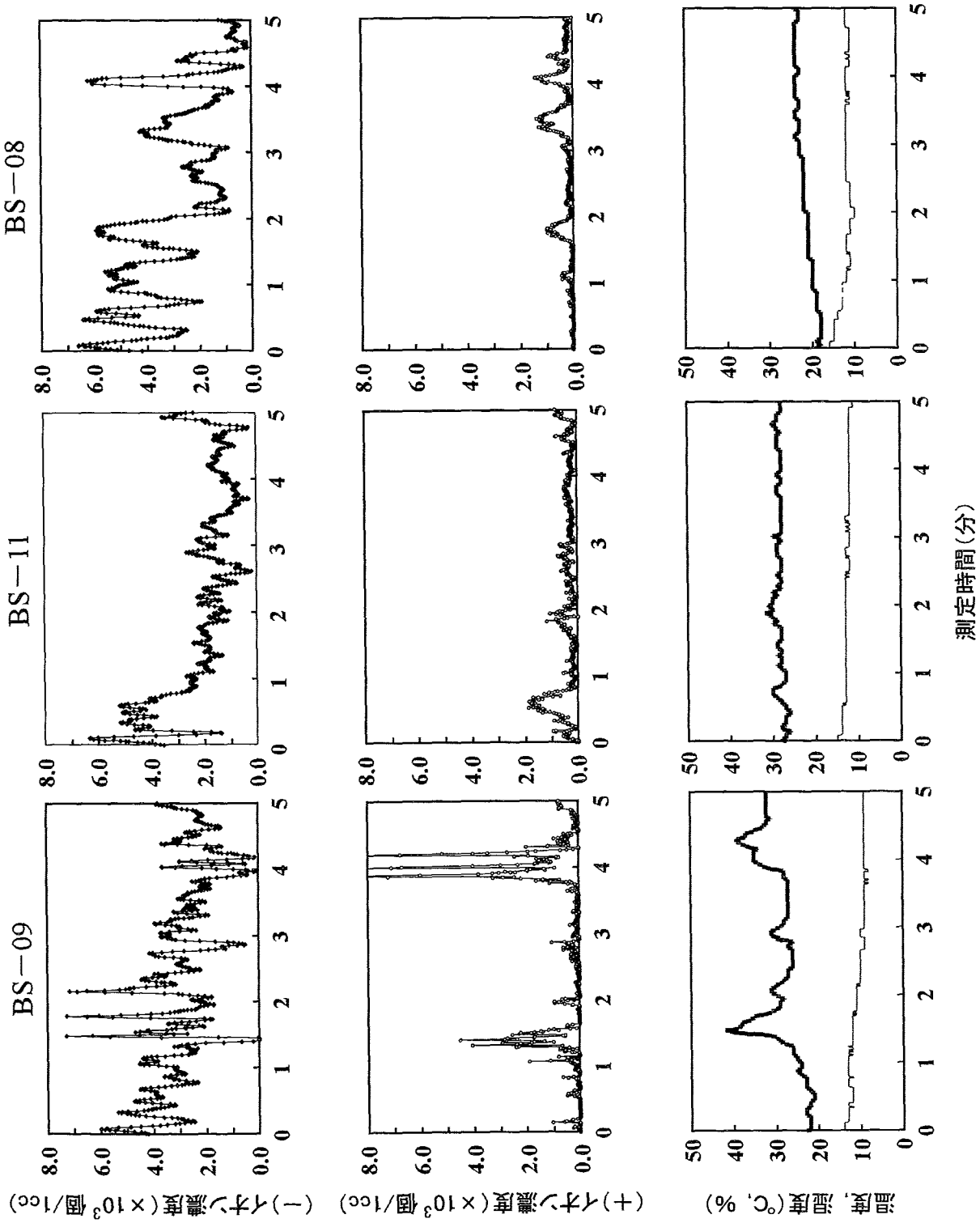


図5-5. 別府地域南部ルートにおける観測データ (2005年3月6日測定)

### 参考文献

- Colbeck, I. Edited, (1998) : Physical and chemical properties of aerosols, Blackie academic & professional, 465p.
- 本間克典 編著 (1990) : 実用エアロゾルの計測と評価、技報堂出版、310p.
- 北川信一郎 編著 (1996) : 大気電気学、東海大学出版会、200p.
- 日本大気電気学会 編 (2003) : 大気電気学概論、コロナ社、237p.
- 大分県生活環境部生活環境課 (2001) : 大分県温泉管理基本計画.
- 琉子友男、佐々木久夫 編著 (2003) : 空気マイナスイオン実用ハンドブック — バイオ・農畜産・医療・環境生理、491p.
- 高橋幹二 (2003) : エアロゾル学の基礎、森北出版、221p.

# 大分平野のボーリングコア解析

—大分平野における沖積層の層相と年代—

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

大分大学教育福祉科学部

千田 昇

応用地質株式会社

松山 尚典

## 要 旨

大分平野西部の府内地区で掘削された不攪乱ボーリングコア試料には、標準的な沖積層層相がみられた。層序は碩南層群・大分層群を基盤として、最下部泥炭層、下部砂礫層、下部砂層、中部泥層、上部砂層、上部砂礫層、最上部泥層である。このコアの解析から、海進の時期や堆積物、鬼界アカホヤ (K-Ah) 火山灰の層準等の情報が得られた。

大分平野のいわゆる沖積層については、坂本ほか (1964) に始まり、日高 (1967)、首藤・日高 (1971)、千田 (1987) などの報告があるが、基盤を含む地質構成の詳細な記述はされていない。今回、文部科学省 (旧科学技術庁) の地震関係基礎調査交付金による活断層調査として、平成10年 (1998年) から同13年 (2001年) にかけて大分県により実施された大分市内の伏在活断層の調査により、大分平野を構成する、いわゆる沖積層の全層準についての不攪乱状態のコアを得ることができた。本報告では、このコアをもとに、沖積層の標準的な堆積相について記述する。

### 1. 調査地点

活断層の調査は、大分市内の複数の地点で実施されたが、ここで記載するボーリングコアの掘削地点は、大分市荷揚町の大分城址公園の中である (図-1 ; 北緯33度14分23秒, 東経131度36分46秒)。この付近では、伏在する活断層の位置を追跡するために、ほぼ南北の直線的な測線を設定し、間隔10m以下で群列ボーリングを実施した。

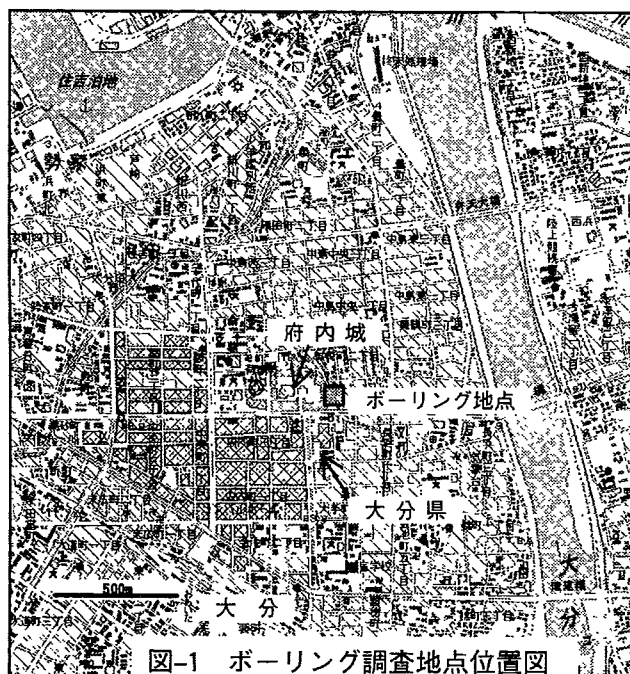


図-1 ボーリング調査地点位置図

## 2. “沖積層”の区分と層相

コアの層相は、上位から順に、次のように区分される。区分名称は、基本的に千田(1987)に従った。図-2に、活断層の上がり側の代表的なボーリングコア(No.4)の柱状図を示す。

①盛土・埋土 : 細礫混じりのシルト～砂層から成る。府内城築城時の“帯曲輪”の盛土である。現表面の下、深度1.4～1.8mまで分布する。

②最上部泥層 : 腐食質シルト～粘土層から成る。府内城築城前の原地形(古地図)から、旧湿地(芦原状態と推定される)の堆積物と推定される。ほとんど炭化していない、“生”の芦が頻繁に混入している。層厚は、1～1.4mである。堆積年代※は、1,100年～1,550年前。

③上部砂礫層 : 安山岩礫ないし軽石混じりの粗粒砂～中粒砂を主体とし、厚さ1～2mないしそれ以下の泥炭層を挟む。伏在活断層の落ち側と上り側では、構成する層相と層厚が異なり、活断層の落ち側では、泥炭層が発達する。上半部の砂層は、主として安山岩礫を含むのに対し、下半部の砂層は、軽石礫を特徴的に含む。層厚は、5～10mである。河口付近の河川流路ないし流路外の湿地の堆積物と推定される。泥炭層の年代は、2,350～3,000年前。

④上部砂層 : 細粒砂～シルト質砂層から成る。平行葉理(一部は斜交葉理)が発達する砂層で、貝化石が点在する。コアでは厚さ30cm～1m程度の複数の上方細粒化ないし上方粗粒化ユニットがみられ、これはフォアセット構造の中のサブユニットと考えられる。層厚は、10m～約13mである。活断層の落ち側で、層厚が大きく、下限標高も低い。下位の中部泥層が、上方へ粗粒化しながら、漸移的に本層へ移化する。海側へ前進する三角州の堆積物である。貝化石の年代は、5,500～6,000年前。

⑤中部泥層 : 中部泥層は、海成の粘土層で、鬼界アカホヤ(K-Ah)火山灰層を境に、上部と下部に区分される。上部は、シルト質粘土～砂質シルト層から成る。暗灰色を呈する平行葉理の発達したシルト質粘土層であり、貝化石を含む。下部には、K-Ah火山灰由来の火山ガラス粒子が多く含まれる。④上部砂層との境界付近では砂分の含有量が、下部に比べてやや多い。貝化石の年代は、5,800～6,300年前。鬼界アカホヤ(K-Ah)火山灰層は、厚さ1m程度の灰白色の

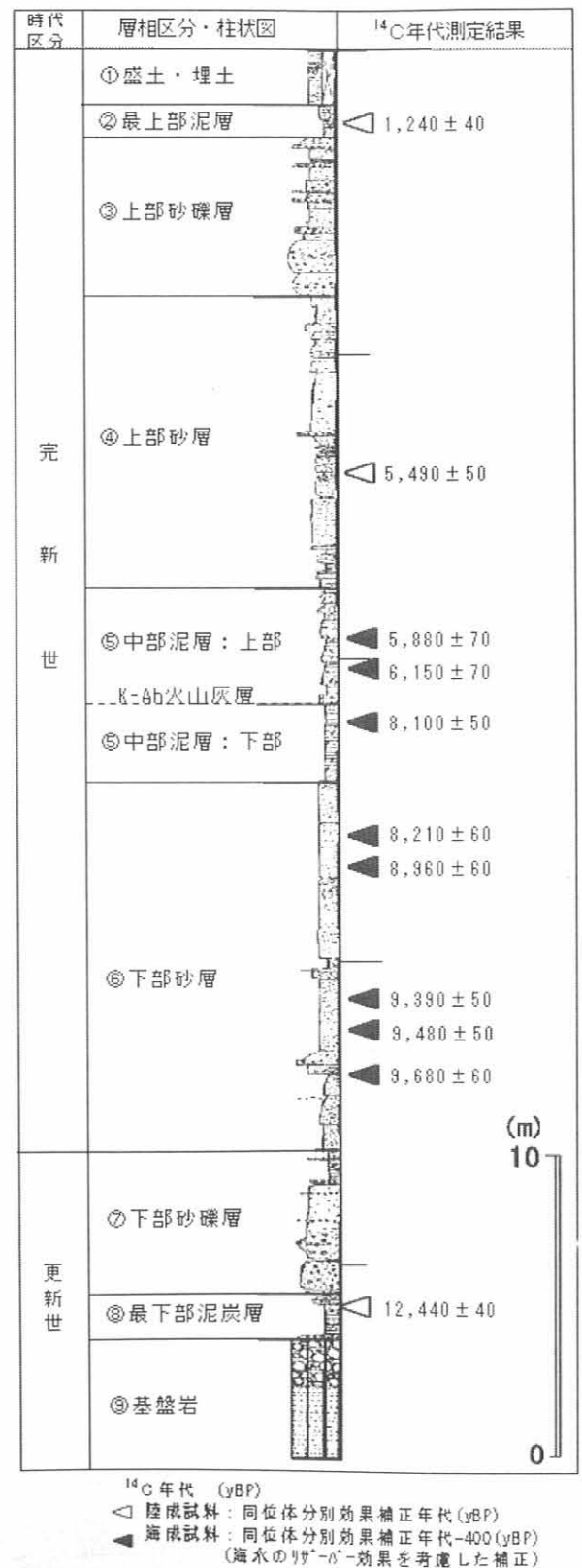


図-2 代表的な“沖積層”の層相

※活断層の影響を受けていない、断層の上がり側のボーリングコア

ガラス質火山灰層で、平行葉理が発達し、生痕（単穴）化石が密集している。最下部の20～30cm区間は、シルト質粘土、細粒砂、細礫サイズの軽石が互層をなす（図-3参照）。本層は、南西諸島の薩摩硫黄島付近の鬼界カルデラから、約6,300年前<暦年代では、7,300年前（町田・新井，2003）>に噴出した火山灰である。下部は、シルト質粘土～砂質シルトから成る。上部のシルト質粘土と同様の層相であるが、K-Ah火山灰層由来の火山ガラスは含まれない。多くの貝化石を含む。含有量は上部ユニットより多い。貝化石の年代は、7,900～9,000年前。

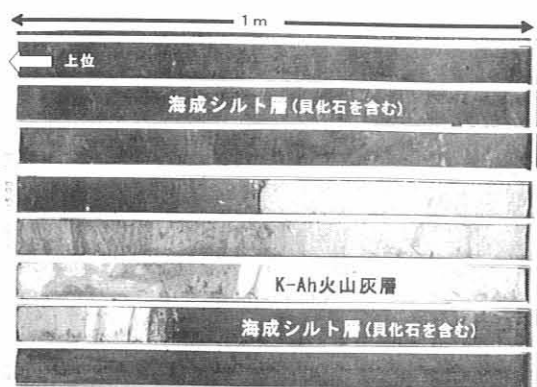


図3 コアに出現したK-Ah火山灰層

⑥下部砂層：貝化石を含む礫混じり粗粒砂～細粒砂層から成る海成砂層である。上方へ細粒化し、中部泥層への層相変化は、漸移的である。最下部は、泥質偽礫を含む淘汰の悪い砂礫層を伴う侵食面となっている。層厚は、10m前後である。貝化石の年代は、9,000～10,000年前。

⑦下部砂礫層：上部は、層相50cm程度で泥炭と細粒砂層が、ラミナ状の互層をなす。下部は、安山岩の垂円礫を含む粗粒砂層である。全体に上方へ細粒化するユニットを形成している。層厚は5m前後である。上部砂礫層と同様に、陸上の河川の堆積物である。泥炭の年代は、10,000年前頃。

⑧最下部泥炭層：黒褐色の泥炭質シルト～粘土から成る。最下部には、厚さ数cmの基底礫層を伴い、基盤岩の直上に不整合面を介して分布する。非常に締まっており、ボーリングコアでは、半固結状態である。陸上の湿地の堆積物である。泥炭の年代は、12,000年前頃。

⑨基盤岩：礫岩、シルト岩、砂岩等から成る。断層上がり側のコアは、メタセコイア属の花粉を含むが、断層落ち側のコアは、メタセコイアをはじめとするスギ科の花粉を全く含まない。大西(1965)、野井(1985)の花粉分帯に照らすと、上がり側の地層は硯南層群に、落ち側の地層は、それより若い大分層群に対比される。

## 文献

- 千田 昇(1987) 大分平野西部の完新世における地形発達. 地理評, 60, 466-480.
- 日高 稔(1967) 試錐による大分市中心部の第四紀層の研究, 応用地質, 9, 51-61
- 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.
- 野井英明(1985) 大分市における更新統の花粉層序学的研究. 九大理研報(地質), 14, 129-142.
- 大西郁夫(1965) 大分市における硯南・大分層群の花粉分析. 第四紀研究, 4, 208-216.
- 坂本 亨・尾原信彦・安藤高明・相原輝雄・川辺昌樹・金井孝夫(1964) : 大分・鶴崎・杵築地区の地下構造調査報告書, 地質調査所, 38p.
- 首藤次男・日高 稔(1971) 大分地方の沖積層、とくにその造構的背景について. 九大理研報(地質), 11, 87-104.



# 両子山火山の地球化学的研究

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設  
柴田 知之

## 要 旨

国東半島に位置する両子山火山のマグマの起源解明を目的に、10試料の溶岩を採取し顕微鏡観察を行い、風化作用を被っていないと考えられる1試料を選定し、その微量元素およびPb同位体組成を求めた。微量元素組成は先行研究による姫島火山群の火山噴出物の組成と類似し、Pb同位体組成は中央海嶺玄武岩の組成に近いことが明らかになった。また、Sr/Y比から両子山のマグマの起源物質には沈み込む海洋地殻の部分熔融液が関与している可能性があることが示唆された。さらに、従来NbやZrの組成から北部九州で指摘されている海洋島玄武岩型のマンツルの寄与は、Pb同位体組成からは観察されなかった。

## 1. はじめに

両子山火山は1.1~1.5 Maに活動した国東半島中心部に位置する火山で、その噴出物は国東半島ほぼ全域に広く分布している (e.g. 鎌田ほか, 1988; Kamata, 1998)。また、国東半島北方約4 kmでは、両子山火山より若い時期に姫島火山群が活動している。当地域は沈み込むフィリピン海プレートが水平方向で屈曲している地点であるため、両子山火山のマグマ起源の研究は、大山をはじめとする西南日本弧の火山と九州弧の火山のマグマ起源の違いを解明する上で重要であると考えられる。そこで、両子山火山噴出物の採取を行い、顕微鏡観察の後、微量元素およびPb同位体組成の分析を行った。

## 2. 試料および分析方法

試料は図1に示した地点から計10個の溶岩を採取した。すべての試料を顕微鏡観察した結果、肉眼では新鮮に見える試料でもそのほとんどが二次的な炭酸塩鉱物等を含み、かつ、角閃石が分解した、変質を示す特徴が観察された。しかしながら、試料0120504は、二次鉱物もほとんど観察されず、角閃石の分解の程度も低かったため、これを微量元素およびPb同位体組成分析用の試料とした。

分析はすべて京都大学理学研究科地球熱学研究施設で行った。微量元素組成は蛍光X線分析計 (RIGAKU 3870) でShibata et al. (in preparation) の方法で測定した。また、Pb同位体は表面電離型質量分析計 (MAT 262) で、Miyazaki et al. (2003) の方法に従い測定した。Pbの標準物質NIST 981の繰り返し測定精度は $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ でそれぞれ0.024%、0.028%、0.032%であった(n=10)。

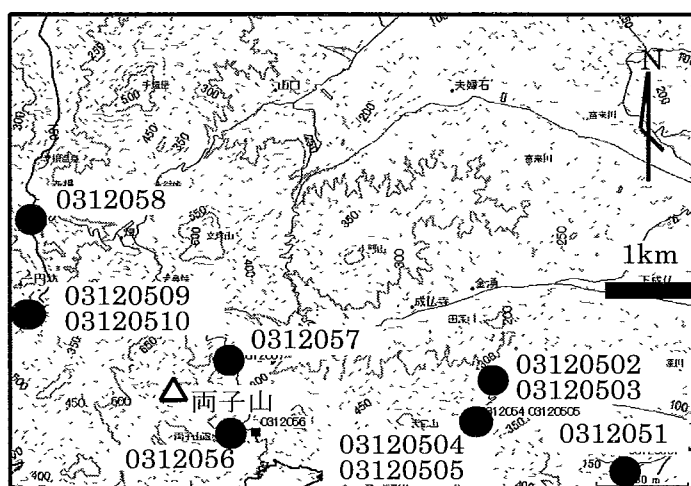


図1. 試料採取地点

### 3. 結果

微量元素組成の結果を図2に、Pb同位体組成を図3に示した。今回測定した試料の始源マントル規格化パターンは、中央海嶺玄武岩 (MORB) と比べ、マグマに濃集し易い元素 (液相濃集元素) に富み、かつNbに負の異常が認められる。これは、一般的な沈み込み帯のマグマに特徴とよく類似し、海洋等玄武岩 (OIB) とは異なる (図2)。また、両子山火山の近傍に位置する姫島火山群の微量元素組成 (伊藤, 1990) の始源マントル規格化パターンは、Nbの負の異常を持つグループとSrとZrに乏しいグループの2つに別れ、前者が両子山と非常に良く似た一方パターンを示す。一方、両子山のPb同位体組成はMORBの領域近傍にプロットされ、かつ、MORB型マントルと沈み込む海洋プレートから脱水反応により放出された流体相の混合物を起源物質とする東北日本のマグマ (Shibata and Nakamura, 1977) の示す傾向からは外れている。このずれは下部地殻の方向に向いているようにも見える。

### 4. 考察

両子山の微量元素組成は、始源マントル規格化パターンで見ると、一般的な沈み込み帯のマグマに特徴とよく類似しているが、その絶対量は沈み込み帯のマグマより高い。また、沈み込み帯マグマのZr/Nb比は約30 (Shibata and Nakamura, 1997) であるのに対し、両子山では約14と著しく低い値を示す。OIBも低いZr/Nb比 (約7) を示すことから、この特徴は九州北部においてこれまで指摘されていたOIB型マントル (e.g. Nakada and Kamata, 1985) が、両子山の下にも存在する可能性が示唆される。しかしながら、Pb同位体組成を見ると (図3)、両子山のデータはMORBの領域からやや下部地殻の方向にずれた位置にプロットされ (図3)、OIB型マントルの存在は認めることができない。一方、両子山のSr/Y比は約30で一般的な沈み込み帯マグマの示す範囲と比べやや高い (図4)。この傾向は姫島ではさらに著しく、姫島のデータの多くはアダカイトと呼ばれる岩石の領域にプロットされる (図4)。一般的な沈み込み帯においては、沈み込む海洋プレートが脱水反応を起し流体相を上位のマントルウェッジに付加するが、アダカイトとは海洋プレートが部分熔融を起し液相をマントルウェッジに付加することで形成されると

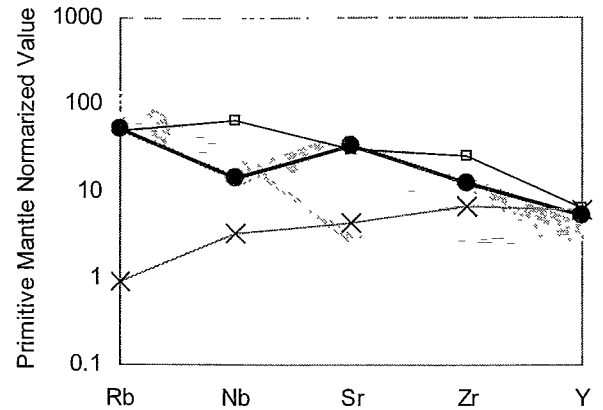


図2. 微量元素組成の始源マントル規格化図。本研究結果は太実線と黒丸で示した。クロスはMORB、白四角はOIB、灰色実線は姫島の規格化パターンである。データはSun and McDonough (1989)と伊藤 (1990) をもちいた。

