

図3. かまど地獄1~6丁目、血の池地獄、平和園の温泉水の、 $\delta D$ と $\delta^{18}O$ の関係。平和園は、かまど地獄から西に約1kmの位置にあるNa-Cl型温泉(昨年度の報告を引用[3]、)。なお、別府の地表水の領域は、文献[5]のデータを引用。

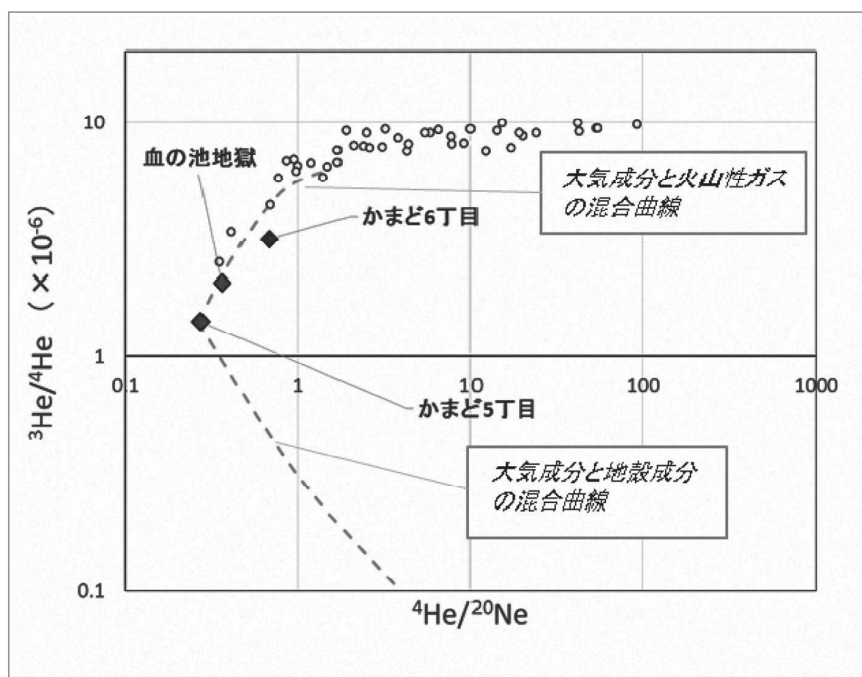


図4. かまど地獄5丁目、6丁目および血の池地獄の温泉水の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比と $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 比の関係図。○印は文献[5]のうち別府の温泉付随ガスのデータをもとに作成した。混合曲線(破線)を作成するにあたっては、大気成分と地殻成分の値は、文献[6]の値を用いた。

### 3.2 硫黄同位体比について

かまど 6 丁目の温泉水の組成は pH=2.1 と酸性で、Cl 濃度は 10ppm 未満、硫酸濃度は 1320ppm と比較的高濃度で、硫黄同位体比は 0.1‰ である。δ<sup>34</sup>S がゼロ付近の値を示すのは蒸気加熱型の温泉では一般的にみられる傾向である。

地下深部で火山ガス中の SO<sub>2</sub> ガスが次のように不均化する。



H<sub>2</sub>S と H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> が生成する際、H<sub>2</sub>S は 0‰ 付近、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> は高い δ<sup>34</sup>S 値を示すことが知られている。かまど 6 丁目の温泉水中の硫酸は、式 (1) の不均化によって生成した H<sub>2</sub>S ガスが、地下浅所で酸化された硫酸が起源であると考えられる。

かまど 5 丁目は、pH が中性、Cl 濃度が 1750ppm で比較的高濃度、硫酸濃度は 290ppm、硫黄同位体比は 21.3‰ だった。δ<sup>34</sup>S が 20 付近の値をとるのは、火山ガス中の SO<sub>2</sub> から不均化した SO<sub>4</sub> 成分が熱水に含まれているためであろう。かまど 5 丁目の硫黄同位体比はこれまでに報告されている通り、Na-Cl 型の特徴を示した。

このようにかまど 5 丁目と 6 丁目はそれぞれ異なる化学的特徴を持っており、かまど 5 丁目は中性 Cl 型の深部熱水、かまど 6 丁目は酸性 SO<sub>4</sub> 型の蒸気加熱水に分類できると考えられる。

