

坑井障害に関する研究 - 泉源実態調査より -

The case study on the well-obstructions - Results of survey of hot spring wells -

高橋 徹哉・鈴木 隆広

Tetsuya Takahashi and Takahiro Suzuki

Abstract

It is known that the temperature, discharge and dissolved components of geothermal water vary after a few years in the many hot spring wells, developed by the drilling operation. Especially, phenomena of drop in temperature, decrease of discharge, lowering of water level, change of dissolved components in geothermal water, abnormal adhesion of the scale and contamination with the sand are great troubles, named the well-obstructions, to the utilization and management in the hot spring wells.

The research of the well-obstructions was begun a four-year program from 2002. The purpose of this research is early detection and prevention by collecting and classification of well-obstruction, and establishes method of counter-measures and investigation of cause.

As the result, it was possible to grasp actual condition and management situation in the hot spring well at municipalities in Hokkaido. In addition to generated type of the well-obstruction was identified. Based on this study the well-obstruction was confirmed in 40 hot spring wells.

キーワード; 坑井障害, 温泉井, 泉源管理, 市町村, 北海道

Key words; well-obstructions, hot spring well, well management, municipality, Hokkaido

I はじめに

温泉は、古くから北海道の重要な観光資源であるばかりでなく、石油代替の新エネルギーとしても広く活用されてきている。温泉ブームやボーリング技術の進歩等もあり、道内では数多くの温泉開発が行われ、地域の活性化や地域住民の福祉健康増進のため、数多くの施設で有効利用されてきている。

北海道においてボーリングによって開発された温泉井戸（泉源）数は、市町村所有だけでも、300泉源以上に及ぶ。道内の市町村がこれほど多くの泉源を所有しているのは、昭和55年からはじまった北海道の「地域エネルギー開発利用施設整備事業」によるところが大きく、平成14年度までの間に本事業で開発された泉源数は116となっている。

しかし、最近では新規の泉源開発が減少傾向にあり、概ね道内における泉源開発は、一つの区切りができた観がある。このことは、泉源開発促進の段階から、泉源の安定かつ有効的な利用の持続を目指す段階へ移行してきていることを示唆している。

道内の泉源の中には、開発・利用開始後、かなりの年月が経過したものも多く、利用開始当時と比較して、泉温の変化、湧出量の変化、水位の変化、溶存成分濃度の変化、スケールの生成・付着、温泉水の濁り、砂や錆びの混入といった温泉井戸に起因する現象の事例報告が多い。

これらの現象は温泉の利用および管理上、障害とな

ることから“坑井障害”と筆者らは定義している。

道内の泉源の中には、既にこうした障害が発生しているものもあり、坑井障害に関する市町村等からの技術相談は増加傾向にある。

坑井障害の発生は、温泉の温度・圧力・泉質等の条件が複雑に関与するため、個々の温泉井戸でその症状は異なる。したがって、それぞれの症状に合わせた的確な対応を行うためには、坑井障害に関する多くの知見を得る必要がある。

このため、当研究所では、平成14年度から「坑井障害に関する研究」を開始した。

本報告は、平成14年度に行った調査研究のうち、泉源実態調査の結果の一部をとりまとめたものである。

II 研究概要

本研究では、坑井障害に関する多くの情報を収集・分類することにより、その原因の究明や対策方法を確認し、坑井障害の早期発見や防止、改修工事等へのリスク軽減を図ることを目的とし、次の3つのテーマに分類し、調査を進めている。

- 1) 泉源実態調査（アンケート調査含む）
- 2) 地球化学的手法による調査
- 3) 物理・工学的的手法による調査

泉源実態調査は、アンケートおよび現地調査から、泉源履歴を把握し、坑井障害の有無や坑井障害が起こる可能性等について整理・分類する調査である。

地球化学的手法による調査は、温泉水の化学特性の測定や溶存成分濃度分析、温泉スケールや金属腐食物の分析等によって、溶存成分濃度の変化の有無を把握し、スケール付着や坑井内部の腐食の原因や機構を明らかにする調査である。

物理・工学的手法による調査は、坑内物理検層やボアホールテレビカメラ検層等によって、坑井内部の現況を把握し、坑井障害の原因を明らかにし、併せて対策方法も検討する調査である。