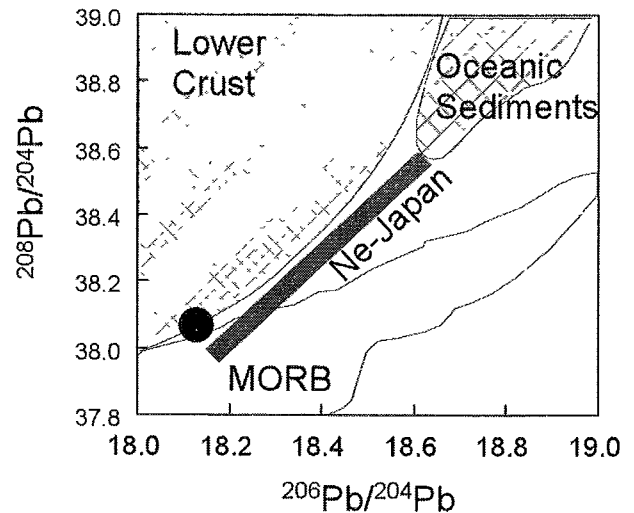


図3. 両子山火山のPb同位体組成。MORB, Oceanic Sediment, 東北日本弧 (Ne-Japan) の領域は、Shibata and Nakamura (1997) による。

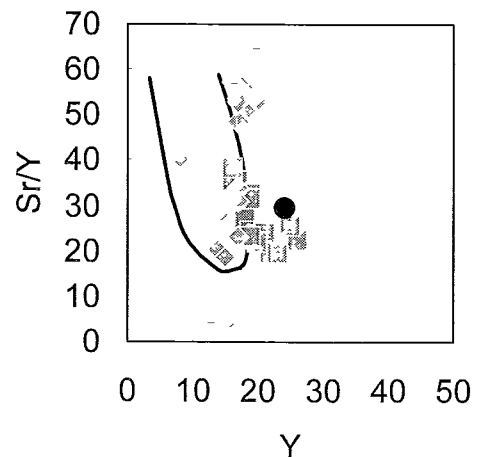


図4. Y vs. Sr/Y 比変化図。本研究結果は太実線と黒丸で、灰色ダイヤモンドは姫島のデータ (伊藤, 1990)。太実線の領域はアダカイト、細い実線の領域は一般的な沈み込み帯のマグマの示す領域 (Defant and Drummond, 1990)。



考えられている (Defant and Drummond, 1990)。したがって、フィリピン海プレートの水平方向の屈曲部近傍の国東半島直下では、沈み込んでいるフィリピン海プレートが部分溶融している可能性がある。

## 5. まとめ

- 1) 両子山の微量元素組成の始源マントル規格化パターンは、一般的な沈み込み帯マグマと類似し、近傍の姫島火山群の火山噴出物の組成と酷似類する。
- 2) Pb同位体組成は中央海嶺玄武岩の組成に近く、従来NbやZrの組成から北部九州で指摘されている海洋島玄武岩型のマントルの寄与は観察されなかった。
- 3) Sr/Y比から両子山のマグマの起源物質には沈み込む海洋地殻の部分溶融液が関与している可能性があることが示唆された。

## 謝辞

この研究を進めるにあたり、京都大学の芳川雅子博士、海洋研究開発機構の高橋俊郎博士・宮崎隆博士・米沢由佳氏・Bogdan Vaglarov氏のご協力をいただいた。記して感謝いたします。

## 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.
- Kamata, H. (1998), Quaternary volcanic front at the junction of the Southwest Japan Arc and the Ryukyu Arc. *J. Asian Earth Sci.*, 16, 67–75.
- 鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博 (1988), 中部九州—中国地方西部の火山フロントの形成年代. *月間地球*, 10, 568–574.
- Nakada and Kamata (1985), Temporal change in chemistry of magma source under Central Kyusyu, Southwest Japan: Progressive contamination of mantle wedge, *Bull. Volcanol.*, 53, 182–108.
- Shibata and Nakamura (1997), Across arc variations of Pb, Sr and Nd isotopic compositions from Quaternary basaltic rocks in northern Japan: implication for interaction between subducted oceanic slab and wedge mantle, *J. Geophys. Res.*, 102, 8051–8064.
- Sun and McDonough (1989), Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, *Magmatism in the Ocean Basins (Saunders and Norry, eds)*, 42, 313–345.



# 自然電位法を用いた鍋山・明礬地域の熱水調査

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

長谷英彰

## 要 旨

鍋山・明礬地域の地下の熱水活動を調査する目的で自然電位分布を調査した。今回の調査範囲では通常地熱地域で見られるような特徴的な自然電位異常はみられなかった。しかし必ずしも熱水活動がないというわけではなく、(1)鍋山地域の地熱活動域の中心が深部にある、(2)地下の熱水が強酸性のため自然電位異常として検出が困難であった、(3)鍋山・明礬地域の熱水活動域が広域的に存在している、などの理由により今回の測定では地熱地域にみられるような特徴的な自然電位プロファイルが得られなかった可能性が考えられた。

## 1. はじめに

別府温泉は源泉数約2,800ヶ所、湧出量約50,000 tの温泉地であり、湯量が豊富なことで世界的にも有名である。しかし近年の大型温泉施設の開発や、いわゆる「垂れ流し温泉」の人気増加にともなって、湯量豊富な別府温泉といえども温泉資源の枯渇問題が進行しつつあると推測される。このような問題に対処していくためには、まず源泉地域の地下に存在する地熱貯留層の状態を把握し、現在或いは将来に渡って供給可能な温泉資源の保有量を見積もることが重要である。

熱水などの地熱貯留層を把握するには、物理探査法を用いた調査が有効である。特に近年、地下の熱水流動の推定法として自然電位を用いた探査が地熱地域や活動的な火山で行われるようになってきた。これまで地熱地域や活動的な火山では特徴的な自然電位異常が多数観測されており（例えば、有珠山： $+400\text{mV}$  [Nishida and Tomiya, 1987]、三宅島： $+800\text{mV}$  [Sasai et al., 1997]、雲仙： $+1000\text{mV}$  [Hashimoto and Tanaka, 1995]、阿蘇山： $+800\text{mV}$  [Hase et al., in press]）、一般的に地下の熱水上昇に伴った流動電位によって形成されたと解釈されている。最近では数値計算による自然電位と熱・流体のシミュレーションが行われるようになり、具体的に地熱流体量が見積もれるようになってきた（例えばIshido and Pritchett, 1999）。

本研究では別府温泉の中でも地熱活動が活発な別府鍋山・明礬地域の地下の熱水活動域の空間分布を把握することを目的として、熱水活動の評価に有効な自然電位法を用いたフィールド調査を行った。

## 2. 測定概要

測定は鍋山温泉から明礬温泉を結ぶ道路沿いで行った（図1）。測定間隔は100m（一部50m）で行い、今回の測定総数は26地点である。測定に用いた電極は、分極が起りにくい平衡電極の一種である銅-硫酸銅電極（ $\text{Cu}-\text{CuSO}_4$ ）を用いた。自然電位の測定方法には、2つの電極を交互に移動させていく方法（尺取り法）と、1つの基準電極から測線を伸ばしてもう一方の参照電極で測定する方法（全電位法）があるが、本研究では測定誤差の蓄積が少ない後者の測定方法を用いた。各測定点では、局所的な異常を避けるために約5 cmから10 cmの深さに掘った3ヶ所以上で測定を行い、平均値を測定データとした。測定には10M $\Omega$ 入力インピーダンスのデジタルテスターを使用した。また九州地域には22.2KHzのVLF電波が卓越しており、測定に使用する電線がアンテナとなりVLF電波がノイズとして測定値に影響を与える可能性がある。そのためVLF電波のノイズの影響を取り除くためのCRフィルターをデジタルテスターの入力部に設置した。また電極と大地の接地抵抗を軽減させるため、電極と大地の間に粘

土鉦物であるベントナイトを使用した。



図-1 自然電位測定点

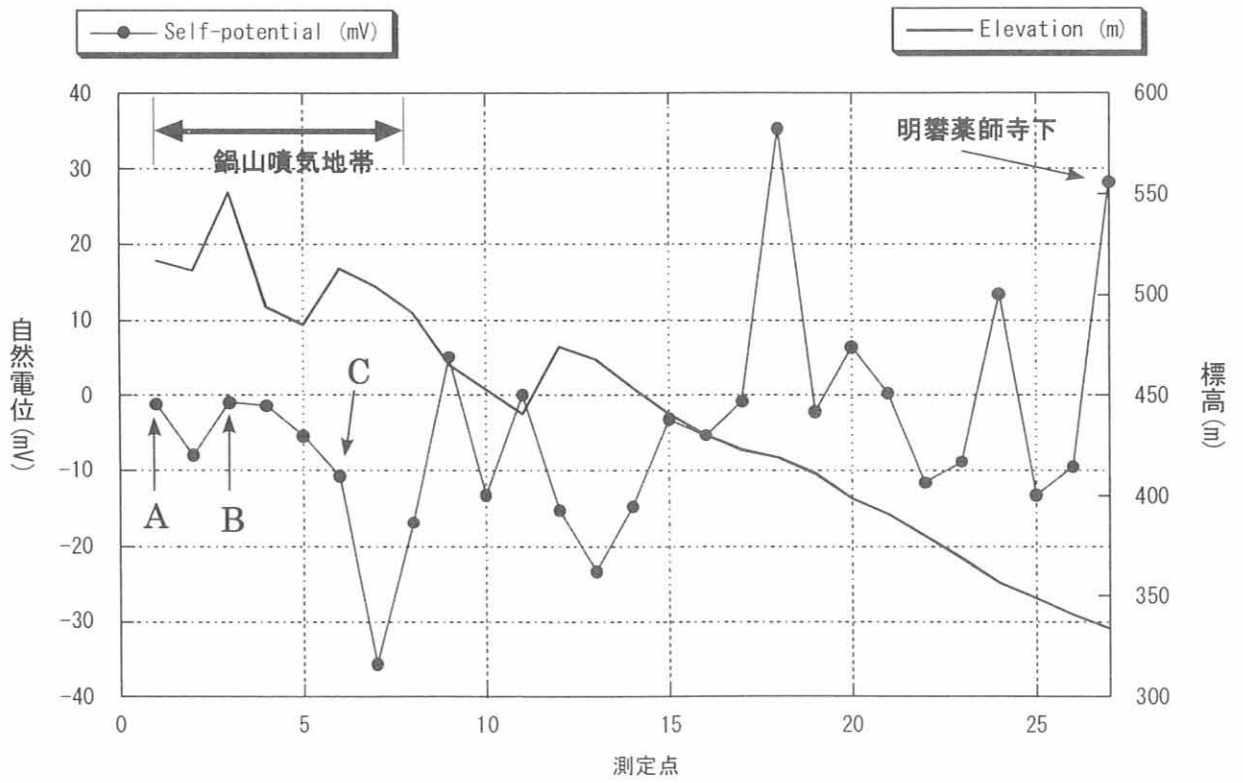


図-2 鍋山・明礬地域の自然電位

### 3. 測定結果

測定結果を図2に示す。今回測定した自然電位分布をみると、全体的にあまり変化が見られなかった。自然電位値の振幅差は最大で約70mVであったが、全体的に変化はおよそ±20mVぐらいであった。特に地熱活動が活発である鍋山噴気地帯（写真1、2、3）では地熱活動による地下の熱水上昇の存在が推測され、ポジティブな自然電位異常が期待される場所であるが、今回の観測では熱水上昇に対応すると思われる特徴的な電位異常は見られなかった。

自然電位が熱水上昇などの地熱活動ではなく、単純な重力ポテンシャルに伴った地下水の流れによって形成されている場合、自然電位プロファイルは通常は標高の高低差に対して逆相関となることが期待される。これは水の流れとともに通常はプラスの電荷が運ばれるためである。この場合、標高の高いところで自然電位値が低く、標高の低いところで自然電位値が高くなるプロファイルとなる。実際にこのような関係が明瞭に現れている観測結果も多数報告されており、標高に対して自然電位が線形相関を示すことが多い（例えば、桜島： $-1.0\text{mV/m}$  [橋本他、1999]、霧島： $-1.4\text{mV/m}$  [Hashimoto et al., 1994]、大島： $-1.0\text{mV/m}$  [Ishido et al., 1997]、阿蘇： $-1.0\text{mV/m}$  [Hase et al., in press]）。しかし今回の観測結果からは、このような関係も明瞭に見られなかった。

### 4. 議論

今回の測定結果では、活発な地熱活動地域にみられるような特徴的な電位異常はみられなかった。しかし必ずしも地下に熱水活動がないというわけではなく、測定範囲や熱水活動域の存在位置、また熱水の酸性度が問題となっている可能性が考えられる。このようなことを考慮すると、今回得られた自然電位プロファイルの解釈として、次の3つの可能性を挙げることができる。

(1)地熱活動の中心は地下深部に存在し表層付近に熱水活動域が存在しないため、自然電位の変化として捉えることが困難であった

自然電位異常の主な発生原因である流動電位は、噴気ガスなどの気体流動の場合は発生しないと考えられる。鍋山地域では活発な噴気活動が地表に見られるものの、地熱活動の中心域が地下深部にあり、熱水活動域が表層付近にない状況を考えることができる。このような場合、地表に自然電位異常として表れる効果は小さくなると推定される。この仮定が正しいとすると、鍋山地域の温泉は地下深部からの温泉水として直接供給されているのではなく、噴気ガスと表層水の混合で形成されていると推察される。

(2)強酸性の熱水が地下に存在していることにより、熱水上昇が発生していても自然電位異常として捉え



写真-1 A地点



写真-2 B地点



写真-3 C地点

ることが困難であった

地熱地域や活動的な火山の自然電位異常は、主に熱水流動に伴った流動電位によって形成されると考えられる。流動電位は流体流動域の岩石や水の状態に影響されることが知られており、特に固体と液体の境界面の電位であるゼータ電位は流動電位の重要な要素となっている。このゼータ電位はpHに強く影響され、pHの変化とともに符号を跨いだ変化を示すことが知られている（例えば、Hase et al., 2003）。特にSi元素に富んだ鉱物（例えば石英など）はpHが2程度でゼータ電位がゼロを示すことが知られている（例えばIshido and Mizutani, 1981）。

明礬・鍋山地域の温泉水は酸性の傾向が強いため、地下に存在している熱水も強い酸性の傾向を示すと思われる。このような場合、熱水活動が表層に存在していたとしても、この地域のゼータ電位がほぼゼロとなるため、流動電位が発生せず自然電位プロファイル熱水活動の影響が表れなかった可能性が考えられる。

(3)測定範囲を超えた広域的な熱水活動域が鍋山・明礬地域に存在しており、今回の測定では適切に自然電位異常を見出すことができなかった

鍋山・明礬地域に広域的に熱水活動が存在していた場合、それに伴って発生する流動電位も広域に及ぶため、自然電位異常が広域的に分布していることが期待される。もしこのような状況であった場合、今回の測定範囲全体が自然電位異常域の中心内に存在していることも考えられる。そのため鍋山・明礬地域の地熱活動を評価するには測定範囲が狭かった可能性もあり、結果的に明瞭な自然電位異常として検出できなかった可能性が考えられる。

## 5. まとめ

鍋山・明礬地域に於いて地下の熱水活動を評価するために自然電位測定を行った。測定は鍋山噴気地帯から明礬薬師寺までの範囲で行ったが、熱水活動を議論する上では、まだデータ量が不十分であることが示された。今後は測定範囲さらに広げ、自然電位データ以外の地球物理学・化学データのコンパイルを進め、定量的に鍋山・明礬地域の熱水活動を議論できるデータの取得が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 橋本武志、田中良和、西田泰典、茂木透、山本圭吾、神田徑、平林順一、石原和弘、桜島火山の自然電位と熱水系（第2報）、*京都大学防災研究所年報*、Vol.42, B-1, 19-25, 1999.
- Hase, H., T. Hashimoto, S. Sakanaka, W. Kanda and Y. Tanaka, Hydrothermal system beneath Aso volcano as inferred from self-potential mapping and resistivity structure, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in press.
- Hase, H., T. Ishido, S. Takakura, T. Hashimoto, K. Sato and Y. Tanaka, z potential measurement of volcanic rocks from Aso caldera, Vol. 30, NO. 23, 2210, doi:10.1029/2003GL018694, 2003.
- Hashimoto, T., T., Kagiya and F., Masutani, Self-potential Measurements on Shinmoe-Dake, Kirishima Volcanic Group, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, Vol. 69, 257-266, 1994.
- Hashimoto, T. and Y. Tanaka, A large self-potential anomaly on Unzen volcano, Shimabara peninsula, Kyushu island, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 191-194, 1995.
- Ishido, T., T., Kikuchi, N., Matsushima, Y., Yano, S., Nakao, M., Sugihara, T., Tosha, S., Takakura and Y., Ogawa, Repeated self-potential profiling of Izu-Oshima volcano,

- 
- Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, Vol.49, 1267–1278, 1997.
- Ishido, T. and H. Mizutani, Experimental and theoretical basis of electrokinetic phenomena in rock-water systems and its application to geophysics, *J. Geophys. Res.*, Vol. 86, 1763–1775, 1981.
- Ishido, T. and W. Pretchett, Numerical simulation of electrokinetic potentials associated with subsurface fluid flow, *J. Geophys. Res.*, 104(B7), 15,247-15,259, 1999.
- Nishida, Y. and H. Tomiya, Self-potential studies in volcanic areas (1) –Usu Volcano–, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VII (Geophysics)*, 10(No.1), 63–77, 1996.
- Sasai, Y., J. Zlotnicki, Y. Nishida, P. Yvetot, P. Morat, H. Murakami, Y. Tanaka, Y. Ishikawa, S. Koyama and W. Sekiguchi, Electromagnetic monitoring of Miyake-jima volcano, Izu-Bonin arc, Japan: A preliminary report, *J. Geomag. Geoelectr.*, 49, 1293–1316, 1997.





# 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及びADMAの低下、さらに脈圧速度の低下等、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5回）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）、及び他覚的所見として、心胸比：CTR、左室駆出率：EF、脈圧速度測定：PWV、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。（n=15）。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=11）。

## 結果

急性効果として、温泉入浴前後の血圧及び心拍数の変化を下に示す。血圧は、入浴直後は上昇するも、入浴後20～30分経過すると低下し、60分後には通常値まで回復する事が明らかになった。慢性効果として、温泉入浴2週間後には、平均血圧、心拍数等に変化はなかったが、自覚症状、心胸比、左室駆出率の改善、脈圧伝達速度の低下、ADMAの低下、さらには統計上の有意差は認められなかったもののBNP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。

表 1

	入浴前	入浴直後	10分後	20分後	30分後	40分後	50分後	60分後
平均血圧 (mmHg)	82.3+/-9.6	86.4+/-9.5	81.1+/-5.0	77.3+/-4.5	75.0+/-7.4	76.2+/- 8.1	78.6+/- 9.1	80.1+/-9.1
心 拍 数 (bpm)	72.4+/-14.4	81.1+/-16.1	77.1+/-16.3	75.4+/-13.2	73.5+/-15.0	73.2+/-13.5	74.8+/-13.8	72.4+/-12.9

表 2

	温浴群 (n=15)		対照群 (n=11)	
	治療前	後	前	後
年齢	75.6+/-11.6		72.4+/-13.1	
性別 (M/F)	8 / 7		6 / 5	
NYHA (I/II/III/IV)	0 / 6 / 6 / 3	0 / 12 / 3 / 0 *	0 / 5 / 5 / 1	0 / 4 / 6 / 1
SAS (I/II/III/IV)	0 / 5 / 7 / 3	0 / 11 / 4 / 0 *	0 / 5 / 5 / 1	0 / 4 / 6 / 1
心拍数 (bpm)	74.5+/-12.9	74.2+/-14.9	75.5+/-16	75.7+/- 14.2
平均血圧 (mmHg)	84.5+/-8.3	83.0+/-6.9	86.6+/-18.2	90.5+/-18.1
心胸比 (%)	55.1+/- 12.3	53.3+/-11.7 *	56.1+/-7.6	56.5+/-8.0
左室駆出率 (%)	53.1+/-17.0	59.1+/-13.9 *	49.2+/-11.6	45.6+/-14.0
大動脈波伝達速度 (m/s)	17.4+/-3.6	16.6+/-3.2 *	18.4+/-2.7	18.8+/-2.6
BNP (ng/ml)	511.3+/-662.5	312.6+/-340.6	441.9+/-679.2	727.3+/-937.7
ADMA (pg/ml)	0.6+/-0.1	0.5+/-0.1 *	0.6+/-0.2	0.6+/-0.2

\*p<0.05 vs治療前

### 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、この温浴効果の機序に迫りたいと考えている。

# 深層熱水型温泉における泉質の経時変化

— 揚湯開始時の変化について —

大分大学教育福祉科学部化学教室

川野 田實夫・中本 洋介

## 要 旨

大分平野に分布する温泉の化学成分濃度にいくつか経年変化が見られる源泉があることが指摘されるが、果たしてそれが経年変化なのか、経日変化なのか判断できない部分があった。今回大分市下郡にある温泉でこれまで経年変化が大きいとされたものについて、ポンプを一定時間停止した後再稼働させたときに、ストレーナー付近に塩分濃度が高い熱水の侵入をうかがわせる現象が把握された。

## 1. はじめに

大分市の温泉は1967年頃から開発が始められ、大分市中心部から大分川流域で増え始め、1981年頃にピークに達した。その後も開発が進められ、近年では大野川流域にも広がりを見せ現在では197口の源泉が平成15年度版の環境白書に記載されている。

その多くが600mから800m程の新生代第3期から第4期の地層に貯留された地下水を揚水している。新生代の頃の大分平野は淡水湖の出現や海面の上昇、火砕流の噴出など、激しい環境の変化が起きた。そのような環境の変化が温泉中の化学成分に影響を及ぼしている。

また、地下増温率は一般的に100m当たり3℃と言われているが、大分市では100mあたり5℃上昇する（大分県温泉調査研究会報告第36号<sup>1)</sup>これは大分市付近では比較的浅い掘削で高い温度の温泉を得ることができることを示唆している。

今回はこれまで調査された泉質の経年変化が特に大きいと報告された<sup>2)</sup>帝国カーボン工業株式会社泉について調査した。ここでは、温泉を従業員の厚生施設（浴場）に使用している。通常、午前10時30分頃からポンプを作動させ、午後5時頃まで温泉を汲み上げ続けている。

この温泉の概要を表1に、化学成分の経年変化については図1に示す。

表1 帝国カーボン工業株式会社の温泉概要 (温泉台帳より転記)

