



総 説

南紀白浜湯崎漁港整備事業における
湯崎泉源保護のためのモニタリング

西村 進^{1)*}, 西田潤一¹⁾, 桂 郁雄¹⁾, 城森信豪²⁾, 榎本 晋¹⁾

(平成 28 年 11 月 28 日受付, 平成 28 年 12 月 26 日受理)

Monitoring for Thermal Water Resource Protection in
Nanki-Shirahama Yuzaki Hot Springs, during
the Fishing Port Conservancy

Susumu NISHIMURA^{1)*}, Junichi NISHIDA¹⁾, Ikuo KATSURA¹⁾,
Nobuhide JYOMORI²⁾ and Susumu ENOMOTO¹⁾

Abstract

As requested by the Local government of Shirahama-Cho, Wakayama Prefecture, a site safety review of the reconstruction work of Yuzaki fishing port plans to solve the influences on the surrounding hot-springs sources in Yuzaki Spa.

We address geological and geophysical hazards in the region of Shirahama-cho, and discuss the assessment of this influence of this plan in April-July, 2008 (Nishimura *et al.*, 2009 ; 2010).

We present the assessment of the survey of springs of water and gas in the planning area using a small boat, and also the shallow geological holes.

During the under constructing of this plan, we choose samples from 9 hot springs such as Miyuki, Tenzan-3, Mabui, Kanro, Fuji, Chosei Kakitani-2, Tsukumoto and Sakaiya, every months and so for the assessments of influence of under work. (Oct. 2008-Oct. 2014).

We proposed a third-party mission for the deficiencies in the performance of the studies and investigations to the conclusions. And if someone has a questions on the decide, we have a chance for open discussion.

The influences of planned new fishing port constructions on the surrounding spring sources in Yuzaki hot springs in Nanki-Shirahama Spa was monitored from April, 2007 to November, 2014 for protect hot and mineral-water sources.

¹⁾特定非営利活動法人シンクタンク京都自然史研究所 〒606-8305 京都市左京区吉田河原町 14 近畿地方発明センター内. ¹⁾NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History, Kinki-chiho Hatsumei Center, Yoshida-kawaramachi 14, Sakyou-ku, Kyoto 606-8305, Japan. *Corresponding author : E-mail tkinh-1@isis.ocn.ne.jp.

²⁾(有)ネオサイエンス 〒590-0521 泉南市樽井 4-2-30. ²⁾Neo-Science (Ltd), Tarui 4-2-30, Sennnann-shi, 590-0521, Japan.

Key words : Nanki-Shirahama Yuzaki Spa, monitoring of hot-springs, thermal water resources protection, third-party mission

要 旨

南紀白浜湯崎漁港整備事業は白浜町懸案の大事業であり、2007年事業計画がまとまり工事が湯崎温泉中央部で始まることとなった。温泉会社からこの事業が既存泉源に与える影響等の調査についての要望書が町に提出され、白浜町と話し合いをもち、特定非営利活動法人シンクタンク京都自然史研究所（以下研究所）が2008年4月～7月に、白浜町全体にわたり詳細に湯崎漁港周辺を主として物理探査法で事前調査を実施し、その結果を参考にして影響監視業務を行なった。また、すでに計画されていた港内水域調査（主に港内の湧ガスの調査）と港内で必要なボーリング地質調査（深度3m）の場所の検討と既存泉源への影響監視も行った。

温泉会社との協議で、既存泉源への影響を監視するために、既存泉源 行幸・第三天山・碓湯3泉源の湧出量・泉温・pH・導電率、ならびに港内の二酸化炭素ガスの湧出孔の水温の連続測定を実施した。さらに行幸・第三天山・碓湯・甘露の湯・藤の湯・長生の湯・垣谷2号・衝幹湯・酒井屋の各源泉の一定条件で採湯するために、場所を選び採湯し、現地で泉温・pH・導電率の測定を行い、さらにナトリウムイオン・カルシウムイオン・塩化物イオン・硫酸イオンの月1回定量分析（なお必要と認めた場合は追加分析）を行った。2013年10月に工事は完了したが、工事終了後1年間の観測を行い、監視業務を終了した。

改修工事の進行とそれに続く活用計画の検討・影響監視業務の成果は必要に応じて、第三者機関の白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会に報告討議され、さらに要求があればそれに応じて公開で説明会がもたれた。

キーワード：南紀白浜湯崎温泉，泉源監視，泉源保護，第三者協議機関

はじめに

白浜町から特定非営利活動法人シンクタンク京都自然史研究所に委託された「湯崎漁港整備事業が既存温泉源に影響を与えないように監視する業務」は2008年4月10日に始まり、2014年10月23日に現地観測を終えて、10月29日最終の採湯の分析所の結果を得て、最終の定期観測を終えた。11月10日に第18回白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会に最終結果の報告をし、実施された湯崎漁港整備事業が既存泉源に影響を与えなかったことの報告を泉源影響監視委員会で検討され、白浜町並びに地元温泉会社（6社）に説明し、終了した。

この事業は、長い間の白浜町の非常に重要なものとして計画が進められていたが、2007年11月22日地元温泉会社（6社）から事業が源泉に与える影響等の監視について要望書が町に提出されたことに始まる。それを受けて白浜町から11月25日特定非営利活動法人シンクタンク京都自然史研究所（以下研究所）に相談に来られた。まず、文献調査を行ったが、今一度白浜温泉の全体調査ならびに、特に湯崎漁港を中心に詳細な調査が必要と考え、2008年4月10日に事前調査の必要性を申し入れて、委託契約をし、4月16日から10月末にかけて事前調査を実施し、工事の監視業務に入った。

この総説は2014年10月23日の最終現地監視報告ならびに10月29日の9泉源の分析結果までの観測データをまとめたものである。これほど長期にわたり得られたデータは今までに例がなく、今後役に立つと考えたので「温泉科学」に資料として残すことにした。

整備事業の計画の検討並びに監視業務の結果の審議などを行うため、白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会が設置され、2008年8月5日第1回泉源影響監視委員会が開催され、2014年11月11日第18回委員会を開催し報告を総括したのち町長に報告し、委員会は解散した。なおこの監視委員会は常に公開のもと行われた。

1. 湯崎漁港整備事業に伴う泉源影響調査の取り組みの経過

1.1. 湯崎漁港整備事業に伴う源泉事前調査

2007年11月25日, 湯崎漁港整備事業の監視業務を白浜町から研究所に依頼された。

白浜町町議会はこの事業を開始するための勉強会を2007年11月28日白浜温泉の泉源について当時の中央温泉研究所所長甘露寺泰雄を囲んで協議され, さらに当日白浜の温泉の現状について甘露寺所長らと白浜町議会議員研修会がもたれている。

2008年1月26日 西村が白浜町を訪れ, 現地を見て詳細な打ち合わせを行った。3月6日に地元温泉会社らに対して, 町との打ち合わせの結果を説明し, 意見の交換を行った。その結果, 現状の湯崎温泉や白浜町全体の温泉の地球物理学的調査・研究が乏しいので, 温泉全般の調査・研究を事前調査として取り上げるようになった。

1.2. 湯崎漁港整備事業の概略

白浜町の「湯崎漁港整備計画」は湯崎漁港の改修工事であるが, 今までの小さい漁港をまとめて大きくすることであり防波堤の延長・新設 突堤の整理, 航路や港内の浚渫が主な工事であった。第1図, 第2図に示すように, 当初は2008年度から2011年度にかけて行い, 埋め立て地の利用のための工事が計画されていた。計画が既存泉源への影響が与えられとされるものは湯崎湾とその外部との間の航路の浚渫工事ならびに湾内の浚渫工事, 既存防波堤の延長, 突堤の撤去・新設のための基礎掘削工事などであった。

改修される湾内には炭酸ガスの湧出している箇所も多く, 計画湾中央部の西の所に, 一つのまとまった炭酸ガスの湧出している場所があった。それが湯崎温泉の中心部と考えていた研究者もあった。

事前調査では湾内の炭酸ガス湧出の調査をとくに入念に行なった。またその時にはすでに湾内岩盤に3m深度10本の地質調査のボーリングが計画されていた。しかしその掘削位置の再検討と変更を白浜町に申し出で変更し, さらに浚渫などの工法の検討も綿密に行った(第2図)。

白浜町全体の事前調査では, 白浜町全体の温泉の歴史も詳細に調べた。さらに白浜町に分布する泉源の湧出状況も綿密に調べた。その結果はできるだけ多くの研究者などの意見を聞くために, 日本温泉科学会大会で報告し, さらに学会誌に公表した(西村ほか, 2009; 2010)。

工事との関連で重要なことは次のようにまとめられる。湯崎断層(物理探査によりその存在場所を再定義した; 第3図)に沿い白浜町で代表的な行幸泉源は湾奥の狭いところに元湯, 行幸1~3号が掘削されていて, 常に二酸化炭素ガスに助けられて自噴し, 必要量以上に湧出しオーバーフローしていることが多かった。しかし, その動水位は海面下約-7mで, 碓湯泉源も動水位が海面下約-5~-7mであることが示され, 湧泉は塩水化せずに高温の湯が自噴している。これは湯崎では, 塩淡境界が今の状態で安定していることを示している。そこで, この均衡が壊れて海水が湯道に侵入し泉源が破壊されることが最も危惧される。そのため浚渫や堰堤・栈橋などの基礎の除去や新しく掘削される時には, 注意する必要がある。特に振動の影響に注意する必要があると考えた。そのために監視体制を綿密に計画した。

1.3. 事前調査-1

2008年4月10日, 研究所は「湯崎漁港整備事業に伴う源泉事前調査委託業務」を受託した。既存文献調査・リニアメント解析に始まり, 4月16日~19日地表地質・地質構造調査, 泉源調査, 5月28日~6月16日 重力測定, 放射能探査, 電磁探査を実施した(西村ほか, 2008; 2010)。

この事前調査をまとめ, 6月26・27日に事業中の影響調査の対称とする既存泉源の選択(第1

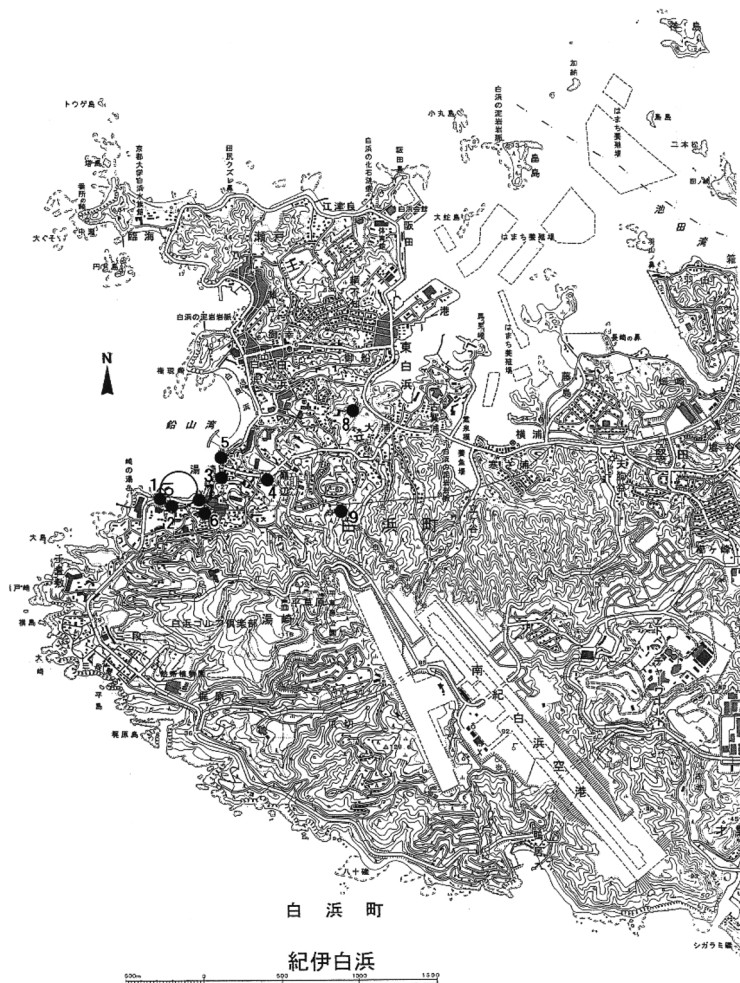


図 1 白浜町湯崎漁港整備工事の位置図

- ：浚渫・撤去の工事の位置
- ：工事の影響の監視業務に使われた既存泉源
- 1：行幸；2：第3天山；3：砒湯；4：藤の湯；5：衡幹；6：甘露の湯；
- 7：酒井屋；8：垣谷2号；9：長生の湯

