

大分県温泉調査研究会報告

第 68 号

平成 29 年 8 月

目 次

2016（平成28）年11月13日の別府温泉一斉調査	由 佐 悠 紀 他1人	(1)
中津市の温泉の現況調査	大 上 和 敏 他1人	(9)
別府湾堆積物とその供給系Ⅱ	竹 村 恵 二 他1人	(17)
九重町の温泉の地化学特性と分布	大 沢 信 二 他2人	(23)
別府温泉南部地域における二酸化炭素の放出量の推定	柴 田 智 郎 他2人	(31)
姫島火山群の第四紀溶岩中の地殻起源捕獲岩の地球化学的特徴3	柴 田 知 之 他3人	(37)
別府における小規模地熱発電開発にともなう河川の水質変化	三 島 壮 智 他2人	(41)
大分県内の火山岩類の化学・Sr-Nd同位体比（2）由布岳	芳 川 雅 子 他3人	(55)
大分県玖珠町周辺の表層電気伝導度分布	鍵 山 恒 臣 他2人	(61)
後期高齢者の高濃度炭酸泉入浴と筋トレによる高血糖者の糖代謝機能改善の基礎的研究	青 野 裕 士	(67)
温泉分析における知覚的試験と成分分析値とのデータ比較	長 澤 未 佳 他3人	(69)
別府血の池地獄およびかまど地獄の同位体比に関する研究	島 田 雄 樹 他1人	(77)

序

江戸時代以前の温泉は、言うまでもなく、全てが自然湧出泉でした。ただし、地面を掘り下げて浴槽を作る、というような行為はありました。別府温泉では、それらを掘湯と呼びましたが、地面近くを流れる湯だけを利用の対象としていました。

ところが、明治時代を迎えるとはどなく、それまで利用対象の外にあった地下の温泉水を、小口径の穴を穿って取り出すことが始まりました。温泉井戸の掘削が始まったわけですが、その先鞭を付けたのは、明治12年4月に行われた、別府での掘削だったようです。場所は秋葉神社の近くで、深さは12尺（約4m）でした。これらの温泉は穿湯と呼ばれ、掘湯に比べると、要する費用が低廉で、扱いやすいために、続々と温泉井戸の掘削が進み、明治38（1905）年2月には、当時の浜脇町と別府町の源泉数は198（掘湯25、穿湯173）、明治45（1912）年頃には源泉総数は593（掘湯19、穿湯574）にまで増加しました。まさに濫掘の様相だったようです。

この温泉採取法の変化は、それだけにとどまらず、温泉をエネルギー源として利用するという概念を生み出したように思われます。第2次大戦直後の電力不足、昭和48年のオイルショック、そして、地球温暖化という深刻な事態の最中に起こった2011年3月11日の東日本大震災、これらがもたらしたエネルギー危機に対処するに当たって、日本ではいつも温泉・地熱がエネルギー源のひとつとして登場してきました。

とくに2011年以降において注目すべきは、中小規模の施設が主流を占めていることです。温泉・地熱のエネルギーは、より身近なものとして捉えられています。それだけに、「温泉・地熱資源の有限性」は、利用の基本理念として、深く意識されなければなりません。そのためには、それに沿う合理的な利用の指針が不可欠です。これに応える重要な道は、温泉・地熱に関する科学の推進と普及です。大分県温泉調査研究会には、その役割が負託されています。

本調査研究会は「大分県における温泉の科学的調査をして公共の福祉増進に寄与すること」を目的として、昭和24年7月16日に発足しました。以来、毎年、途切れることなく、機関誌「大分県温泉調査研究会報告」を刊行してきました。そして、本年もここに、平成28年度の活動を記した第68号を刊行する運びとなりました。これらの調査研究の成果は、将来わたって、温泉に対する理解を深め、温泉の保護と利用に貢献するに違いありません。

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申し上げますとともに、会員諸氏の研究のさらなる進展と本会の持続的発展を期待し、関係各位・諸機関の引き続いてのご協力をお願いいたします。

平成29（2017）年8月

大分県温泉調査研究会

会長 由 佐 悠 紀

2016 (平成28) 年11月13日の別府温泉一斉調査

別府温泉地球博物館

由 佐 悠 紀

龍谷大学 経済学部

山 田 誠

要旨

別府温泉の現況を把握するための一斉調査が、2016年11月13日、市民および関係諸団体の協力の下、実施された。調査温泉施設数は43カ所、源泉数は65、調査項目は温度測定と温泉水採取、参加者数は87名であった。1990年頃の調査結果と対比すると、全域的な温度分布の様相に大きな変化はないが、以前から指摘されている低地部での温度低下の傾向は続いている。泉質分布は1990年頃とほぼ同様であるが、1970年頃と比べると、南部域の一部で塩化物泉型から炭酸水素塩泉型に変化していることが確認された。

1. まえがき

近年の地球温暖化の進行、および2011年3月11日の東日本大震災を契機に世界的な課題となった環境・エネルギー問題への対応策の一環として、わが国では、温泉が有する熱エネルギーの利用が注目され、温泉を取り巻く環境が大きく変化してきている。このような状況においては、温泉の現況を常に監視（モニタリング）することが重要である。

他方、従来からの入浴を主体とした温泉利用においては、一般的に温泉の地学的な生成機構への関心は必ずしも高かったとは言えず、前述したエネルギー問題とも関連して、この面の市民の理解が望まれる。これへ応える一つの方法として、「温泉の一斉調査を実施し、得られた結果を市民が共有する」ことが挙げられる。

ここで言う「温泉の一斉調査」とは、「ある地域の温泉について、ある一定期間における実態を把握するための調査」である。しかし、「地域」には広・狭、「期間」には長・短といずれも幅があり、「実態」の内容も多様であるから、一斉調査にはさまざまな形態・段階がある。なお、調査の中核である「実態」の内容（項目）は、源泉の場所・形態（自然・掘削の別など）・（掘削の場合）井戸口径・深さ・動力使用の有無などに加えて、利用面からみた「温泉の三要素」、すなわち泉温・泉質・湧出量（採取量）とするのが妥当であろう。ただし、調査実施に当たっては様々な制約があり、以上の項目の全てを取り上げることが出来るとは限らない。

さて、別府温泉においては、明治時代中期から末期にかけて進行した多数の温泉井戸掘削、および、昭和30～40年代の高度経済成長期における大規模な温泉開発（温泉井戸掘削）などに対応するため、一斉調査が断続的に実施された（表1）。それら長期にわたる一斉調査によって、別府温泉の科学的な性状の理解が進み、また、新規の温泉開発が既存の温泉