所在地	大分県大分市下郡3100-3
掘削年	1981年
掘削深度	500m
泉 温	46.6℃
pH	8.8
泉 質	アルカリ性単純温泉

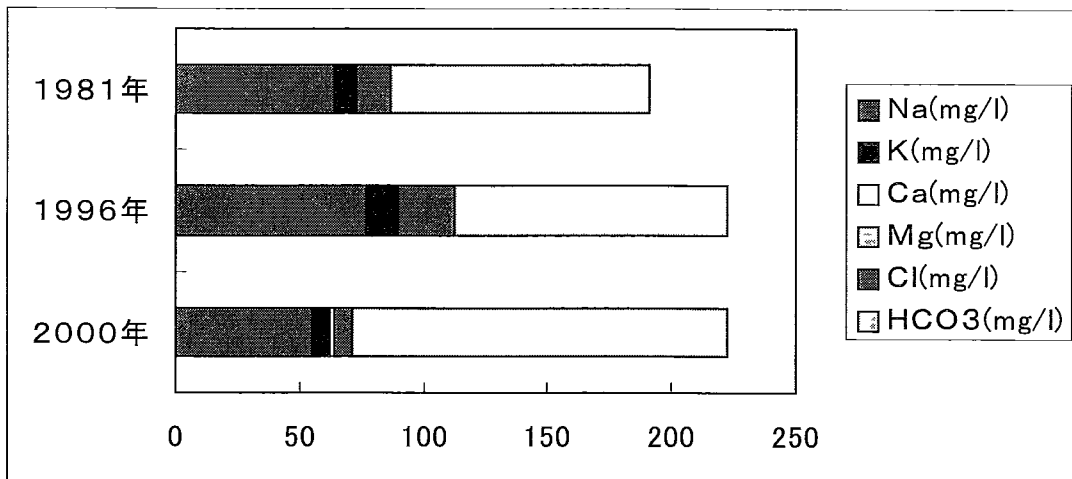


図1 帝国カーボン工業株式会社 温泉中の化学成分の経年変化 (2000年 本多)

## 2. 調査方法

調査は2005年1月21日と同年1月24日に行った。前日の17時に停止されたポンプを調査当日10時から作動させ、2分おきに蛇口から出てくる温泉水の電気伝導度を測り、2分おきに14回採水し、実験室に持ち帰り分析した。

## 3. 結果

### (1) 電気伝導度

電気伝導度は図2に示したようにポンプを作動させ、水が出始めてから8分間は0.265mS/cm前後の値が続くが、そこから2分間で急激に値が上昇し、最大値0.576mS/cmを記録した。その後約8分間緩やかに低下し、0.265mS/cm前後の安定した値を示した。

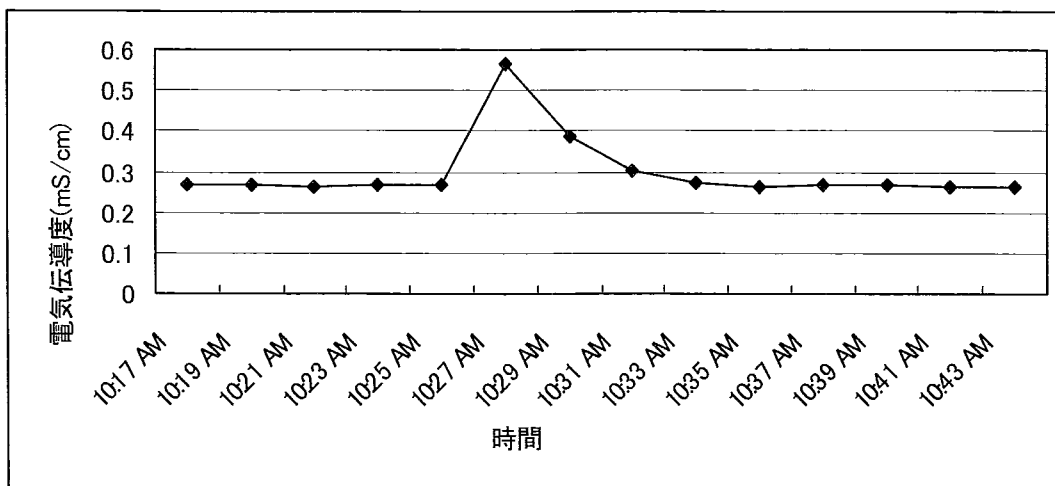


図2 帝国カーボン工業における電気伝導度の変化

(2) 主要成分

Na<sup>-</sup>、K<sup>-</sup>、HCO<sup>3-</sup>、Cl<sup>-</sup> の各成分の変化を図3に示した。

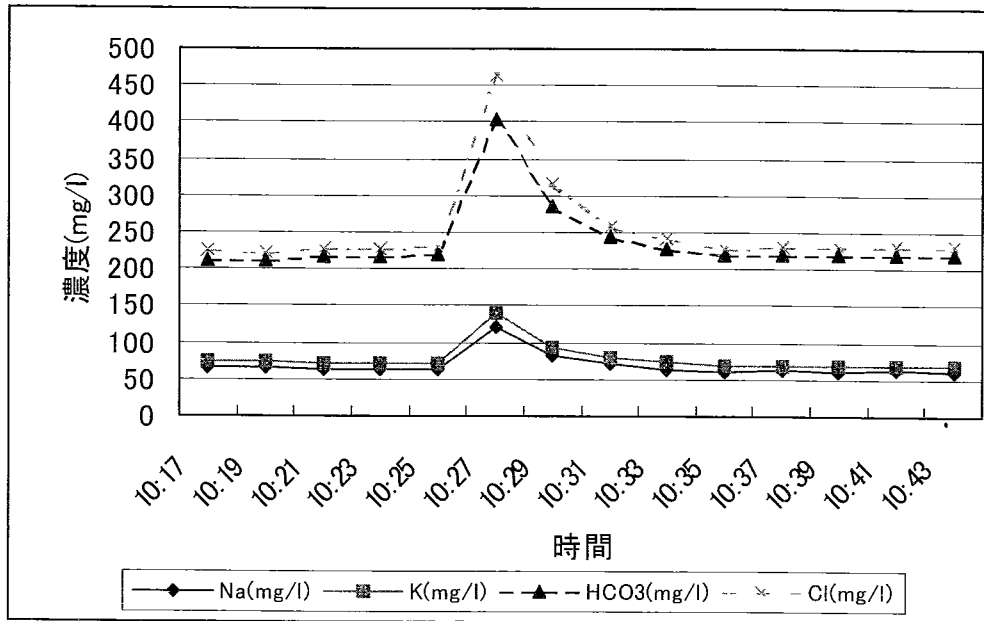


図3 主要成分の変化

上の図に示したように電気伝導度、化学成分共にポンプ起動直後から8分間は一定値であるが約10分後にピーク値が出現し、20分後にはそれぞれの値が一定値に戻る現象が確認された。最初の8分間はパイプに残存した熱水が汲み上げられていると考えてもパイプ容積とポンプの揚水能力との計算値と矛盾しない。この8分後のピークは、ポンプ停止中に通常とは異なる熱水が進入していると考えられる。

参考文献

- 1) 野田實夫・北岡豪一・大沢信二：庄内温泉の化学成分濃度の経時変化、大分県温泉調査研究会報告第44号（1993）、
- 2) 多真美：大分市温泉の化学成分量経年変化とCa<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>及び窒素の挙動について、卒業論文集第36集（2000）



# 最近の温泉（権）紛争について（下）

（元大分大学）

大野保治

## 要 旨

本稿は、調査研究シリーズの「下」として今回で完結する予定であった。ところが目次Ⅱに挙げているように一昨年（平成15年）秋頃より、全国のおもに大・中規模の温泉場で「温泉騒動」が巻き起った。本県は全国で1、2位を競う観光立県の〈温泉県〉である（現在進められている広域市町村の合併で、温泉の湧出がみられない市町村は無くなったのではあるまいか）。

それだけに「本物の温泉とは何か」を基本テーマに、利用者に安心して納得されるように温泉法の一部改正をも掲示したマニュアルをも示しておいた（環境省と県温泉行政担当係）。なお、次年度号では、目次Ⅲの温泉権の基礎知識への補稿と温泉権訴訟の具体的事例にも触れて完結したい所存である。会員各位のご海容を願いたい。

## 目 次

- |   |   |
|---|---|
| <p>I 温泉（権）紛争と温泉法の現状</p> <p>(1) 温泉権紛争と温泉法学の現状</p> <p>(2) 私法上の立法が立ち遅れた法社会学的理由</p> | <p>Ⅲ 温泉の権利の基礎的法理</p> <p>(1) 温泉というもの</p> <p>(2) 温泉にかかわる民法上の法理</p> <p>(3) 権利の分類</p> <p>(4) 民法上の「物権」と「債権」</p> <p>(5) 温泉に対する物権的支配と債権的支配</p> |
|---|---|
- Ⅱ 最近の全国での「温泉騒動」
- (1) 温泉騒動の発端——長野県白骨温泉
- (2) 全国の温泉地に飛び火——源泉、ブームで不足
- (3) 大分県での浴場衛生検査——指導を重ねる
- (4) 宮崎県日向市の温泉施設を強制捜査へ——レジオネラ菌感染事件
- (5) 温泉には「透明性」が大切——加水表示義務づける（環境省）
- (6) 大分県での「温泉実態調査」（調査結果）
- (7) 環境省改正方針——入浴剤・加温も
- (8) 別府温泉明るいニュース 2 題
- ① 「八湯温泉博覧会」機能浴ツアー
- ② 泉都の湯煙は何本？——408本
- 参考資料(1)                      参考資料(3)
- 同上 (2)

## I 温泉（権）紛争と温泉法の現状

### (1) 温泉権紛争と温泉法学の現状（問題点）

わが国は古来、火山国であったことから全国各地に温泉が自然湧出し、入浴を愛する点では、世界の諸民族の中でも特にユニークな存在である。本会の報告書でも再三論述してきたように、奈良時代前期で当時の先進国・中国の国家スタイルをモデルに形成したわが国（古代律令国家）では、諸国の「風土記」が編纂され、その中に温泉源発見の由来（沿革）や温泉利用、温泉の効能などの記述が見られており、興味を呼んでいるところである。

戦前にあって温泉にかかわる取締法規は、各道府県の段階で警察（当時は内務省医務局所属）の医薬行政の部門に属せしめられた「鉱泉取締規則（ないしは規程）」であったことは、前年度号（本誌第55号）に概要を報告したところである。

第二次大戦後、主権在民・民主国家に一大転換を遂げた日本国では、温泉行政は天皇の大権事項の1つとした警察行政から戦後、厚生省（当時）所轄の保健所行政に移され、さらに環境省の所轄となって「温泉」が脚光を浴びて登場したのである。ところで、これが取締りの対象となったのは昭和23年誕生の「温泉法」（法第125）だけである。制定以来、「温泉権」の用語が日常的にしだいに定着浸透をみたが、現行法上、この用語は正確にはどこにも見当たらない。戦前の判例その他で用いられている用語としては「<sup>さいしやく</sup>鉱泉採酌権」、「湯口権」、「源泉権」等であった。戦前、唯一の本格的な研究文献としては武田軍治氏（東京控訴院判事）の『地下水利用権論』（昭和17年2月「岩波書店」）があった。この貴重な著作も、温泉の視点からではなく「地下水」の利用権の視点から論述されたものである。このことは、まだ温泉が鉱泉（の1種）の概念の範ちゅうにしかなく、社会生活において、したがって法学界でも、温泉権は私法上の権利としては未だ認知されていないのが実情である。

### (2) 私法上の立法が立ち遅れた法社会的理由

ところで先掲温泉に関する法規としての「温泉法」は、講学上「温泉の掘削および利用に関する行政的監督ないし取締を内容とするもの」（『注釈民法7』昭和43年有斐閣）であって「温泉に対する私法上の権利関係を規定する法律（実体法）は、今日まで全く存しない」と記述されている。思うに、このように温泉についての私法上の立法が立ち遅れていること理由は、何であろうか。

①第1に温泉をとりまく現実の社会慣行の多くは、今日のいわゆる近代法体系の基礎概念である近代的私有財産制＝私的所有権とは全く異なる、明治以前（近代以前・前近代）の法体制のもとで成立したものであり、それらが多くの変化を遂げながら、基本的にはその特質を維持しながら今日に至っていること、である。

戦後、法学界にあって法社会学の領域を開拓したのは川島武宜（<sup>たけよし</sup>東大名誉教授・故人）である。同教授は<sup>いりあい</sup>入会権とともに温泉権の実態調査をしたが、その段階での呼称を、前近代の法慣行に依拠したこの種の温泉権を「旧慣温泉権」と呼び、一方、明治前期以降に現われた近代法的体系のもとで構成されたそれを「近代的温泉権」と呼んで両者を区別している。

②つぎに指摘しなければならないのは、全国の温泉場で歴史的に古い温泉の旧慣温泉権なるものが、現実にはその自然的・経済的・歴史的な諸条件に規定されて、千差万別の多様な地方差（地方的特徴）をもって展開していることである。大分県内の各地域での温泉場をみても、そのような実態があることは、本会報誌で逐一報告してきたとおりである。

③明治期の民法典編纂起草者たちは、温泉権と相似の法的性格をもつ「入会権」についても具体的に規定することが出来ず、わずか2ヵ条の条文（民法第263条・第294条）で「各地方ノ慣習ニ従フ」と規定せざるを得なかった。このような事実も無視することはできないであろう。しかしながら、法社会



学の戦後の調査研究は、温泉の法律関係を“生きた法律”として、当該「旧慣温泉権」の実態を社会科学的視点から調査研究して、逐年その実態を明らかにしてきた（きつつある）のである。

④第4に挙げねばならぬ点は、旧慣習上の温泉権は、明治期以降の社会的・経済的变化に対応して、併せて明治初年に導入された近代法体系の影響を受けて、しだいに解体・変化のプロセスをたどってきているという社会的事実、である。この点でも、先の入会権とほぼ同じ傾向をもっている。

旧慣上の温泉権は、その権利内容、すなわち温泉利用の実情や管理の仕方のみならず、その権利主体、すなわち部落集団・行政市町村・財産区、個人・法人（主に会社）、組合等においても深刻な変化を遂げてきており、これまた千差万別の態様を形成して画一的な権利関係の把握を困難にしている。

⑤つづいて第5点。明治期に入って導入された近代法体系の社会で「近代的温泉権」が旧慣温泉権に比して圧倒的に多く増加し、その結果、温泉権が貴重な財産権（憲法第29条）として、著名な温泉場では商取引が数多く発生してきているという事実もある。

この旧慣温泉権と近代的温泉権とは、その権利生成の社会的背景を異にし、その法的性格も全く異質のものである。そして「温泉」の新立法の困難性は、この二重の異質な権利を統一・調整して規制するという点、にある。すなわち、旧慣上の権利は、異質な近代法の体系の中で存続していくためには、近代法上の諸権利を否定しなければならない。具体的な事例で示せば、土地の所有権は「その土地の上下に及ぶ」（民法第207条、後述）という原則は、旧慣温泉権の立場では否定されねばならないだろう。また、近代法的原則と妥協して調整されるためには、それに関連して極めて困難な問題も派生させる。たとえば近代的温泉権の取引については、さほど問題を生じないが、旧慣のそれである場合の取引については、今日の社会では現実的取引（法学界では「ゲヴェーレGewere」と称している）の原則だけでは不十分であり、近代法的な諸原則の貫徹を必要とするであろう。そのためには「公示方法」の技術的問題（後述）が解決しなければならないと考えられるのである。

⑥以上のような権利関係の複雑性は、権利主体者の複雑性そのものなのであり、それらの利害の対立が統一的な立法作用にとって大きな障害となっていることである。

旧慣温泉権の主体だけを取上げてみても、一方には旧来の入会的な入浴の部落集団や、多かれ少なかれ、これと結びついた旅館業者たちとの利害があり、他方には部落集団のコントロールの及ばない、しかも強大な政治力を動員しうる巨大な観光資本の利害がこれと対立する。また、近代的土地所有権の効力を主張して源泉を掘削する者の利害と、数百年にわたる旧慣によって温泉を支配している者との利害とが対立する。これ等の利害は県段階ないしは国段階で種々の政治力と結びついた温泉権の立法化の試みを政治問題化し、所轄事務官僚の作業遂行を困難にしている状況が過去においても見られたのであった（以上の要旨は川島武宜著『温泉権』1994年岩波書店）。

## II 最近の全国での「温泉騒動」

### 1. 温泉騒動の発端——長野県白骨温泉

全国で「温泉騒動」の発端となったのは長野県の白骨温泉<sup>しらほね</sup>で、公共露天風呂などに入浴剤が使われていた。観光客の信頼を裏切る行為だが、一方で、一般的には温泉で湧き出たお湯をそのまま使うことは少ない現実もある。これを機に、より正確な情報の提供が求められることになった。

白骨温泉にある15の旅館・日帰り入浴施設のうち、入浴剤使用が発覚した4軒はいずれもこの数年、源泉の変更や建物の増設で湯の濁りが薄くなり、悩んでいた。経営者らは「乳白色の湯のイメージを守らねば、と思った」と打ち明ける。長野県では、直ちに県内約8,100カ所の入浴施設を対象に、入浴剤使用の有無や殺菌方法など、湯の管理状況を調査した。実は、源泉にまったく手を加えていない施設は珍しい。源泉の湯量がよほど豊富で、温度が入浴に適していなければならぬからだ。温泉業界は「本

当のことがすべて明らかになれば客が減る恐れがある」と心配する。

環境省によると、02年（平成14年）度の宿泊施設のある温泉地は3,102カ所。10年前よりも700カ所以上増えた。ただ、宿泊客数は92年度の1億4,300万人をピークに頭打ち傾向で、02年度は1億3,800万人。新規参入で膨れあがった温泉業界は、厳しい競争を強いられている。温泉法では、源泉を浴用や飲用に使う際、成分検査を受け、都道府県に届け出る義務がある（第12条）。いったん許可されると、あとは定期検査の必要はない。表示は、源泉の成分や利用上の注意事項について義務付けられている（第13条）。しかし、源泉への加水、加熱の有無や、浴槽の湯を繰り返し使う「循環濾過」については、特に定めがない。

同法上の「温泉」は、硫黄や炭酸など19種類の成分を一定以上含むものなどと規定されている（附則「別表」）。だが、定義からはずれた浴場が「温泉」を名乗っても、法律上は別に問題とされない。白骨温泉のように源泉の湯に手を加えても何の規制もない。03年（平成15年）夏には、10年も前に源泉が枯れていた愛知県の吉良温泉で、水道水を沸かすなどして営業していたことが明らかになった。これも温泉法に触れないという（環境庁監修『温泉必携』改訂第7版参照）。

公正取引委員会は昨夏、業界団体などに対し「天然温泉との表示には、加水、加熱、循環濾過装置の使用に関する情報を提供する必要がある」と注文をつけた。環境省も、有識者による「温泉の保護と利用に関する懇談会」が先月まとめた「国民が安心して利用できるよう適性管理と情報提供を進める必要がある」との中間報告を受け、温泉法の見直し作業に入った。だが、加水や塩素消毒が表に出ると客足が遠ざかるのではないかと心配する温泉業者に配慮し、情報公開の具体的な方法となると消極的だ。同省には「源泉の成分そのままにお湯を使う『かけ流し』でも湯量が少なければ、むしろ不潔になる。資源の有効活用も考えれば、かけ流しがいいとは言えない」と。

社団法人「日本温泉協会」は昨春から、約1,550軒の旅館や日帰り入浴施設に「かけ流しか、循環か」「加水しているか」「新湯の注入率」などについて、審査の上で表示することを試行し始めた。来春にはホームページにも掲載する予定だ。だが、表示は今年（平成16年）3月でまだ約270軒にとどまっている。法令などで表示を義務づけ、温泉の実情を公開することが必要となるだろう（これについては節末参考資料(2)参照）。

## 2. 全国の温泉地に飛び火——源泉、ブームで不足

長野・白骨に端を発した温泉の不正表示などの問題は、全国に飛び火し、各地の関係者を戦々恐々とさせている——伊香保、箱根、芦原、有馬。入浴剤や水道水の使用から、温泉の無許可利用までで騒ぎが持ち上がった温泉地を列挙すると、さながら「全国名湯地図」となる（写真参照）。水道水をわかつて鉱石にさらしただけで「アルカリ天然温泉」と称したり、「ラジウム温泉」と表示したり。年間2千万人が訪れるという箱根温泉（神奈川県箱根町）でも、町と温泉旅館協同組合の調査で民宿など5軒の不適切な表示が見つかった。同町長は「箱根が安全、安心して信頼される温泉地であるよう、今後も調査を続ける。紛らわしい表示は是正させる」と厳しい表情だった。

温泉の不当表示問題などは過去にも一部で指摘されたが、今回は、04年（平成16年）7月中旬に白骨温泉で入浴剤の使用が公になると、燎原の火のように広がった。関東では神奈川県のほか栃木、群馬、埼玉、山梨、長野、静岡で、東北の宮城、福島、北陸の福井、関西の兵庫にも飛び火し、少なくとも全国11県で騒動になっている。影響を真っ先に、しかも広範囲にかぶったのは「湯の国」を自認する群馬県だった。新幹線を使えば東京から1時間余り。「東京の奥座敷」伊香保温泉（群馬県）では2軒の旅館が水道水などの沸かし湯を「温泉」と表示していた。別の5軒にも同



「朝日新聞」提供

様の疑いがある、という。「伊香保だけではないんです」。発覚直後に地元関係者が言った通り、今月中旬までに同県では水上温泉（水上町）や藪塚温泉（藪塚本町）でも、同様の問題が浮上した。背景を「バブルの後遺症」と指摘する声もある。バブル期の過剰な設備投資とその後の客の減少、経営難から温泉の権利を手放す旅館もあり、伊香保で問題になった1軒もこうした宿だった。一方、ブームの中で限られた源泉が得られず、温泉を引かずに温泉を名乗る旅館も相次いでいる。伊香保や水上で問題になったのも、多くはこのケースであったようである。

伊香保では、観光協会に所属する56旅館のうち、400年の伝統がある源泉「こがね黄金の湯」から湯を引けるのは老舗の29軒だけ。大半は町が97年に活用を始めた新しい源泉「白銀の湯」を使うが、無色透明で見劣りする白銀でも、権利を得るには300万円の出資金と規模に応じて50万～200万円の寄付金が必要だ。「温泉は引きたかったが、資金に余裕がなかった」。沸かし湯を温泉と偽っていた宿の主人は、そう打ち明けた。「調査がプレッシャーになったとしたら、思わぬ効果だ」。8月末をめぐり、全国約2万2千軒の温泉旅館や温泉ホテルを対象に、入浴剤や水道水の使用をたずねるアンケートを始めると環境省の担当者は苦笑した。

同省は当初、自己申告による調査では正直に答える施設はまずないだろうと及び腰だった。だが、白骨問題発覚後の04年8月初めに調査方針を示したとたん、あちこちの温泉地が自主的に「不正」を公表し始めた。しかし、すべてのウミを出し切るには、第三者機関による湯の成分分析をする必要がある。問題はその費用だ。一件について十数万円かかるといわれ、全国の施設を調べ上げるには数十億円かかる。「生死にかかわる問題ならともかく、娯楽施設の調査にそれだけの税金を使う必要があるのか」との声も出ている。近畿日本ツーリストは、入湯税をとっている契約ホテルや旅館に温泉の効能や成分などを尋ね「問題が見つかったり、回答にうそがあることが分かったりすれば契約を解除する」。問題があった水上の契約旅館については、すでに宿泊の申し込みを受け付けていないという。

（解説－大野）温泉法と景品表示法（略称）

上掲題目の景品表示法は略称であり、正式の法規名は「不当景品類及び不当表示防止法」で昭和37年（1962）5月15日公布（法134）、施行は同年8月15日である。

当該法の目的（第1条）は「商品及び役務の取引に関連する不当な景品類及び表示による顧客の誘引を防止するため、私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律（昭22、法54）の特例を定めることにより、公正な競争を確保し、もって一般消費者の利益を保護すること」というものである。これで判るように「温泉との関連」は、むしろ景品類ではなく、不当表示の防止にある（温度や成分その他）。