Ⅲ 調査結果

Ⅲ. 1 泉源実態調査

泉源実態調査では、市町村の所有する利用・未利用泉源を対象にアンケート調査を実施し、本研究への協力依頼と周知を図るとともに、泉源の履歴や現況について事前調査を行った。その後、現地調査を実施し、未回答のアンケート調査票の回収、記載事項の確認・補完等を行った。さらに、泉源位置や泉源管理状況等を把握したほか、泉源履歴に関する資料収集と障害の有無についての聞き取り調査を行った。

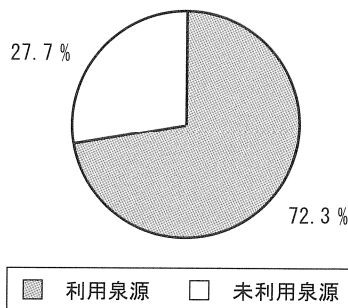
アンケート調査は、既存資料等からボーリングによる泉源を所有していると把握できた全道150市町村に対して行い、対象泉源の数は計346泉源である、回答のあった市町村の数は123で、泉源の数は226であった。

以下では、第1表に示したアンケートの調査項目について述べる。

Ⅲ. 1. 1 利用状況

利用泉源

調査対象の346泉源のうち、利用泉源数は250泉源(72.3%)ある。未利用泉源のうち、廃井は30泉源(8.7%)あり、その多くは古く、既に埋設され位置確認ができない。残り66泉源のなかには、休止泉源あるいは今後利用が計画されている泉源もいくつかあるが、その多くは、坑井障害により利用不能となったもの、あるいは開発初期の段階から湧出能力が小さく利用不適なものであり、今後も利用の見込みがなく、廃井状態にある泉源である(第1図)。



第1図 利用および未利用泉源の割合

Fig. 1 Ratio of the utilizing and unutilizing wells

所有泉源数

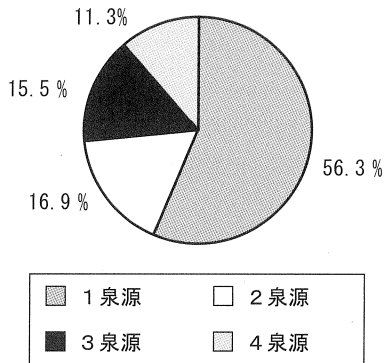
各市町村の泉源の所有状況を見ると、対象とした150市町村のうち、143市町村が現在も泉源を所有している。残りの7町村は、過去に泉源を所有していたが、民間への譲渡や廃井等で、現在は泉源を所有していない。

第1表 アンケート調査項目一覧
Table 1 The questionnaire items

坑井障害に関するアンケート調査票の項目内容	
Q1.	所属市町村名は？
Q2.	温泉の担当部課係は？
Q3.	記入者の氏名・所属・連絡先は？
Q4.	ボーリングにより所有している泉源(温泉井戸)はいくつありますか？
Q5.	泉源の所有者はどなたになっていますか？
Q6.	温泉源名は？
Q7.	掘削年、掘削深度、井戸仕上げ状況、揚湯試験等の泉源情報はありますか？
Q8.	温泉源利用開始年月はいつですか？
Q9.	温泉利用施設名は？
Q10.	現在の揚湯状況は？ 1)揚湯方法？, 2)揚湯量？, 3)揚湯温度？ 4)揚湯水位？, 5)揚湯時間帯？
Q11.	泉源や利用施設で正確な量・温度の測定は可能ですか？
Q12.	泉源や利用施設で温泉水の採取は可能ですか？
Q13.	泉源や利用施設で、量・温度・水位等を定期的に測定していますか？
Q14.	Q13に関して、その測定の頻度はどの程度ですか？ 1)毎日定時？, 2)連続的な測定、? 3)不定期？
Q15-1.	現在の水中ポンプの設置状況を把握していますか？ 1)設置深度？, 2)ポンプ仕様？, 3)揚湯管仕様は？
Q15-2.	水中ポンプの交換履歴(修理・交換年月日、ポンプ仕様等)を把握していますか？
Q16.	泉源開発後、泉源の改修・浚渫等を行ったことがありますか？ いつ頃どのような内容でしたか？
Q17.	近年、湯量・温度・水位・泉質等に変化はありますか？(できれば具体的に)
Q18.	動力装置、浴槽、配管等に腐食やスケールの生成・付着はありますか？ 現在は、どのような状況ですか？(できれば具体的に)
Q19.	泉源開発以降、動力装置、揚湯試験、泉質分析等は行っていますか？ どのような内容ですか？