に及ぼす影響が明らかにされた。とくに重要な影響は、高度経済成長期に進んだ高地部での高温温泉（塩化物泉）の開発が低地部温泉に及ぼしている、温度低下や泉質変化などである（⑭）。

前述の変化が明示された 1990 年頃の調査（⑫，⑬）以降、いくつかの源泉を対象としたモニタリングは行われているものの（⑮，⑯）、一斉調査は実施されていない。そこで、温泉をめぐる状況が変化していることに鑑み、別府温泉の一斉調査によるモニタリングを再開することとした。その最初の調査を 2016（平成 28）年 11 月 13 日に実施したので、その概要と結果を報告する。ただし、諸般の事情のため、現時点では公表できないものもあることをお断りする。

表 1 別府温泉における一斉調査一覧

調査年	地域	温泉の種類	調査主要項目	文献
1905	別府・浜脇	一般温泉	温度・湧出量	①
1924	別府・浜脇	一般温泉	温度・湧出量	②
1933	別府・浜脇	一般温泉	温度・湧出量	②
1942	亀川	一般温泉	温度・湧出量	③
1944	朝日・石垣	一般温泉	温度・湧出量	未発表
1949	全域	一般温泉	温度・湧出量	④
1959～63	全域	一般温泉	温度・湧出量	⑤
1961	全域	噴気・沸騰泉	温度・湧出量	⑥
1967～71	全域	一般温泉	温度・化学成分	⑦
1973～75	全域	噴気・沸騰泉・一般温泉	温度・湧出量	⑧
1978～80	全域	噴気・沸騰泉・一般温泉	温度・化学成分	⑨，⑩
1985～87	全域	噴気・沸騰泉	温度・湧出量	⑪
1989～90	全域	噴気・沸騰泉・一般温泉	温度・化学成分	⑫，⑬

2. 今回の一斉調査の概要

【対象とする温泉】

今回の一斉調査の大きな特徴は、調査作業と得られた結果を市民が共有することにある。そのため、調査対象の温泉は、危険度の高い地獄（噴気・沸騰泉）は除外し、一般温泉とした。しかし、実際の調査では、沸騰泉あるいは沸騰泉に準ずるものがいくつかあった。

【調査共催団体】

別府の源泉数は約 2300 と多く、また、広い範囲に分布しているので、調査を文字通り一斉にかつ効率的に実施するには、市民をはじめ関係者の協力が望まれるが、今回は下記の 6 団体が共催して行うこととなった。

別府市

別府ONSEN アカデミア実行委員会

特定非営利活動法人 別府温泉地球博物館

別府市旅館ホテル組合連合会

京都大学大学院理学研究科附属 地球熱学研究施設

大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

【対象施設・源泉と調査員】

公開されている温泉分析書などを参照し、別府の温泉域をできるだけまんべんなくカバーするように源泉を選び、源泉の状況や調査協力の可否について、源泉所有者に対するアンケート調査を郵送によって行った。発送した 480 通のうち、145 通が宛先不明で返却され、到達した 335 通から 94 通の回答をいただいた。これに加えて、別府市所有源泉のいくつかを対象とした。また、調査員については、市民等に対して参加を呼び掛けた。結果は、次の通りである。

(1) 調査施設（源泉数）：48 カ所（65 源泉）〔注：複数の源泉を所有する施設がある〕

内訳：別府市営温泉 8（11）、共同温泉 7（7）、旅館・ホテル・病院・観光施設など
22（36）、個人 11（11）

(2) 調査員が訪問した施設：35 カ所

温泉施設のうち 13 カ所は、施設所有者のみで調査が実施された。

(3) 調査員数：87 名

内訳：研究者 17、学生 7、別府市職員 7、一般参加者 16、
源泉所有者 40（自身のみで調査された 13 名を含む）

【調査作業項目】

(1) 源泉における温度測定

(2) 温泉水の採取（化学分析に供する）

【調査作業の手順と公開】

(1) 調査本部：別府市野口原にある「大分県生涯教育センター（通称：ニューライフプラザ）」の研修室に調査本部をおく。

(2) 調査グループ：参加者を 11 グループに編成、各グループ構成員の一人は専門家であること。

(3) 作業時間：午前 9 時 30 分～12 時。

(4) 各グループの担当源泉数：3～5 カ所。

- (5) 現地での作業：作業は、源泉所有者または利用者の立会いのもとに実施。また、可能な限り、源泉所有者（利用者）にも実施して貰うこと。
- (6) 温度測定結果の収集：各グループは、測定結果をインターネット・電子メール・ファクスまたは電話で調査本部に報告する。
- (7) データの整理：本部では、送られてきた測定結果を直ちにウェブサイトの地図に書き込み、速報的な分布図を作成する（マップ化）。
- (8) 温泉水の化学分析：採取された温泉水は、後日分析し、源泉所有者に報告するとともに、マップ化する。
- (9) 一般公開：一斉調査当日の午後、調査の概要と結果（未完の温度分布）の報告会を開催する。後日、マップ化された温度・化学成分の資料等を、ウェブサイトに公開して、誰でもが見ることが出来るようにする。