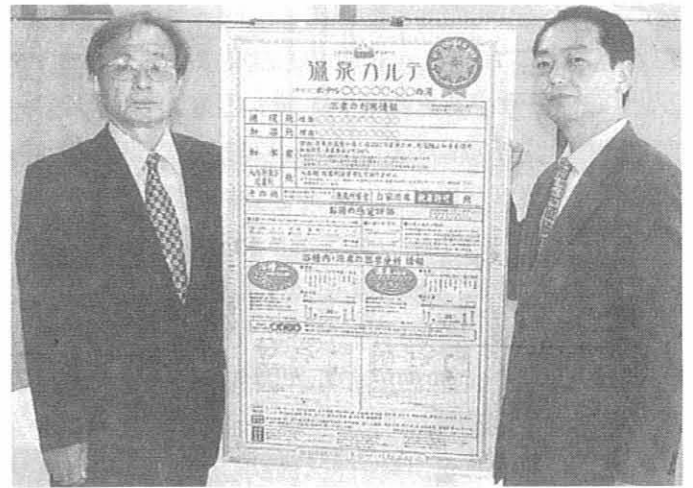
なお、この法律には「附属及び関連法令」として、法第5条1項の規定に見られる「公聴会に関する規則（公聴会規則）」、同じく「聴聞に関する規則（聴聞規則）」をはじめ、法第3条（景品類の制限及び禁止）、法第4条（不当な表示の禁止）等にかかわる個別的・具体的な57項目にわたる詳細な諸規約が定められている。

温泉法は、冒頭Iで説示しておいたように「温泉」の定義として「地下から湧き出る温泉で特定の19種類の成分を一定以上含むか、温度が25度以上のもの」である。併せて、温泉の利用には「都道府県の許可」を義務付けている（温泉法第4条－施行令・昭59・政令第25号）。また、「掲示の内容」についても、同法5条（掲示）で都道府県知事に届け出なければならない。なお、温泉の成分の「分析検査」は環境庁（当時）長官の定める者に限られている（同条2項）。

戦後間もなく（昭23）、同法が施行される以前から「温泉」として利用されている湯があることから、定義に当てはまらない水質の温泉を使って「温泉」を名乗っても、温泉法上は直ちに問題とならないとされている（法の適用－法の不遡及の原則と呼ばれる）。IIの全国での「温泉騒動」で例示したように（参考資料1）、井戸水や水道水を沸かし「温泉」と表示したり、入浴剤を投入して「天然温泉」などの宣伝や表現をしているケースは、明らかに景品表示法（略称）上の不当表示に該当する恐れがあり、公

正取引委員会が警告などの取り締まりに乗り出している。

別府温泉では、温泉の不当表示問題をきっかけに、別府独自の温泉表示に取り組む市温泉旅館ホテル組合連合会が「別府八湯温泉品質保証協会」を本年（H17. 4. 11）設立、同協会に市内の大規模ホテルなど32施設が参加した。同協会の委嘱を受けた「温泉Gメン」（約10名予定）が評価を行い、泉都・別府の温泉への信頼を高めたいとしていた（H17. 4. 12「大分合同新聞」）が、5月末時点で実現をみた。



### 3. 大分県での浴場衛生検査——指導を重ねる（平成16年）

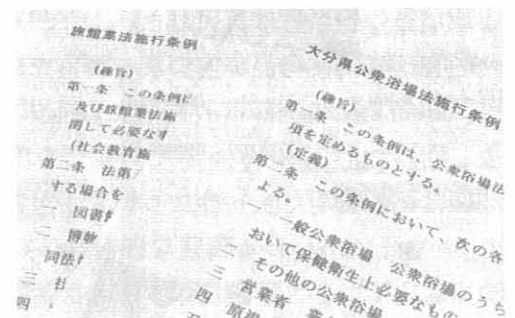
宮崎県内の温泉施設で利用者がレジオネラ菌に感染したのは2002年（平成14年）。大分県と大分保健所が02年度に、循環式浴場を設置している公衆浴場などを調査したところ、国の指針値（レジオネラ菌の数が百cc中十個未満）を超えていた施設があり、消毒のための塩素投入や設備を清潔に保つよう指導を重ねた。

本県は昨年（04年）4月、旅館業法施行条例、県公衆浴場法施行条例を改正した（写真参照）。両条例を担当する県食品安全・衛生課によると、県内の旅館やホテル、公衆浴場は年に1—4回の水質検査と検査結果の保健所長への届け出、検査結果の掲示が義務付けられている。指定検査機関の県薬剤師会検査センター、住化分析センター大分営業所、SBCテクノ九州では、初回に限り検査したことが分かる証書を額に入れて渡し、諸施設が掲示しやすくしている。

県と県下の各保健所は、条例に違反しているのではないかとの情報があれば、職員が直ちに施設に向向く。違反があれば最初は指導し、従わなければ是正を命じる。最終手段として施設名を公表するが、「利用者の安全を確保するための情報提供」と説明した。条例改正後も、各保健所は温泉関係業者に説明してきた。これまで違反はなかったという。

条例改正を公衆浴場、旅館・ホテル側はどう受け止めているのであろうか。別府八湯にあって、循環式の温泉施設を持つ旅館は、検査を受けた昨年10月以来、検査機関が発行した「レジオネラ菌検査済証」を脱衣場に掲示している。「お客様から水質検査をしているか、循環式かどうかなどの問い合わせはありません。安心してもらえるようです」と掲示の"効果"を語った。一回の検査費用は数万円。塩素投入、設備のメンテナンス費用がかかるが、「お客様がレジオネラ菌などに感染したら大変ですから」と某旅館は語っている。隣県の温泉騒動でだいぶ周知され、関心が高まったようである。

温泉施設に塩素消毒に関する声も寄せられている。大分市内の公衆浴場を利用していた主婦（33歳）は「温泉好きであちこちの温泉を回るが、塩素のにおいを何とかしてほしい。レジオネラ菌対策は分かるけれど、温泉の魅力は半減します」。道後温泉では旅館協同組合が、松山市に塩素消毒の中止を求める動きもある。塩素に対する利用者の声を受け、メーカーは塩素に替わる消毒剤を研究しているという。県食品安全・衛生課は他県と情報交換しているが、「現状では塩素に替わる有効な手段は開発されていません」とのこと。塩素に替わる消毒剤が早く開発されればいい、と期待されている。



「大分合同新聞」提供

#### 4. 宮崎県日向市の温泉施設を強制捜査へ——レジオネラ菌感染事件（平成13年）

宮崎県日向市の第三セクター「日向サンパーク温泉」（社長・日向市長）のレジオネラ菌集団感染問題で、宮崎県警は02年（平成14年）7月7日30日午後、業務上過失致死傷容疑で日向市幸脇の温泉施設「お舟出の湯」と日向市役所を家宅捜索した。県警は、宮崎県の水質検査で、殺菌のための塩素が浴槽など7カ所でいずれも全く検出されなかったことに重大な関心を寄せている模様だ。

宮崎県保健業務課の同月29日までの調べでは、5人の感染が確認された。ほかに93人に感染の疑いが持たれ、うち同県延岡市内の60代の女性と同県高岡町内の70代の男性が死亡している。県衛生環境研究所が温泉の浴槽など7カ所の湯を調べたところ、厚生労働省の「レジオネラ症防止対策マニュアル」に定められた100ミリリットルあたり10CFU未満を大幅に上回る最高150CFUのレジオネラ菌を検出した。

温泉施設のレジオネラ菌集団感染をめぐるのは、すでに静岡県警が00年10月、静岡県掛川市のリゾート施設の責任者ら7人を入浴客21人にレジオネラ肺炎を発症させ、うち2人を死亡させた業務上過失致死傷容疑で書類送検。7人は浜松簡裁で罰金刑を受けた。（「朝日新聞」02・7・30付）

#### 5. 温泉には「透明性」が大切——加水表示義務づける（環境省）

温泉の研究者や旅館経営者などをつくる「温泉学会」（会長・関西大学商学部教授）は04年9月4日、群馬県草津町で開いた全国大会の総会で、温泉法の抜本的な改正を環境省に求める決議を採択した。一連の温泉不当表示問題を受け、業界に対しても正確な情報開示を求めた。同学会は同年9月に発足し、会員は約300人。決議では、「多年にわたる偽装行為には、それを隠し、許容する業界の古い体質があった」として、「信頼回復には情報を正確に表示する」ことを業界に求めた。また環境省に対して、「源泉に何倍も加水して責任を問えない温泉法は、消費者不在の欠陥法。温泉大国にふさわしい温泉政策ができるよう、速やかに温泉法の改正法案を国会に提出すべきだ」としている。



公衆浴場は検査済証を掲示している（別府市内）

（要旨——「朝日新聞」04・9・5付）

#### 6. 環境省改正方針——入浴剤・加温も

環境省は10月8日、温泉法を改正し、入浴剤の投入の有無や加温、加水などについての表示を義務づける方針を固めた。一連の不正表示問題で利用者の不信感が高まったことを受け、同省は約2万カ所の温泉施設にアンケートを実施。加水、加温、循環濾過について7割以上が表示していない実態が分かり、同省は温泉への利用者の信頼を回復するため、泉質などの一層の情報の開示が必要と判断した。

現在、温泉法で表示が義務づけられているのは源泉の成分や禁忌症など一部で、浴槽の湯には特別の規定がない。長野県・白骨温泉で表示せずに入浴剤を投入していたことなどが発覚し、利用者から情報開示の要求が強まっていた。小池環境相は同日の閣議後の記者会見で「早急に中央環境審議会で（法改正の）検討を願いたい」と述べた。同省は04年（平成16年）9月、全国2万81カ所の温泉施設を対象に初の実態調査を行い、「循環濾過より源泉かけ流しが優れているとか、加水、加温が悪いとかいちがいに言えない」としながらも、正確な情報開示が必要と判断した。現在は、開設時にだけ必要な温泉成分の分析も定期的に行うよう見直す方針だという。

温泉法は、掘削の許可制など資源保護と利用者の健康被害防止を目的に1948年（昭和23年）に施行されて以来、初の本格改正になる。

環境省の調査に回答した温泉は1万2,122施設（回収率62・34%）。加水した浴槽があるのは33%で、

うち非表示が77%。源泉の温度が高いことが理由のトップで54%あり、湯量不足を補う目的も21%あった。一方、52%の施設には源泉かけ流しの浴槽があった。

加温は51%の施設でおこなっており、うち74%が非表示。循環濾過装置は50%で使用し、うち81%では非表示で、浴槽からあふれた湯を循環させている施設も5%あった。調査時点では皆無だったが、過去に24施設が表示せずに入浴剤を投入していた。許可と違う源泉の使用も7都道府県で17施設あり、同省は都道府県を通じ詳しく調べる。  
(「朝日新聞」04・10・8付)

## 7. 大分県での温泉地実態調査——温泉無許可利用85軒（平成17年）

温泉法に基づき、県内の主な温泉地の実態を調べていた県（自然景観班）は今年（平成17年）3月31日、最終調査結果を発表した。公共利用許可を得ないまま、客に温泉を提供していた旅館やホテルが別府市などで新たに見つかり、県内で合計85軒に上った。

県は温泉法を徹底するため、今年5月をめどに施設名公表などを含む独自の「処分内規」を作る方針という。

偽装表示やレジオネラ菌問題で温泉に対する信頼が揺らいだため、県は昨年9月から由布院温泉を皮切りに、県内の主な温泉地で立入調査をした。計383軒の旅館やホテルを調べた結果、無許可で温泉を利用していた施設は次のとおりであった。

▽ 湯布院町 35軒	▽ 別府市 26軒	▽ 九重町 19軒
▽ 日田市・天瀬町 3軒	▽ 久住町 2軒	合計 85軒

「手続きを知らなかった」という事業者が多く、温泉法の周知や指導が行き届いていない実態が浮かび上がった。源泉の掘削許可を得ずに温泉を利用していたのは▽湯布院町—2軒、▽久住町—2軒の計4軒で、久住町の2軒はいずれも井戸として掘削したが、成分的に温泉とされる鉱水だった。県の指導で湯布院の2軒はすでに源泉を埋め戻し、久住町の2軒は現在、掘削許可を事後申請している。調査は、旅館業法の営業許可を受けているが、温泉法の公共利用許可を得ていない施設を対象とした。うち189軒はすでに廃業。55軒は、風呂に井戸水や水道水を使っていた。

県が作成する「処分内規」は、法律違反があった場合、罰則を適用するまでの段階で、県としての対応を定める。指導や勧告、施設名公表などを行う基準を具体化するものである。本年度の県機構改革で新発足した県観光・地域振興局は「加温」「加水」「循環ろ過」などの掲示を義務付けた温泉法施行規則の改正（5月24日）を機に再度、周知するとともに処分内規で厳正に対応していきたいとしている。

(提供——大分合同新聞 H17. 4. 1日付)

## 8. 別府温泉明るいニュース2題

### ①「八湯温泉博覧会」——機能浴ツアー

泉質の違う温泉を巡って身体への効果を体験しませんか—大分県別府市で開かれている秋の観光イベント「別府八湯温泉博覧会」（略称オンパク）の一環で「機能浴温泉」という体験ツアーが試みられている。泉質の組み合わせから相乗効果を高める狙い。世界一の泉質数を誇る別府ならではの試みを体験した。

ツアーに参加した10月16日は、「湯ノ花」の採取小屋が並ぶ明礬温泉に入った後、「地獄巡り」で知られる鉄輪温泉につかるコースだった。明礬温泉は強酸性の硫黄泉だ。硫黄のにおいが鼻をつく白濁した湯につかると、数分後には肌がピリピリしてきた。湯を口に含むと胃液のような酸味が広がる。この強酸性が余分な皮



脂を除去し、肌を引き締める効果があるという。機能温泉浴の発案者で大分県産業科学技術センター主任研究員の齊藤雅樹さん（37）は「酸性度を示すPH値は食用酢より高い」と解説してくれた。齊藤さんは別府市在住。「大分の極上名湯」の著書もある。97年に同市に移り住み、温泉巡りを続けるうちに、特定の順序で温泉を巡った時に肌の具合が違うことに気づいた。

ツアーに参加した14人は明礬温泉に約15分間つかった後、2キロほど離れた鉄輪温泉へ移動。弱酸性の食塩泉で透明でやわらかな肌触り。塩分を含み、体の成分に近いという。齊藤さんの解説は「明礬がシャンプー、鉄輪がリンスというような関係。保湿効果が上ってしっとりする」と分かりやすい。別府市内では、地球上にわく11種類の泉質のうち、放射能泉以外の10種の湧出が確認されている。知人3人と参加した北九州市の伊藤さんは「組み合わせによる効果が分かれば納得が出来る。研究を進めて、いろんなルートを宣伝してほしい」と話した。  
（提供——「朝日新聞」04・10・20付）

## ② 泉都の湯煙は何本？——408本

別府八湯の景観を彩る湯煙は408本一。大分大学工学部助手の姫野由香さん＝大分市＝は学位申請論文に、別府市に408本の湯煙があることを盛り込んだ。市民には見慣れた、観光客には泉都に来たことを強く印象づけられる湯煙。県や市も正確な数を把握していないだけに、貴重なデータになりそう。湯煙の数としては、県の温泉台帳に「噴気数347」と記載されているが、実際の湯煙は噴気だけでなく、泉源から延びるパイプなどから上ることもあり、「台帳の数字が実際の湯煙の数と一致するとは限らない」（別府・県中央保健所）という。



泉都（鉄輪温泉）の湯煙

湯煙の調査は、姫野さんや大分大工学部の学生が、2002年10月から昨年1月にかけて実施。湯煙を確認しやすい早朝に展望が利く場所で写真に収め、湯煙が出ているポイントを歩いて確認した。論文では、湯煙と海、山、人工的な構造物などが織りなす風景を「大規模景観」と位置付け、実際の湯煙景観の保全などに反映すべきシステムを示した。湯煙のうち、市街化区域にある405本を、別府八湯と山の手地域の合わせて九区域で分類。最も多い地域へは鉄輪温泉の125本、明礬温泉の81本、観海寺温泉の54本の順。浜脇温泉と山の手はゼロ。鉄輪温泉は、比較的大規模な湯煙が多かった。

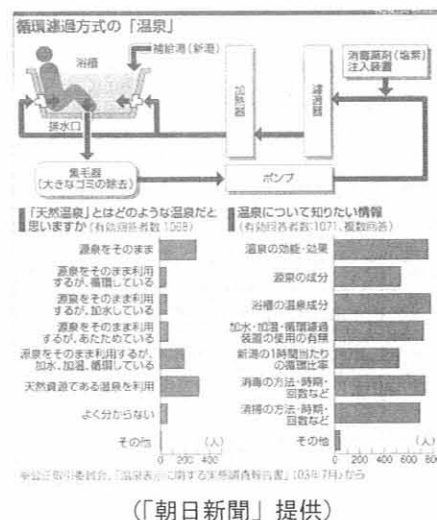
湯煙を楽しめるビューポイント（見物に適した場所）として、市内の162カ所を挙げ、独自の評価基準を基に、六段階で評価する。最も高い評価を受ける場所は鉄輪温泉に16カ所もあり、最も多い。湯煙がない浜脇温泉に4カ所あった。姫野さんは今後、景観として最も重要な役割を果たしている湯煙を特定する研究などを続けるという。  
（「大分合同新聞」04・10・26）

## 参考資料(1)

白骨温泉以降に発覚した各地の騒動——

- ① 1軒が温泉法に基づく掘削と利用の許可を得ず
- ② 1軒が井戸水を沸かし、ホームページ（HP）で「単純食塩泉」と紹介
- ③ 1軒が井戸水の沸かし湯。HPは風呂の写真と温泉郷の歴史を併記し、誤解されかねない内容

- ④ 3軒が水道水の沸かし湯。地元組合は「不当表示はない。組合の紹介の仕方が誤解招いた」
- ⑤ 2軒が水道水を沸かし「温泉」と表示
- ⑥ 4軒が水道水や井戸水を沸かし「温泉」と表示
- ⑦ 2軒が水道水やわき水を沸かし「温泉」と表示。五軒でも同様の疑い。別に19軒が一部で水道水などを使用
- ⑧ 村長所有の旅館が、温泉使用を届けず50年以上営業
- ⑨ 1軒が地下水を沸かし「温泉」と表示
- ⑩ 5軒が水道水、地下水を沸かし「温泉」と表示。温泉施設でないのに入湯税と同額の「協力金」を徴収
- ⑪ 1軒が温泉でないのに客から入湯税を徴収
- ⑫ 公共野天風呂と旅館3軒で湯を乳白色にするために入浴剤を投入。うち1軒を経営していた村長が辞任
- ⑬ 1軒が井戸水を沸かした湯を「温泉」と日本観光旅館連盟に報告
- ⑭ 2軒が水道水を沸かし「温泉」と表示
- ⑮ 2軒が井戸水を沸かし「温泉」と表示
- ⑯ 2軒が温泉を無許可利用



(「朝日新聞」調査資料より転記)

参考資料(2) 温泉利用施設における「揭示項目」の追加  
 ～温泉法施行規則が改正された～

環境省では、温泉事業者による「表示の在り方」について、学識経験者で構成される中央環境審議会に検討をお願いしていたが、去る2月10日(平成17年)「答申」が得られたので、それに基づき温泉法施行規則を改正し、温泉事業者が新たに追加して揭示する4項目を決定した。

改正温泉法施行規則は平成17年2月24日に公布され、3ヵ月後の同年5月24日から施行される。したがって温泉事業者の皆さんは、同日までに「揭示の追加」が必要になる。揭示を行う際には、都道府県知事等に届出が必要です。(以上は「環境省自然環境局」平成17年3月の広報ホームページより)

◎ 温泉法施行規則改正の概要(同上広報資料より)

温泉を公共の浴用等に供する者は施設内の見やすい場所に、温泉の成分、禁忌症及び入浴上の注意を揭示しなければならないこととされています。

今般、これらの揭示項目に加え、公共の浴用に供する場合には、新たに下記の4項目を追加して揭示することを義務付けるものです。

- ① 温泉を加水して利用する場合は、その旨及びその理由
  - ② 温泉を加熱して利用する場合は、その旨及びその理由
  - ③ 温泉を循環させて利用する場合は、その旨(ろ過を実施している場合は、その旨を含む。)及びその理由
  - ④ 温泉に入浴剤などを加え、又は温泉を消毒して利用する場合は、当該入浴剤の名称又は消毒の方法及びその理由
- \*入浴剤等には、利用者が何が添加されているかが容易に判別できるもの(ゆず、しょうぶ等)は含まれません。



施行期日 平成17年 5月24日

経過措置 掲示を行う際には、あらかじめ都道府県知事等に届け出るようになっており、施行期日以前であってもこの届出は出来ます。

罰 則 ①～④に該当する行為を行っているにも関わらず、5月24日以降に掲示をしなかったり、虚偽の掲示を行った場合には、罰則（30万円以下の罰金）の対象となります。

## 温泉掲示の書き方（例）

環 境 省

温泉掲示の一例を示しましたので参考にしてください。

### 加水の理由

- ・ 源泉温度が高いので加水しています。
- ・ 強酸のため加水しています。
- ・ 温泉の供給量の不足を補うため加水しています。
- ・ 気温の高い期間のみ加水しています。 など

### 加温の理由

- ・ 入浴に適した温度に保つため加温しています。
- ・ 貯湯槽を有するため、衛生管理の目的から加温しています。
- ・ 気温の低い期間のみ加温しています。 など

### 循環装置等の理由

- ・ 衛生管理のため、循環ろ過装置を使用しています。
- ・ 温泉資源の保護と衛生管理のため、循環ろ過装置を使用しています。 など

### 入浴剤使用の理由と名称の例示

- ・ 季節感を感じてもらうため（又は香りを楽しんでもらうため等）冬期のみ以下の入浴剤を使用しています。

例 製品名：○○○  
製造（販売）会社：△△△  
主要な成分：×××

### 消毒処理の理由、消毒方法の例示

- ・ 衛生管理のため、塩素系薬剤（又はオゾン、紫外線、銀イオンなど）を使用しています。
- ・ ××県公衆浴場条例の基準を満たすため、塩素系薬剤（又はオゾン、紫外線、銀イオンなど）を使用しています。 など

（注）温泉の掲示に関する問い合わせは大分県下の保健所か市町村役場の温泉担当課・係へご連絡下さい。（県温泉行政担当課より）

### 参考資料(3) 訪日の(観光)外国人——最多の613万人

平成16年度 首位は韓国人

国際観光振興機構が今年(04年)4月8日発表した平成16年度(16年4月1日～翌17年3月末日)訪日外国人数は、約<613万8,000人>で、前年より17.8%増えて過去最高となった。アジアからの来訪が421万人と、台湾や中国を中心に19.8%伸びたのが大きい。

その理由として韓国、台湾、中国からの修学旅行生に対してビザ(査証)やビザ手数料が免除されたほか、中国の団体旅行ビザ発給地域が昨年9月に拡大された効果もあったようだ。

国・地域別では、——

①韓国	159万人	②台湾	108万人
③米国	76万人	④中国	62万人

首位の韓国159万人(8.8%増加)のうち、観光目的の来日は初めて100万人を突破した。第2位の台湾と第4位の中国は、いずれも前年度より4割近く増えた。

一方、04年(平成16年)に海外に出かけた日本人は、同じく26.4%増の約<1,683万人>であり、過去2番目に多い人数であった。(「全国紙」05年4月9日付)

## Ⅲ 温泉の権利の基礎的法理

### (1) 温泉というもの

温泉とは法学(法社会学)上、そもそも、どんな液体なのか。また権利とは、どのように説明されるべきか。法律用語としての「温泉」と「権利」とは、どのようにかわりあうのであろうか、から記述してみることにしよう。