図), 手法の選択等の方法について, 主な泉源を保有している温泉会社らとの協議を行った。

それらを受けて7月15日白浜町議会建設農林常任委員会に源泉事前調査の中間報告, 温泉会社に対して源泉事前調査の中間報告の説明を行った。

報告書1「湯崎漁港整備事業に伴う源泉事前調査の結果に基づく改修計画に対する意見」(中間報告)平成20年7月

はこの事業を始めるに当たり, 湾内の状況を知るため, 地質調査ボーリングが岩盤掘削予定の場所で行うことがすでに決まっていたので, 手始めとして計画湾内の炭酸ガスの湧出状況を精査した。

7月16, 17日湯崎漁港内の地質, 二酸化炭素ガスの湧出状態の調査を綿密に行い, 9月4~11日港内の炭酸ガスを多く噴出している箇所ではボーリングの計画を中止し, 場所を替えるよう勧告し, 10本のボーリング調査の際には, 岩芯の観測, 湧ガスの有無の計測などを行い, その結果の報告

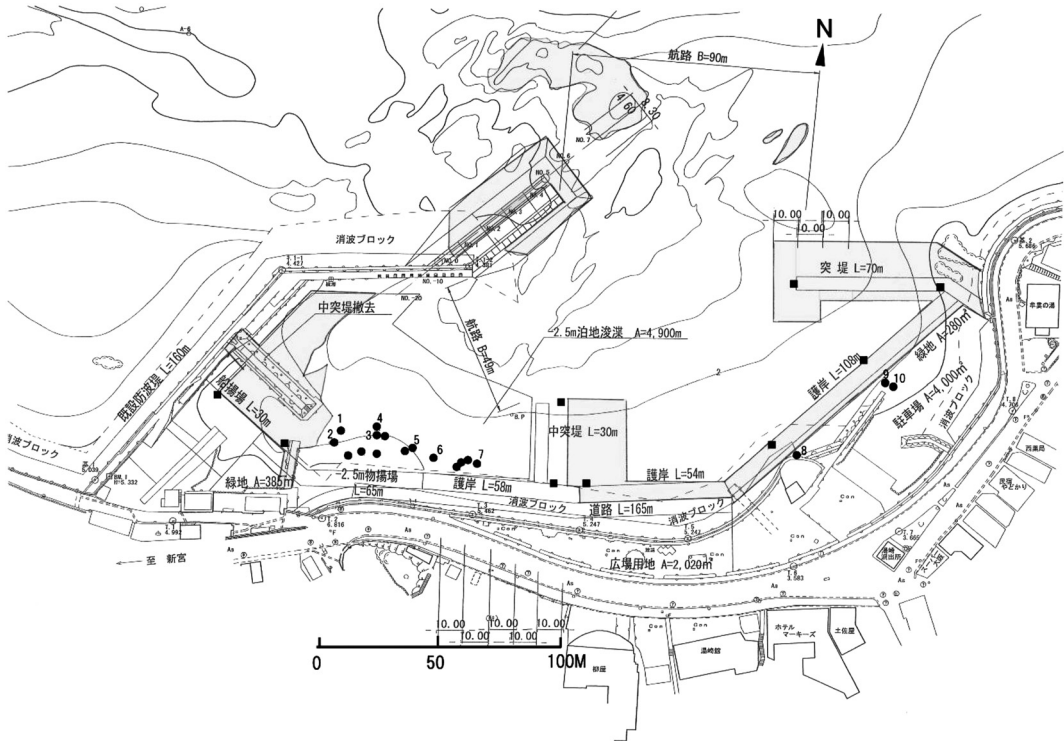


図 2 湯崎漁港の工事場所とその概略

灰色の部分：浅瀬場所；■：3m 深度の地質調査ボーリング場所；

●：炭酸ガスの湧出箇所 番号は採水してガス分析をした箇所

2：湧出ガスの最も多い箇所で、湧出孔内に精密温度計を挿入し連続観測した

8：堰堤の撤去時新しく湧ガスした箇所

9, 10：ガス分析で、二酸化炭素より窒素ガスのほうが多かった箇所

を行った（第2図）。

1. 4. 事前調査-2

白浜町全体の種々の調査・その報告は、報告書2、「湯崎漁港整備事業に伴う源泉事前調査の結果に対する意見」2008年10月で、これらで得られた成果は、ほぼ同時に同じような業務を有馬温泉でも行って「温泉科学」に投稿した（西村ほか，2009；2010）。第3図に結果の主な解釈を示す。

2. 湯崎漁港整備事業に伴う源泉観測委託業務

事前調査の報告を兼ねて、地元温泉会社の要望を聞くために協議して、「湯崎漁港整備事業に伴う源泉による監視業務」の仕方をまとめ白浜町に申し入れ、監視業務に入ることにした。

浚渫工事が既存源泉に影響をあたえる恐れがあると考えられるので、観測孔の掘削をすることを提案したが、その掘削が既存源泉に影響を与える恐れがあるとして温泉会社からの拒否にあった。そこで、既存源泉を選択して観測することを提案し了解をえた。

まず、衝幹（つくもと）源泉を連続観測点にあげたが、源泉の横の道路拡幅のため大きく崖を削

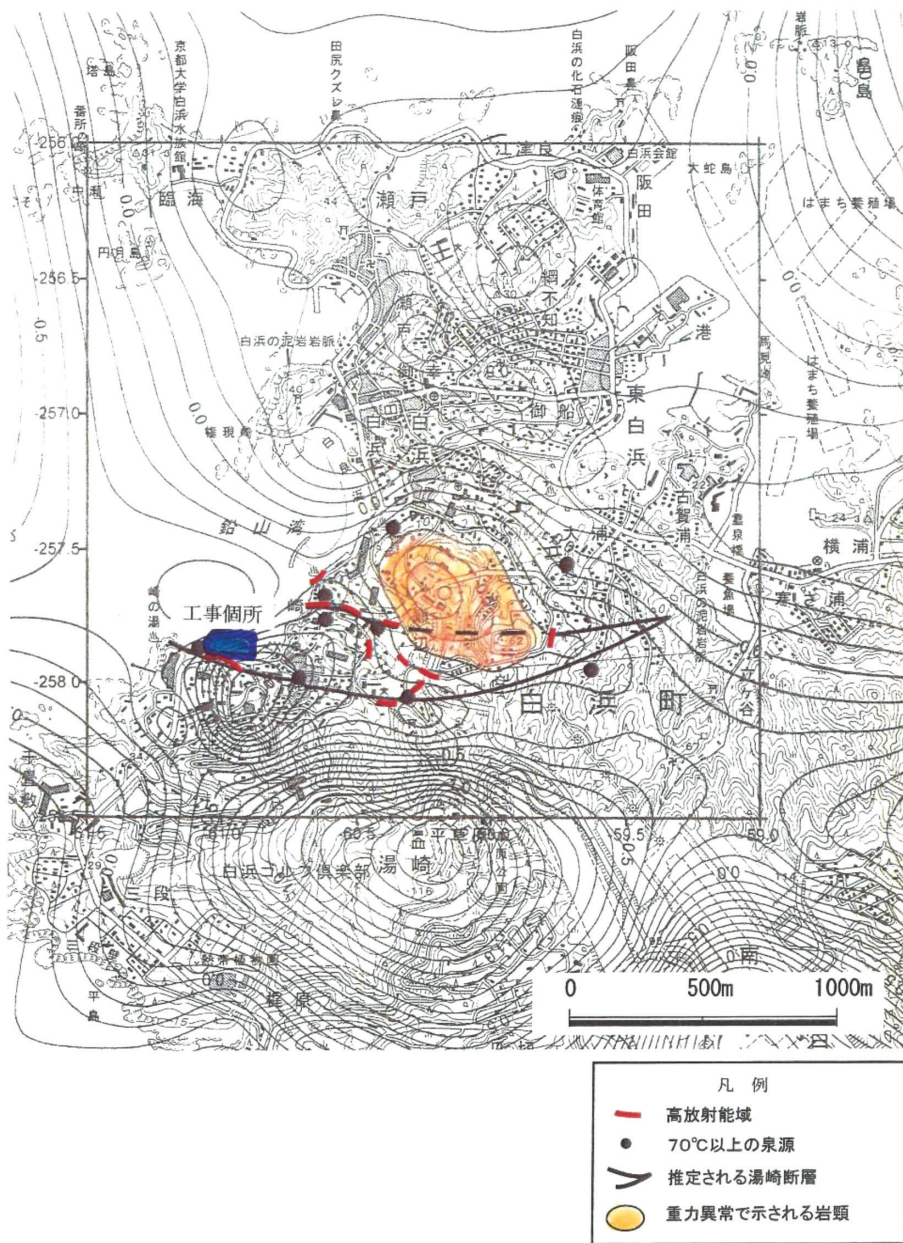


図 3 事前調査でまとめられた湯崎温泉の高温 (70℃以上) の泉源の位置 (西村ほか, 2010) と工事場所

り、大きな共同溝の掘削がなされるとのことで断念し、①行幸 (みゆき) 泉源 (この泉源には 4 孔あるが、それらは干渉しあっているので 4 孔の合併タンクの水位、湯温、導電率、②砦 (まぶ) 湯温泉源、現在は 2 号で汲み上げられていてその近くにある利用していない 1 号孔を用いての動水位の測定、2 号泉源の湯温、導電率を測定することにした。③第三天山泉源の汲み上げ量の変化 (当時) エアリフトすなわち定圧のコンプレッサーを用い、エアリフトで湯を汲んでいて、その定圧圧力の微妙な変化が動水位の変化に反映していることを知ったのでその詳細な変化の観測による湧

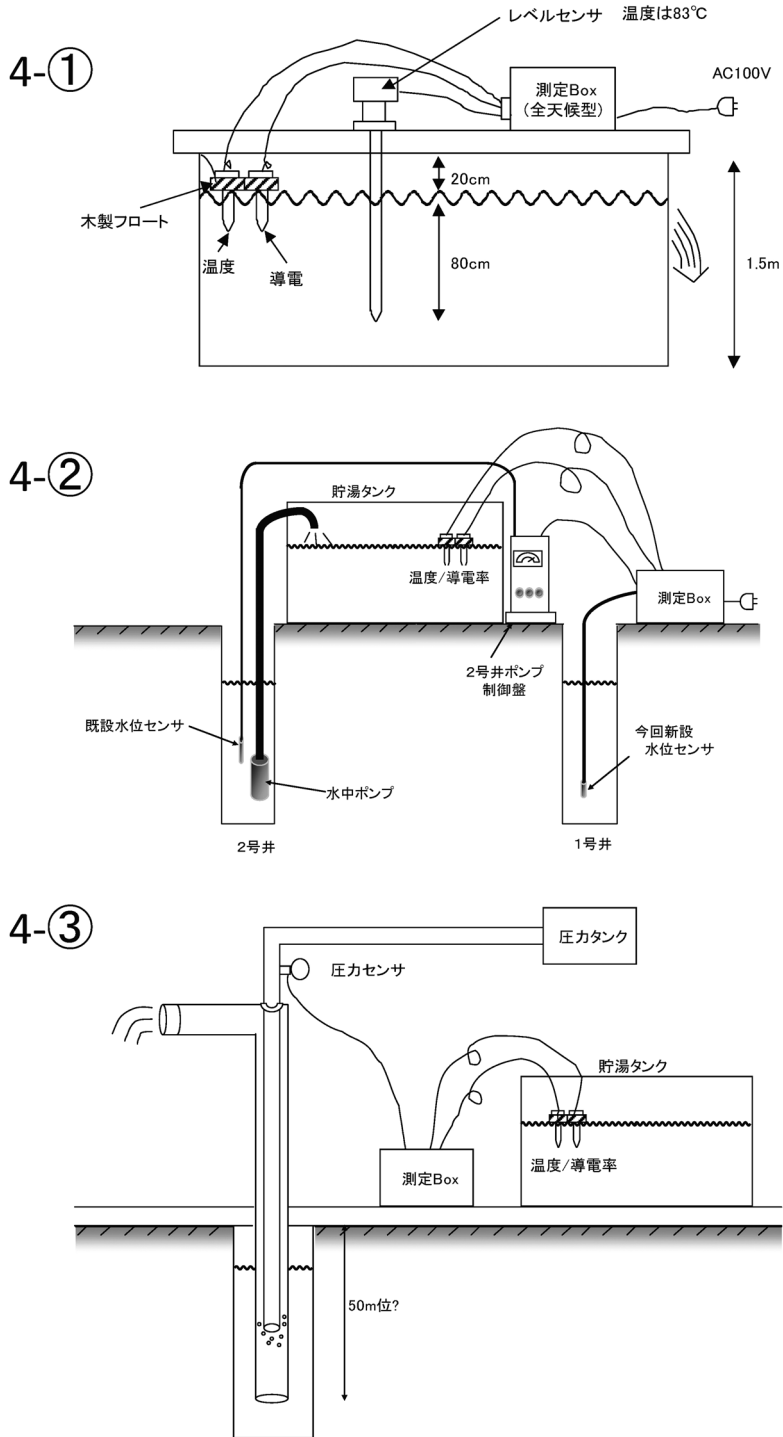


図 4 連続観測の状況の概略
 4-①：行幸泉源の自噴泉の合併タンクでの連続観測の模式図
 4-②：砵湯泉源での連続観測の模式図
 4-③：第3天山の連続観測の模式図