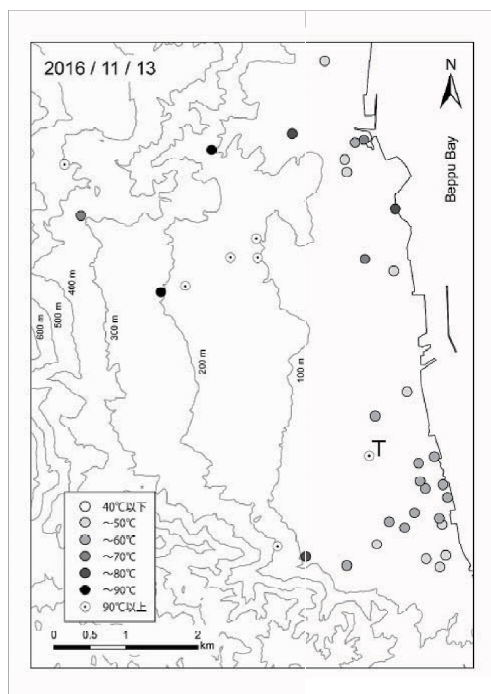


図 1 今回の一斉調査における調査源泉の位置と測定された温度

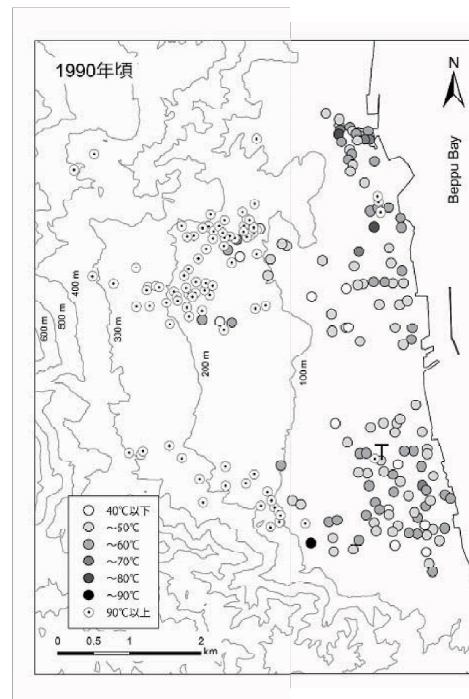


図 2 1990年頃の調査源泉の位置と温度

3. 一斉調査の結果

【温度】

温度分布も兼ねて、調査源泉の位置を図1に示す。調査源泉数は総源泉数の3%にも満たないので、図上ではまばらであるが、噴気・沸騰泉の多い高地部を除く別府全域がほぼカバーされている。なお、中央部は、もともと源泉があまり無い地域である。

今回の結果を過去の状況と比較するため、およそ 30 年前（1990 年頃）の温度分布を文献⑫・⑬に基づいて図 2 に示した。両図によれば、きわめておおざっぱではあるが、全体の温度分布の様相は変わっていない。すなわち、定性的な意味での高温域と低温域の配置状態に大きな変化は無い。

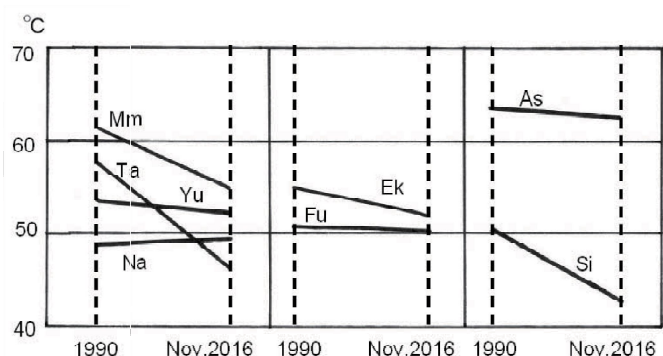


図 3 個々の源泉における 1990 年頃の温度と今回の温度の比較

しかし、個々の源泉を比べると、無視できない変化も認められる。図 1 と図 2 の両方に挙げられている源泉が、南部域（別府駅周辺）に 6 カ所、北部域（亀川）に 2 カ所、合計 8 カ所ある。これらの中には、揚湯管の破損・揚湯量の減少・低温化などの理由で、この 30 年間に掘り替えられたものもあり、単純に比較することはできないが、掘り替え後の井戸深は以前より深くなっているため、そのことを考慮に入れれば、両図に共通する源泉の温度を時系列としてみることも無意味ではない。以下には、8 つの源泉について、1990 年頃と今回の測定温度を図 3 に比較して示した。

まず、図 3 の左図は南部域の源泉で、掘り替えの有無が不明のものである（今後、追跡調査をする予定である）。このうち源泉 Na の温度はやや上昇しているが、他の 3 源泉は明らかに低下している。

次に、図 3 の中央図は南部域の源泉で 1990 年以降に掘り替えられたものである。このうち源泉 Ek の温度は 1990 年頃 54.9℃、井戸深は 130m であった。その後温度が低下したため改掘され、現在の井戸深は 180m となったが、今回の測定温度は 52.0℃で、以前の温度まで回復しておらず、地下温泉水の温度低下は明白である。また、源泉 Fu は、1990 年頃、井戸深 100m で温度 50.3℃であったのが、温度低下が目立ち始めたため改掘された。現在の井戸深は 200m、測定温度は 50.2℃であった。井戸深は 100m も深くなったにもかかわらず、温度はほぼ同じで、やはり温度低下が進行しているとみなすべきである。

図 3 の右図は、別府北部域の亀川地区の例である。泉温が 60℃を超えている源泉 As の温度はほとんど不変であるが、源泉 Si の温度は明らかに低下している。

また、南部域の海岸に近い所にある高温温泉（図 1・図 2 の T：天満温泉、井戸深 230m）の変化が注目される。この源泉は、1965 年に掘削されて以来、沸騰による自噴を続け、図

2の1990年頃も沸騰泉であった。これらは、以前の地下熱水の温度が沸騰点以上であったことを示している。ところが、2006年2月に沸騰が停止し、エアリフトによって揚湯されるようになり、今回の測定では94.6℃であった。この一連の経過は、源泉T付近の地下温泉水の温度が低下し続けてきたことを物語っている。

源泉Tの温度変化、および、図3を総合すると、別府市の低地部（特に南部域）の源泉では、温度低下の傾向が続いていると言える。今後のモニタリングが重要な所以である。



図4 今回の調査による泉質の分布
〔付記(3)のウェブサイトによる〕

【化学成分】

調査結果を収録したウェブサイト（URLは下記参照）で公開されている一斉調査の泉質分類図を図4に掲げた。本図は、グラム当量として最も多く含まれている陰イオンで分類した泉質の分布を示している。この分布状況は、1990年頃のものと同様である。しかし、1970年頃は、源泉Tおよびその付近の温泉水は塩化物イオン型であった。そのうち、源泉Tの泉質が塩化物イオン型から炭酸水素イオン型に変化した経過は、文献⑭と⑮に示されている。

化学成分に関するより詳細な解析は、今後に俟ちたい。

4. 付記：実施された一般公開

- (1) 一斉調査当日午後の報告会は、70名の参加者を得て実施された。
- (2) 別府市では、この年（2016年）の11月5日（土）から26日（土）の間を「別府ONSENアカデミア月間」として、温泉に関する各種イベントを開催した。今回の一斉調査もこのイベントの一環と位置付けられ、11月22日（火）に開催されたシンポジウムにおいて、調査結果の一部が発表された。
- (3) 2017年3月15日、調査結果を収録したウェブサイトが下記URLに公開された。