い。

1 泉源のみを所有しているのは、81市町村 (56.3%) で、複数を所有している62市町村 (43.7%) のうち、4泉源以上を所有している市町村も16 (11.3%) あり、積極的に温泉が活用されている (第2図)。



Q4 : 所有している泉源数は? (市町村総数 : 143)

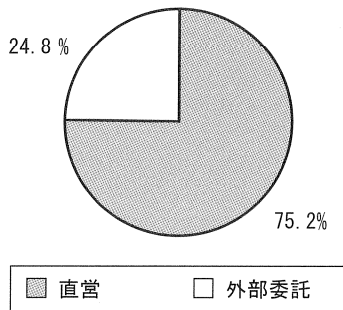
第2図 所有泉源数の割合

Fig. 2 Ratio of the number of possessing wells

III. 1. 2 管理状況

泉源管理方法

泉源の管理方法については、温泉を担当する部署によって直接管理されているものが、170泉源 (75.2%) であり、残り56泉源 (24.8%) は外部委託されている。今後、外部委託等が増えていくことが予想されるが、まだ、多くの市町村が直接温泉管理に関与している (第3図)。



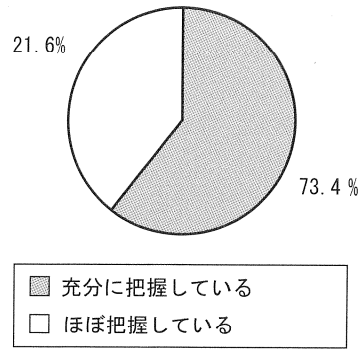
Q2Q3 : 泉源管理はどのようになっていますか? (泉源数 : 226)

第3図 泉源管理方法の割合

Fig. 3 Ratio of the management practice of the wells

泉源情報

掘削深度、仕上げ状況、揚湯試験等の泉源情報の把握状況については、十分に把握している泉源は137泉源 (60.6%) である。しかし、現地調査から、十分に把握しているとは言い難い泉源も多数あり、残りの89泉源 (39.4%) を含め、今後の泉源管理のためにも、不明な部分を明らかにする必要がある。(第4図)。



Q7 : 掘削年、深度、最終掘削径、仕上げ状況、揚湯試験等の泉源情報はありますか? (泉源数 : 226)

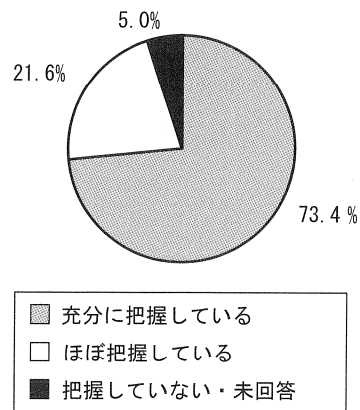
第4図 泉源情報を把握している泉源の割合

Fig. 4 Ratio of the wells which have been grasped information on the well

III. 1. 3 揚湯・計測状況

揚湯状況

温度、揚湯量、水位といった揚湯状況についての回答は、ほとんどが利用泉源であるが、一部未利用および休止泉源も含まれている。回答のあった泉源のうち、ある程度揚湯状況を把握している泉源は211泉源で、全体の95.0%である。しかし、現地調査からは、十分に把握しているとは言い難い泉源も多数あり、実態は回答とは異なっていた。さらに、11泉源 (5.0%) では全く揚湯状況が把握されていない (第5図)。



Q10 : 現在の揚湯状況を把握していますか? (泉源数 : 226)

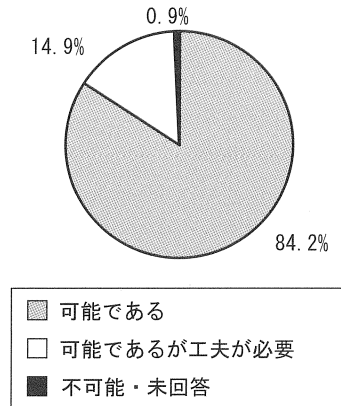
第5図 揚湯状況を把握している泉源の割合

Fig. 5 Ratio of the wells which have been grasped the pumping situation

揚湯状況の計測

揚湯状況の計測については、揚湯状況の推移を把握するために必要な揚湯量や温度等の測定が可能な泉源は、187泉源で全体の84.2%である。しかし、現地調査か

ら, 計測装置が故障して作動していないもの, 配管や測定方法に改良が必要なものが多数みられ, 実際には, 正確な揚湯量や温度等の測定が可能な泉源数は, もっと少ない状況である (第6図).