血の池地獄の組成は、pH は 2.1、Cl 濃度は 700ppm、硫酸濃度は 750ppm で、ちょうどかまど 5 丁目と 6 丁目の中間位の組成のように見える (pH についてはまた別に考慮する必要があるが)。しかしながら、硫黄の同位体比は 20.0‰ で、この δ<sup>34</sup>S の数値はかまど 5 丁目のような Cl 型熱水と 6 丁目のような SO<sub>4</sub> 型の蒸気加熱水との混合からは説明が付きにくい。例えば単純にかまど 5 丁目と 6 丁目の温泉水の組成を足して 2 で割った場合、硫黄の同位体比は 4 くらい値をとるはずである。また、pH についても別に理由を考える必要がある。

血の池地獄の硫酸イオンは、SO<sub>2</sub> が不均化して生成した H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 由来か、火山ガス中の SO<sub>2</sub> によるもののいずれかだろう。火山ガス中の SO<sub>2</sub> ガス由来の硫酸をふくむ酸性の熱水としては文献[7]の八丁原地熱帯での例が挙げられる。また、別府の山田屋の温泉水は (文献[5], 表 1)、硫酸を高濃度で含む酸性の温泉水で δ<sup>34</sup>S 値が 21 であり、血の池地獄の生成にはこの山田湯のような組成の温泉水が関わっている可能性が考えられる。

### 3.3 温泉水の δD と δ<sup>18</sup>O の関係について

δD と δ<sup>18</sup>O の関係 (図 3) からは、傾きが 3 程度の二つの直線関係があるように見える。この傾き約 3 の関係は、温泉地域によく見られ、蒸発による動的同位体効果 [8]によるものと考えられている。傾きが同じで異なるライン上にならぶ温泉に分かれていることは、かまど地獄の 1,4,6 丁目のグループと、3,5 丁目のグループがそれぞれ異なる水の起源や生成過程を経ていることを表していると考えられる。3,5 丁目のグループは、直線を外挿すると別府の地表水の領域に該当するが、それよりもさらに軽い同位体比を持つ水、より標高が

高い水が起源と考えられる。1,4,6 丁目のグループは、直線を外挿しても別府の地表水の領域とは明らかに異なり、さらに標高の高い起源に水の循環や、その水が酸素シフトなどを起こしたあとの地表での蒸発などの可能性も考えられる。

### 3.4 希ガス同位体比について

図 4 にかまど 5 丁目、6 丁目および血の池地獄の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比と  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$  比の関係図を示す。また、図 4 中に文献[5]の掲載データを用いて、別府の火山性ガスの希ガス同位体比の値および、別府の火山性ガスと大気（実験室に静置した大気平衡水の希ガス同位体測定値を使用）の混合曲線を示す。

かまど 5 丁目については、ほとんど大気と平衡と考えられる数値を示した。血の池地獄とかまど 6 丁目についても大気の影響が明らかであるが、火山性ガスあるいは地殻の影響も保持しているように見える。大気成分については、池の溜り水を採取したために、本来の地下での数値よりも増加していると考えられるが、大気と平衡なごく浅い地下水などが入っている可能性なども考えられる。大気の混入に関する情報は、今回のデータだけでは判断が難しいと考えられる。

一方、火山性ガスおよび地殻成分についてはサンプリング時のコンタミで増加することは考えられないため、地下での温泉水の状態をある程度保持していると考えられる。血の池地獄のデータは、火山性ガスと大気成分の混合曲線上にあるが、かまど 6 丁目は混合曲線よりもわずかに下側にシフトしている。すなわち、火山性ガス成分のほかに地殻由来の成分が含まれていると考えられる。地殻由来の成分が多いことは、地下から地上に至るまでの温泉水およびガスの経路が長いことを反映していると考えられる[9]。

## 4. まとめ

- (1) かまど地獄 3,5 丁目は中性 Cl 型の熱水の特徴を示した。
- (2) かまど地獄 1,4,6 丁目は、酸性  $\text{SO}_4$  型の蒸気加熱水の特徴を示した。
- (3) 血の池地獄の硫酸イオンは、火山ガス中の  $\text{SO}_2$  が不均化して生成した  $\text{H}_2\text{SO}_4$  由来と考えられる。
- (4) 温泉水の希ガス同位体比分析から、血の池地獄の温泉水には火山性ガス由来の希ガスが、かまど 6 丁目の温泉水には火山性ガス由来のほかに地殻由来の希ガス成分が含まれていると考えられる。