5-①

行幸 2014年10月23日回収データ (2014年9月18日から2014年10月23日)

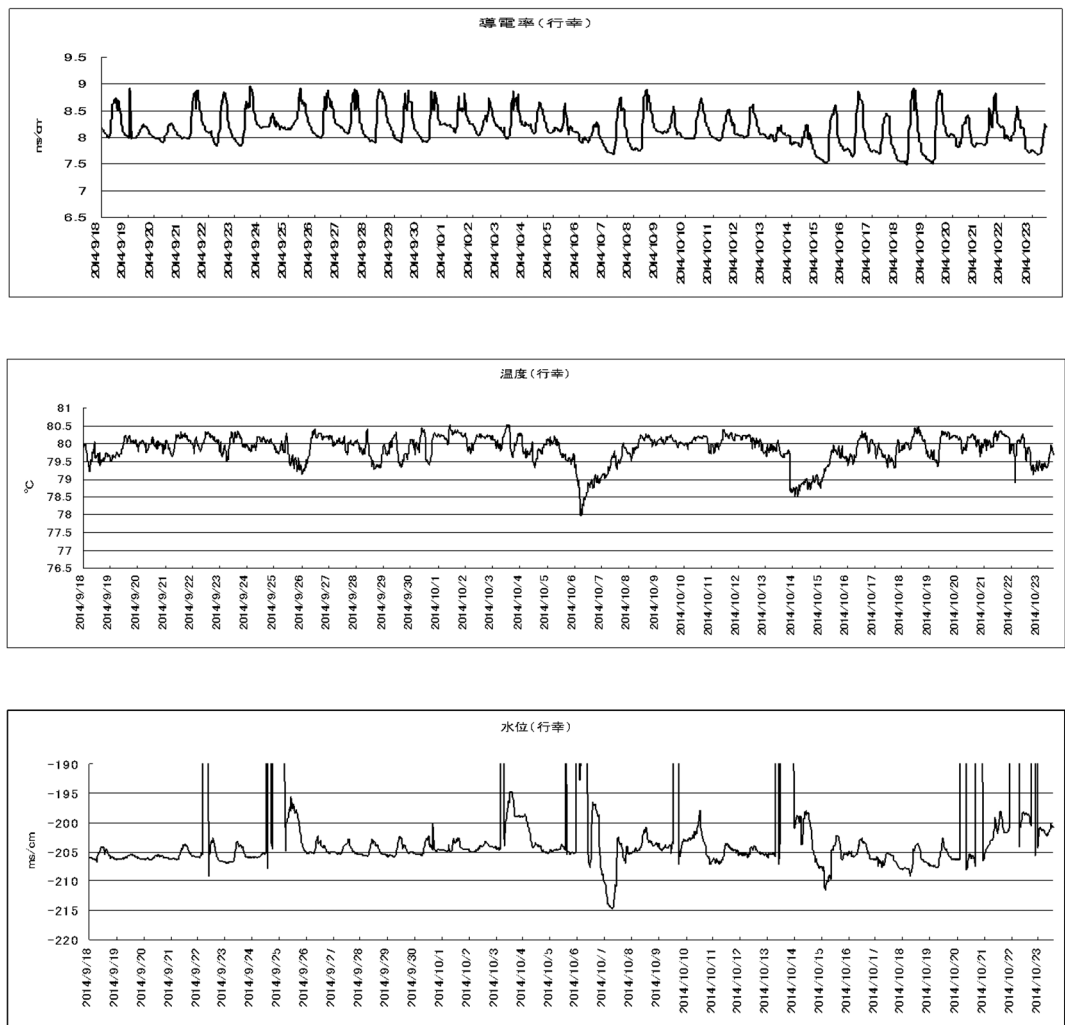


図 5 連続観測の 1 例 行幸泉源 (5-①), 碓湯泉源 (5-②), 第 3 天山 (5-③) の連続観測の 1 例
 行幸泉源・碓湯泉源は利用されているので、特に日変化などの変化が記録されるが、問題があったときはその期間の記録を特に拡大し、その変動をみて検討した。

出量の変化、湯温、導電率の連続測定を行った。観測をするために条件が異なり、観測器具の策定・製作を含み受託研究所で作成・設置した (第 4 図)。その測定のある区間の例を第 5 図に示す。さらに伝説による湯崎港の中央部に大きな二酸化炭素を主とする気泡を湧出する湯釜と信じられる箇所があり (第 2 図の中の 2 の箇所)、綿密に調査したが、湧出気体は二酸化炭素でわずかに窒素を含む。しかし、温度測定し、採水して分析しても周辺の海水と変わらないので、念のためこの湧出孔に感度の良い温度計を設置して、連続観測を全期間にわたって行った (第 6 図)。なお、念のためガス湧出孔に採水用のエスロン管を設置し、時々採水して、分析を行った。しかし、周辺の海水と変わらなかった。

5-②

第三天山 2014年10月23日回収データ (2014年9月18日から2014年10月23日)

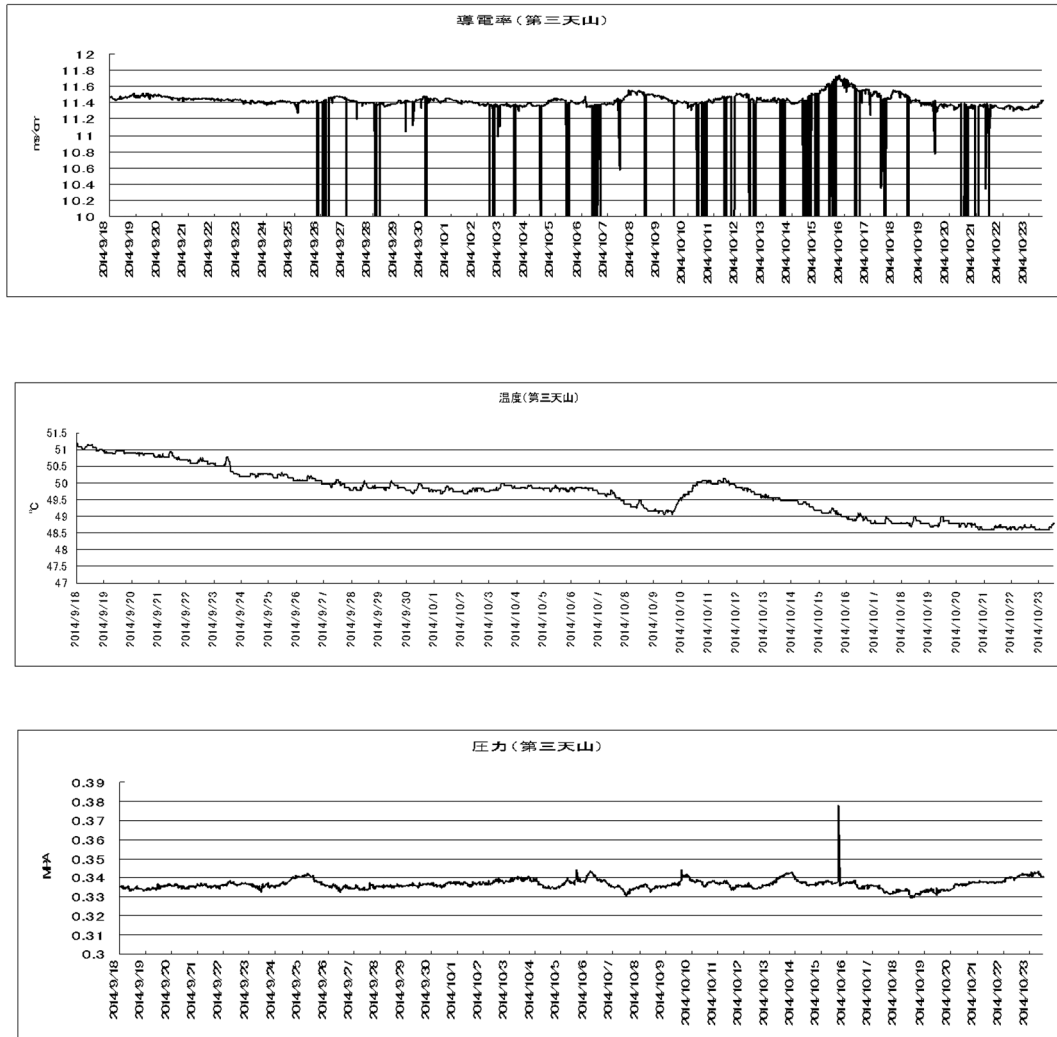


図 5 (続き)

月に1回ほぼ定期的に①行幸の湯の合併タンク, ②第三天山の湯溜めタンク, ③砦湯の湯溜めタンク, ④藤の湯の湯溜めタンク, ⑤衝幹の湯の湯溜めタンク, ⑥甘露の湯の湧出口, ⑦酒井屋の湧出口, ⑧垣谷2号の湧出口, ⑨長生の湯の湧出口にて採湯し, 現場で湯温, 導電率, pHの測定; 専門の分析所にナトリウムイオン, カルシウムイオン, 塩化物イオン, 硫酸イオンの分析を依頼した。なお, 甘露と垣谷2号の2泉源は温泉会社のご厚意で湧出量を測定した(第7図)。

このほか土工事が行われるたびに現地での立会, 特に海底の浚渫などの工事の場合は作業前の朝, 昼, 並びに夕方の作業の休止時には小舟をだし, 特に湧ガスがあれば, その時は工事を中止し, 検温, 採水採ガスを行い計測し, 異常がなければ作業を再開するように指示した。

浚渫工事時など, 特に必要と考えるとき毎日15時ごろ, 行幸の湯, 第三天山, 砦湯の採湯を行い,

5-③

碓湯 2014年10月23日回収データ (2014年9月18日から2014年10月23日)

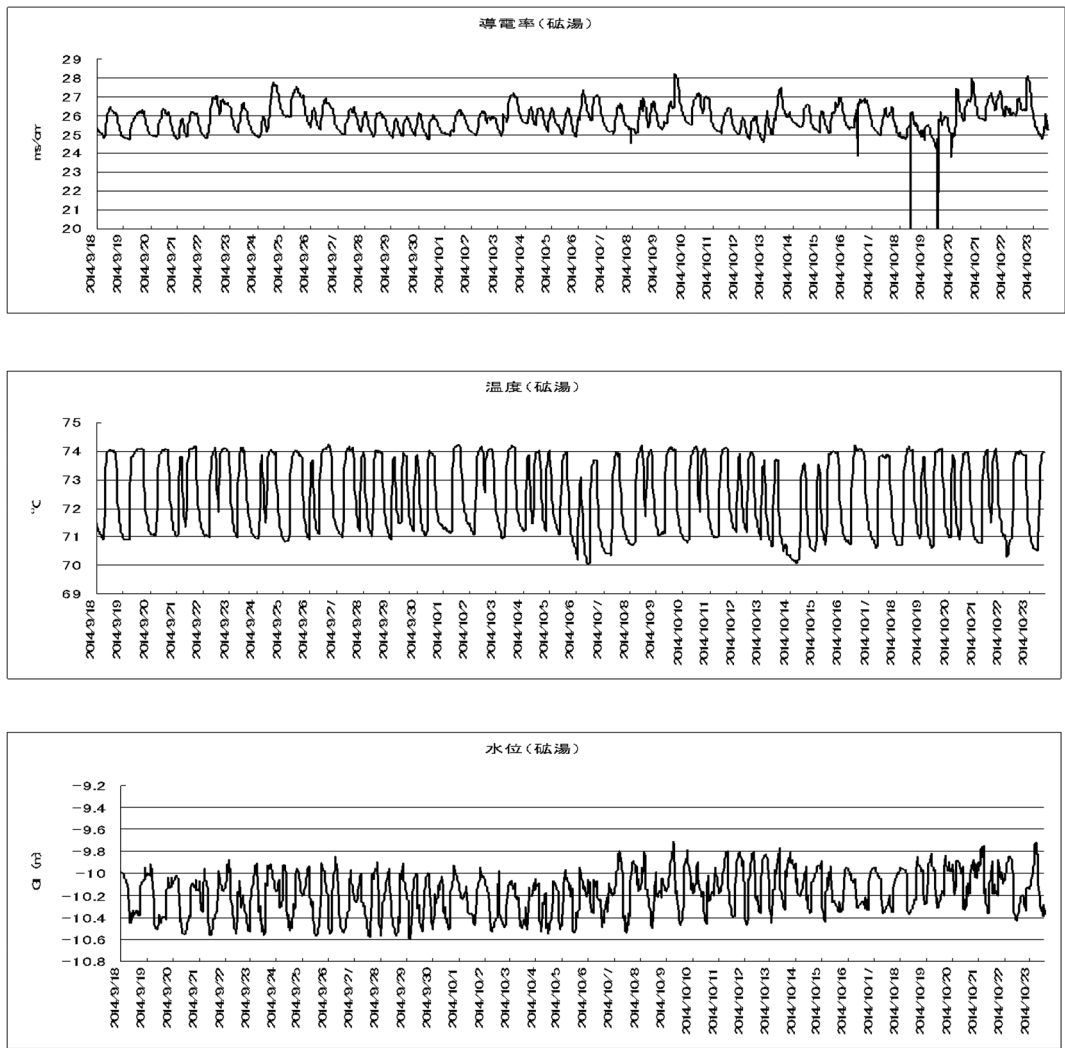


図 5 (続き)