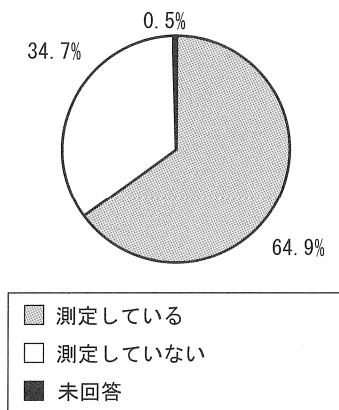
Q11: 泉源や利用施設で正確な量・温度の測定は可能ですか? (泉源数: 222)

第6図 揚湯状況の計測が可能な泉源の割合

Fig. 6 Ratio of the wells in which the measurement of pumping situation is possible

揚湯状況の定期的な測定

揚湯状況の定期的な測定に関しては, 144泉源 (64.9%) で行われている (第7図).

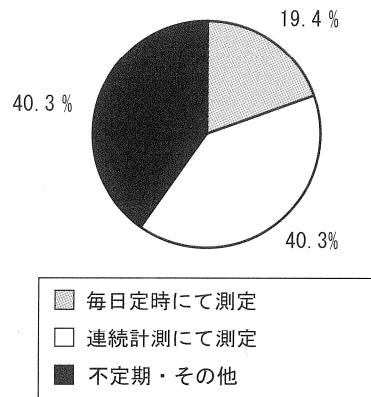


Q13: 揚湯量・温度・水位等を定期的に測定していますか? (泉源数: 222)

第7図 定期的な計測を実施している泉源の割合

Fig. 7 Ratio of the wells for the periodic measurement

さらに, これらの144泉源のうち, 揚湯状況を計測機器で連続観測している泉源は58泉源 (40.3%) あり, その多くは, 近年開発された泉源である. しかし, 現地調査により, 故障で停止中のものや, 記録紙の交換等が行われていない泉源も, 数多く見られた (第8図).



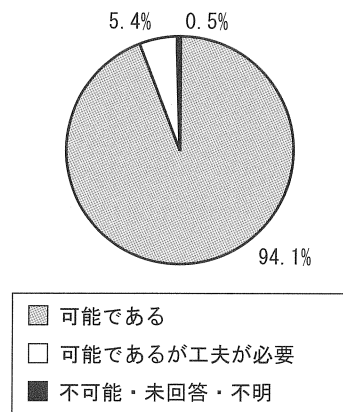
Q14: Q13に関して, 計測頻度はどの程度ですか? (泉源数: 144)

第8図 定期的な計測の頻度の割合

Fig. 8 Ratio of the frequency of the periodic measurement

温泉水の採水

温泉水の採水については, 採水が可能と回答のあった泉源は209泉源 (94.1%) であるが, 現地調査からは, 配管から採水が行えず, 揚湯設備の圧力ゲージ等から直接採水しなければならない泉源も, 多数確認された (第9図).



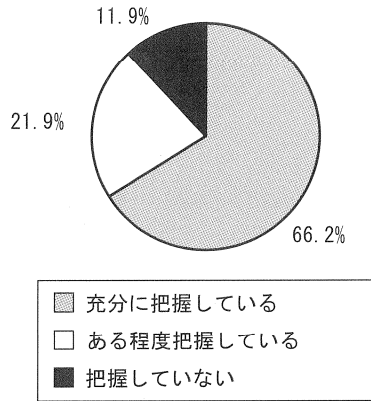
Q12: 泉源や利用施設等で温泉水の採取は可能ですか? スペースはありますか? (泉源数: 222)

第9図 温泉水の採取が可能な泉源の割合

Fig. 9 Ratio of the wells in which the sampling of the geothermal water is possible