URL：<http://www.wefn.net/bepu/>

謝辞

今回の一斉調査が滞りなく実施できたのは、源泉所有者、一般市民および関係諸団体の協力の賜物である。記して、感謝の意を表す。一斉調査は今後も実施される予定である。

引き続きのご協力をお願い申し上げます。

本報告は由佐と山田の連名で書かれているが、その内容は共催 6 団体に帰属するものである。

参考文献

- ①松田 繁 (1905) : 別府・浜脇町鉱泉に関する取調書類 (大分県知事への報告書).
- ②別府地球物理学研究所 (1937) : 別府旧市内温泉概観 (I), 地球物理, 1-1, 20-27.
- ③軽部末蔵 (1945) : 別府市亀川温泉に就いて, 地球物理, 7-2, 149-155.
- ④山下幸三郎 (1950) : 別府温泉の調査の結果に就て、大分県温泉調査研究会報告, 1, 29-46.
- ⑤大分県厚生部・佐藤光一ほか (1963) : 別府市内温泉現況調査 (5), 大分県温泉調査研究会報告, 14, 36-38.
- ⑥湯原浩三 (1964) : 別府周辺噴気孔の噴出熱量と熱力学的性質, 大分県温泉調査研究会報告, 15, 15-25.
- ⑦由佐悠紀・川村政和 (1971) : 化学成分からみた別府市中央部の温泉, 大分県温泉調査研究会報告, 22, 55-65.
- ⑧吉川恭三ほか (1976) : 別府温泉の現況調査 (3) 別府全域の噴気・沸騰泉と一般温泉, 大分県温泉調査研究会報告, 27, 1-15.
- ⑨由佐悠紀 (1979) : 別府温泉南部域の化学成分長期変化について, 大分県温泉調査研究会報告, 30, 10-18.
- ⑩由佐悠紀 (1980) : 別府温泉北部域の化学成分長期変化について, 大分県温泉調査研究会報告, 31, 1-7.
- ⑪由佐悠紀・大石郁朗 (1988) : 別府温泉の統計—昭和 60~62 年における再取水量および熱量, 大分県温泉調査研究会報告, 39, 1-6.
- ⑫由佐悠紀・神山孝吉・川野田実夫 (1989) : 別府温泉南部域の化学成分長期変化について (2), 大分県温泉調査研究会報告, 40, 21-29.
- ⑬由佐悠紀・神山孝吉・川野田実夫 (1990) : 別府温泉北部域の化学成分長期変化について (2), 大分県温泉調査研究会報告, 41, 13-24.
- ⑭由佐悠紀・大沢信二・北岡豪一 (2002) : 別府温泉における温泉水系の変動, 大分県温泉調査研究会報告, 53, 1-11.
- ⑮大沢信二・三島壮智・竹村恵二 (2016) : 天満温泉 (別府市) の泉質モニタリング, 大分県温泉調査研究会報告, 67, 15-22.
- ⑯大分県生活環境部 (2016) : おおいた温泉基本計画~持続可能な温泉利用に向けて~. (大分県のホームページで閲覧可能)

中津市の温泉の現況調査

大分大学教育学部

大 上 和 敏・西 田 翔 一

要旨

中津市の温泉について、温泉水の泉温、主要溶存化学成分等の測定を行い、温泉の現況について調査を行った。今回の調査時点で、54井存在している温泉井のうち21井は温泉の枯渇等の理由で使用されていない状態であった。現存している温泉の多くはナトリウム-炭酸水素型の単純泉であり、塩類泉はマグネシウム・ナトリウム-炭酸水素型の冷鉱泉1源泉のみであった。泉温の経年変化については、2井の源泉で2000年頃に比べ泉温の上昇がみられたが、全体としては比較的安定した状態を保っていた。主要溶存化学成分濃度の総量値(TDS)については、全体として減少傾向にあり、中でも3源泉について500mg/L以上の減少がみられた。

1. はじめに

大分県北西端に位置する中津市には中津城などの文化財や歴史的建造物があり、市域南部には景勝地の耶馬溪がある人口約8万人の小都市である。中津市の温泉については山下を中心とした研究により、[1]本耶馬溪村においては羅漢寺駅付近に地下高熱源によるものと推察させられる地温の異状地帯があること。[2]裏耶馬溪においては森町古後に自然湧出泉がありこれを含み北方に地下の熱源による帯状の高温地帯があること。[3]山国村には、比較的温度の低い(22~30°C)4口の穿掘泉と数ヶ所に自然湧出泉が存在していることなどが報告されている(山下, 1945, 1950)。1950年代に行われた山下の調査以降は、北岡らにより当該地域を含めた県北地域の温泉調査の報告があるが、それ以降は中津市の全泉源を対象とした調査はほとんど行われていない。

そこで本研究では、中津市の温泉の現況を把握することを目的とし、大分県温泉調査報告等による文献調査と、現地での調査及び温泉水の化学分析を行った。

2. 試料採取および測定方法

本調査地域は、西南日本内帯に位置し、主に後期中新世-前期鮮新世の英彦岳火山岩類、および後期中新世-後期鮮新世の火山岩類である宇佐火山岩類の地層により構成されている。NK-1~3 および NK-5 の源泉は、宇佐火山岩類の地層から湧出しており、その他の源泉は英彦岳火山岩類の地層より湧出している。

本研究において調査を行った温泉の位置を図1に示す。中津市には54井の源泉が存在しており、そのほとんどが耶馬溪を中心に存在している。現地調査を行ったところ、泉温の低下や温泉の枯渇等の理由で現在使用されていない源泉(閉止孔)が21井あった(図1)。

閉止孔の分布には地域的な偏りはあまりなく、本地域の温泉は全体的に源泉数が減少している傾向がみられる。本研究では、耶馬溪地域に存在している源泉を中心に、15 源泉を調査対象とした（図1）。

現地で気温、水温（AS ONE, ASF-250T）、pH（HORIBA COMPACT, B-212）、電気伝導度（東亜 DKK, CM - 31P）を測定した後、500mL ポリエチレン製ボトルおよび、ガスバリア性に優れたニッコー製テクノボトルに温泉水試料を採取した。

温泉水の分析では、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} についてはイオンクロマトグラフィー（DIONEX 社製 ICS-1500）で、 SiO_2 はモリブデン酸黄色法による吸光光度法でそれぞれ分析を行った。 HCO_3^- は pH4.3 アルカリ度法により値を求めた。