## 5. 謝辞

試料採取を許可してくださった、「かまど地獄」「血の池地獄」の皆様にご感謝いたします。研究に際しいろいろなお助言をいただいた福岡大学理学部の田口幸洋先生にご感謝いたします。希ガス同位体の測定およびご助言をいただいた東京大学の角野浩史先生にご感謝いたします。

## 6. 参考文献

- [1] 島田雄樹 (2014) 大分県温泉調査研究会報告,75-82.
- [2] 前野真実子 (2015) 大分県温泉調査研究会報告,63-67.
- [3] 前野真実子 (2016) 大分県温泉調査研究会報告,79-85.
- [4] Sumino, H., Nagao, K. and Notsu, K. (2001) *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.* 49, 61-68.
- [5] NEDO (1989), 平成元年度全国地熱資源総合調査 (第3次) 広域熱水流動系調査 鶴見岳地区 地熱調査成果図表.
- [6] Shimizu, A., Sumino, H., Nagao, K., Notsu, K., and Mitropoulos, P., (2005) *J. Volcanol. Geotherm Res.*, 140, 321-339
- [7] 清崎淳子, 田中佳奈, 田口幸洋, 千葉仁, 武内浩一, 本村慶信 (2006) *J. Geotherm. Res. Soc. Japan*, 28, No.3, 287-297.
- [8] 松久幸敬 (1978) 地質ニュース 9月号 No.289, 26-39.
- [9] Kita, I., Nagao, K., Taguchi, S., Nitta, K., Hasegawa, H. (1993) *Geochemical Journal*, 27, 251-259.

## 大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会則は、大分県温泉調査研究会（以下「研究会」という。）の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

第2条 研究会の事務局を大分県生活環境部自然保護推進室内に置く。

第3条 研究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 研究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) その他研究会の目的達成に必要な事業

第5条 研究会は下記の構成員をもって組織する。

- (1) 学識経験者
- (2) 県及び温泉所在地市町村の代表
- (3) 関係行政庁の吏員
- (4) 本研究会の趣旨に賛同する団体及び個人

第6条 研究会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

- (1) 会 長 1名
- (2) 副 会 長 2名
- (3) 常務理事 1名
- (4) 理 事 若干名
- (5) 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の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研究会の庶務に従事する。ただし、研究会の会計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 監事は会計を監査する。

第8条 研究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) 顧問は研究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 研究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) 書記は上司の指示を受け庶務に従事する。

第10条 会議は総会及び役員会とする。

第11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、臨時総会は会長が必要と認めたとき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。
- 3 総会の招集は開会の5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第12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13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が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14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) 緊急を要する事項
  - (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15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16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17条 研究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決定する。

第18条 研究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19条 研究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。
- 3 会計証拠書類は5年間保存する。

#### 附 則

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

#### 附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成2年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成7年5月1日から適用する。

この会則の改正は、平成9年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成16年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成18年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成21年8月3日から適用する。

この会則の改正は、平成26年8月27日から適用する。

この会則の改正は、平成28年8月26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29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
大分県生活環境部自然保護推進室 室長	山 崎 吉 明	副 会 長
大分県生活環境部自然保護推進室 主幹（総括）	大 石 真 義	常務理事
大分大学 名誉教授	川 野 田 實 夫	理 事
仁泉会畑病院 介護老人保健施設メディケア別府 施設長	安 田 正 之	
九州大学 名誉教授	牧 野 直 樹	理 事
九州大学病院別府病院内科 准教授	前 田 豊 樹	
元岡山理科大学理学部基礎理学科 教授	北 岡 豪 一	
立正大学地球環境科学部 教授	河 野 忠	
大分大学教育学部 准教授	大 上 和 敏	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 教授	竹 村 恵 二	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 教授	大 沢 信 二	理 事
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 准教授	柴 田 智 郎	
北海道大学総合博物館 准教授	山 本 順 司	
広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻地球惑星進化学グループ 教授	柴 田 知 之	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 技術職員	三 島 壯 智	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 教務補佐員	芳 川 雅 子	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設・火山研究センター 助教	宇 津 木 充	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設・火山研究センター 教授	鍵 山 恒 臣	
龍谷大学経済学部 専任講師	山 田 誠	
日鉄鉱業株式会社	酒 井 拓 哉	
秋田大学大学院理工学研究科附属理工学研究センター 助教	網 田 和 宏	
GERD 地熱技術開発株式会社 技術部	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	
大分大学医学部 精神神経医学 教授	寺 尾 岳	
大分大学医学部 講師	塩 月 一 平	
元大分大学医学部	青 野 裕 士	
別府大学国際経営学部国際経営学科 教授	中 山 昭 則	
立命館アジア太平洋大学 アジア太平洋学部 准教授	マヒチ・ファエゼ	
東海大学海洋学部 教授	齊 藤 雅 樹	
(株)サラヴィオ化粧品サラヴィオ中央研究所 所長	加 世 田 国 与 士	
公益社団法人大分県薬剤師会 会長	安 東 哲 也	
公益社団法人大分県薬剤師会検査センター 食品環境課 課長	古 庄 敏 昭	
タナベ環境工学(株) 代表取締役	藤 澤 剛	
タナベ環境工学(株) 環境部 部長	後 藤 弘 樹	
タナベ環境工学(株) 環境調査課 係長	相 垣 明 子	
松尾機器産業(株) 代表取締役	松 尾 隆	
松尾機器産業(株) 技術営業部 部長	吉 田 篤 史	
松尾機器産業(株) 技術営業部	西 平 博 美	