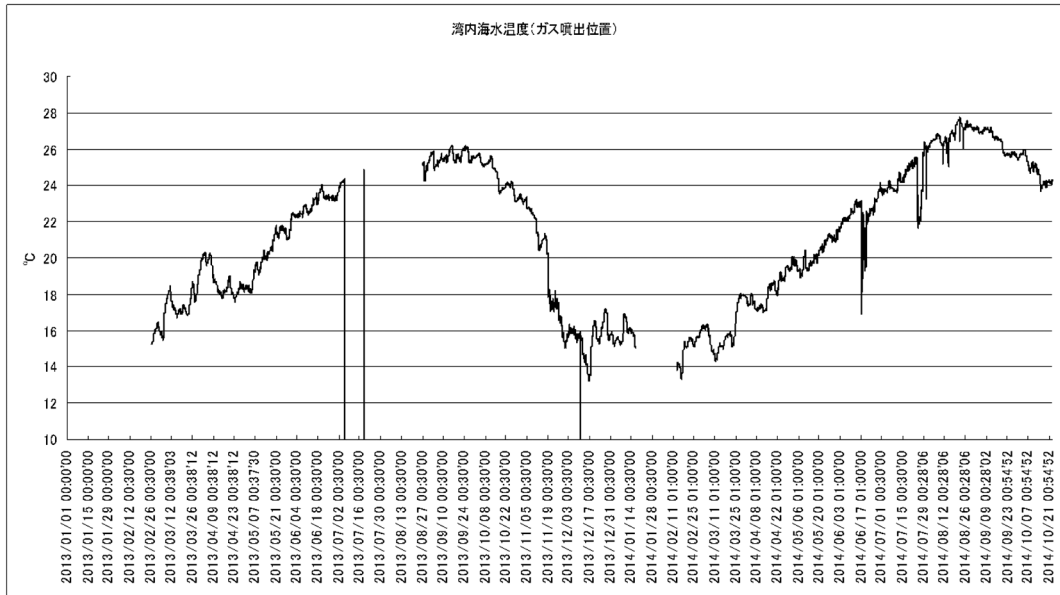
湯温, pH, 導電率の測定を行った(その1例を第8図に示す)。

そのほか各泉源の持ち主からの申し出があればその都度工事を中止し, 立会, 影響の検討し, 対処した。

3. 白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会

白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会は「白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会設置要綱(平成20年6月23日要綱第19号)」により設けられ, 専門家3名,(途中1名交代)で構成した。委員会は委員全員の出席を求め公開, さらに臨時に必要ながあればその都度メールなどで連

海水温度 2014年10月23日 (2013年1月1日から2014年10月23日)



2013年7月18日より8月27日 装置記録部不良により欠測。

8月22日13時30分 28°C (湾内ガス噴出位置海水温度)

2013年8月27日12時30分より計測復帰

2013年11月19日15時より機器不良

2013年12月17日 (2014年1月16日、検定のため機器持ち帰る。)

2014年2月13日 機器設置計測再開 (2014年2月13日 12時30分 13.84度)

2014年3月14日 11:00 15.16度

(回収日は3月13日であったが雨のため3月14日にデータ回収)

2014年4月17日 13:00 18.2度

2014年5月15日 14:00 19.76度

2014年6月17日 13:30 23.06度

2014年7月15日 13:30 24.20度

2014年8月27日 13:30 27.18度

2014年9月18日 12:30 26.44度

2014年10月23日 12:30 24.22度

図 6 湯崎漁港内で最も多く炭酸ガスを湧出している孔内 (図 2 の②) の温度変化

絡して意見を求めた。このほか要求があれば説明会 (公開) をもった。

3. 1. 白浜町湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会の開催

第 1 回 (2008 年 8 月 5 日)

委員会の構成、今後の進め方について、研究所の泉源事前調査における現時点での調査結果報告及び泉源事前観測について報告：物理探査などによる地下のメカニズム、胚胎構造が明らかになり、温泉の中心が町役場近傍に存在することが示され、8 泉源の 1 か月ごとの監視、3 泉源の連続監視などの監視方法の協議。

7-①

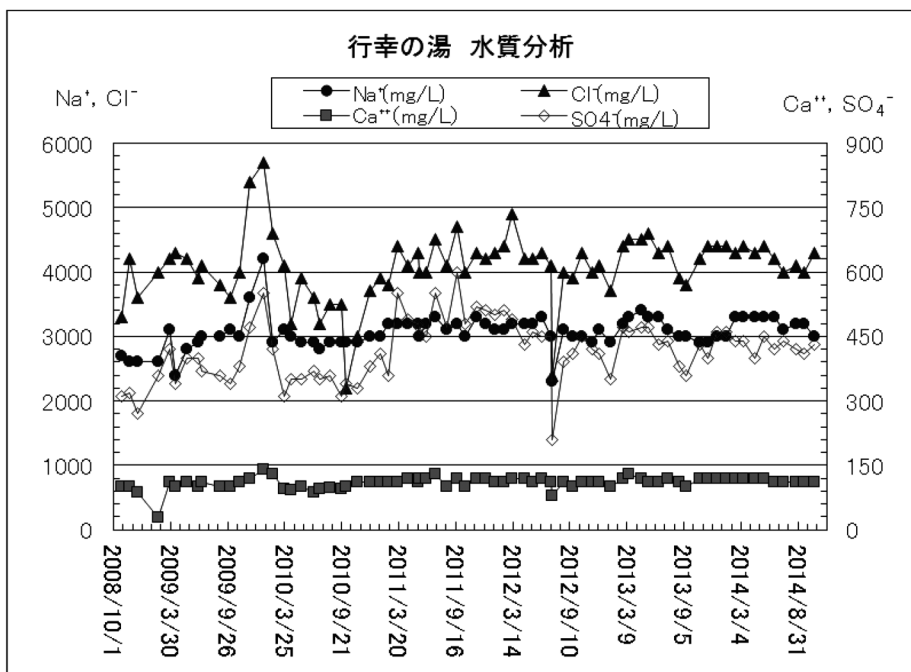
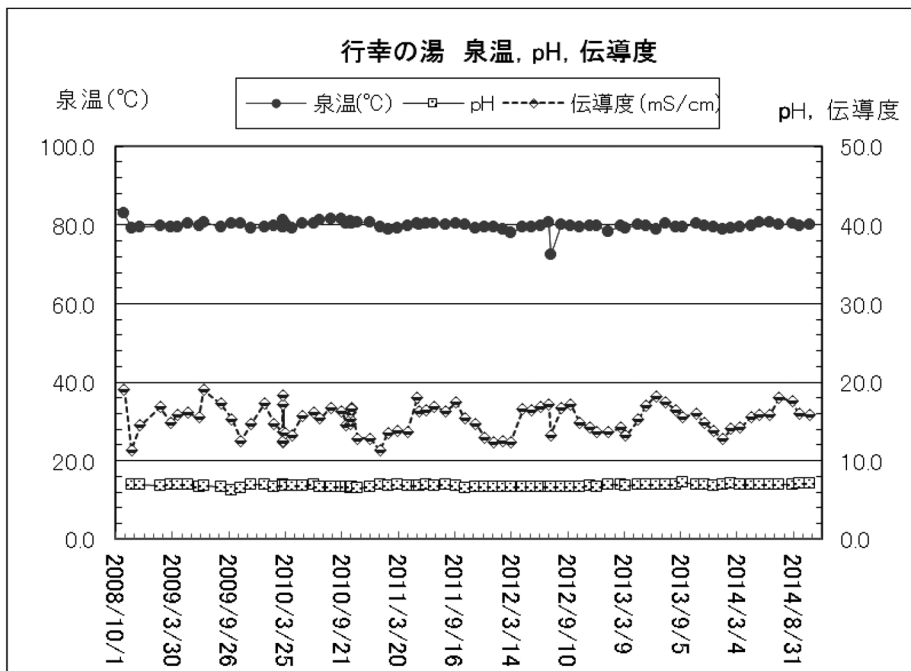


図 7 毎月 1 回採湯して、現地にて泉温・pH・伝導度の測定、甘露と垣谷 2 号の自噴量の変化、並びに、分析所に送り依頼したナトリウムイオン・カルシウムイオン・塩化物イオン・硫酸イオンの変化 (2008 年 4 月 10 日～2014 年 10 月 23 日)

7-②

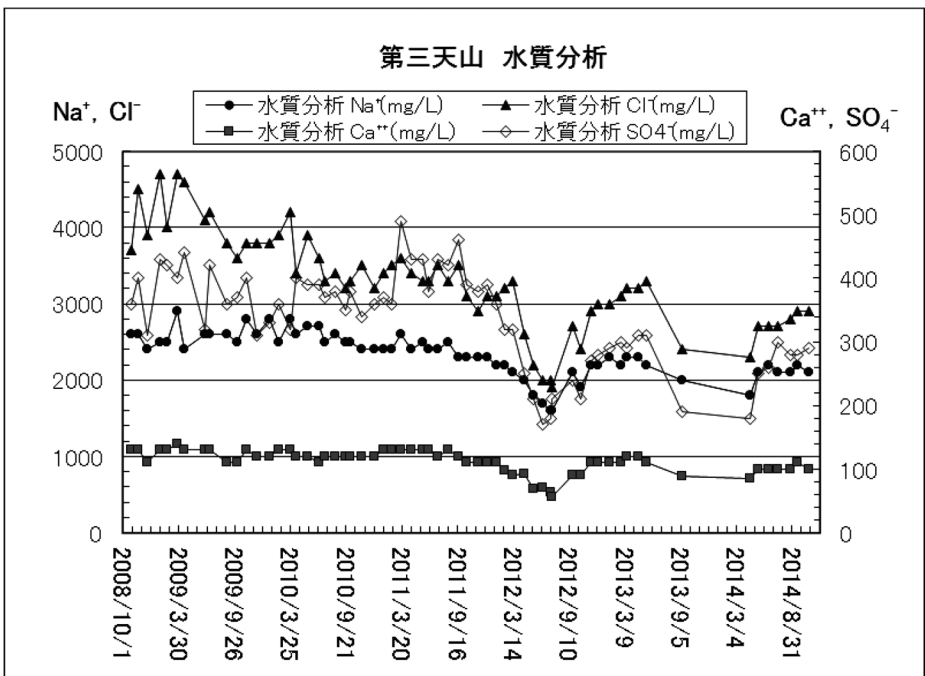
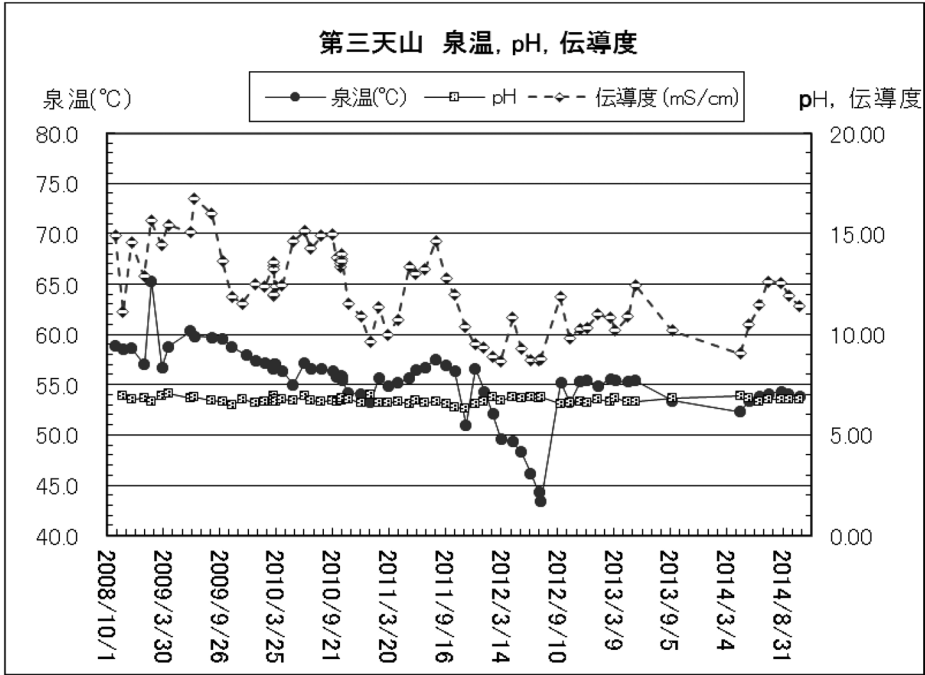