広く一般社会に使われている、いわゆる「温泉権」の定義は、1口では容易に説明しにくい。それは、特殊な「(民法上の)物」(後述)の権利という外なさそうである。専門書でも、冒頭に「温泉に対する権利」とか「温泉にかかわる諸権利」とか、取りあえず抽象的に記述されている(川島武宜著『注釈民法(7)』中の物件編(2)「温泉権」)。

日常用語で使用する温泉は、社会の共通認識からは「入浴できる程度の温度を有する状態で、天然に存在する水(H<sub>2</sub>Oを主成分とする液体)であろう」と説く(川島著『温泉権』1994年岩波書店以下同じ)。第二次大戦後、法社会学での不透明・不分別の領域を実態調査・研究し、体系的理論化をすすめたのは川島武宜東大名誉教授であった。先掲『温泉権』の中で、次のように論述している。

地下に存在する、或いは地上に有する水であって、単に灌漑用・発電用・動力用に供せられるものではなくて、その成分(含有物質)または温度の故に特殊の利用価値を、したがって通常はそれに基づく交換価値を認められるものは、すべて日常用語の「鉱泉」であろうと「温泉」であろうとを問わず、ほぼ同じ法=権利関係として処理してよいと考えられる。したがって我われは、それを広く学問の上で「温泉」と呼ぶことにする。

と。これを要約すれば、①温泉はその成分と温度との特殊なもの(物)であり、②戦後、それも観光温泉都市型の温泉場では、温泉の諸権利が日常的に商品として法律行為(売買・使用契約など)の対象となってきたこと、③戦前の鉱泉であると温泉であるとを問わず、その法律関係は同じ「法律」、即「権利」関係として処理されてよいであろう、というのである。その教授の見解は、温泉権研究の基本的課題(前提ないしは視点)を述べたものとする。

余計なことながら、同教授の多くの著作・論文はとかく難解だ。その理由として、著者の研究手法はマルクス主義の影響が強く、学界でも定評があった。もっとも、戦前の東大法学部と経済学部の過半数の教官はマルクス信奉者であったと伝えられる。かつての大学紛争（昭和44～45年）の時の林健太郎教授（当時、文学部長。西洋史専攻）は紛争後、東大学長を務める。その後、自民党の推薦を受け全国区での参議院議員となった。昨年の死去で同教授もまたマルキストであったが、戦後は転向して右翼的思想に変わったことをA紙の追悼記事で知った。

それはさて置き、現行「温泉法」（昭和23年公布 法第125号）で温泉の定義はどうか。その第2条に次のように規定してある。

——「地中からゆう出する温泉、鉱水及び水蒸気その他のガス（炭水化物を主成分とする天然ガスを除く）で、別表に掲げる温度又は物質を有するものをいう」

（別表）1. 温 度 摂氏25度以上 （温泉源から採取されたときの温度とする）

1. 物 質 物質名 19種 （省略）（次に掲げるもののうち、いずれか1）

## (2) 温泉にかかわる民法上の法理

温泉上の諸権利は、現行民法典に深くかかわる。そこで本論から外れるが、私法（後述）の基本法たる「民法」上の基礎的知識（学問的認識）を深めるために、六法（全書）の1つ「民法」の概説から述べることにする。

**民 法 典** （明治29年4月27日公布、法律第89号・全条1044条と附則）

第1編	総 則（民法総則）	
第2編	物 権（物権法）	} 財産法——財産権
第3編	債 権（債権法）	
第4編	親 族（親族法）	} 家族法（戦前は身分法）
第5編	相 続（相続法）	

法律学の初歩から始めよう。本来、「法」とは、また「権利」とは何か、である。

——社会生活での〈法〉は社会規範（社会のルール）の1種である。社会のルールを守らねば、乱れた世（乱世）となる。社会規範は、次の4種に分けられる。

① 道徳規範      ② 宗教規範      ③ 風習規範      ④ 法律規範

①のそれは正直であれ、人を騙すな、人を殺すな、など。中国の漢の高祖は、これまで（秦）の煩雑で過酷な法を廃して「殺すな・傷つけるな・盗むな」の〈法三章〉に限ったという（史記）。②の宗教規範の例示としては、イスラム教の教義が今世紀まで現に活着しているのに驚く。日本では仏教の教義や葬式儀礼が挙げられよう。次の③の「風習」を厳密に解すると「ならわし・しきたり・習慣」である。これに関して類似語の「風俗」とは「容姿と身のこなし、服飾、態度など」とする（広辞苑）。現代、若い男女を主とした「髪を染める流行」も、これに当たろう。

最後の「法律規範」は、どうか。法律規範は、他の3規範に比べて強制力が最も強く、法規範に従わない者は容赦なく刑罰が加えられる。それは総理大臣（田中角栄元総理）であろうと大富豪の御曹司（現在話題の西武王国の堤氏）であろうとも、である（憲法第14条「法の下での平等」）。法規範の特異性は、まさに、この「強制力」にあるのである。

つぎに、この法規制には、歴史的に発生を見た「自然法」と、人為的に制定された「実定法」（「実体法」とも）とがある。前者の自然法は「自然界の一切の事物を支配する理法で人間の本性に基づくもの」なのである（死にたくない、健康でありたい、など）。また、それは「永久不変のもの」と考えられている。かつて中国の歴史に登場する秦の始皇帝（前259～前210年）は「殺すなかれ・奪うなかれ・

焼くなかれ」の法三章を戦場の兵士に誓わせたという（この歴史の教訓を活かしたのが、中華人民共和国の人民軍「八路軍」の軍律であった）。

これに対する「実定法（人定法）」は、本来の意味では「人間によって人為的に定立された法」である。広義では「神が定立した法」すなわち「神法」もこれで、日本歴史の上では天孫降臨時の御神勅（神のおつげ）が、キリスト教では聖書における神の啓示などがこれに該当しよう。この実定法は、さらに一定の手続を踏んで作られた成文法の形をとる「制定法」、歴史的に或る時代の社会の中で成立した「慣習法」、さらに判例に法としての効力が認められた「判例法」とに分けられる。

温泉利用にかかわる法規として、戦後制定された「温泉法」は実定法かつ制定法である。これに対し、近代以前（前近代）の温泉利用関係での取り決め事（村定め、村極め、村掟など）は、すべて「慣習法」の領域に所属する。

つづいて「法」と「権利」との関係を見てみよう。

法律学の学習には、基礎的知識として「権利」概念（意味内容）の正確な理解が、何より肝要とされる。たとえば、自動車王国と世界から見られている日本にあって、「道路法」（1952年）にいう道路とは何か（定義第2条）、その種類（分類第3条）、「道路交通法」（1960年）にいう自動車の定義や分類（同法第2・3条）などの基礎知識は、日常の不断の学習が必要である（免許取得のための自動車学校での学習の必要性）。このことは、温泉の権利や権利概念の習得にも同様なことなのである。

ところで、「法」とは、どのように説明されるか、である。

日本語で書く「法」は外国ではどう表示するのであろうか。世界の共通語とされる英語ではlaw、仏語ではdroit、独語ではRechtである。一方、「権利」は同じくright、droit、Rechtであり、仏語と独語では全く同字である。冒頭に川島教授は「法＝権利」としていたが、法と権利とは同一であり、その視点が違うだけである。英語のlawは法のもつ包括的概念のうち「法規範＝法典」を主に意味するのに対して、rightは権利概念の内容（理念）、すなわち「正義」を意味する。結局のところ、法＝正義＝権利であることを理解すべきである。英語のall rightは日本語で「自動車類のバック・オーライ」のように使われ、よろしい・承知したの意味で子どもにも周知のことばである。

要するに「法」とは、換言すれば「権利」のことである。講釈上、「法」の定義（概念の整理と内容の限定のこと）はどうかといえば、法学辞典や法学概論書には次のように記述している。

法とは「一定の社会的利益の享受のための手段として、一定の資格を有する者にのみ与えられる力である」と。

法哲学の領域になるが、次での問題は「法の本質とは何か」である。これをめぐっては、早くからヨーロッパの法学者により次の3説が唱えられてきた。

①権利意思説——人間の社会的行為は、その人間の「意志（民法上は「意思」）」によって示される。法規範の適用にあたり、それが「適法か違法か」は、当該の人間の意志に因るとする。その端的な事例は刑事犯の殺人行為で殺意や動機、ここにいう犯罪意志（故意か過失か、未必の故意か）の如何が強くかわる。

②権利益説——同様に権利の本質は社会上の利益であるとする。だが、「利益」は権利の結果にすぎず、第1説と同じくその1面しか捉えていない。

③権利法力説——一定の社会的利益を受けるためには、その手段として一定の資格を有する者だけに与える「力」だと説く。身近な例では、選挙権や自動車運転免許証の取得者（所持者）のみ自動車を運転できる権利が許されることは記述するまでもあるまい。この第③説が万国共通の定説とされている（主唱者はドイツ公法学者・イエリネック 1851～1911年）。○○権、△△権と多数羅列してきたが、

まさに法典は「権利の体系」なのである。

以上、興味も少ない法学の講釈をしてきたので、ここで気分転換に「閑話」2題を述べておこう。

第1話。——欧米近代社会の家庭では、生活慣習として“茶の間に3冊の書物”とよくいわれる。1冊は「六法全書」、これは法律問題（とくに紛争）への手引書となる。2冊目は、判りやすい「家庭医学書」の類、これは家族の急病や健康対策用であろう。最後は、ことば＝自国語の辞典（事典）のようなもの。日本でいえば国語辞典、漢和辞典、もの知り事典、外来語事典の類は数多く書店を飾っている。娘の結婚に当たっても、母親の貴重な人生体験や料理（得意なものから郷土料理など）などのノート類を持たせてやるのが慣習であった（今もか？）、という。さしづめ日本でも、戦前は華族や士族、また富裕の家では「<sup>たんす</sup>箆筒長持」に主に蒲団や衣類、小道具を詰めて花嫁は婚家に向ったようだ（その時の唄は民謡にも残っている）。徳川期には、武士の娘は万一（自殺や危急のとき）のため「短刀」を、あるいは「女大学」（女子の修身書で封建道徳で貫かれていた。著者は貝原益軒1630～1714というが不詳）1冊を持たせてやったのではあるまいか。

第2話。——これは権利についてのエピソード（挿話）である。幕末から明治維新、その後の近代日本の夜明けで活躍した大先哲といえ、挙げるまでもなく福沢諭吉（1834～1901）であろう。すでに幕末期、幕府使節に随行して欧米に渡る事3回。有り金はたき、文明開化の諸洋書を購入して帰った。これ等の本を読破して困惑したのは、英文に再三にわたり登場するrightの邦訳であった。当時の日本社会には、このような概念の知識（認識）がなく（初期には「自由民権運動」が起きる）、どのような語を当てるべきか……。福沢は前後の文意から「世の中の道理、ことわり、筋道」と察して＜権理＞と訳した。のちに同じく啓蒙思想家で初めて日本に西洋哲学を伝えた哲学者、西周（1829～1897）に相談したところ、現在も使っている「（権）利」の方がよろしかろうと言うことになった旨、福沢はその著作に記述している（『西洋事情』『文明論の概略』『福翁自伝』のいずれか）。

ちなみに、権利の「権」を漢和辞典でひもとくと「権は物の重さをはかることで、威力、謀りごと、かりそめなどの意味」と出ている。歴史上の「権現」（ごんげん）様といえ、徳川幕府初代の家康を指すが、上記のかりそめの意で「神の尊称の1つで、仮に姿を変えて現われたもので本地垂迹説による」と記述してある（同上辞典）。

### (3) 権利の分類

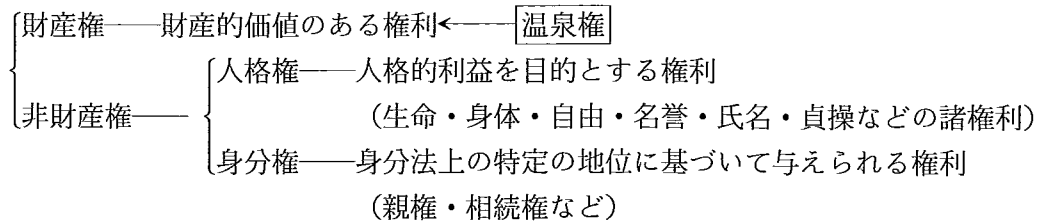
この節では、権利の分類を考えてみよう。

まず、権利には、公法関係に生ずる「公権」と私法関係に生ずる「私権」とがある。公権は立法・私法・行政の3権から成る「国権」（国家の主権）と、自由権・生存権・参政権・国務要求権等からなる「基本的人権」に大別される。この他、国際法上の権利と国内法上の権利の別もある。一般に権利と義務とは、1つの法律関係の表裏をなしている（末川博編『法学辞典』日本評論社 昭和46年1月第1版）。次のような分類も見られる。

国家的公権——組織権・警察権・統制権・刑罰権・徴税権・財政権・裁判権・外交権・自衛権その他  
個人的公権——上述の基本的人権の類

つづいて温泉の権利に深くかかわる＜私権＞について述べよう。

私権は、その目的（内容）が財産的価値の有るか無いかによって「財産権」（既述の民法典の編成を参照）と「非財産権」に分けられる。後者の非財産権には「人格権」と「身分権」とがある。下に図解しよう。



上述の区分は、具体的には必ずしも明確ではない。「債権」(後述)は、通常は財産権に属するとされる(債権法167条——債権の消滅時効は10年であるが、②債権又は所有権でない財産権は20年間で消滅する)。参考までに、フランスの人権宣言(第17条、1789年)は「財産権の不可侵」(神聖性)をうたっている。わが日本国憲法も、その第29条で「財産権は、これを侵してはならない」と規定する。かかる意味で、温泉権もまた(旧慣温泉権=後述であろうとも)それを慎重に扱わねばならないのである(参考——現在、入浜権=磯権<sup>いりはま いそ</sup>で紛争となっている大入島埋立て問題)。

ところで、民法書の総則編と第2編「物権法」の各節を読んでみよう。温泉の権利にかかる重要な条文を以下に列挙しよう。

〔民法総則編〕(第3章「物」)

第85条(物の定義) 本法において、物とは有体物を謂う。

第86条(不動産と動産) 土地及びその定着物<sup>ちやうぶつ</sup>はこれを不動産とす。②その他のものは、すべてこれを動産とす。③無記名債権<sup>むきめいせけん</sup>はこれを動産とみなす。

第87条(主物と従物) 物の所有者がその物の常用に供するため、自己の所有に属する他のものをもってこれに附属せしめたる時は、その物を従物とする。

温泉の場合、上掲の3ヵ条をやや詳しく述べよう。

湧出温泉が「有体物」、すなわち「物理的に空間の1部を占め、有形的存在を有する物」(広辞苑)であることに異論は見られないだろう。

土地所有権から独立した「湧出温泉」自体が支配の対象となり得ることは論ずるまでもあるまい。ところが、この温泉の権利(源泉利用権)が「物権か債権か」の問題となると、ことは難しくなる。必ずしも二者択一的に論ずることは出来ないからである。そこで「物権と債権」の特異性と相関性を考察してみることにしよう。

「所有権」とは——

私権の中でも「所有権」が日常の社会生活で重要な役割を占めていることは、ここに説くまでもあるまい。法意識などあろうはずもない原始社会ならず現代社会でも、幼児がオモチャの奪い合いでケンカするのも、元来人間の悪業一本能的な所有欲や闘争心(戦い)の現われではあるまいか。法律用語の「所有」とは、外界の自然物を支配することであり、原始社会では狩猟漁撈などで得た獲物は先に手に入れた者の所有となる(無主物先占=原始取得)。

この「所有」の類語に「所持」があるが、これは現に持っていること、携帯することであり、自動車運転免許証を取得していても、不携帯で運転すれば反則となることは周知されているところである(この他「所持品検査」などに使われる)。

所有権の法的形態は、歴史の発展過程によって、その時代特有の形をとってきた。マルクス主義の理論では、人間社会の「生産力」と「生産手段」に拠る、とされる。前近代社会(中世~近世)、とりわけ徳川幕政時代<sup>とくわが</sup>にあって農業中心(第一次産業)社会では「(生活)村」単位の社会秩序で共有財産を支配・管理してきたが、「旧慣上の温泉権」(旧慣習温泉権)については、本シリーズで論述してきた(専門用語でゲヴェーレGewereの法体制)。

さて、温泉にかかわる権利関係としては、上掲民法典の諸規定が深く関連するので、具体的に分かり

やすく説明することにする。

#### 第206条（所有権の内容）——

人間生存の基盤にかかわる基本権の1つは、それは衣食住の「住」の家である。「家」の所有権の内容から考えてみよう。周知のようにわが家（my home）の場合とアパート（apart、貸家）暮らしの2つに大別されよう。前者は「物権」としての所有権であり、後者は法律行為の契約の形をとる「債権」（家屋賃貸借契約）となって発現する。

持ち家の場合、当然ながら全面的に自由な「使用权」がある他、他人に貸して家賃を稼ぐ「収益権」、また担保にして借金したり（担保物権）売却したり、老朽化すれば壊すこともできる「処分権」などが考えられる。このように家屋所有権は「包括的」な諸権利を含んでいるのである。この物権としての権能に対して、貸家やアパート、賃貸マンションなどの場合は「契約」を結ぶことによって、その内容が拘束されることは言うまでもない。

地上に湧出する温泉は、地表（土地所有権を表示するものとして地番と地積・地目）の特定の地点「湯口」を通してでなければ湧き得ない。したがって土地所有権と湧出温泉（これを特に「源泉」と呼ぶ）とは一体不可分のものとして観念され、歴史的にも土地が村落共同体（構成員全員）の支配下にあった時代に「土地から湧き出る湯は皆のもの」といった共通意識があったとしても、それはごく自然な考え方であった。このような古典的（伝統的）な温泉の利用関係は、山林原野の入会権、海岸での原初的な入浜権・漁業権などと軌を同じうする性格のものと考えられてきた（ゲヴェーレ上の諸権利）。

土地所有権と離れた「湧出温泉」が支配の対象となりうることは論ずるまでもない。ところで、この温泉の権利（源泉利用権）が物権か債権かの問題となると、ことは難しくなる。とりあえず、次に「物権（的利用）と債権（的利用）」の相関性を考察してみることにしよう。

#### (4) 民法上の「物権」と「債権」

前節で、地上に湧出の温泉＝「湧出温泉」が民法上の「物」であること、が判ったと思う。そこで、民法上の「物権」と「債権」に課題をすすめることにしよう。

先掲の民法第2編と第3編の内容は、基本的かつ包括的な、一面では物に対する権利（対物権）の「物権」と人間関係（対人権）の「債権」とである。この両権の内容や特異性をみていこう。

〔物権〕 物権とは「一定の物を直接に支配しうる権利」で、次の債権とともに財産権の主要な部分をなす。「物」を直接に支配することから「支配権」とも、「対物権」とも呼ばれている。

一定の「物」に湧出温泉が該当することは、上述した。「直接に支配しうる」とは、どういうことを言うのであろうか。「他人の行為を介しないで、直接に物についての利益を享受しうること」であり、「対人的には排他性という形をとる」とされる。ここで、いくつかの物権の特異性を説明しよう。

①物権の「排他性」——同一物上にたがいに相容れない内容の物権が2個以上同時に成立しえない、ということ。物を直接に支配するという特質から、それは必然の帰結といえよう。Aさんの「物」はあくまでAさんに所有権が、Bさんと二人で支配すればそれは「共有」（物権法第3節参照）。温泉また然り、である。但し、例外には「金銭」（貨幣）という特殊な物があり、これには占有権（同上第2節、事実上の支配権）と所有権（前節）とが重なりあう。

②物権は、所有権・占有権・制限物権（さらに用益物権と担保物権）とに大別される。

③物権的請求権——所有権者は、物権の内容である円満な支配権がなんらかの事実によって侵害された場合、侵害者に対して侵害の排除に必要な一定の行為を請求しうる権利、である。判りやすい例では、盗品に対して犯人がわかれば「その物を返してくれ」と請求できる。この権利を民法上では「所有物返還請求権」と呼んでいる。相手に妨害行為があれば「妨害排除（予防）請求権」を行使できる。温泉の

湯口（権）でも、湯口への妨害があれば、その排除を請求できる。

④物権法定主義——民法その他法律で定めるもの以外に物権を勝手に創設することを許さない、というのが法原則（民法175条）である。

ここで問題なのは、課題の「温泉」である。民法施行時の細則（第135条）では、慣習上の物権と認められたものでも「民法その他の法律に定められていなければ物権の効力を認めない」と規定している。そこで流水や山林・原野、「温泉（旧慣）」がどうなるか、である。これに対して戦前の批判や学説が種々見られるが、民法典では「入会権」について「共有の性質を有する入会権は各地方の慣習に従う」（第263条）と定められているので、温泉利用の権利（但し旧慣）もまた「温泉入会権」に擬えて慣習が尊重されるべきだ、と私は考える。

〔所有権〕 私法上の諸権利（私権）の中でも、日常生活でもっとも多いのが、この権利のタイプであろう。物権法第3章「所有権」の項目には、次のような規定があり、温泉の権利と深くかかわりあうのである。

第206条（所有権の内容） 所有者は法令の制限内において自由にその所有物の使用、収益及び処分を為す権利を有す。

第207条（土地所有権の範囲） 土地の所有者は、法令の制限内においてその土地の上下に及ぶ。

第249条（共有物の使用） 各共有者は共有物の全部につきその持分に応じた使用をなすことを得る。

第251条（共有物の変更） 各共有者は他の共有者の同意あるに非ざれば、共有物の変更を加ふることを得ず。

所有権で是非とも付記しなければならないのは、その権利を表示（公示）する「登記制度」のことである。一般に「登記」とは、登記官（法務省事務官）が不動物の表示、または不動産に関する権利関係を登記簿に記載することをいう。辞典では「一定の事項を登記簿に記載し、私法上の権利の得喪や変更など関係事実の存在を公示かつ保護する行為」と説き、「不動産（土地と家屋）登記・船舶登記・商業登記などがある」とする。

不動産登記法で土地や建物の登記はよく知られている。不動産売買の場合、登記請求権は買主に、売主が義務者となる。登記原因（登記をなすべき原因の法律行為）は「売買」が日常的であるが、その他贈与・相続・抵当権設定など。登記完了の証明書が世にいう「権利証」（登記済証）である。なお、「不動産の対抗要件」という難解な用語もある。民法第177条には「不動産の変動には登記法の定むるところに従い登記をしなければ第三者に対抗できない」旨の規定が見られる。不動産の売買には「何をおいても先ず登記を」ということも銘記されるべきであろう。世に“先に登記した者が勝ち”とはよく言われることである（二重売買の事例）。動産の場合、「動産物権の対抗要件」は「引渡」である（民178条）。

ところで湧出温泉の場合、どんな「登記」をなすべきかは重要な問題なのであるが、これについては後述する。県保健所が管轄する「温泉台帳」はどうか。これについても後述したい。

〔債権〕 民法債権法にいう「債権」とは「或る特定人（＝債権者）が他の特定人（＝債務者）に対して一定の行為、すなわち給付を請求しうる権利」である。これを「債務者の行為を介して利益を受ける権利」といってもよい。当事者がいてこのような給付をなすべき義務とともに債権関係を構成するのである。物権とともに「財産権」の主要なものであることは既述した。

物権が「物」に対する直接の支配を内容とするのに対して、債権は「特定人に対する請求権を本体とする」と説かれる。以上の事柄から、物権は「対物権」もしくは「絶対権」と称されるのに対して、債権は「対人権」同じく「相対権」と別称されることもある。世にいう「債権契約」とは、債権関係の発生を目的（内容）とした契約のことである。債権の発生原因としては、その主要なものがこの「契約」で