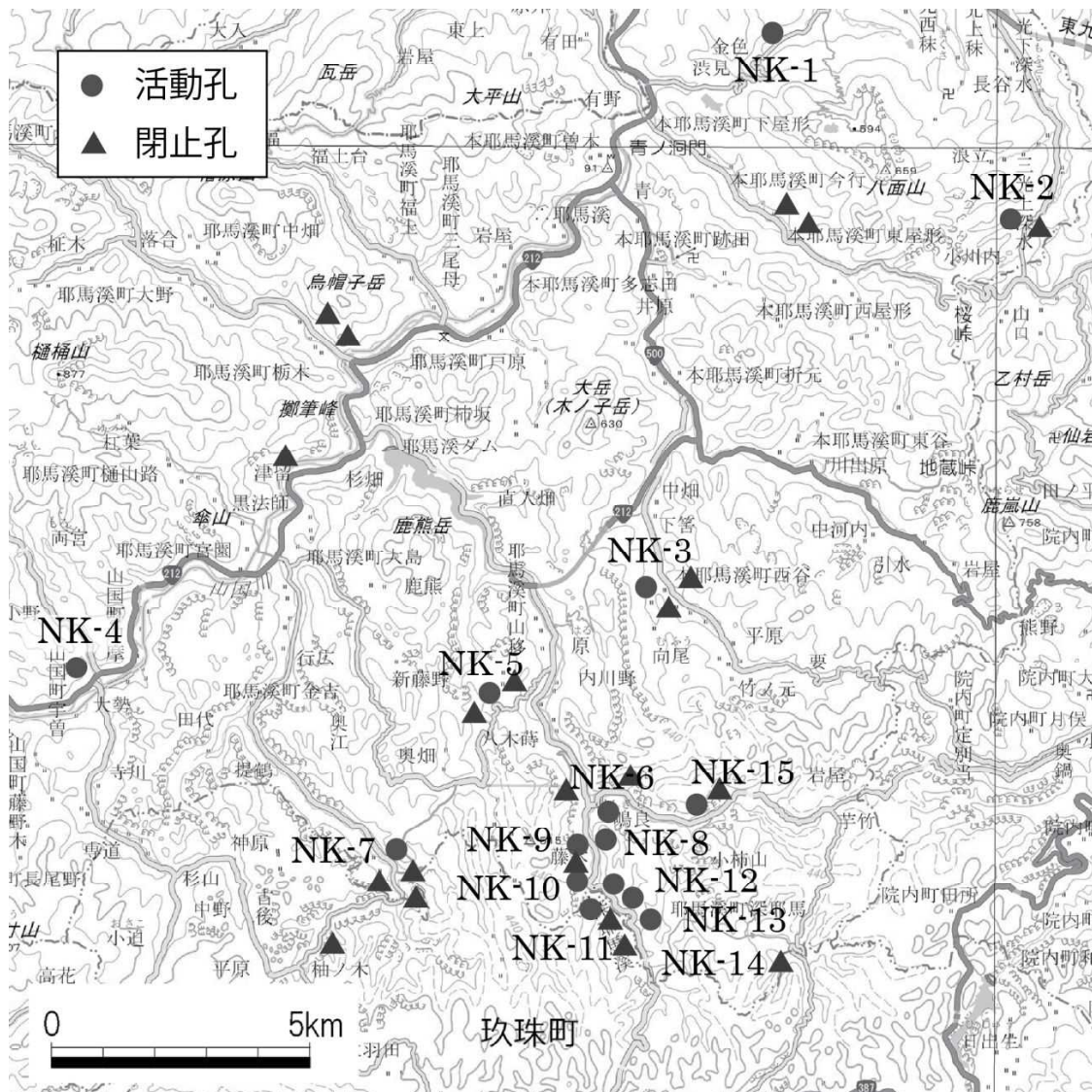


図1 調査地点の概略図（国土地理院20万分の1地形図を改変）

3. 結果

3-1 泉温について

表1に今回調査を行った源泉の掘削深度と泉温を示す。温泉の掘削深度は、最も浅いもので160m、最も深い井戸で1500mであるが、多くの源泉が500~800mである。1990年頃まで、耶馬溪町の温泉は掘削深度が500mを越える源泉は少ないとされているが、近年の掘りかえ等により深度が500mを越える源泉もみられる（北岡ほか，1989）。

平均泉温は39.1℃で、NK-2のみ19.2℃の冷鉱泉，NK-1が低温泉，NK-4，NK-7，NK-9，NK-11，NK-136井が42~25℃の温泉（狭義），NK-3，NK-5，NK-6，NK-8，NK-10，NK-12，NK-15の7井が泉温42℃以上の高温泉である（図2）。深層熱水型温泉は、掘削深度が深くなるに伴い泉温が高くなるのが一般的であるが、今回調査を行った温泉については、掘削深度と泉温の間には明瞭な関係はみられなかった。

表1 中津温泉の掘削深度と泉温

No.	掘削深度	泉温
	[m]	[℃]
NK-1	1500	28.0
NK-2	—	19.2
NK-3	800	45.0
NK-4	500	36.1
NK-5	735	44.2
NK-6	500	47.4
NK-7	450	36.3
NK-8	—	42.0
NK-9	160	40.2
NK-10	—	42.6
NK-11	—	38.4
NK-12	500	45.1
NK-13	—	38.0
NK-14	400	41.4
NK-15	500	43.2