図 7 (続き)

7-③

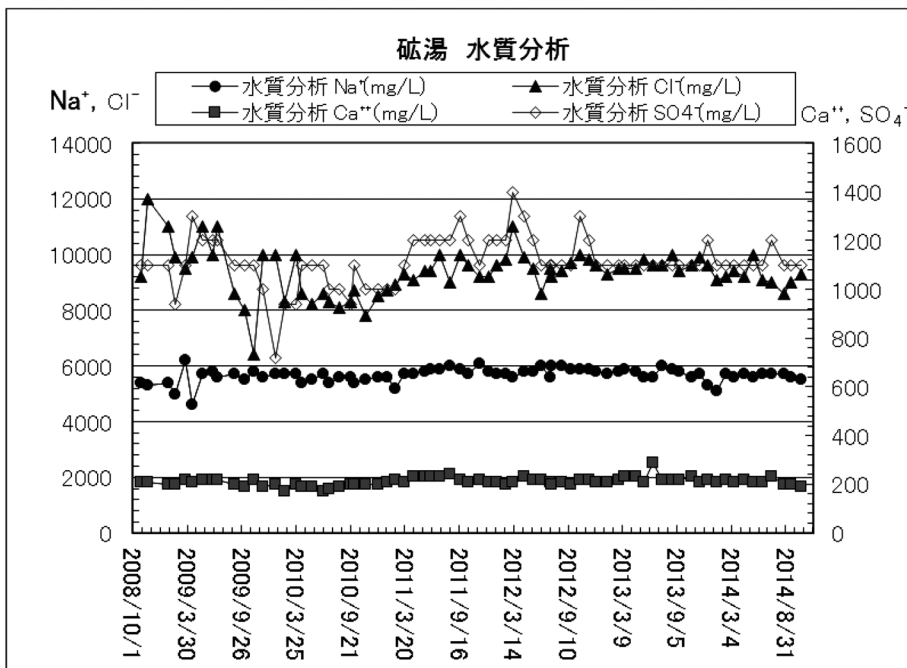
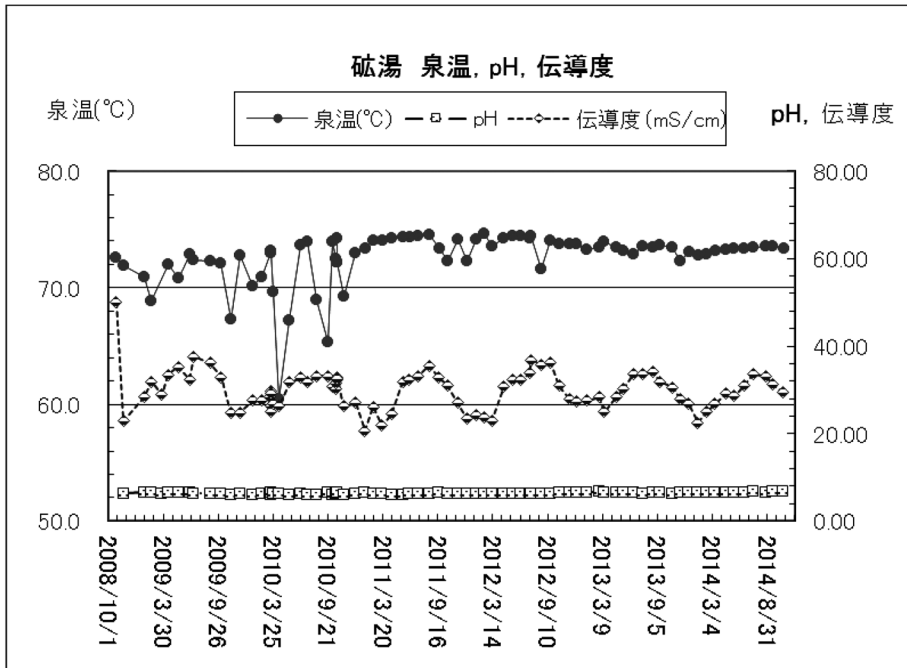


図 7 (続き)

7-④

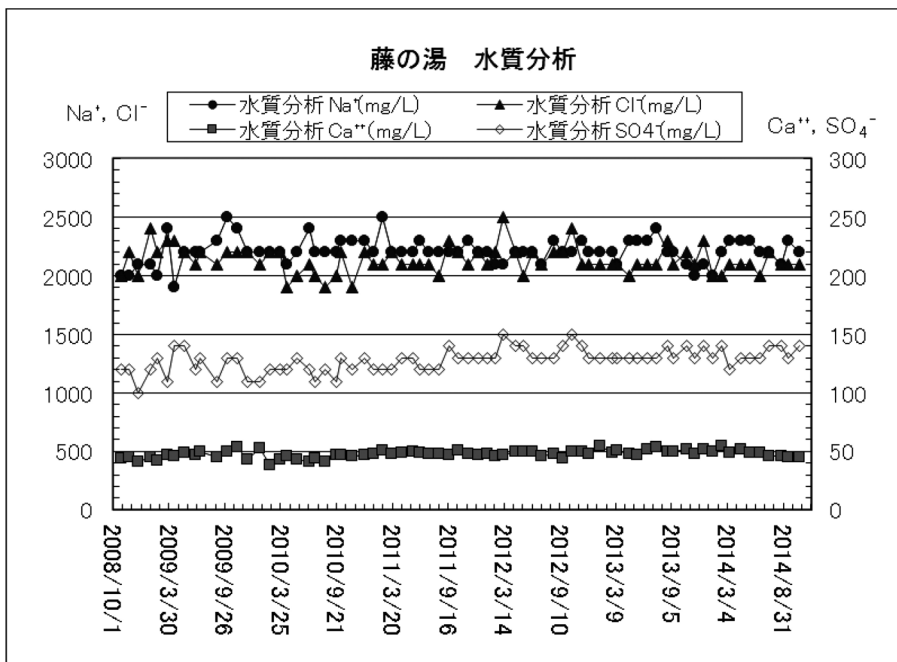
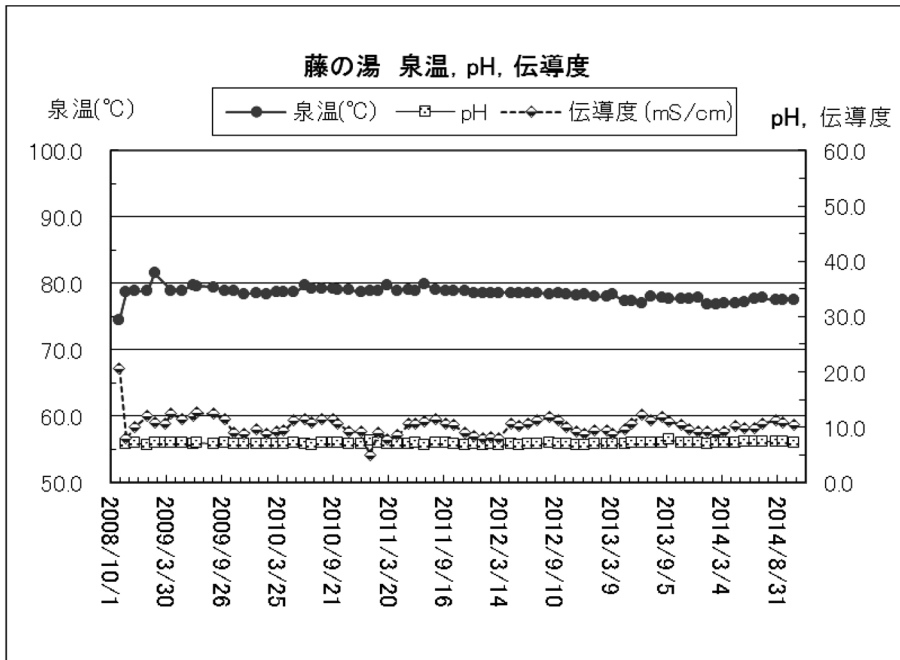


図 7 (続き)

7-⑤

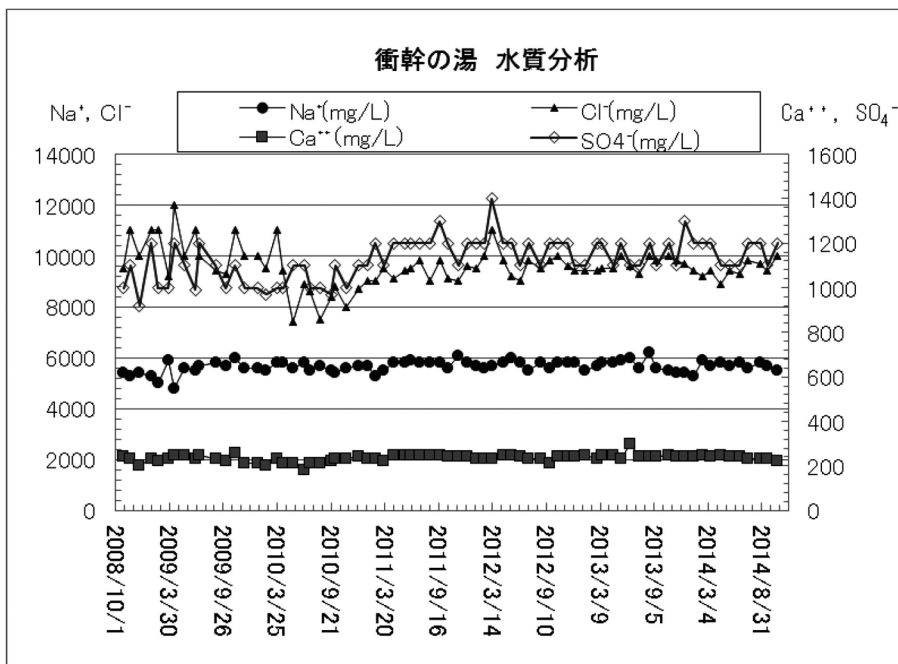
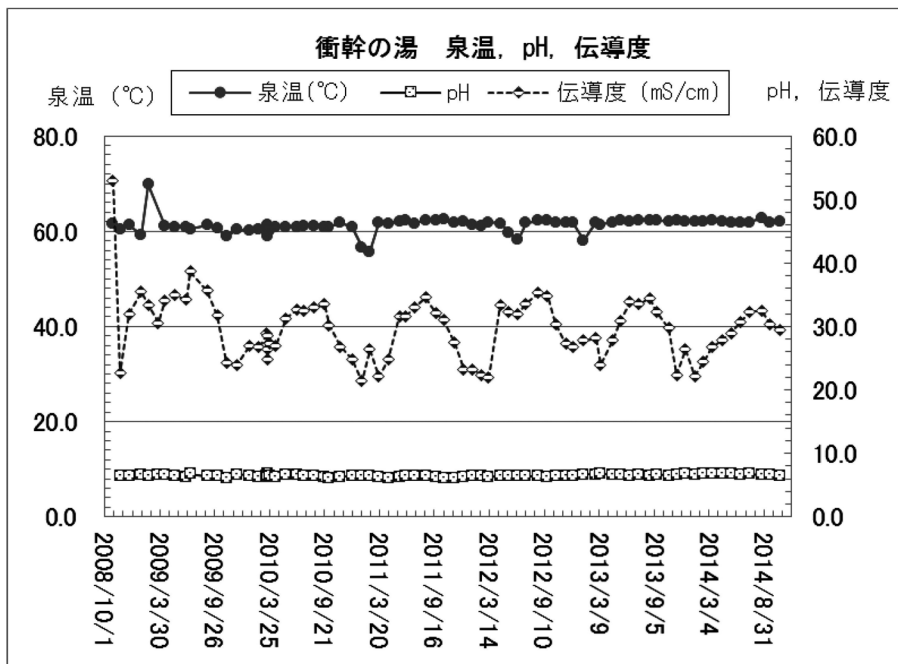