ある。民法上のこの契約は温泉利用の場合はどうか。通常は、給湯（温泉）会社が多量の湧出温泉を各需要者に受湯の利用（使用）権を与える趣旨の「継続的供給契約」を結ぶという形式をとる。この場合は温泉供給会社が「債務者」であり、利用権者が「債権者」となる。この点に関しても後述する予定である。

①契約自由の原則——各人は、法律行為によって、その欲するままに法律関係を形成する自由を与えられているとする原則、である。「法律行為自由の原則」とも。近代法の下では、私的自治の建前から認められている。

契約内容の実現に当たっては、①締結の自由を基本に、②相手方選択の自由、③方式の自由、④内容の自由などが含まれている。この原則は、元来経済自由主義に適應するものであり、取引上の自由競争に法的根拠を与えてきた。だが、資本主義の高度化にともない「独占の出現」および「社会矛盾の激化」の結果、現今では種々の制限を受けるに至っているのである。

②債務不履行による損害賠償——契約を締結した後、債務者が「債務の本旨」（債務本来の趣旨ないし目的）に従った履行がなければ債務不履行の責任が生ずる（民415条）。この場合、本旨履行がないというのは④履行遅滞、⑤不完全履行、⑥履行不能に定型化される。

また、債務者が「本旨」に従った提供か否かは、契約文言（解釈論）や法律規定だけでなく、契約目的・取引慣行・信義誠実の原則をも考慮して決定されねばならない。

③医療過誤——現在、大きな社会問題化しているのは、周知のとおり医療行為により生じた医師（又は医療機関）の責任に関する不法行為（後述⑤）の一類型としての「医療過誤」である。戦前には医師側の責任を否定する判例が多かったが、戦後には概して肯定判定が多くなってきている。

④民法上の「契約」の定型（13型態）——日常生活で契約を結ぶ機会が多くなってきているが、これを定型化すれば次のような13種類に分類される。（契約法＝債権法第2章第2節以下参照）。

- |                |     |     |       |       |        |
|----------------|-----|-----|-------|-------|--------|
| ①贈与            | ②売買 | ③交換 | ④消費貸借 | ⑤使用貸借 | ⑥賃貸借   |
| ⑦雇傭            | ⑧請負 | ⑨委任 | ⑩寄託   | ⑪組合   | ⑫終身定期金 |
| ⑬和解（その他は 特殊契約） |     |     |       |       |        |

⑤不法行為と損害賠償責任——これは、故意または過失に因って他人の権利を侵害した場合、その損害を賠償しなければならないという趣旨の規定（民709）である。一般的不法行為と特殊不法行為（民714～719）とに分かれるが、債権発生原因の1つで契約に次いで重要なものである。

この具体的事例で紛争となるのは④故意または過失、とりわけ過失が有ったかどうか（過失の有無）、⑤原因と結果（因果関係）が結びつくか（相当性）とその立証、⑥他人の権利の具体性（範囲）、⑦損害額の算出の論拠（社会的妥当性）などである。前述の医療過誤の立件でも、以上の諸点が論争となっている。最近では、「診療行為」を契約として捉えて415条で提訴するケースが多いようだ。

特殊な不法行為としては、法定監督義務者の責任（714条1）、使用者責任（715）、注文者責任（716）、土地工作物責任（717）、動物（ペット類）の保管者責任（718）、それに共同不法行為（719）がある。

## (5) 温泉に対する物権的支配と債権的支配

近代法は、上述したように近代的<sup>・</sup>所有権に基礎をおいて、外界の「物」（湧出温泉もこれに含まれる）に対する権利を「物権と債権とに峻別して構成する」というのが原則である（前掲書『温泉権』）。

この点、人間誕生時の「性」別が「男か女か」のいずれかであることと、論理の上では軌を同じうする（第3の性など不在りえない）。それは万能の造物主（造化の神）が男女の2つの性を創出したと古来信じられてきたことである。

ところで、社会科学<sup>・</sup>的認識を旨とする法社会学の領域で、湧出温泉に対する<sup>・</sup>支配は近代法の権利の体

系の中でどのように構成されるべきか、がまさに問われるべき課題なのである。

— 近代的私所有権制度のもとにおいては、温泉に対する第1次の支配権は、既述した民法第207条「土地所有権の範囲」として「其ノ土地、上下ニ及ブ」、すなわち土地所有権の効果（その権能の1部）として処理される。

しかし、それは同時に、湧出地盤（土地所有権）に含まれ特定される「湯口に対する独立の権利」として「所有権と同じ性格の包括的支配権として承認される傾向があること」も既述したところである。そこでは、「旧慣による湯口支配」が1種の物権として判例の上でも承認されていることも触れておいた。

だが、自己所有の地盤内に湯口が実在する以上、法律上は問題が生じ得ないと考えられるが、それが他人所有の地盤にあればどうなるのか、である。論理的可能性としては、次の2法式が技術的に考えられよう。

①このような温泉利用は、湯口地盤所有権者との「契約」に基づく債権的利用権として構成され処理され得るであろう。そこでの温泉（利用）権は「債権的支配」として結論づけられよう。

②第2の方式は、債権的利用とはなんら関わり合うことなく「独立の物権的利用（権）」として処理され得ることである。

この第②の理論構成に当たって引用される法的論拠に、当県の大分地裁昭和36年9月15日判決がある。当該判決文には「……別府市地方においては湧出温泉につき増掘浚渫ないしは引湯等の判用をなし得る直接排他的な支配権が温泉権又は鉱泉権と称せられ……地方慣習法の存することは当裁判所に顕著な事実である」と言う。この文言の含意は、客体（源泉）の利用に必要な一切の行為をなし得ることを認める趣旨（処分権能の存在はもとより自明視されている）であるから、源泉権が民法上の「所有権」（上述）を原型とする「一種の包括的物権」として承認されている」（上掲『温泉権』）ことは明らかであろう。

#### — 「温泉権の所有権的性格」 —

財産的価値を有する客体（湧出温泉じたい）に対してはまず第1次的に包括的な全面的支配権が成立するものとし、他の一切の権利関係はその包括的権利の主体（者）の同意によってそれから派生する第2次的なものとするというのが、近代の私有財産制度である。本報告書課題の「源泉」に対する権利もまた、まず第1次的に、源泉に対するあらゆる機能を含む包括的全面的な支配権として承認される。このような意味において、近代法的源泉権を〈源泉所有権〉あるいは〈温泉所有権〉と呼ぶことができよう。前掲の大分地裁判決文の判旨は、まさにかような法理から判断したものと考えられる。

#### — 「分湯権と配湯権（給湯権・受湯権）」 —

前項の源泉所有権の態様として、第1次利用権と第2次利用権の法理をさらに探ってみよう。端的に区分すれば、第1次のそれが「分湯権」であり、第2次のそれが「配湯権」である。

最初の「分湯権」について。これは、さらに2つの型態に分けられる。1つは「源泉権そのものの分割」であり、譲受人は譲渡人とともに共同の源泉権となる（通常は「温泉権の共有」と呼ばれる（正確に言えば「源泉権の準共有」）。このような場合、湧出源泉のもつ物理的特性から分割請求権はないと考えるべきであろう。

今1つの型態（法的形式）は、譲受人が源泉そのものに対して譲渡人と同じ資格で管理・支配の権能をもつのではなく、基本的に譲渡人（源泉者）のみがその権能を有し、譲受人はたかだか限られた範囲内の権能しか持たない場合である。叙上の2型態の物権的利用は、当該源泉の個別特性と源泉権者の特異な事情によると考えられる（この点については報告書＝大野の昭和40年温泉権訴訟での「鑑定書」参照）。

上に述べた法理は複雑で、かつ難解なことが予測される。そこで、以下に具体的な事例を挙げて解説

しておきたい。

①既設の温泉場の近郊で、温泉利用の利便に恵まれない地域（新規の住宅開発地）で、十数人の者が共同掘削して利用し会おうということになった。この場合、温泉権の性格や実施上の問題点には、どのような配慮が必要だろうか。

②開発業者から「温泉（権）付き分譲地」を購入することにした。数年後、湧出源泉が停止して問題となった。購入前に温泉権で検討しておくべき問題は——？

③既設の温泉場に移住してきたが、温泉利用で不便なことから、同じ立場の3軒と話しあい、経費を分担して掘削し共同で源泉を利用しあいたいが——。

④同上で単独で県知事の許可を得て掘削した。ところが予想外に大量の湯が湧き（沸騰泉）、自家用に利用してもなお余るので近くの居住者2人にそれぞれ入浴の権利を譲渡することにした。話し合いの結果、掘削料金（ボーリング代）が約300万円だったので、「権利金」は各100万円で合意した。この温泉の権利の性格は？なお、この権利を保全するためには、どのような法的手続が必要だろうか。

⑤（別府温泉）戦争前から観光地獄施設と旅館営業、併せて配湯事業を営んでいた業者が倒産した（昭和30年頃）。当該業者の全財産——観光施設、園内の旅館と自宅、その敷地、加えて沸騰泉はじめ温泉給湯事業の全て——から譲渡を受けた新経営者は、百数十口にのぼる契約者（温泉利用者）に旧経営者は給湯していたため、その受湯者全員に経営権移転の通知と契約文書の書き替え、併せて温泉諸施設の維持費の名目で、かなりの金額を請求した。配湯を受けていた百数十口の受湯権者のうち、20名ほどは再度の「権利金」の請求は納得できないとして、継続して給湯するよう訴訟を起した。

ちなみに、旧経営者との「温泉供給契約書」には、この給湯の権利は「永久の権利とする」旨うたってある一方、契約書末尾には「保証期間は20年間とする」旨の条文も見られた。この温泉権訴訟で争われた受湯者の温泉の権利は、上述したように「物権（的利用権）か債権的なものか」である。

この温泉権訴訟のあと、昭和30年代後半に、同種同類の裁判が提訴された（別府温泉）。当時、温泉権の研究を本格的に始めたばかりの私は、原告・被告双方の弁護士を自宅に訪ねて研究していたので面識があった。そのため「鑑定人」の要請を受け容れて、3、4ヶ月ほど苦悩した挙句、どうやら「鑑定書」を書き上げた（昭和42年3月28日提出）。鑑定事項は「源泉（とその附属施設）等を第三者に譲渡したとき、別府市地方にどのような慣習があるのか」であった（昭和37年(7)第115号損害賠償請求事件）。

私にとっては生涯忘れられない思い出となった。こんなことから、県温泉審議会委員（昭和44年1月1日付、現在の名称—大分県環境保全審議会温泉部会）に就任し、早くも40年近くの年月が経つ…。

（あとがき） 本報告書の提出は4月28日締切であった。今年度の冬は異常な気候不順であった。老齢（満80歳）のため、原稿もなかなか進まず焦燥の日々を送ることになった。冒頭の「要旨」にも記載したように次回で完稿の予定ですので、会員の皆様のご了承を頂きたい。

（H17. 5. 5記）



# 関節リウマチ患者の温泉浴による免疫学的変化 (V)

—未加療活動性関節リウマチ患者に対する機能訓練・温泉浴による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、リハビリテーション未開始の入院後間もない3名のRA患者に対しリハビリテーション訓練と温泉浴を行い、前後でIL-6とIL-1ra濃度を測定した。その結果、起床時の強い強張りを訴えていた2例のRA患者はかえってきつくなると訴え、IL-6濃度は上昇していた。一方、IL-1ra濃度に変化は認められなかった。強い強張りを有し多関節の疼痛と腫脹を訴える時期にリハビリテーション訓練と温泉浴を行うことはかえって身体的ストレスとなり、強張りを増強させた。より炎症が軽減し、入院環境への順応が進み、気分的にも余裕を持ってからリハビリテーション訓練と温泉浴を行うべきものと思われる。

## 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、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]。しかしながら、患者は必ずしもよいと評価するわけではなく、ひどくなったと訴える場合もある。

よって、消炎鎮痛剤（NSAID）のみが投与されており、リハビリテーション未開始の入院間もない患者に対し、リハビリテーション訓練と温泉浴を行った。前後でIL-6とIL-1raを測定し、その変化を過去の報告と比較した。

## 方法

既報のごとく、リハビリテーション訓練と温泉浴を行った。前後で（10am, 11am）採血し、IL-6およびIL-1ra濃度を測定した[1]。対象は、3名の活動性関節リウマチ患者である。そのうち2名はNSAIDのみが投与されている入院間もない患者であり、リハビリテーション未施行の患者である。残る1名は、NSAIDとメトトレキサート（MTX）およびプレドニソロン（PSL）10mg/dayが投与されていてリハビリテーション訓練と温泉浴を開始して2週間を経ていた。

## 結果

図1に示すように、RA-1, RA-2のIL-6値はリハビリテーション訓練と温泉浴により上昇した。また、IL-1raは特段の変化を認めていない。一方、NSAIDとMTXおよびPSL10mg/dayが投与されていてリハビリテーション訓練と温泉浴を開始して2週間を経ていたRA-3では、IL-6濃度は半減したが、IL-1raは変化しなかった。

## 考察

RA-1とRA-2は、いずれもCRP高値であり高い疾患活動性を有しており、起床時の強い強張りを訴えていた。リハビリテーション訓練と温泉浴は未施行の入院患者である。2者はいずれもリハビリテー

ション訓練と温泉浴後も気分がよくなったとは言わず、むしろ“きつかった”と訴えた。すなわち、強い強張りを有し多関節の疼痛と腫脹を訴える時期にリハビリテーション訓練と温泉浴を行うことは、身体的ストレスとなり、強張りを増強させ、何故このようなつらい運動をせねばならないかとの不満をもたらしたと考えられる。より有効なNSAIDやPSLの投与により炎症が軽減し、入院環境への順応が進み、気分的にも余裕を持ってからリハビリテーション訓練と温泉浴は行うべきものと思われる。NSAIDとMTXおよびPSL10mg/dayが投与されていてリハビリテーション訓練と温泉浴を開始して2週間を経ているRA-3では、既報の症例と同様にIL-6濃度が低下しており、この想像を支持するであろう[1]。RA1、RA-2の炎症が軽減した時期にリハビリテーション訓練と温泉浴がIL-6濃度にどのような影響を与えるかを観察することは極めて興味深く、今後検討せねばならない。

また、既報においてInfliximab投与によりIL-1raが低下することを示したが[2]、RA-1、RA-2の強張りを有する未加療活動性RAではリハビリテーション訓練と温泉浴によっても変化なく、さらに、IL-6濃度の低下を示したRA-3でも変化はなかった。このことは、IL-6の低下とIL-1raの低下の間の時間差に由来するのであろうか、あるいは、リハビリテーション訓練と温泉浴による刺激は、消炎的に作用するIL-1ra濃度に影響するほどの刺激作用はないのであろうか。症例数を増やして検討することが必要である。

### 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.

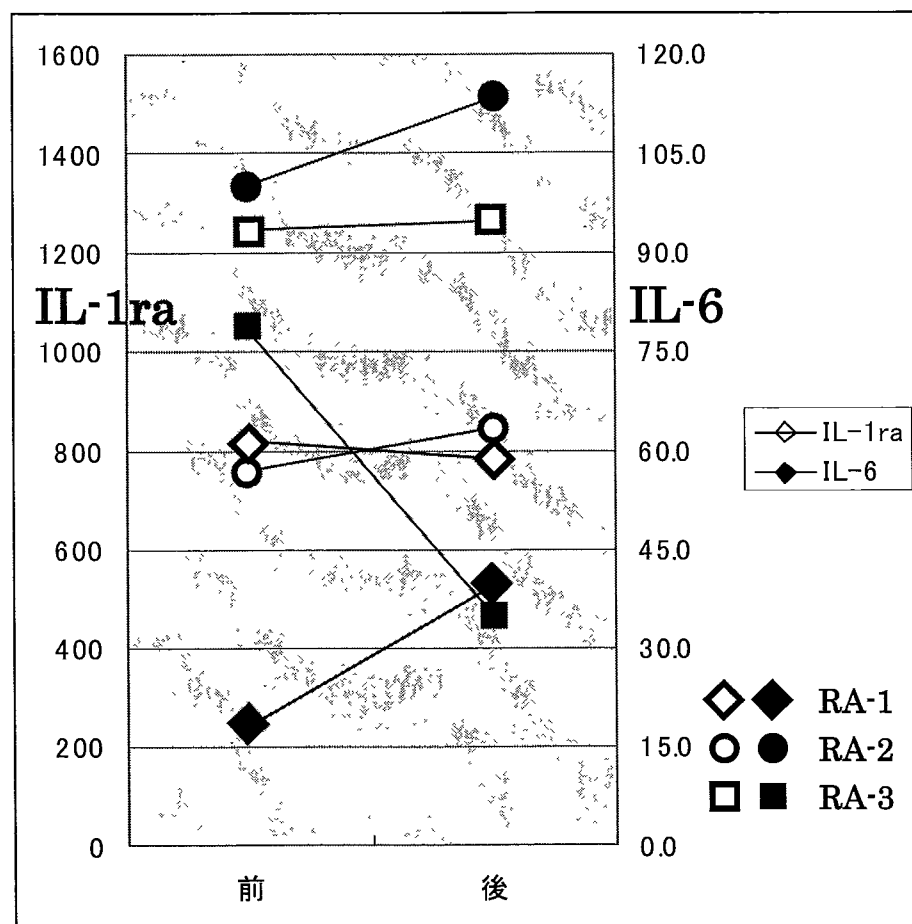


図1：リハビリテーション訓練と温泉浴によるIL-6・IL-1ra濃度の変化

# 皮膚病に効能のある温泉と湧水のORPを指標とした予察研究

日本文理大学

河野 忠

## 要 旨

大分県に存在する皮膚病に効能のある水の中で、イボ水と呼ばれる伝説の水は19ヶ所存在し、湧水タイプとイボ石タイプに分類できることが分かった。イボ水のORPを測定したところ、イボ石タイプの値が低い傾向が認められた。これは、皮膚病に効能のある温泉水のORPと同じ傾向を示すことから、イボ水が効能のある水として伝えられた伝説には、科学的根拠のある可能性を示すことができた。

## 1. はじめに

皮膚病に効能のあるといわれる温泉水は日本各地に知られているが、その科学的、医学的研究はそれほど行われていなかった。大河内(1999・2000・2003a)は温泉水の水質と皮膚病との関係について、その温泉のpHやORP(酸化還元電位)を指標として、密接な関係があることを指摘した。更に大河内(2003b・2004)はその研究を発展させ、温泉水の効能は還元された新鮮な状態から老化した酸化された状態になるに従って低下することをエージング指標(AI: Aging Index)として示した。したがって皮膚病に効能のある温泉水の水質はORPによって間接的に判断することができると考えられる。

一方、河野(2003)は日本各地には「イボ水」と呼ばれるイボの取れる水(湧水や溜水の場合もある)の存在があり、その中には、皮膚病に効能のある温泉水同様、ORPがマイナスを示し、弘法大師伝説が伝えられている水が多いことを明らかにした。

以上のことは、皮膚病に効能のあると伝えられる湧水は、温泉水同様の効能を示す可能性があることを示唆している。そこで、大分県を中心に日本各地の皮膚病に効能のある温泉水とイボ水を洗い出し、これらのORPをはじめとした水質を調べることで、湧水のORPが皮膚病に効能のある温泉水と同様の水質を示すかどうかを明らかにすることを本研究の目的とする。

しかし、本年度は予算配布の遅れにより、九重町の寒の地獄(夏季のみ営業)を調査する機会に恵まれなかったことと、数多く上陸した台風による降雨により、後述するイボ石タイプの測定ができなかったことから、イボ水の文献調査や過去のデータの基づく予察的な研究に留める。

## 2. 皮膚病に効能のある温泉水・湧水とイボ水

イボ水とは、その水をイボにつけ祈祷すれば、そのイボが取れると言われている水で、中にはイボやアザに苦しむ女性が、夢や神のお告げのあった水で顔を洗うと絶世の美女になったという伝説の水の一つである。

本研究を始めるきっかけは、岡山県津山市の銚立石(写真1)を調べたことにある。神社遺跡の礎石に空いた直径10cmほどの窪みに溜まった水がイボや皮膚病に効能があるという伝説があり、そのORPは-133mVを示した。主な溶存成分のバランスもかなり異常な値を示したので、当初よりこれらの水の水質異常にはその伝説と関係があるのではないかと考えていた。しかし、同様の例を調査する機会が無く、そのままになっていた。しかし、河野(2003)で明らかにしたように、弘法水には、ある特定の薬水伝説に基づく水質を示す例が多数見つかったのである(図1)。その中には皮膚病に効能のある弘法水が幾つかあり、特定の水質パターンを示すことが明らかとなった。また、その多くが「弘法の湯」

と称して、皮膚病に効能のある温泉（沸かし湯）として利用されている。

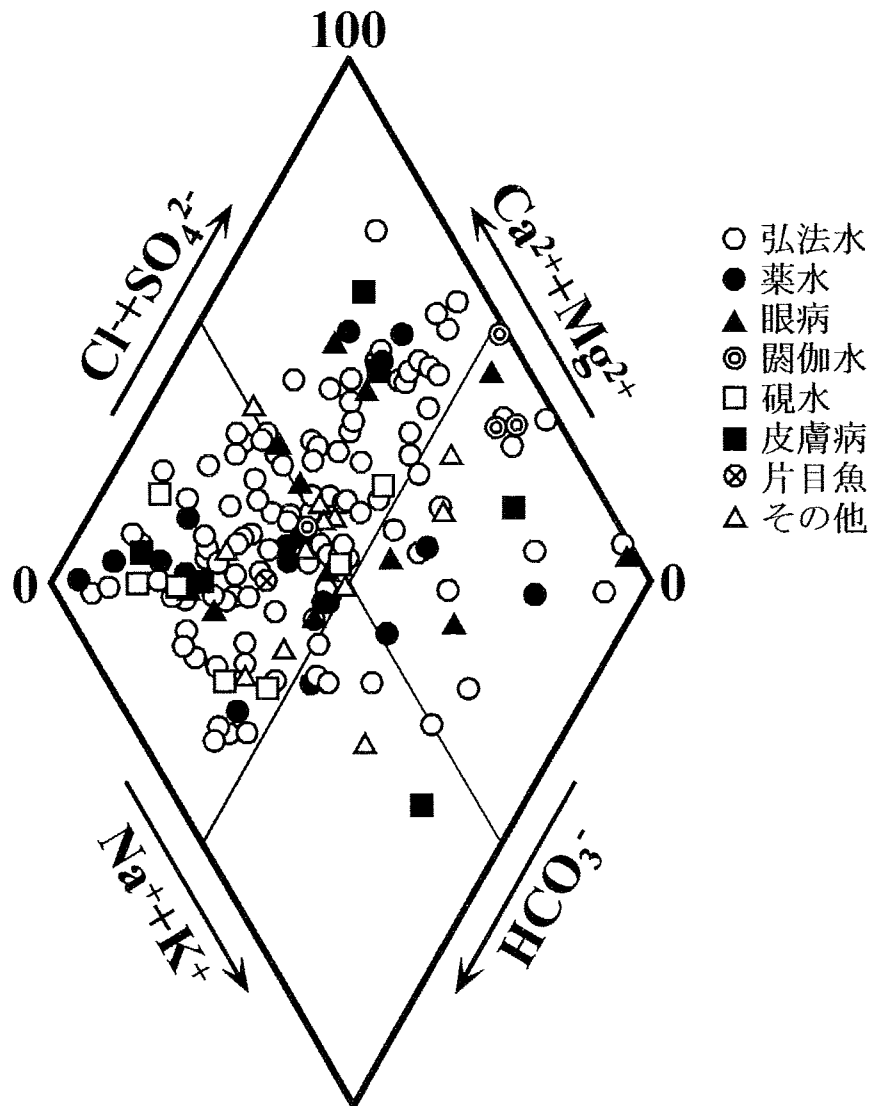


図1 弘法水の水質キーダイアグラム（河野、2003）

### 3. 大分と日本各地のイボ水

皮膚病に効能のあるといわれる伝説の水の代表的存在であるイボ水は日本各地に知られている。しかし、これまでにまとまった調査が皆無であったので、伝説や市町村誌などの資料から抽出する作業を行った。その結果を各県別に表1に示す。