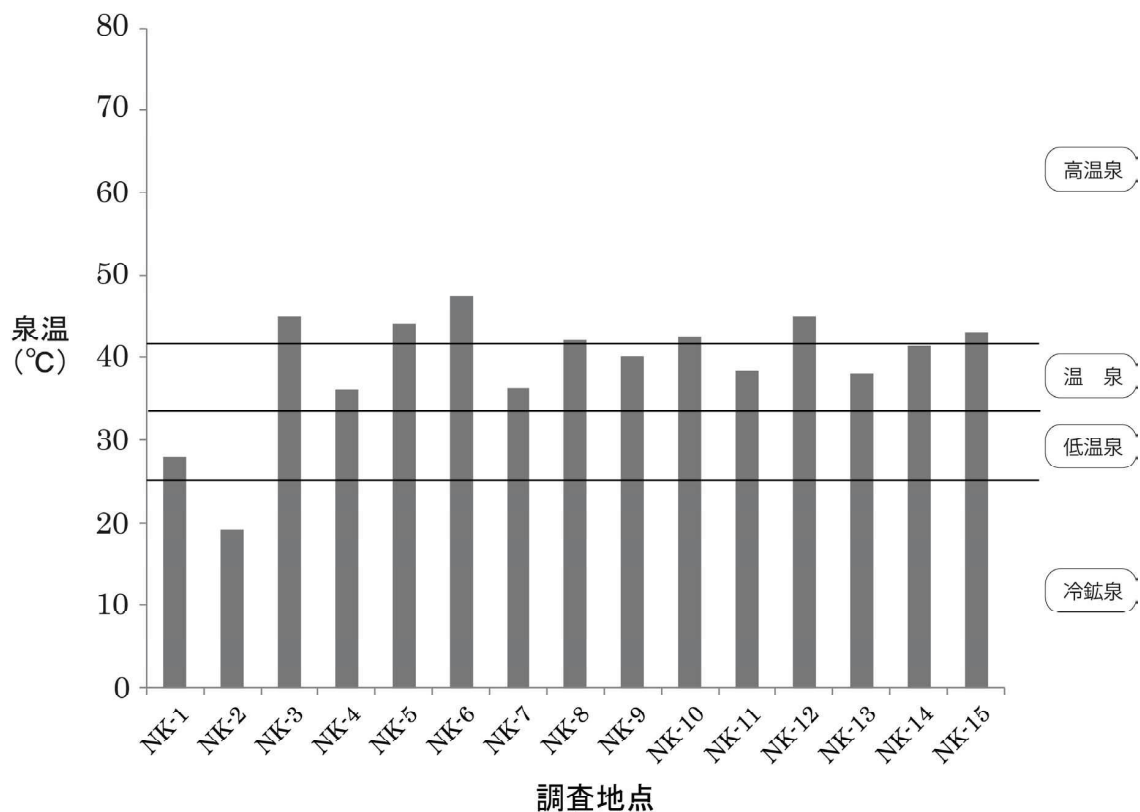


図2 各源泉ごとの泉温

3-2 温泉水の化学成分について

温泉水の化学分析結果を pH の測定値とともに表 1 に示す。液性については、NK-2 の冷鉱泉のみ弱酸性で、その他は全て pH7.3~8.6 と中性~弱アルカリ性温泉である。また、深層熱水型温泉の特徴を示す黄褐色を呈している温泉もみられる。温泉水の主要溶存化学成分量の総量値(TDS)についてみると、この地域の温泉水は TDS が 1000mg/L 以上の塩類泉は NK-2 の冷鉱泉 1 井のみであり、他はすべて 1000mg/L 以下の単純泉である (図 3)。北岡らの調査でも、この地域の温泉は全体的に低濃度の温泉が多く、犬丸川と伊呂波川の上流域付近のみ高濃度の温泉の湧出していることが報告されており、その結果とも整合的である。

温泉水の化学成分では、NK-2 以外の全ての単純泉において、陽イオンとして卓越する成分はナトリウムイオンであり、陰イオンとしては炭酸水素イオンである。NK-2 の塩類泉のみ他の温泉とは異なっており、ナトリウムイオンとマグネシウムイオンがともに高く、炭酸水素イオンも今回調査を行った温泉の中で最も高い濃度値を示している (表 1)。この地域の温泉水の化学的特徴を概観するために化学組成をヘキサダイアグラムで図 3 に示す。図 3 より、NK-2 以外の全ての温泉は全てナトリウム - 炭酸水素型の単純温泉であり、塩類泉の NK-2 のみ、マグネシウム - ナトリウム - 炭酸水素型であることがわかる。

表 1 温泉水の分析結果

No.	pH	[mg/L]								
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	総塩分量
NK-1	7.5	14.1	2.7	7.4	9.4	4.7	1.2	97.6	62.4	199.7
NK-2	5.9	101.0	16.6	98.1	34.0	9.3	<0.1	925.1	71.2	1255.2
NK-3	8.5	36.0	4.8	<0.1	0.2	6.3	2.5	76.9	70.7	197.4
NK-4	8.6	80.1	3.6	<0.1	<0.1	6.1	3.7	195.2	52.8	341.5
NK-5	7.9	28.1	3.4	2.1	3.4	4.2	3.6	91.5	70.5	206.9
NK-6	7.7	74.9	13.5	2.0	4.2	21.5	0.1	200.1	45.9	362.2
NK-7	7.5	31.5	18.7	2.6	4.7	6.0	1.3	134.2	5.7	204.6
NK-8	7.9	110.6	25.9	0.8	2.2	40.7	1.0	274.5	69.7	525.4
NK-9	8.4	53.1	13.7	<0.1	0.1	14.3	2.9	125.1	61.2	270.3
NK-10	8.2	78.0	24.5	0.1	0.1	26.1	<0.1	197.6	77.3	403.8
NK-11	8.1	73.2	23.1	0.1	0.2	23.6	1.5	173.9	73.2	368.8
NK-12	8.2	81.7	17.4	0.2	0.6	21.8	3.5	177.5	63.2	366.1
NK-13	8.3	103.7	6.6	<0.1	1.8	9.7	<0.1	305.6	52.8	480.3
NK-14	8.0	110.1	7.4	0.5	3.1	10.9	0.1	286.1	63.0	481.1
NK-15	8.4	159.0	24.3	4.7	11.8	51.4	0.3	456.9	68.3	776.7

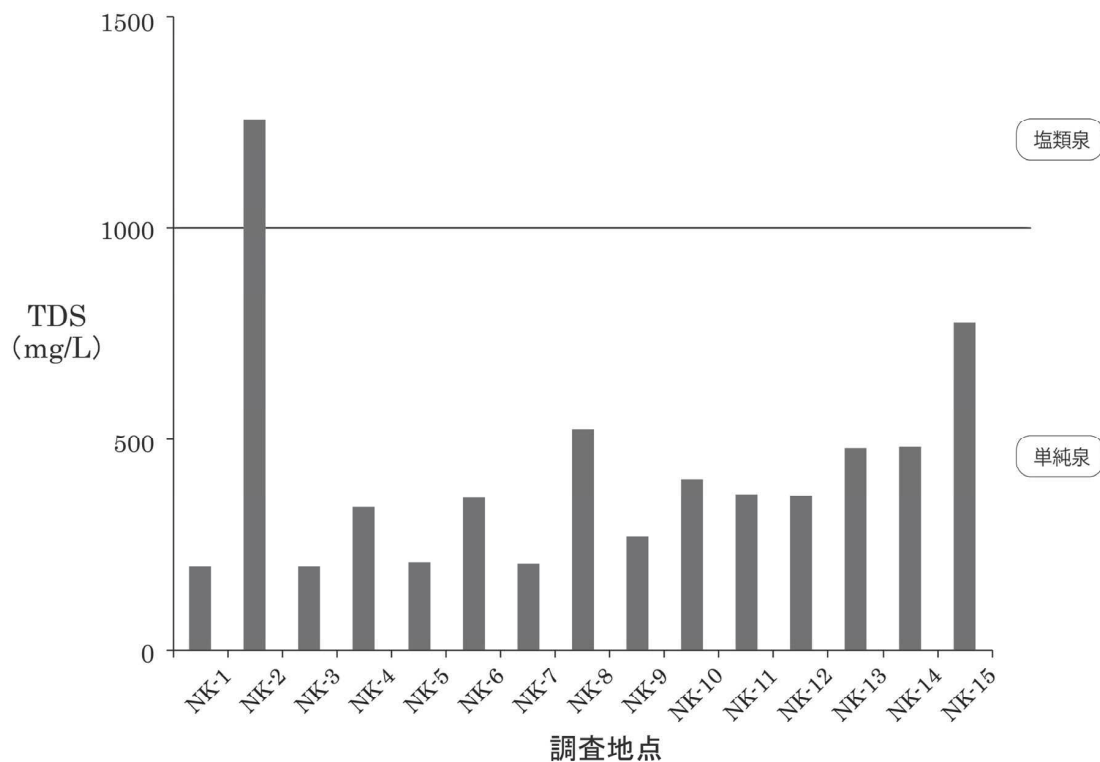


図 3 各源泉ごとの総塩分の総量値 (TDS)