図 7 (続き)

7-⑥

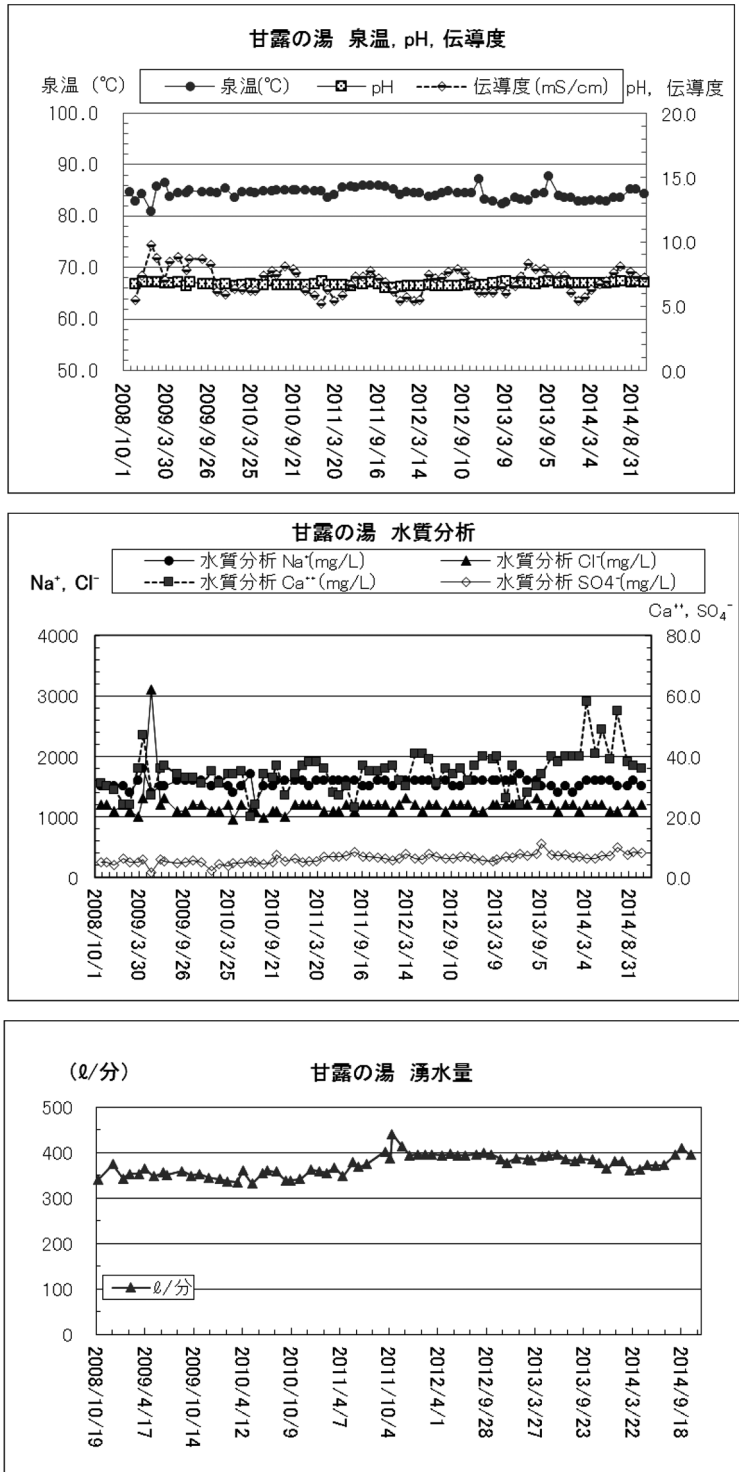


図 7 (続き)

7-⑦

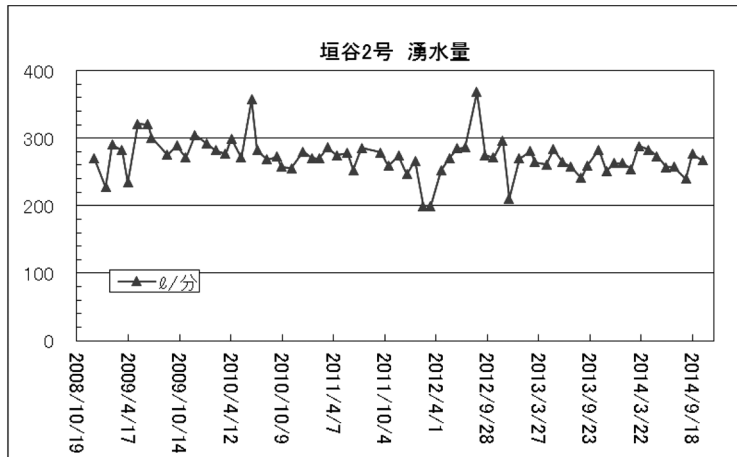
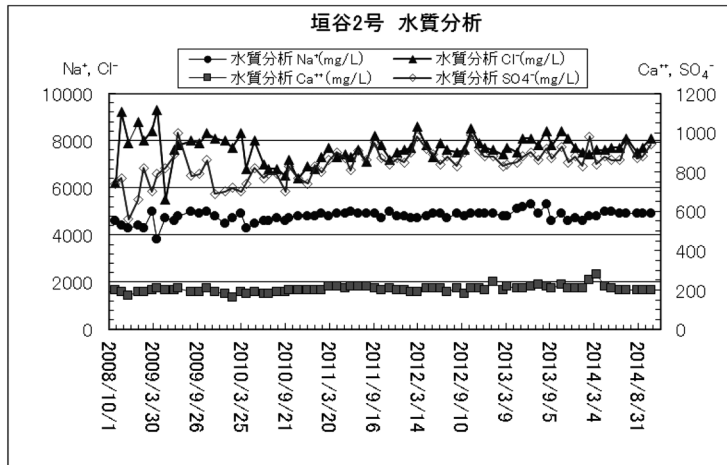
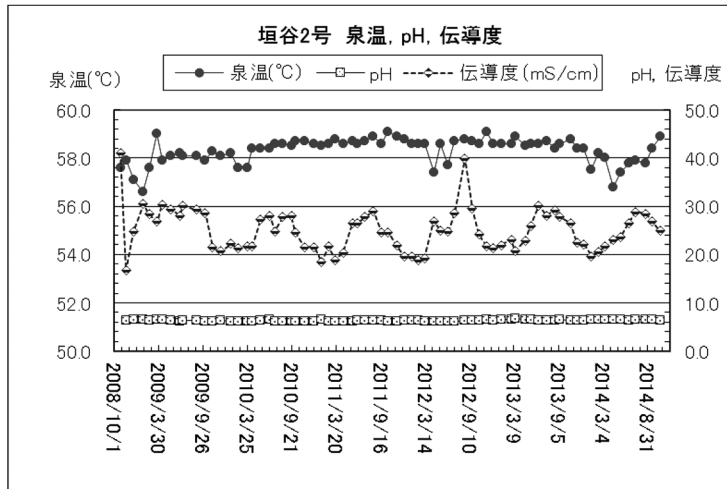


図 7 (続き)

7-⑧

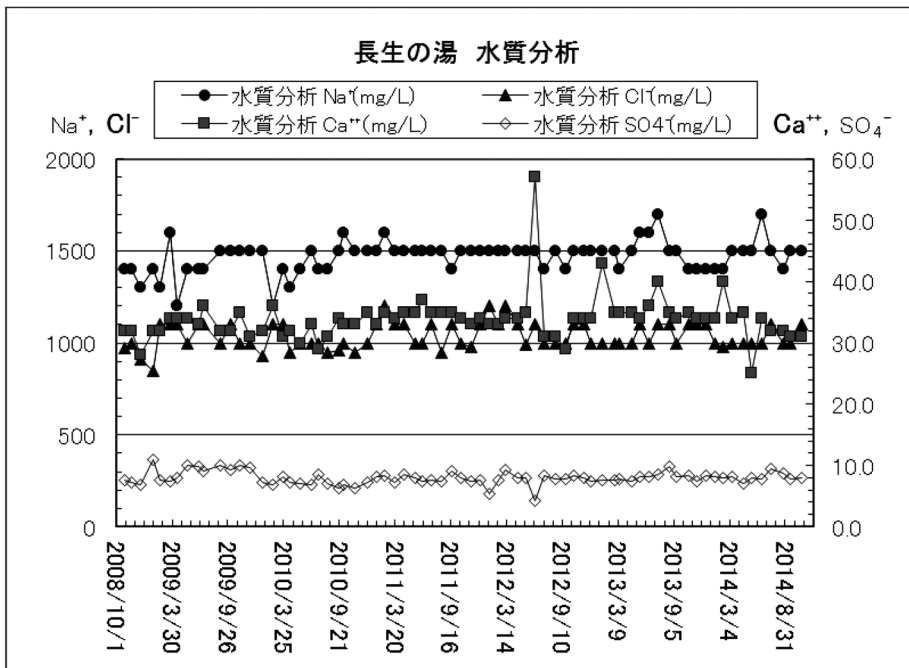
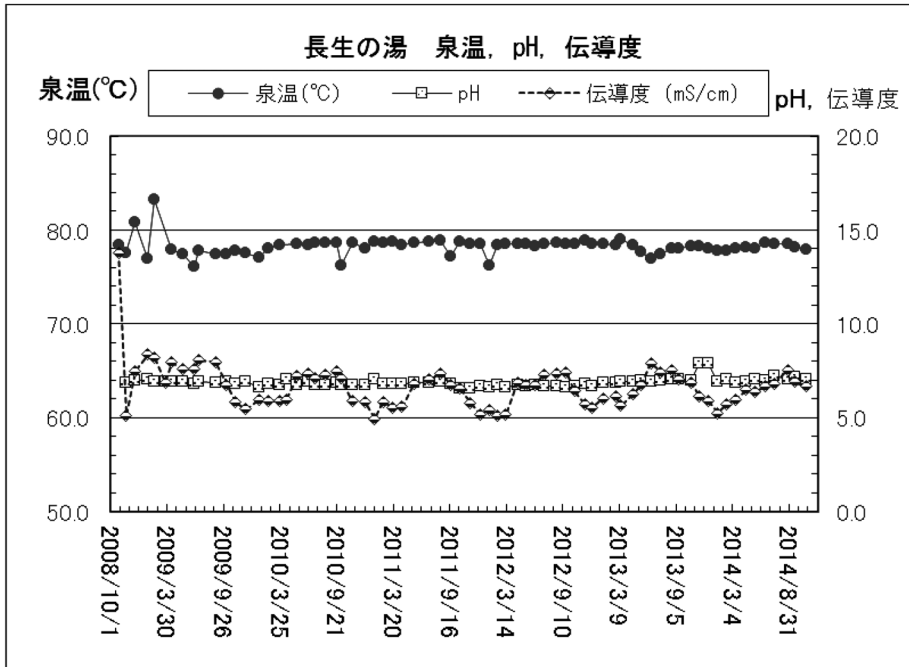


図 7 (続き)