本調査におけるイボ水の把握はまだその一部に過ぎないと考えられるが、長野県や大分県、宮崎県に多く存在している傾向が認められる。これらの県に多数存在する共通した理由は不明であるが、おそらく民間療法の盛んな地域性を反映しているのであろう。

次に大分県におけるイボ水を表2に示す。また、その分布図を図2に示す。

大分県におけるイボ水は存在の判明したものが16ヶ所、その他に場所は不明であるが3ヶ所の計19ヶ所存在することが明らかとなった。これらのイボ水を現地調査したところ、その存在状態から二つのタイプに分類できることが分かった。一つは湧水として存在するタイプ（湧水タイプ）で、もう一つはイボ石と呼ばれ、大きな溶結凝灰岩と思われる岩塊上の窪みに水が溜まったタイプ（イボ石タイプ）である。



表1 各都道府県のイボ水数

都道府県	数	都道府県	数	都道府県	数
北海道		石川県	2	岡山県	
青森県		福井県		広島県	1
岩手県		山梨県		山口県	5
宮城県		長野県	16	徳島県	
秋田県		岐阜県	2	香川県	1
山形県		静岡県	2	愛媛県	
福島県	3	愛知県	3	高知県	
茨城県		三重県	1	福岡県	2
栃木県	1	滋賀県		佐賀県	3
群馬県	7	京都府		長崎県	
埼玉県	1	大阪府		熊本県	1
千葉県	1	兵庫県		大分県	19
東京都		奈良県		宮崎県	16
神奈川県	1	和歌山県	1	鹿児島県	1
新潟県	4	鳥取県	6	沖縄県	
富山県		島根県			
				合計	100

2005年3月1日現在

表2 大分県に存在するイボ水

No.	名称	所在地	タイプ
1	瑞福寺の疣石	大分県中津市瑞福寺	疣石
2	疣石	大分県下毛郡三光村秣小学校近く塔の熊香紫庵堂	疣石
3	疣地蔵の水	大分県宇佐郡安心院町飯田	湧水
4	観音水	大分県別府市東山字捏山イボ観音	湧水
5	足跡石	大分県大分郡湯布院町	疣石
6	酒水	大分県大分郡挾間町向原柏野海老毛温泉	湧水
7	薬師如来の水	大分県大分市宮尾字斗代	湧水
8	大清水	大分県臼杵市大野字大清水	湧水
9	疣地蔵の水	大分県臼杵市深田字観音観音堂裏の岩屋の疣地蔵	湧水
10	化粧の井戸	大分県臼杵市深田字岩ノ下真野長者屋敷跡	湧水
11	疣水	大分県竹田市城原字水落	湧水
12	籠目権現社の湧水	大分県竹田市九重野字籠目	湧水
13	疣水	大分県竹田市植木字疣水竹田明治郵便局	疣石
14	寒の地獄	大分県玖珠郡九重町長者原	湧水
15	金亀ヶ淵	大分県大野郡三重町内山観音	湧水
16	疣地蔵の水	大分県日田市刃連町会所山麓	疣石
	皇后石の水	福岡県築上郡吉富町広津字皇后石	疣石
	銚立石	岡山県津山市小原大築神社跡	疣石

便宜上旧市町村名を使用

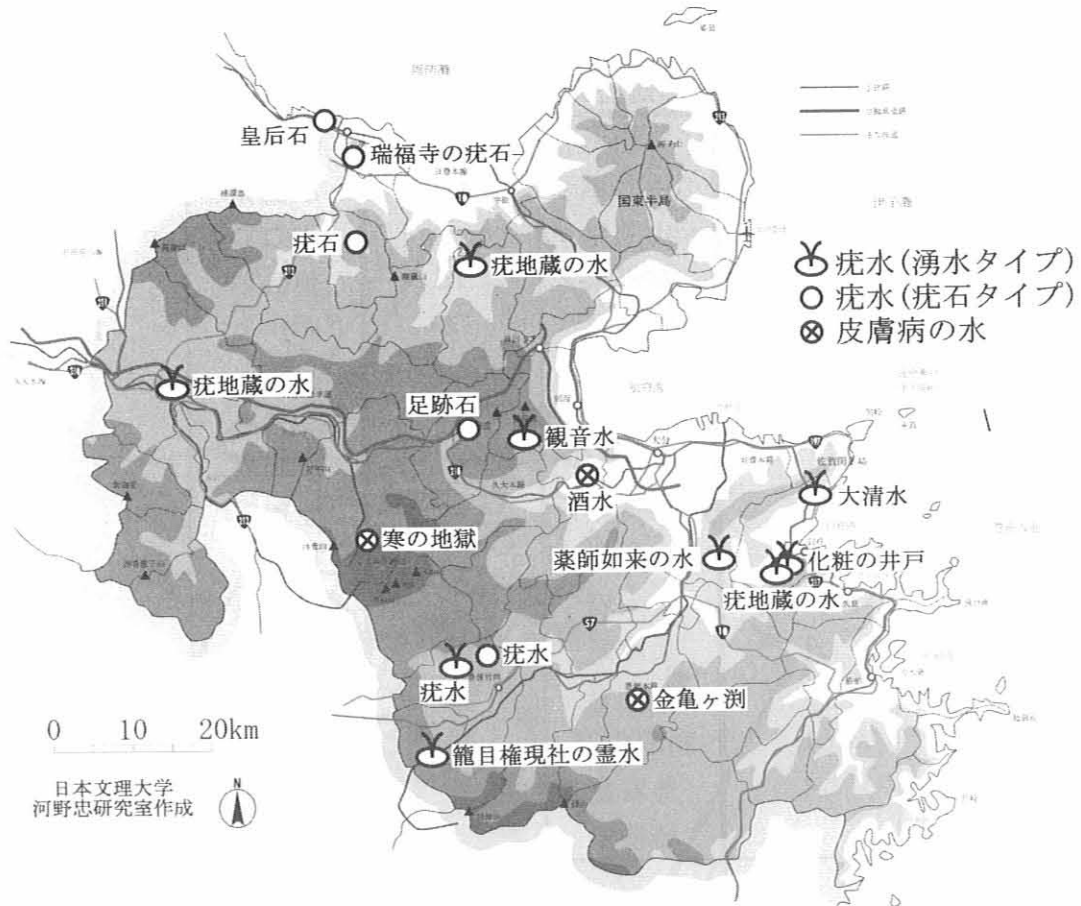


図2 大分県におけるイボ水の分布

代表的な湧水タイプのイボ水に、臼杵市の大清水（写真2）がある。この湧水は地名の由来にもなったイボ水で、別名を卵水と呼び、すぐ上の祠の土をこの水で練ってイボにつけるとポロリと落ちると伝えられている。

代表的な疣石タイプのイボ水に中津市瑞巖寺の疣石（写真3）がある。直径50cm、深さ10cmほどの岩の窪みに水が溜まっている状態にある。

これら大分県に分布するイボ水は、ほぼすべてが9万年前に発生した阿蘇火砕流によって堆積した溶結凝灰岩上にあるという非常に興味ある事実が存在する（図3）。

河野・長田（1999）によると、阿蘇溶結凝灰岩から湧出する水はほぼ一定の水質パターンを示すことが分かっている。一定の水質を有するイボ水が、イボへの効能があるかどうかは不明であるが、今後検討すべき課題であろう。

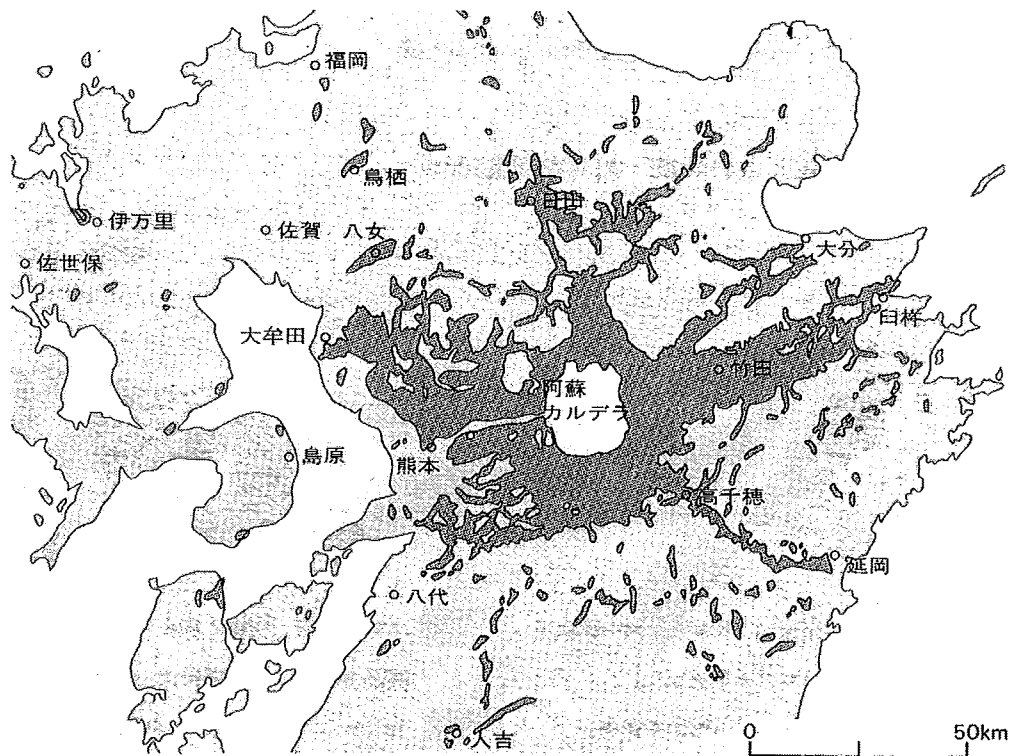


図3 阿蘇火砕流の分布 (小野、1984)

#### 4. イボ水の水質

ORPは酸化還元電位の略で、プラスであれば酸化状態にあり、マイナスでは還元状態になっていることを示す。通常の湧水では200～300mV前後の値を示す。水道水では300～500mV程度にもなることがある。マイナスの水は、皮膚病に効能のある温泉水や湧水、井戸水などに希に存在する。大河内(1999・2000・2003 a)は、皮膚病に効能のある温泉水はORPが低く、pHが酸性の水であることを指摘している。

大分県に存在するイボ水の水質を表4に示す。これによると明らかにイボ石タイプのイボ水のORPが低い傾向にあることが認められる。特に、竹田の疣水が-90mV、岡山県津山市の銚立石が-133mVと非常に低い値を示すことが特徴的である。皇后石の水も降雨直後の測定であったにもかかわらず、比較的低い値を示している。

表3 イボ水の水質

No.	名称	測定日	湧出量 l/sec t/day	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV
1	瑞福寺の疣石	03/02/16		8.0	90	7.1		27
3	疣地蔵の水	03/02/12	0.01	5.9	169	7.0		125
7	薬師如来の水	01/09/30	0.00	18.2	70	6.6		181
8	大清水	95/05/02	1.20 104	16.8	290	6.1	7.6	
10	化粧の井戸	97/11/04	0	12.7	145	7.1	7.3	
12	籠目権現社の湧水	98/10/11	5.00 432	15.1	132	6.8	7.6	194
13	疣水	03/02/20		6.1	397	5.8		-90
16	疣地蔵の水	03/11/01	0.00 0	20.2	150	7.6		295
	皇后石の水	03/02/16		7.7	309	6.5		124
	銚立石	00/05/09		25.3	282	7.4	8.1	-133

これらの結果からイボ石タイプのイボ水のORPは、ある程度皮膚病に効能のある温泉水と同様の水質を示す傾向があるといつてよいであろう。イボ石タイプのイボ水は、窪みに溜まった水に落葉などが入り込み、それらが分解する過程で還元状態になっているものと考えられる。また、落葉から抽出された有機酸や、溶結凝灰岩からの湧出成分にも特徴づけられていることも推察できる。

以上の結果から、特に皮膚病に効能が伝えられている水以外にもORPが低い水があるのではないかと考え、これまでに実施してきた大分県の湧水水質測定結果からORPの値が100mV以下になる湧水を抽出すると表3のようになった。これらの多くが、病気などへの効能があると伝えられている。伝説は迷信に過ぎないといわれるが、先人たちは経験的にその水の効能を知り、伝説を摺り合わせて後世に伝えた可能性が高いといえるであろう。

表4 大分県におけるORPが100mV以下の湧水

No.	名 称	所 在 地	測定日	湧出量 l/sec	水温 ℃	EC(25) μS/cm	pH	RpH	ORP mV
1	拍子水(鉄奨水)	大分県東国東郡姫島村稲積	04/02/07	-5.00	25.1	2680	7.1		5
2	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
3	弘法大使の霊水	大分県西国東郡真玉町椿光寺	02/01/30	0.00	10.5	378	7.4		17
4	疋石の水	大分県中津市相原瑞福寺	03/02/16		8.0	90	7.1		27
5	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
6	塚野鉱泉	大分県大分市廻栖野	02/07/04	-0.50	18.2	14380	6.1		-5
7	衣が池	大分県大分市上野丘	02/07/04	-0.10	24.9	239	6.8		-175
8	潮元神社鉱泉	大分県大分郡野津原町下原	04/02/08	-0.01	7.3	20000	6.5		31
9	鬼の岩清水	大分県大分郡庄内町野畑	99/01/07	0.50	23.7	226	7.6	7.8	-82
10	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
11	大杵社の水	大分県大分郡湯布院町川南	03/12/14	-0.20	12.3	99	7.8		27
12	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	清水	大分県大野郡野津町清水原	03/04/06	-200.00	15.1	146	8.2		72
14	楯ヶ城原始の水	大分県大野郡野津町白岩	03/04/06	-10.00	12.6	331	7.6		8
15	イボ水	大分県竹田市植木	03/02/20	0.00	6.1	397	5.8		-90
16	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
17	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
18	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
19	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

—は推定値

イボ水とは異なるが、皮膚病や切り傷などに効能があると伝えられている水に塩水がある。田村(1999)、平島(1973)によると、塩には脱水作用と殺菌作用があり、血止めや化膿止めに利用された。海岸で傷を付けたときは塩水に傷を浸すと血も止まり治りが早く、あとで化膿することも少ないことを人々は経験的に知っていた。また金魚の鱗に寄生虫が付いたりしたときには塩を魚皮に擦りつけたり、小鳥が弱って飛べなくなったとき塩を溶いた水を含ませたりすると元気を取り戻すなど、気付薬としての利用もされていた。塩湯は神経痛やリウマチあるいは皮膚炎などに効能がある。これはいわゆる温泉学でいう塩化物泉の効能そのものに他ならない。また火傷をしたとき塩を患部においたり、焼塩を頭痛や腰痛、あるいは腹痛や痔病にも用いたりする民間療法がある。また皮膚炎の時は塩で洗ったり、塩そのものを擦り込んだりするとよく効くという伝承もある。この他にも、下剤や解毒剤、歯磨き、美容術にと塩の利用範囲は多岐にわたっている。

イボ水や塩水をはじめとした様々な薬水の水質を調べると、一般的な地下水水質パターンであるCa-HCO<sub>3</sub>型に入る水がほとんどないのが特徴である(河野、2003)。

## 5. プラシーボ効果とイボ水

プラシーボ効果とは、医学的に次のように説明されている。臨床医学において薬物の効力を検定する場合に、対照薬として、またときには暗示的效果を期待して、薬理作用のない物質を用いる。この作用のない物質を偽薬とかプラシーボと呼ぶ。偽薬は、薬効を検討する薬物と外観的な形・大きさ・色をはじめ、味、匂いなども同じように作られている。一般に、内服薬では乳糖を、注射薬としては生理食塩水を用いる。薬理作用によらない暗示的治癒効果をプラシーボ効果というが、これは偽薬を患者に与えたときの治癒効果である。プラシーボ効果は疾患によって異なり、精神疾患、リウマチ疾患、各種の痛み、高血圧、消化性疾患では強く現れる。また、プラシーボ効果がよく現れる人と現れない人がいる。

池見（1963、1973）によると神経性の胃腸病や皮膚病には、非常に大きな効果が認められるとしており、有名なフランスの「ルルドの泉」の効能もプラシーボ効果によるものであろうと述べている。したがって、弘法水のような伝説の水は大師信仰に基づく非常に強いプラシーボ効果が期待でき、更には水質的にも温泉と同様の効果があることから、医者から処方される薬よりもより高い効能が期待できる場合があると考えられる。

田上（1999）、池見（1963・1973）によると、疣はヒト乳頭腫ウイルスの感染で起きる病気でありながら、自然に消えてゆくことが知られている。おまじないをしたり、各地にある「イボ地蔵」にお参りしたりしても治癒することが知られており、世界の中にも、古くからイボを治す様々な儀式や信仰がある。また、プラシーボ効果により、3割が治癒することが知られている。ただし、この場合は、ヒューマンパピローマウイルス（人乳頭腫ウイルス）による伝染性のイボだけが暗示療法で治るだけで、その他の原因により発症するイボにはプラシーボ効果はあまり望めない。

しかし、イボ水はこれまでに述べたように非常に特異な水質を有していることから、鉱泉や温泉などとはほぼ同じ性質を持つ湧水、地下水である考えることができる。もっとも、温泉水ほど高濃度の溶存成分が溶けているわけではないので、プラシーボ効果が期待できる特定のイボが完治した経験が伝説へと結びついて成立したのであろう。

## 6. イボ水と化粧水

イボ水の中には化粧水といって、その水で洗顔するとイボやアザが消えて美人になると伝えられるものがある。主に小野小町や美女の使用した水として日本各地に多くの化粧水が伝えられている。肌に優しい水質であることは容易に推定できるが、その中で大分県臼杵市の「化粧の井戸」（写真4）と島根県松江市の「閼伽井の井戸」（写真5）を調べたところ、これらの水は白濁していた。この化粧水が本当に肌に良いかは不明であるが、上流域に汚染源が考えられないことからこの白濁成分はコロイド（粘土）分であろうと考えられる。粘土や泥は近年美容法として利用されており、この白濁した化粧水は経験的に人々に知られていた美容法の一つではなかったかと考えられる。

## 7. まとめ

以上の結果をまとめると次のようなことがいえる。

- ・皮膚病に効能のある水には弘法大師伝説が多い。
- ・皮膚病に効能のある温泉水と湧水の水質はよく似ている。
- ・特にイボ水と呼ばれる水は特殊な水質を示す。
- ・大分には場所画布名のものを含め19ヶ所もの多数のイボ水が存在。
- ・イボ水には湧水とイボ石の2タイプ存在。
- ・多くの湧水は阿蘇火砕流（ASO4）による溶結凝灰岩堆積地域から湧出し、その水質は $\text{NO}_3^-$ が卓越する傾向がある。

- ・イボ石タイプの水はORPがマイナスを示す。

イボ水は特徴的な水質を示し、その存在状態や阿蘇火砕流による溶結凝灰岩の地質学的、水文学的特徴があることが分かった。しかし、その因果関係の解明には詳細な検討が必要であろう。

今後、大分県を中心とした皮膚病に効能のある温泉、鉱泉、湧水の水質を調べていくことで、皮膚病とORPとの関係を検討したい。また身近な民間療法が温泉医学的な見地からも検討されることを期待している。

#### 参考文献

- 池見西次郎 (1963) : 『心療内科』中公新書, pp215.
- 池見西次郎 (1973) : 『続・心療内科』中公新書, pp245.
- 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.
- 大河内正一他 (2003 a) : 電解還元系の人口温泉について, 温泉科学, Vol.53, No. 1, 1-9.
- 大河内正一 (2003 b) : 『生きている温泉とは何か』くまざき出版, pp75.
- 大河内正一 (2004) : 「21世紀に期待される温泉」, 日本温泉科学会『温泉科学の最前線』ナカニシヤ出版所収, 206-231.
- 沖田一彦・星野 晋 (2004) : 塚野鉱泉の特異的飲泉パターンに関する医療人類学的考察, 温泉科学, Vol.53, No. 4, 151-161.
- 小野晃司 (1984) : 火砕流堆積物とカルデラ. アーバンクボタ, No.22.
- 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 (2003) : 『弘法水の水文科学的研究』立正大学学位論文, pp135.
- 河野 忠 (2004) : 阿蘇火砕流とイボ水の水質について. 大分地質学会研究発表大会要旨.
- 河野 忠 (2004) : 大分県湧水の水文学的研究. 大分県温泉調査研究会報告, No.55, 53-67.
- 田上八郎 (1999) : 『皮膚の医学』中公新書, pp272.
- 広瀬弘忠 (2001) : 『心の潜在力プラシーボ効果』朝日選書, pp201.
- ハワード・ブローディ (2004) : 『プラシーボの治癒力』日本教文社, pp372.
- 平松皮膚科医院HP : <http://www2.tokai.or.jp/hiramatu/iboibo/iboindx.htm>



写真1 鉾立石（岡山県津山市小原大築神社跡）



写真2 大清水（大分県臼杵市大野）



写真3 瑞福寺の疣石（大分県中津市相原）



写真4 化粧の井戸（大分県臼杵市深田）





写真5 関伽井の井戸（島根県松江市）



# 地磁気変化を利用した地熱の推移に関する研究 (5)

—九重火山における高密度空中磁気観測について—

京都大学大学院理学研究科火山研究センター

田中良和・宇津木 充

## 要 旨

地磁気観測を通じて地下の熱状態を把握するのが研究目的である。一般に地下における熱の動きは遅く、データ取得には長い時間を必要とするが、観測地点を維持するには多大の労力を必要とする。飛翔体を用いて、高精度の絶対空間における磁場値が計測できれば、繰り返し測定によって長期間の磁場変動を把握できる。九重火山における1996年と2004年の空中磁気測量データを解析して磁場変化を求めた結果、地上観測から推定された磁場変化に調和する時間変化が求められた。

## 1. はじめに

九重火山では、1995年10月に水蒸気爆発が生じた。この火山で噴火が生じたのは257年ぶりの事である。噴煙は上空約1000mに達して、降灰は大分県久住町や熊本県南小国町のほか、南西に約60km離れた熊本市でも観測された。この活動で、星生山の東部には東西に並んだ火口列が生じ、そのうちの幾つかの火口では、高温の水蒸気を長期にわたって噴出し続けたが現在は沈静化している。著者らは噴火直後から九重硫黄山周辺で地磁気の連続、及び繰り返し観測を行って、噴火に伴う地下の熱の挙動を把握しようと試みた。この観測から、硫黄山周辺に於いて最大で年変化率30nTを超える顕著な地磁気の経年的変化が観測され、この変化は2004年末においても進行している(図1参照)。硫黄山の噴気地帯での全磁力変化は、噴気地帯の北側で減少、南側で増加していることから、硫黄山の活動に起因する地下での冷却帯磁現象であると推定される。帯磁源の位置は、在来噴気地帯のC領域付近の200m深さに求められ、半径230mの等価球領域が、200°Cの冷却によって2 A/mの磁化を獲得したと推定できるので、冷却率に換算すると約140MWとなる(田中(1996)、坂中他(2001)、橋本ほか(2002))。