所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
環境工研(株) 代表取締役	松 尾 広 暁	
環境工研(株) 技術営業部	秋 月 香菜子	
環境工研(株) 技術営業部	深 見 友 貴	
九電産業(株) 環境部 取締役環境部長	佐 藤 信 治	
九電産業(株) 環境部 課長	福 重 広 明	
九電産業(株) 環境部 課長	渡 邊 英 樹	
九電産業(株) 環境部 課長代理	能 登 征 美	
九電産業(株) 環境部	島 田 雄 樹	
九電産業(株) 環境部	前 野 真 実子	
(株)住化分析センター 大分ラボラトリー環境科学グループ サブリーダー	深 浦 友 美	
(株)住化分析センター 大分ラボラトリー環境科学グループ	淵 野 大 輔	
大 分 市 長	佐 藤 樹 一 郎	理 事
別 府 市 長	長 野 恭 紘	理 事
中 津 市 長	奥 塚 正 典	
日 田 市 長	原 田 啓 介	理 事
臼 杵 市 長	中 野 五 郎	
竹 田 市 長	首 藤 勝 次	理 事
杵 築 市 長	永 松 悟	
宇 佐 市 長	是 永 修 治	
由 布 市 長	首 藤 奉 文	理 事
国 東 市 長	三 河 明 史	
九 重 町 長	日 野 康 志	理 事
玖 珠 町 長	朝 倉 浩 平	
別府市観光戦略部温泉課 課長	白 石 修 三	監 事
別府市観光戦略部温泉課 温泉政策係長	中 村 賢 一 郎	
大分県東部保健所 所長	内 田 勝 彦	監 事
大分県東部保健所 次長	岩 田 章	
大分県衛生環境研究センター 所長	末 松 恭 一	理 事
大分県衛生環境研究センター微生物担当 専門研究員(総括)	成 松 浩 志	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主幹研究員	後 藤 高 志	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主幹研究員	神 田 由 子	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主任研究員	佐々木 麻 里	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主幹研究員(総括)	金 並 和 重	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主幹研究員	柳 明 洋	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主任研究員	山 崎 信 之	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主任研究員	百 武 裕 美	
大分県衛生環境研究センター水質担当 研究員	秋 吉 貴 太	

(会員数 78名)

書 記

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
大分県生活環境部自然保護推進室 主幹	大 久 保 博 子	
大分県生活環境部自然保護推進室 主事	水 嶋 孝 介	
大分県生活環境部自然保護推進室 非常勤職員	安 部 弘	

(3名)

大分県温泉調査研究会報告 第68号

平成29年8月 印刷  
平成29年8月 発行

発 行 大分県温泉調査研究会  
〒870-8501 大分市大手町3丁目1-1  
大分県生活環境部  
自然保護推進室内（事務局）  
T E L 097-506-3025  
F A X 097-506-1749

印 刷 有限会社 舞鶴孔版  
〒870-0022 大分市大手町2丁目3番4号  
T E L 097-532-4231

毎年の「大分県温泉調査研究会報告」・平成26年度策定の温泉掘削新基準を記した「大分県環境審議会温泉部会内規（抜粋）」・平成27年度策定の「おおいた温泉基本計画」は、大分県のホームページで閲覧することができます。