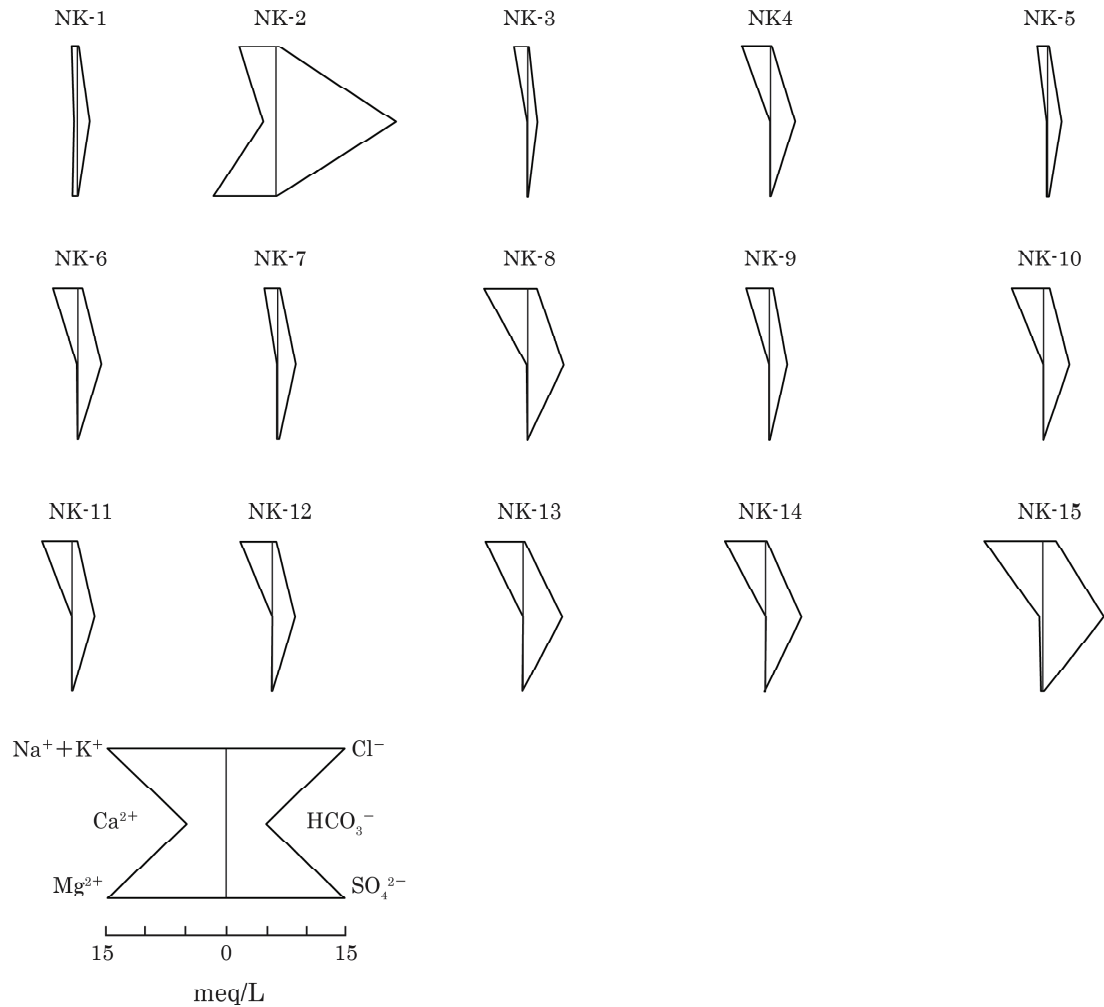


図4 各温泉水の化学組成

3-3 温泉水の泉温および化学成分濃度の変化について

今回の分析結果と大分県鉱泉誌に掲載されているデータをもとに、各源泉ごとの泉温およびTDSの経年変化を図5および図6にそれぞれ示す。

泉温については、NK-5の源泉で2005年に比べて10℃程度上昇しており、NK-6の源泉で2003年から6℃程度上昇していた。その他の温泉については過去の測定値に比べ、ほぼ一定の泉温を保っていた(図5)。

TDSについては泉温に比べて比較的大きな変化をしており、全体的に溶存化学成分の値が減少していた(図6)。特に大きな変化をしていたのはNK-1, NK-3, NK-14の3井で、NK-1は2010年に比べ550mg/L程度、NK-3は1996年に比べ670mg/L程度、NK-15は530mg/L程度減少していた。これら3井のうち、NK-1とNK-3についてはTDSの減少に伴い泉質も変化しており、NK-1はナトリウム-炭酸水素泉からナトリウム、マグネシウム-炭酸水素塩泉に、NK-3についてはナトリウム-塩化物泉からナトリウム-炭酸水素塩泉に変化していた。その他の源泉についても100~200mg/Lほど濃度が減少しており、ほぼ一定のTDS値であったのは、NK-4とNK-15の2源泉のみであった。