このように、磁気変化を用いて地下の熱的推移を把握できるが、長期にわたり地上での地磁気観測を継続することには多大の労力を必要とする。空中磁気測量により磁場変化を空間的・時間的に把握できれば、観測点近傍の地形変動に伴う局所的な磁気擾乱を避けて地下の熱消帯磁現象を考察できる。一般に、空中磁気測量は位置精度が悪く、繰り返し測定には適用出来ないと考えられていた。しかし、昨今ではGPSを用いて正確な位置決定が可能である。もちろん、複数のフライトで同じコースの飛行が出来るわけではないが、磁気勾配が大きくない領域では、複数の高度面で取得されたデータを空間補間することにより過去のデータと比較して時間変化が求められるので、筆者らは空中磁気の繰り返し観測への適用を試みた。これを実証するには比較的短期間に大きな磁場変化の生じている地域を対象に選ぶべきである。幸い、九重硫黄山周辺では1995年の噴火直後から最大で300nT近くの変化を生じている。さらに、九重火山では図2に示すように、噴火直後に気象研究所がヘリコプターを用いた空中電磁探査を実施しており地磁気全磁力のデータが存在する(山本ほか1996)。測線数は少ないものの、著者らが研究対象とする硫黄山の全域をカバーしている。また、地上観測では、この観測が行われた1996年9月以降の地上磁場変化は、最大で250nTを超えている。上空50mでこの地磁気変化を観測した場合、期待できる磁場変化量は約50nTになり、空中での繰り返し観測でも磁場変化を検出できると期待される。このため、磁場時間変化を検出する事を目的として、2004年12月6日に九重硫黄山周辺において高密度空中磁気観測を行った。

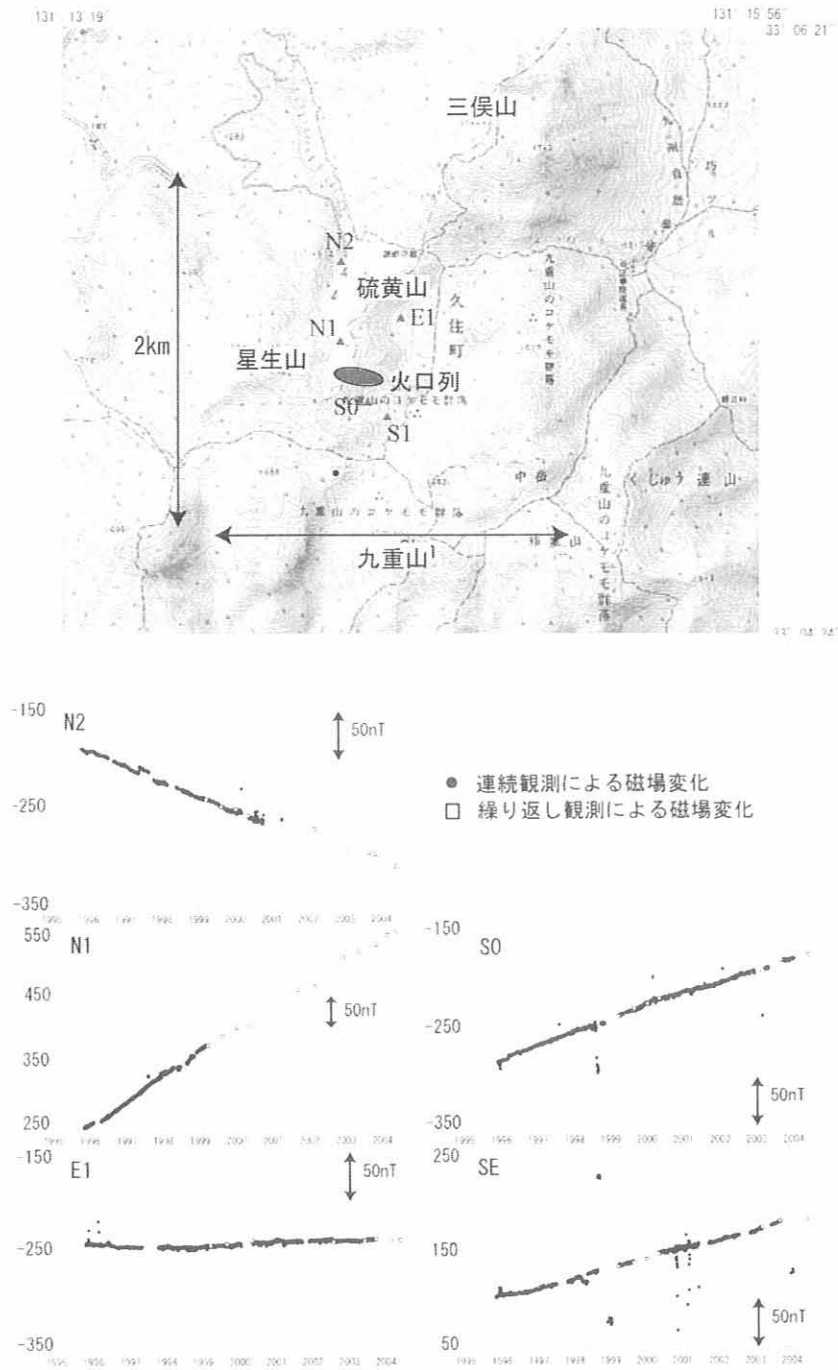


図1. 九重硫黄山周辺における地磁気全磁力変化

九重硫黄山周辺では、1995年の噴火直後からプロトン磁力計による地磁気全磁力の連続・繰り返し観測がなされてきた。地磁気変化は阿蘇の火山研究センターを基準に示したもので、ほぼ直線的な変化を示している。硫黄山西側の噴気地域を中心にして、北側で減少（N 2）、南側で増加（N 1, S 0, S E）しており噴気地域の冷却に伴い岩石が磁化を獲得している事を示している。N 1での変化量は300 n Tに達していきわめて大きい。

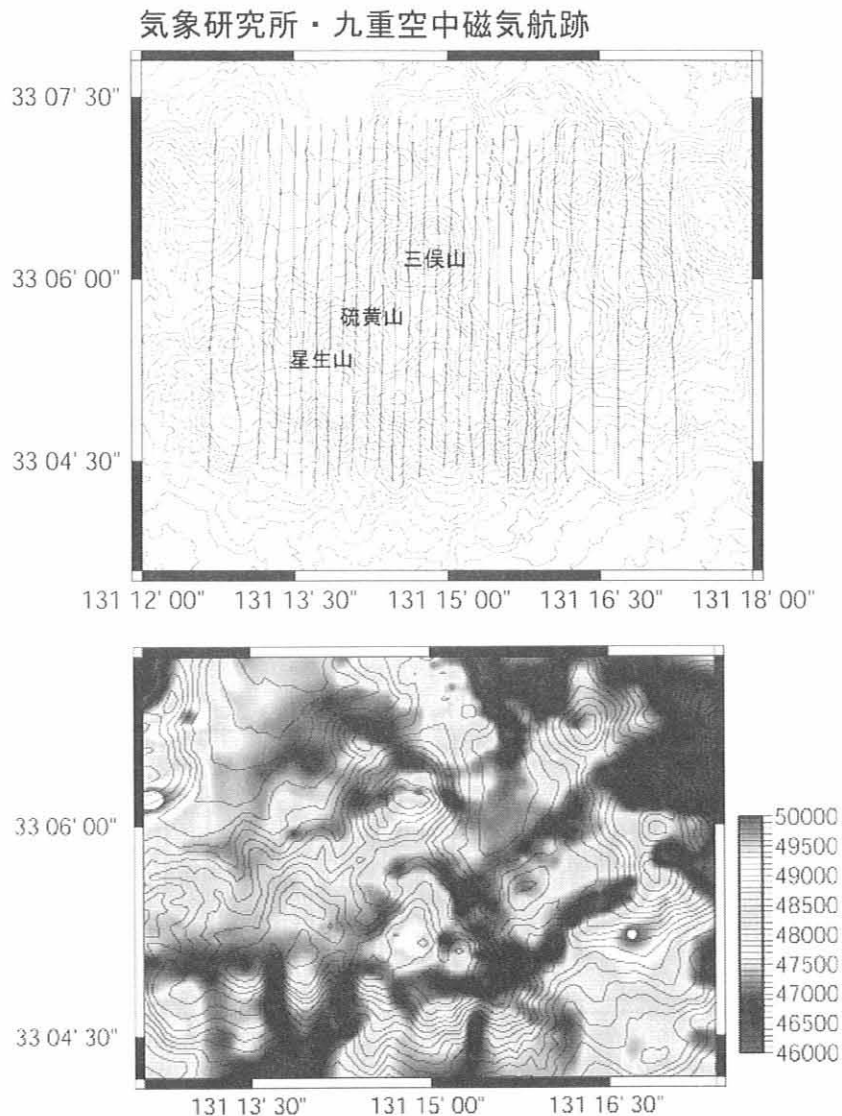


図2. 1996年に実施された空中磁気測量航跡（上）および地磁気全磁力分布（下：単位はnT）。

## 2. 空中磁場観測の概要

2004年12月の空中磁気測量領域は、九重硫黄山を含む東西2km、南北2kmの領域（図3）で、南北方向の40測線（東西方向のスペーシング100m）について測定を行った。使用した磁力計は、高速サンプリングが可能なG858セシウム磁力計で2個のセンサーを用いて垂直勾配をも計測した。ヘリコプターの機体磁気の影響を軽減するため、磁場センサーはバードに収納し、ヘリから約40m吊り下げている。主バード尾部にはGPSを取り付けている（図4）。磁場の測定サンプリングは0.1秒、GPSの測定間隔は1秒である。飛行高度は90m（バードの対地高度50m）を目安とした。また、硫黄山の2km北側の長者原ヘリポートにリファレンス磁気点を設置し、飛行中の地球磁場時間変化を除去するとともに、地上GPSをも設置して、バードGPSとのディファレンシャル処理を行って正確な飛行航跡を決定した。位置決定精度は水平方向で数センチ、高さ方向で1m以下である。総飛行距離は約100km、測定点数は85000点、ヘリコプターの平均時速は約60km/hであった。



図3. 2004年12月の空中磁気測量実施領域

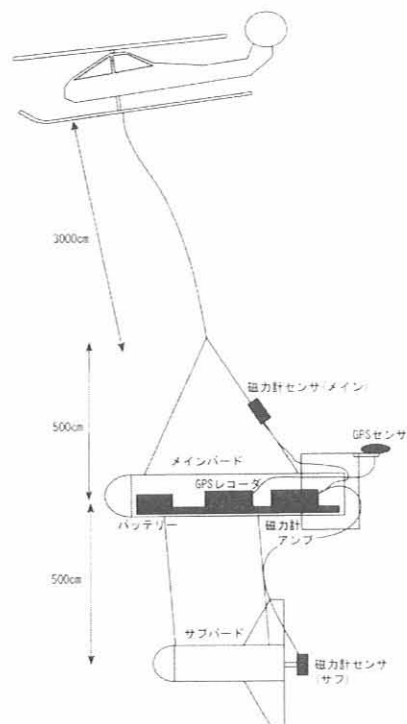


図4. 観測システムの概要

全磁力磁場と垂直勾配を計測するために、主ボードと副ボードを連結して曳航した。磁場センサーは、機体磁化を避けるために30m以上離し、主ボードの上方3mと副ボード尾部に置かれている。

### 3. データ解析と過去のデータとの比較

2004年12月6日の測定は対地高度50m（フライト1）と対地高度100m（フライト2）でなされた。航跡を図5（a）に、飛行時間に対する高度を図（b）に示す。また、IGRF補正を施した磁気異常および2センサーの観測値から得られる磁場垂直勾配を図5（c）、（d）に示す。磁場勾配については、おおむね $\pm 20\text{nT}$ 程度と比較的小さな値を示している。Xu et al. (2003) による磁場データの上・下方接続の方法を用いて、3次元的な磁場分布推定を行い、1996年のフライトの観測結果との比較を行った。この方法は、基本的に、観測された磁場データを境界条件としてラプラス方程式を解くというものである。但しラプラス方程式を直接解くのではなく、計算量軽減のために、ラプラス方程式から導かれる磁場に関するGreen定理を用いて任意の場所における磁場の値を推定している。フライト面を表現するために、各データ点を結んで三角形領域を作りフライト領域を覆うメッシュ群を作成し、各々のメッシュ内では、節点の磁場全磁力及び垂直勾配の値を基にして、線形補完によりメッシュ内の任意の点における磁場全磁力及び勾配の値を推定した。磁場計測は0.1秒サンプリングで行われたが、計測ミスと思われる不正データなどを除き1秒ごとに磁場及び計測位置の平均値を求め、これを基に領域分割を行った。三角形領域の作成にはドローネ三角分割のアルゴリズムを用いた。このような解析方法を用いて、硫黄山周辺域の磁場三次元空間分布を推定し、気象研究所による空中磁気測量の各データ点の差を求めた。その結果、図6に示すように硫黄山西側を中心として、北側で全磁力の減少、南側で増加のダイポールの磁場変化が検出された。この変化は地上観測の結果と整合的である。また、変化量は最大40nT程度で、地上観測から推定された50m上空での磁場変化量に一致している。このように、1996年の空中磁気測量の位置決定精度は不十分であるにもかかわらず、今回の繰り返し空中磁気測量との比較解析

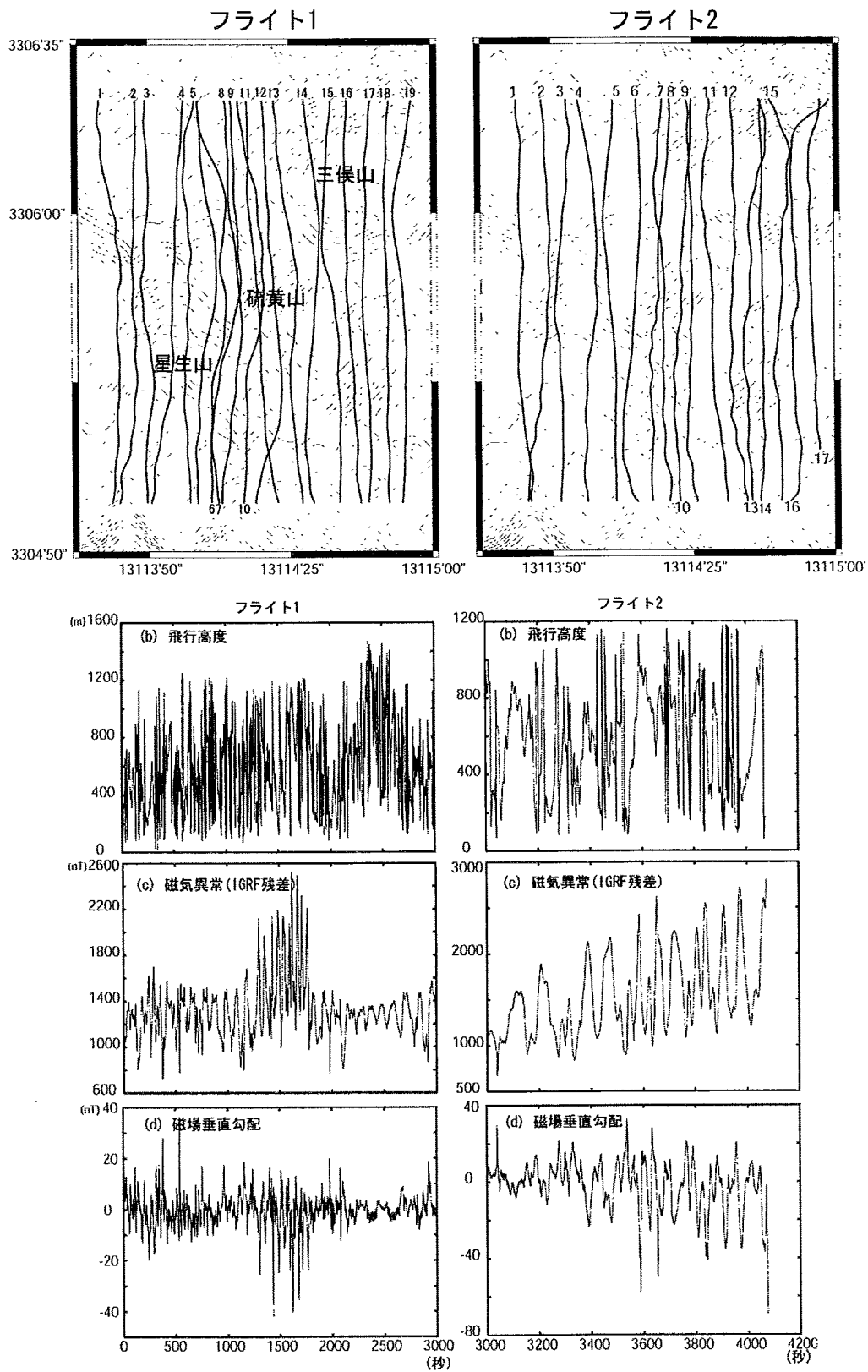


図5. 九重硫黄山における空中磁気データ、2004年12月6日。

(a) 航跡、(b) 飛行海拔高度、(c) IGRF残差、(d) 磁場垂直勾配

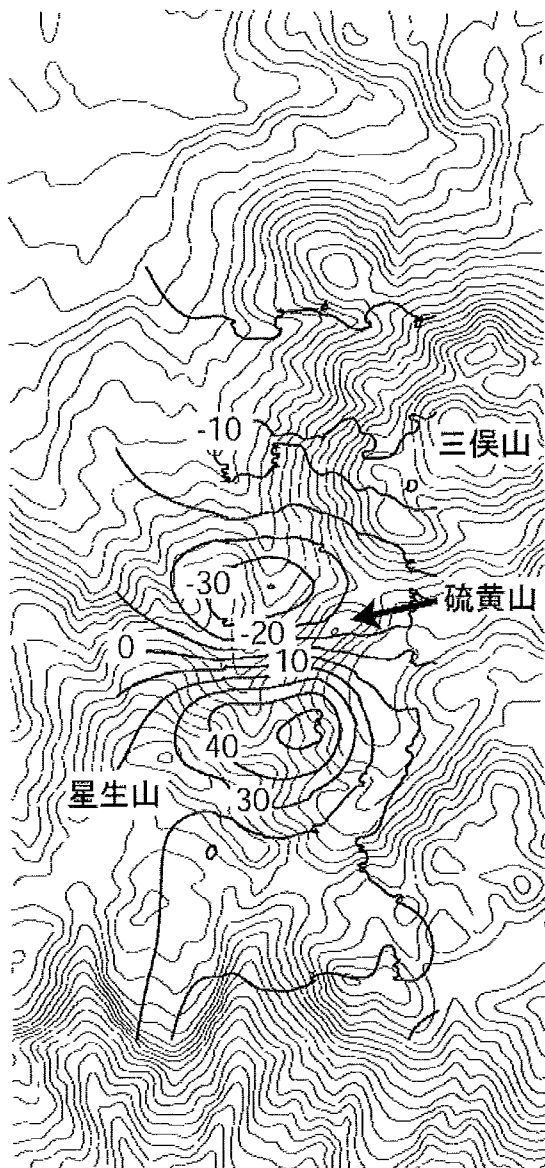


図6. 繰り返し空中磁気測定による九重火山の磁場変化

今回の測定磁場から硫黄山周辺地域の磁場三次元空間分布を求め、1996年の気象研究所による空中磁気測定との差を求めた。硫黄山の西側を中心として北側で負、南側で正のダイポールの磁気異常が検出された。

田中良和・茂木透・橋本武志・増田秀晴・行武毅・大羽成征, 九重硫黄山における電磁気観測, 平成7年度科学研究費研究成果報告書, p.125-140, 1996.

Xu,S., C.Yang, S.Dai and D.Zhang, A new method for continuation of 3D potential field to a horizontal plane, Geophysics, 68. Issue 6, p1917-1921, 2003.

によって、九重火山における磁場の時間変化を検出できた。空中磁気測定の繰り返し観測で磁場の時間変化を検出した例は皆無であり画期的である。

ただし、解析については幾つかクリアすべき問題が残る。前述のGreen定理に基づく面積積分法では、1フライト面の磁場データから三次元分布を推定する場合にフライト面鉛直方向の磁気勾配が必要である。今回の解析では、観測面に鉛直な磁場勾配として、2センサの観測値の差から得られた磁場垂直勾配を用いた。従って、少なからず計算結果に誤差を生じているが、今回の九重山での観測領域では、地表の岩石が強い熱変質を受けており、地下浅部起源の磁場及び磁気勾配は比較的小さいこと、加えて、九重火山の磁場変化が著しく大きなものであったことが幸いした。

一般に、磁場の観測面に対する法線方向の勾配を算出するためには、Blakely (1995) にあるように、基準平面からの高度のずれについてのテイラー展開及びFourier変換を用いれば、フライト面における磁場値のみから或る程度推定する事が可能である。但し、こうした方法による見積もりで実用的な精度を保証できるかは検討する必要がある。或いは、センサーをさらに増やし、各方向の磁場勾配を直接測定する事も検討に値するが、バードの向きをも逐次測定する必要がある。

#### 引用文献

Blakely, R. J., Potential theory in gravity and magnetic applications, Cambridge Univ. in Press, 1995

橋本武志・宇津木充・坂中伸也・田中良和, 九重硫黄山の熱放出過程と地磁気変化, 京都大学防災研究所年報, 45, B, 617-625, 2002.

坂中伸也・田中良和・宇津木充・橋本武志, 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, 22, 25-38, 2001.



## 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るとき、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。

## 大分県温泉調査研究会会員名簿 (順不同)

(平成17年7月1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
大分県企画振興部観光・地域振興局 局長	檜 本 讓 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	
九州大学 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	
元大分大学教授	大 野 保 治	
大分大学教育福祉科学部 教授	川 野 田 實 夫	理 事
国立病院機構別府医療センター リウマチ科 部長	安 田 正 之	理 事
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	
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
日本文理大学建設都市工学科 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 研究機関研究員	杉 本 健	
京都大学大学院理学研究科 研究機関研究員	網 田 和 宏	
京都大学大学院理学研究科 助手	山 本 順 司	
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 教務補佐員	芳 川 雅 子	
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 助手	尾 山 純 一	
産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 地圏流体ダイナミクスグループ	長 谷 英 彰	
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 (温泉登録分析機関)	植 木 和 宏	
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	

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
(滞在化分析センター (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
中 津 市 長	新 貝 正 勝	
日 田 市 長	大 石 昭 忠	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	
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
九 重 町 長	坂 本 和 昭	理 事
玖 珠 町 長	小 林 公 明	
別府市ONSENツーリズム局 局長	安 波 照 夫	
別府市ONSENツーリズム局温泉振興室 室長	浜 口 善 友	監 事
〃 主査	土 井 弘	
大分県別府県民保健福祉センター 所長	安 達 国 良	監 事
〃 次長	真 部 健 二	
大分県衛生環境研究センター 所長	吉 武 史 朗	理 事
〃 化学部 部長	山 下 秀 門	
〃 微生物部 部長	内 山 静 夫	
〃 化学部 主幹研究員	溝 腰 利 男	
大分県産業科学技術センター材料科学部 主任研究員	齊 藤 雅 樹	

(会員数 55名)

書 記

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
大分県企画振興部観光・地域振興局自然交流班 参事	渡 辺 政 治	
〃 主幹	佐 伯 久	
〃 主査	黒 野 真 伸	

(3名)

大分県温泉調査研究会報告 第56号

平成17年7月 印刷  
平成17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 〒870-0026 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