7-⑨

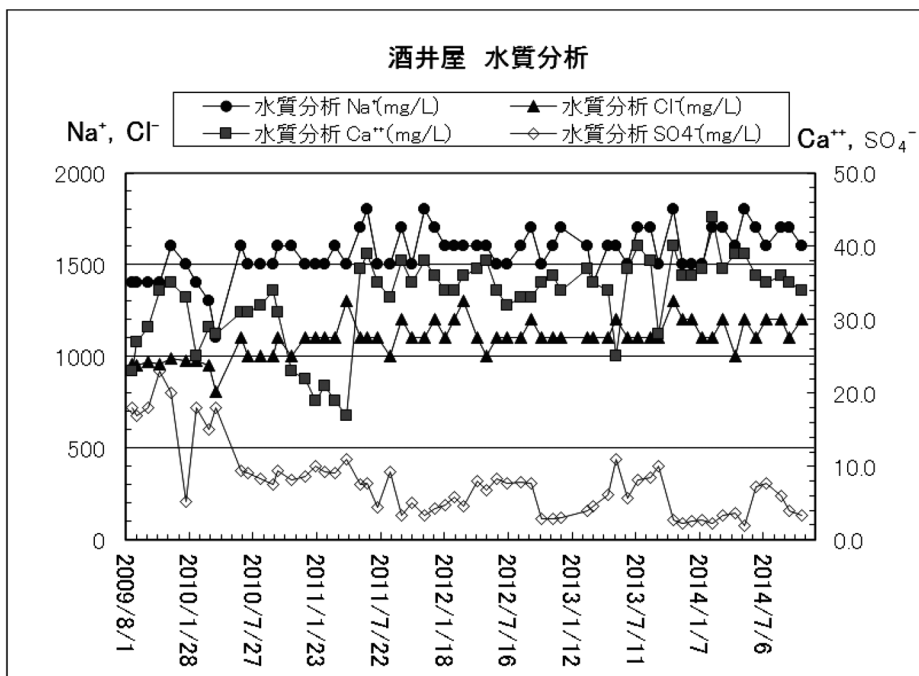
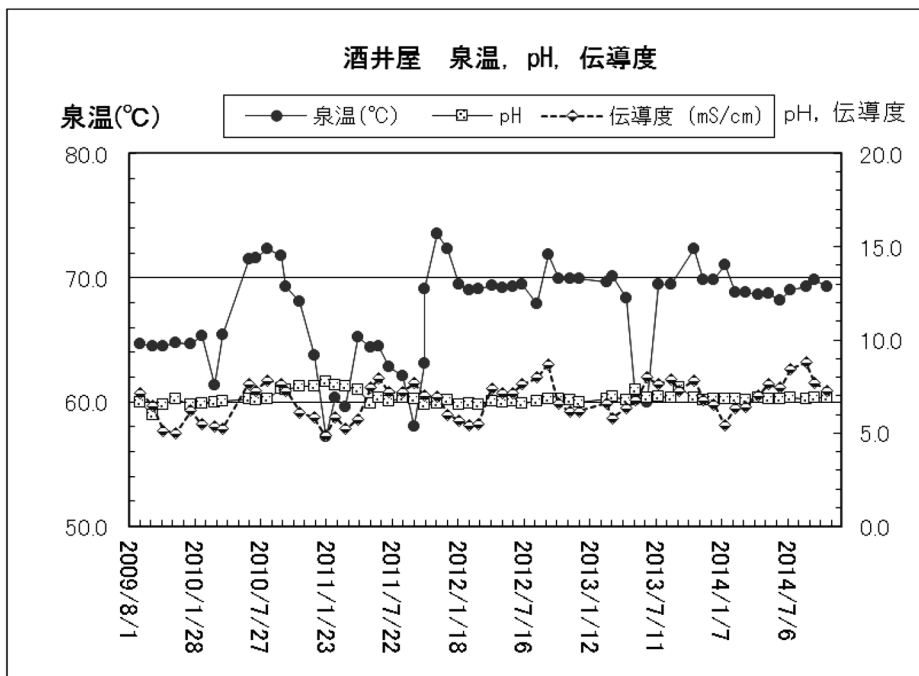


図 7 (続き)

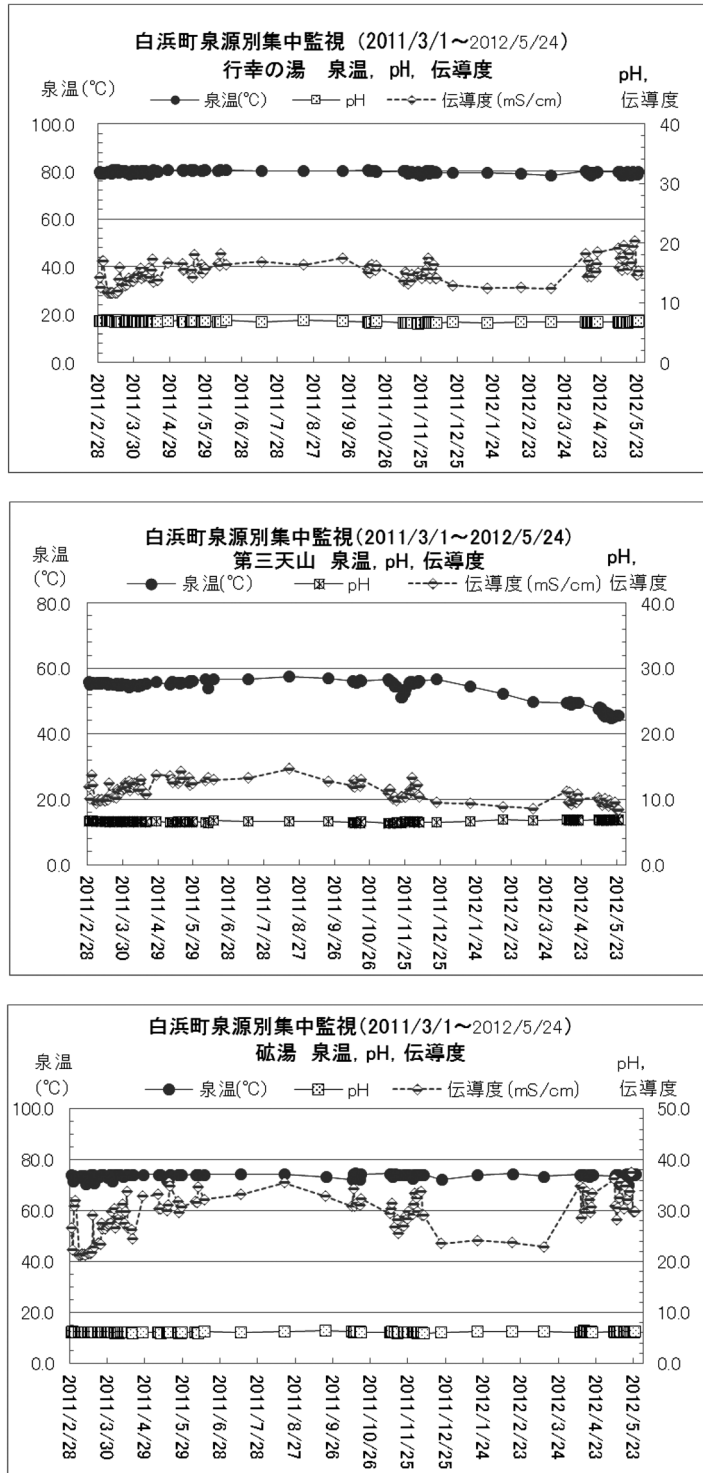


図 8 浚渫工事の期間は 15 時前後に毎日採湯 泉温・pH・伝導度の追加観測の結果をあらわした変化

第 2 回 (2008 年 11 月 21 日)

泉源事前調査結果報告. 検討の結果事業が既存泉源に影響を与えないと推定したが、そのために一部計画変更などの助言した。また、連続観測 3 泉源の状況の視察を行った。

第 3 回 (2009 年 3 月 10 日)

泉源事前観測状況報告および今後の観測について協議。工事に対して、湧ガス部を触る面積を少なくするために、杭工法の意見が出された。また、湯崎漁港現場および行幸泉源の確認。

第 4 回 (2009 年 6 月 15 日)

泉源事前観測状況の報告および行幸元湯泉源の掘換えについて協議。工事について、航路浚渫工事に伴う監視報告および前回の委員会で意見があった杭工法について協議。

第 5 回 (2009 年 10 月 6 日)

財団法人中央温泉研究所より、専門家の 2 名がオブザーバとして出席。泉源事前観測状況報告および航路浚渫工事に伴う調査結果ならびに行幸泉源のオーバーフローについて調査結果報告。また、町宛てに、弁護士により申立書が提出されたことの報告。

行幸泉源 2 号の自噴停止について、停止状況及びその前後の工事状況を検討し、突堤工事および工事に伴う調査方法を説明。この自噴停止は簡単な圧搾空気の導入による自噴の復帰状況やその前後で行幸全体の湯量に変化がなかったこと、2 号の揚湯管の状況から単なる 2 号の揚湯管内の閉塞によることとわかり報告した。このことに関してはとくにオブザーバの中央温泉研究所より監視業務について意見、提言などはなかった。

第 6 回 (2010 年 1 月 19 日)

突堤工事および監視業務について説明。また、行幸 2 号泉源の湧出停止についての説明をした。また、1 委員より、温泉会社が杭工法について心配しているとの報告があった。

第 7 回 (2010 年 7 月 14 日)

突堤工事個所の掘削工事前、工事中調査結果について説明、委員増員および委員構成の協議。護岸断面について代替案の提示を検討の上了承。

第 8 回 (2010 年 10 月 13 日)

護岸工事および監視業務について説明。護岸断面について代替案提示。

第 9 回 (2010 年 11 月 29 日)

護岸工事の進捗及び掘削工事前、工事中監視結果について説明。護岸断面について代替案審議。次期工事および監視業務について説明。

第 10 回 (2011 年 2 月 3 日)

護岸断面代替案決定報告。護岸、中突堤、泊地工事および監視業務について説明。航路浚渫追加工事について報告。温泉会社 6 社の工事中止等請求が出され、その調停について報告。

第 11 回 (2011 年 4 月 25 日)

護岸、中突堤、泊地工事および監視業務について中間報告。泊地、既設突堤撤去工事の工法について報告。工事中止等請求調停について報告。工事中止等請求調停でのあらたな観測孔要望について協議。

第 12 回 (2011 年 8 月 24 日)

護岸、中突堤、泊地工事および監視業務の最終報告。次期工事護岸および船揚場の工法の検討。工事中止等請求調停について報告。工事終了後の泉源継続監視期間の検討。

第 13 回 (2011 年 12 月 20 日)

護岸工事および監視業務報告。船揚場及び浮棧橋橋整備工事について説明。

第14回 (2012年3月30日)

船揚場掘削工事工程および監視業務報告, 浮棧橋掘削工事工程および監視業務報告.

第15回 (2012年5月25日)

工事禁止仮処分命令申立について, 掘削工事監視業務について説明.

第16回 (2012年9月11日)

7月分定期観測監視業務報告, 8月分定期観測監視業務報告.

第17回 (2013年10月25日)

2012年9月~2013年9月定期監視業務報告, 2013年10月25日湯崎漁港改修掘削工事終了宣言.

第18回 (2014年11月11日)

2013年10月以降2014年10月23日までの定期監視工事ならびに全工程終了報告.

各事業の区切りでは, 監視業務のデータの整理, 検討, 温泉会社の申し入れごとにその対応のまとめを作成した.

泉源影響監視委員会は公開であるが, 特に要望を受けその都度温泉会社あての説明会も持った.

4. 湯崎漁港整備工事に伴う監視業務のまとめ

事前調査の結果, 温泉科学などの学会誌・和歌山大学の関連する論文, (株)白浜試錐から提供されたデータなどを参考に, 計画全体の検討, 監視業務の検討などを行った. また, 研究所が土木工事で既存泉源に影響を与えた事例を綿密に調べた. その結果, 既存泉源の近辺で湯を湧出させた場合のほかは既存泉源に影響を与えた事例はなかった. しかし, 通常は影響が出てから呼ばれることが多く, できる限り早くその原因を突き止め詳細な防止工事などを行うと元に戻ることも経験していた. 今回は工事により湯を湧出させる前にその兆候をつかみ対策することを目的とした.

計画されていた湯崎漁港整備事業で既存泉源に影響を与えると考えられる工事は主として岩盤の浚渫工事であると考えられる. その場合では浚渫による岩盤の応力変化と工事の時の振動による湧湯・湧ガスの変化が問題となる.

浚渫による応力変化は海水中の岩盤の除去であると考えてよい. 浚渫される岩盤は新第三紀に堆積した泥岩・砂岩の互層で比重は2.5程度(数か所の試料の平均値)である. 海水の浮力を引くと, 比重1.5のものの除去であると推定できる. これは海水面の上昇・下降が浚渫の深さの1.5倍の応力変化であることから, このようなケースは当地では通常の大潮によっても起されることから, 浚渫が行われたことによる応力変化が既存泉源に影響をあたえるとは考えにくい. その結果, 浚渫や基盤の掘削による振動による既存の断層・亀裂のゆるみが湧ガス・湧湯を起こすことに注目すべきと考えられる. そこで今回は途中から工事の結果既存の断層などの緩みが起こることを警戒したが, そのうちでも塩淡水境界の崩れを起こさないように注意をした. 今回の場合, 施主の白浜町に既存泉源に影響を与えないという考えが強く, 既存泉源の保護に注意して事業を進めていただけた.

4.1. 既存9泉源定期監視業務のまとめ

工事に伴う既存泉源への監視業務を行うこととした. 既存泉源は温泉会社並び地元で常に多くの温泉に関する工事をなされている株式会社白浜試錐との協議で, ①行幸泉源, ②第三天山泉源, ③砥湯泉源, ④藤ノ湯泉源, ⑤衝幹湯泉源, ⑥甘露の湯泉源, ⑦酒井屋泉源(申し出により2009年10月より追加), ⑧垣谷2号泉源, ⑨長生泉源を選択した(第1図).