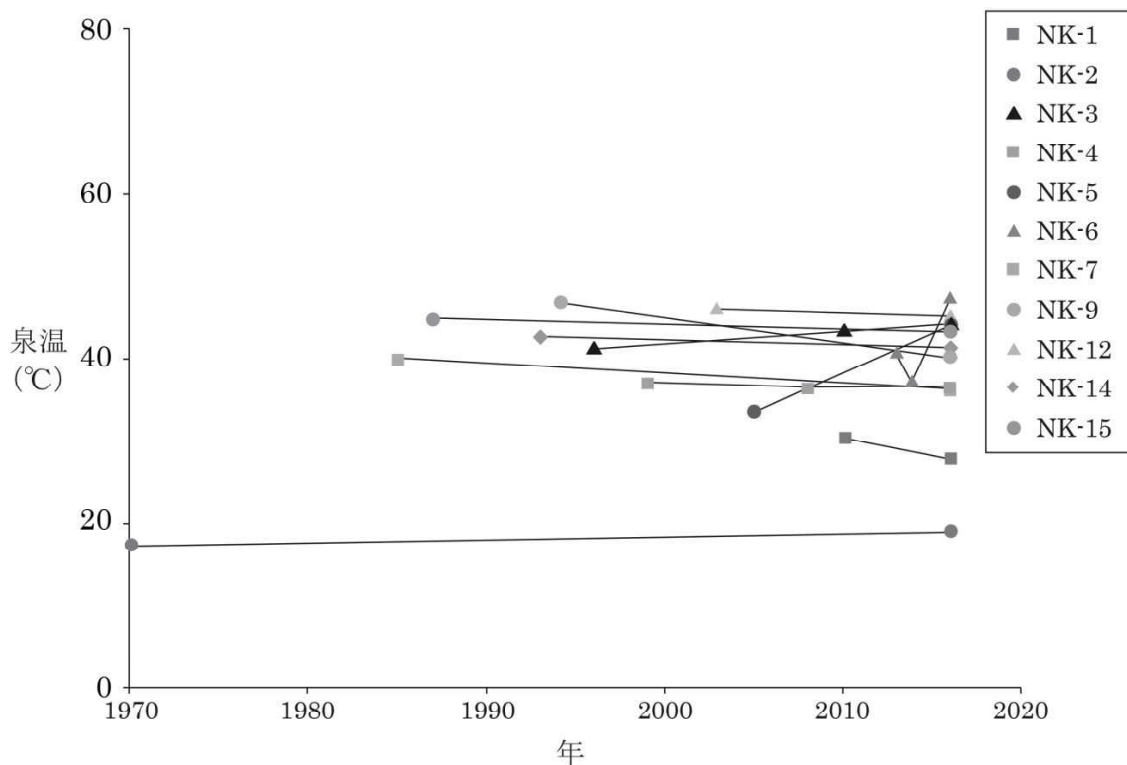


図5 各調査地点における泉温の変化

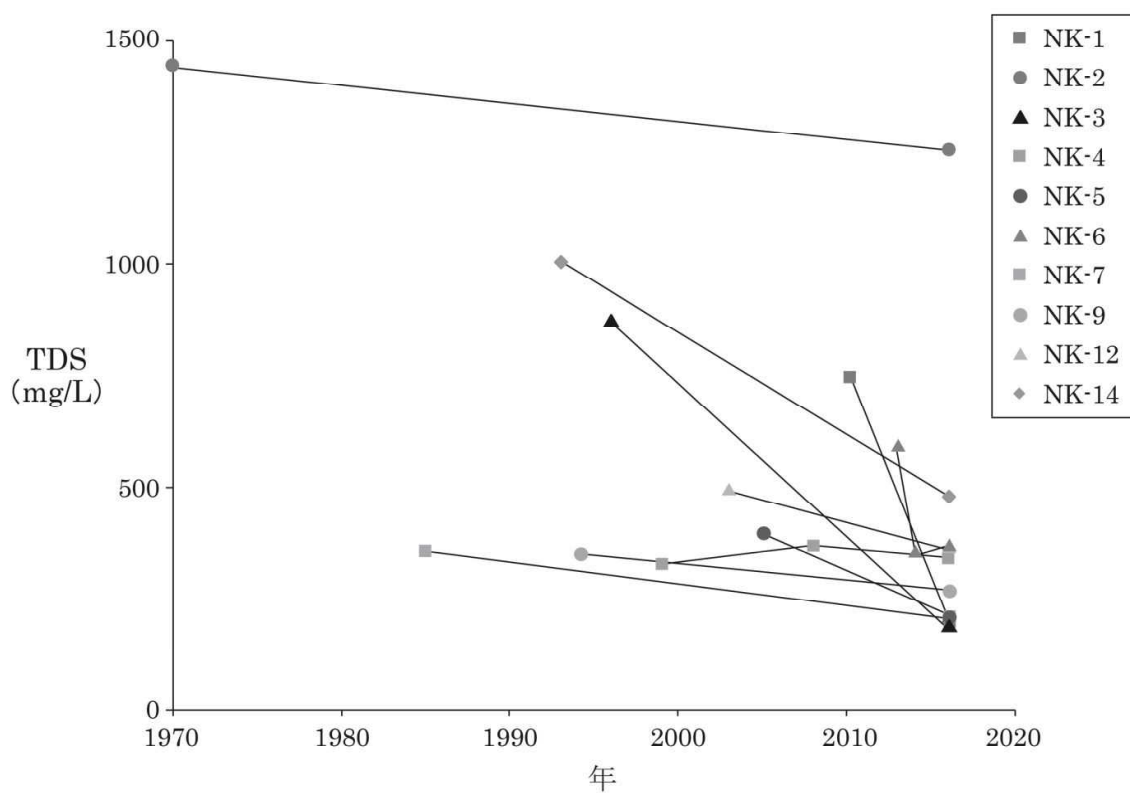


図6 各調査地点における主要溶存化学成分濃度の総量値 (TDS) の変化

4. まとめ

中津市の温泉について、大分県鉱泉誌の既存データをもとに現地調査を行い、温泉水の泉温、主要溶存化学成分等について検討をおこなった。その結果、次のことが明らかとなった。(1) 大分県鉱泉誌に記載されている泉源 54 か所のうち、21 井が現在使用されていない状況であった。(2) 調査を行った 15 源泉の平均泉温は、39.1℃でありその内わけは、冷鉱泉 1 源泉、低温泉 1 源泉、温泉（狭義）6 源泉、高温泉は 7 源泉であった。(3) この地域の温泉水は、塩類泉は冷鉱泉の 1 か所のみで、その他は全て単純泉であった。泉質では冷鉱泉のみマグネシウム・ナトリウム-炭酸水素塩泉であり、その他の単純泉は全てナトリウム-炭酸水素塩泉であった。(4) 泉温については、2 井で 2000 年のはじめあたりに比べ泉温の上昇がみられたが、全体としては安定した状態を保っていた。(5) TDS については全体的に減少しており、500mg/L 以上減少している源泉が 3 井みられた。また TDS が大きく減少している一部の源泉は、泉質も変化していた。

参考文献

大分県鉱泉誌 第 2 集 (2006) 大分県温泉調査研究会.

北岡豪一，川野田實夫，葛城啓子，大石郁朗，由佐悠紀，県北地域（下毛郡，宇佐郡，宇佐市）の温泉調査，大分県温泉調査研究会報告，40，1-14.

山下幸三郎（1954）大分縣山國村温泉調査報告．大分県温泉調査研究会報告，5，7-15.

山下幸三郎，（1959）大分県本耶馬溪村，耶馬溪村に於ける温泉探査報告．大分県温泉調査研究会報告，10，1325-1830.