水中ポンプ設置状況

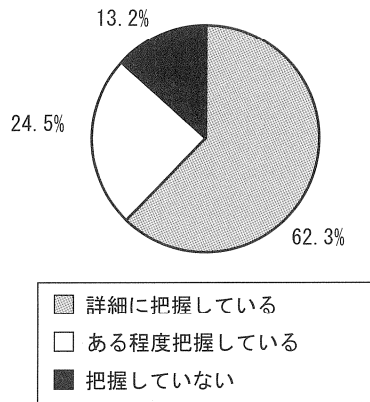
揚湯状況について回答のあった泉源では, 自噴井およびエアリフト揚湯井を除き, さらに過去に使用していたものを含めると, 151泉源で水中ポンプの使用実績がある. 現在の水中ポンプの設置状況については, 100泉源 (66.2%) で十分に把握しているが, 18泉源 (11.9%) では, 把握していない (第10図).



Q15-1: 現在のポンプ設置状況を把握していますか?
(泉源数: 151)

第10図 水中ポンプの設置状況を把握している泉源の割合
Fig. 10 Ratio of the wells which have been grasped the installation situation of the submersible pump

さらに、使用実績のある151泉源のうち、水中ポンプの修理・交換等の履歴については、94泉源(62.3%)で詳細に把握しているが、20泉源(13.2%)では、全く把握していない(第11図)。



Q15-2: ポンプの交換履歴(修理, 交換年月日, ポンプ仕様等)を把握していますか?
(泉源数: 151)

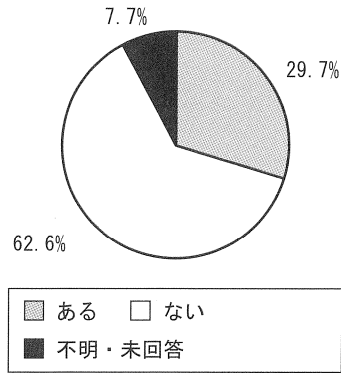
第11図 水中ポンプ交換履歴を把握している泉源の割合
Fig. 11 Ratio of the wells which have been grasped the hysteresis of the exchanged submersible pump

III. 1. 4 障害状況

泉源の改修・浚渫

泉源開発後に、改修・浚渫等を実施したことのある泉源は67泉源(29.7%)である。この内、函館市湯川温泉の泉源が22泉源を占める。泉源の改修・浚渫に至った原因や経緯の詳細には不明な部分もあるが、収集した資料や聞き取りなどから、坑井障害が原因と判断されたものは、16泉源である。その症状の多くは、温度

の低下、揚湯量の減少、排砂およびスケール付着である(第12図)。

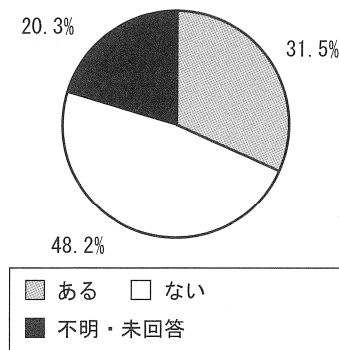


Q16: 泉源開発後、泉源の改修・浚渫等を行ったことがありますか?(泉源数: 222)

第12図 泉源の改修・浚渫の履歴の割合
Fig. 12 Ratio of the hysteresis of improvement and dredging

揚湯状況の変化

揚湯量、温度、水位および泉質については、変化があると回答されたのは、70泉源で全体の31.5%である。ただし、泉質については再分析を行っている泉源は少なく、回答の多くが過去との比較に基づくものではなく、感覚的なものである(第13図)。

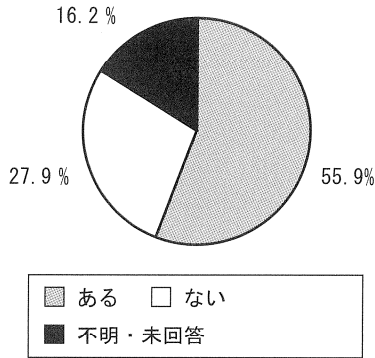


Q17: 近年、揚湯量、温度、水位、泉質等に変化がありますか?(泉源数: 222)

第13図 湧出状況および泉質の変化がみられた泉源の割合
Fig. 13 Ratio of the wells with the situation of discharge and quality of geothermal water change