9泉源とも現地で湯温, pH, 導電率, 湯量(9泉源とも湯量を計測することを計画したが, 構造

上計測が難しい場所が多く、甘露の湯泉源と垣谷 2 号泉源で測定できた)を毎月 1 回、そのほか工事の進展に応じて現地での測定をした。採湯した試料は、三菱マテリアル大阪分析センターにて、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオンの分析を依頼した(第 5 図)。

これらの結果、全体を通じて、気候の変化や年変化を一部示しているだけで、全期間工事によると考えられるような変化は認められなかった。

4.2. 行幸泉源、碓湯泉源、第三天山の既存 3 泉源の連続観測ならびに行幸元湯の堀替えによる廃泉の埋め立てまでの水位の連続測定

湯崎漁港中央の炭酸ガス湧出孔内の水温の連続測定、行幸泉源、碓湯泉源、第三天山、衝幹湯泉源を選び、それぞれ泉温、導電率、湧出量の連続観測(連続計測のうち 30 分に 1 回のデータの取り込み)を行うことを地元と協議の上行った。

衝幹湯泉源の連続観測も考慮したが、監視に必要な主な期間に泉源と道路をはさみ東側に大きく崖を掘削し拡幅工事がなされたり、2 泉源の北側約 1.5 m のところに深さ約 1.5 m 幅 1 m 程度の大きな共同溝を掘削されたりしたので連続観測は断念し、注意深く監視したが、衝幹湯の 2 泉源にはなにもこの工事によって影響を与えられなかった。

各泉源には個性があり、計測方法を工夫する必要がある。①行幸泉源は狭いところに、元湯、1 号、2 号、3 号が掘削されていて、お互いに常に干渉しあっているため、その合併タンクの出口の近辺に水位、湯温、導電率のセンサーで測定、②第三天山は湯のタンクでの湯温、導電率、この泉源はエアリフトであるので一定圧のコンプレッサーであるので定圧の微妙な変化は水位変化をとらえているので圧力測定、③碓湯 1 号が使われず 2 号が水中ポンプでくみ上げられ、すぐ近くにある 1 号水位は 2 号泉の動水位を示しているため、適宜読み取り、休止している 1 号井の水位、湯温、導電率を測定した。④湯崎漁港の中で最も優勢に炭酸ガスを湧出している孔口にガスの採集パイプを挿入、その横に温度計を挿入し、ガスはほとんど炭酸ガスであることを必要に応じて測定し、水温は連続測定した。

これらのデータはすべてこの報告に添付した。また、毎月の報告にはその期間の測定結果を図示し示した。

浚渫などの掘削工事の時には、集中監視して、その都度報告し、説明会をもった。この工事期間の間に、行幸泉源の元湯、2 号井の掘り替え工事がなされたが、それらは浚渫工事の期間を避けて行われた。また、元湯の掘り替え工事が済み廃井にすることになっていた井戸に水位、湯温、導電率の連続測定をすることができた。その期間に、泉源の弁の操作による変化、東北地方太平洋沖地震の震動による変化、遅れてくる湯の移動による変化の記録をとることができた(西村・城森、2012)。

行幸泉源の変化は、配湯のための山の上のタンクに必要なに応じて送られる変化などが捉えられているが、揚湯管の湯の花の沈積による変化、炭酸ガスの助けによる自噴井であるためその井戸の弁の操作が時々なされるがその変化、季節変化(これには使用量による変化を含むがこれらを逸脱する変化は見られなかった。工事中前後の期間中に旧 2 号井の停止、新元湯の停止があったと申し入れられたがこれは別に説明しているように工事による影響とは考えられないことがわかった。

第三天山はエアリフトでくみ上げているのであるが、利用されずに流出させておられるので、メンテナンスが悪いが、変化ごとにその説明が付き、今回の工事により変化があったとは言えない結果である。

碓湯の結果も使用による変化以外の変化は受けていないので、工事により影響があったとは認められない。

ガス湧出孔の水温は、近くの海底の水温とほとんど同じ変化で、豪雨時の急な変化以外は季節変化でガスの湧出の変化は捉えていない。

4.3. 浚渫工事, 突堤工事, などの工事の時の観測

① 航路浚渫工事の監視業務

浚渫工事の前, 工事領域をカバーするように小舟を使い複数人が目視して新しい二酸化炭素ガスの発生場所がないことを確認し, 作業時海岸で待機し, 午後の作業の始まる前に同じく目視で確認, 作業終了後, 同じく小舟で目視にて確認した. 作業時は主として15時ごろ, 行幸泉源, 第三天山, 砒湯の定点での採湯, pH, 導電率, 湯温を測定した. また各井の状況を観察した.

② 消波ブロックの移動の時監視業務

消波ブロック移動後の異常の点検, 特にガスの湧出がないか否かの観察をした.

③ 古い突堤の取り壊し, 振動の程度に注意し, 海底の場合は, 浚渫と同様の監視業務を行った.

湾内の浚渫で陸から監視できる場合は作業時, 作業前, 昼休み終了前, 工事終了時に監視し, 小舟でしか監視できない場合は, 陸に作業時待機, 作業前, 昼休み終了前, 作業終了後小舟監視業務した, 通常15時ごろ, 行幸, 第三天山, 砒湯の採湯分析を行って監視した.

④ 元湯の改修により, 元湯の廃井を使い, 水位, 導電率, 水温の連続観測を県の許可を得て実施した. その結果新元湯の弁の動作の時の水位変化をとらえることができ, たまたま東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日)の水位変化をとらえることができ(西村・城森, 2012), そのとらえた時間から地震震動の記録であることがわかり, 行幸の湯の震動による水位変化を類推することができた.

5. 監視結果の報告

監視結果の報告は, 毎月監視結果をまとめ, 監視委員会委員の意見を聞き, 町に報告し, 公表していただいた.

必要に応じて前記のように, 泉源影響監視委員会を招集し, 工事の進行, 監視結果を報告し, さらに次期の工事計画の変更などの確認をし, その都度温泉関係者に説明会を行った.

この工事の途中で, 工事期間中に行幸の湯の2号泉の湧出停止, 新元湯の湧出停止などの申し出があり, その都度, 泉源影響監視委員会の出席可能な委員を集め, 出席不可能の委員にはメールなどで意見などを聞き集約し対処したのち, 泉源影響監視委員会を持ち, まとめ, 温泉関係者にも説明会を開き説明した(これらの会合はすべて公開で行われた).

6. 工事中行幸泉源での自噴停止の申し出により対処した事項

① 湯崎温泉観光現場責任者より, 行幸源泉2号が2009年8月17日10時30分ごろ自噴停止を確認し, 約30分間にわたり停止し, 11時ごろエアの注入により回復させ, その後は調子よく湧出しているとの連絡があった.

当時はすでに航路の浚渫工事は終わり, 台船が防波堤の捨て石移動のため, 湾内で作業していた時のことであったが, その日には岩盤掘削の作業はなく, 当時は海岸でケーソンで作業されていただけであった.

責任者から2号泉はここ50年の間このようなことがなかったといわれたが, その時に湯の花の付着により揚湯管が抜けない状態で, 他の揚湯管もあまり上下していないとのことであった.

泉源調査の結果、行幸源泉は元湯、1号、2号、3号の4井戸が狭い場所にあり、互いに干渉していることがわかっていて、最近湯の花の掃除も悪いこともわかっているが、この自噴停止の前後で観測している、タンクの水位、湯温、導電率に変化がなく、湯だまりの二酸化炭素ガスの量が変わらず、他の井戸の湧出の変化で全体の量に変化がなかった。

また、工事により影響があるとすれば4孔全体に同じような影響を与えるはずであり、それが観測されないことから、このことは2号の井戸の孔内中の状態によるものであると判断した。

② 2011年5月18日11時ごろ湯崎観光温泉の職員が見回った時異常がなかったが、13時30分責任者から3号泉源の自噴が停止していて、揚湯管が冷たくなっていた。との連絡が町にあり、13時50分町観光課と農林水産課職員が自噴停止を確認、作業を終えて帰京中の西村に連絡あり、すぐ3号泉源孔内にエアを注入するように指示し、自噴が復旧したことを確かめ、帰京の途中から再び現場に戻り、監視記録などを調べた。

2011年5月16日14時ごろ、17日14時ごろ、18日9時ごろ行幸源泉の海へのオーバーフローは多いほうであった。ただ、16日に2号、3号の湯気が少なかつたように感じていた。野帳の記録、19日午前6時頃の元湯の新泉源が非常に活発であった。また3号より2号のほうの湧出の勢いがよかつた。3号を復活させて2号のほうが活発になったことは、今回の自噴停止は3号井の孔内部の問題であることが確かめられた。

なお、改修工事は中央突堤の床掘が済み、5月16日より泊防波堤の撤去作業に入り、17日撤去作業は終了していた。

③ 2012年4月18日改掘された新元湯泉源の自噴停止

2012年4月10日湯崎漁港整備事業泉源影響監視業務にはいり、18日作業に入る直前新しく改掘された元湯泉源の自噴停止の知らせが入り、当日の浚渫工事作業の準備ができた直後であったが、西村の判断で、浚渫作業開始を中断していただいた。昨日までのすべてのデータに異常がないのと、責任者(当日は体不調で病院に行っておられたが、駆けつけられエア復帰を共同でおこなった。そのとき、最初はエアが入らず、なぜかわからなかつたが、湯崎観光の若い職員が特徴のある鉄の棒を持ってきて元湯の管の途中の弁を操作すると、自噴を復帰させることができた。自噴停止後も元湯以外のすべてのデータに異常がないことを伝え、工事が中断されていたので、工事再開を協議した。しかし駆けつけられた温泉会社関係の方の同意が得られず、また弁護士からのファックスが届いているはずだといわれたが、朝早くから監視員は現場に張り付いていたので、それが読める立場でもなかつたので、一応町役場に集まり協議することとなった。

農林水産課課長、係長、担当と白浜試錐が招集した温泉会社関係との話し合いの場がもたれた。

2012年4月18日に確認し、原因究明を行い泉源影響監視委員会の見解を得て、「今回の自噴停止の原因については、岩盤掘削工事によるものでなく、弁の操作のような人為的な湧出量調整の誤作動の結果による」と報告した。

理由は3月31日からの元湯泉源の廃井の観測データの解析から、人為的な数回の変動がみられ、湯量の調整を人為的に行っていることがわかり、4月17日から18日の水位の変動もその調整の誤作動によるものと推測された。また、岩盤掘削工事の振動による自噴停止であれば、今回のようにスムーズな水位変化でなく平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震の時観測した様な振動を伴う急激な水位変化を示す筈である」との見解を示したが、関係者の集まりでは内容の議論に入れず、責任者が犯人探しはやめてくれと申し込まれ、詳細な説明に入ることができなかった。その後種々なデータの検討、現場責任者の体調が悪くなり、現場では若い職員による弁の操作が我々の目の前でなされているのを見ても、委員会の見解が正しいことを示すことができた。

他の既存泉源の観測では工事による影響がどこにも見出すことがなかった。

7. ま と め

第18回泉源影響監視委員会において、今回の工事により既存泉源に影響を与えていないとの結論が承諾された。その結果を白浜町に報告し、説明した。また、関連温泉会社、(株)白浜試錐、弁護士に説明した。その後、異議の申し立てもなく、現在に至っている。

謝 辞

湯崎漁港整備事業泉源影響監視委員会の皆様に長い間の協議に感謝いたします。また、この監視業務に当たり、多くの便宜をはかり、データの公表を許していただいた白浜町、また現地に立ち会っていただいた白浜町、特に農林水産課・観光課の皆様方に感謝します。一方、立場こそ違え、多くのデータとその取得に協力していただいた地元温泉会社の皆様に感謝します。また、興味あるデータを多く提供していただいた(株)白浜試錐に感謝します。

引用文献

- 益子 保・大塚晃弘・高橋孝行 (2012)：有馬温泉における泉源保護のためのモニタリング結果と温泉・鉱泉の特徴, 温泉科学, **62**, 144-167.
- 西村 進・桂 郁雄・西田潤一 (2009)：近畿地方中・南部の高温泉とその地質構造 (1) —白浜温泉と有馬温泉の探査の結果から—, 温泉科学, **59**, 103-111.
- 西村 進・城森 明・川崎逸男・西田潤一・桂 郁雄 (2010)：近畿地方中・南部の高温泉とその地質構造 (2) —白浜温泉と有馬温泉の電磁探査の結果から—, 温泉科学, **60**, 45-166.
- 西村 進・城森信豪 (2012)：東北地方太平洋沖地震に伴う南紀白浜温泉の水位変化 (付：山梨県西山温泉泉源に与えた影響) (報告), 温泉科学, **61**, 299-305.