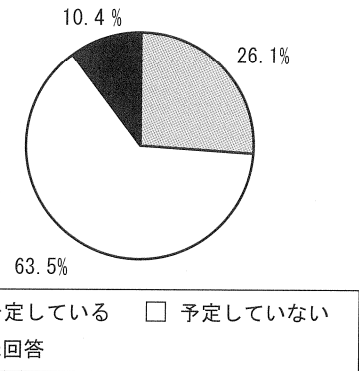
スケール生成・腐食

揚湯設備、浴槽、配管等でのスケールの生成や金属腐食に関しては、124泉源で確認され、全体の55.9%である(第14図)。



Q18: 動力装置, 浴槽, 配管等に錆やスケールの生成・付着はありますか? (泉源数: 222)

第14図 腐食およびスケールの生成がみられた泉源の割合
Fig. 14 Ratio of the wells with the generation of corrosion and scale

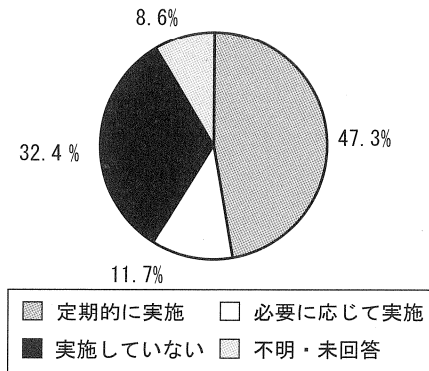


Q20: 今後, 泉源に関して何か調査を予定していますか? (泉源数: 222)

第16図 今後, 調査等を予定している泉源の割合
Fig. 16 Ratio of the wells which have been scheduled investigations in the future

保守点検と今後の調査

揚湯設備の交換等の定期的な保守点検あるいは揚湯試験や泉質分析等の追跡調査に関しては, 105泉源(47.3%)で定期的に行っている。その多くは, 揚湯設備の交換であり, 揚湯試験および泉質分析について実施している泉源は少ない(第15図)。



Q19: 動力装置交換, 揚湯試験, あるいは泉質分析等は定期的に行っていますか? (泉源数: 222)

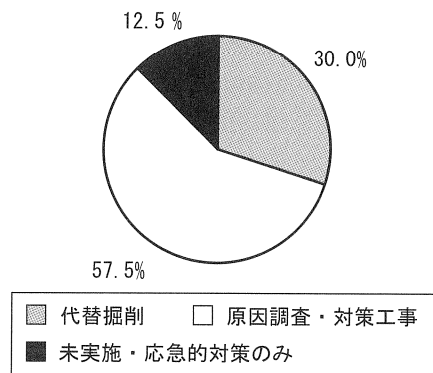
第15図 定期的な調査や保守点検を行っている泉源の割合
Fig. 15 Ratio of the wells for periodic investigation and maintenance

今後, 揚湯設備等の交換, 井戸の浚渫, 揚湯試験あるいは泉質分析等の保守点検や調査が予定されているのは58泉源(26.1%)ある。その多くは, 揚湯設備の保守点検であり, 坑井障害対策のために調査を予定している泉源はほとんどない。141泉源(63.5%)ではこうした保守点検や調査の計画もなく, 設備の故障あるいは坑井障害の発生等によって, 初めて調査を行う意向であると考えられる(第16図)。

障害対策

既存資料, アンケート調査および現地での聞き取りから, 現時点で坑井障害が確認できた泉源は40泉源であり, 調査対象とした泉源全体(347泉源)の11.5%である。このうち, 現在利用中のものは26泉源である。このなかには, 先に述べた浚渫・改修等を行っている泉源も16泉源含まれている。

坑井障害が確認できた泉源の対策状況を見てみると, 代替の泉源開発を行っているものは12泉源(30.0%)であり, 原因調査や対策工事を行っているものは23泉源(57.5%)である。また, これらを行っていないか, 応急的な対策のみを行っているものは5泉源(12.5%)である(第17図)。



第17図 坑井障害対策を実施した泉源の割合
Fig. 17 Ratio of the wells which were carried out the countermeasure of the well-obstruction

IV まとめ

今回の泉源実態調査からは, 以下のことが把握できた。

1) 市町村がこれまで行ってきた泉源開発の数は, 150市町村で計346泉源に及ぶ。

2) 利用状況については、現在、143市町村が泉源を所有し、利用中のものは250泉源ある。複数の泉源を所有している市町村も多く、積極的に温泉が活用されている。

3) 管理および揚湯・計測状況については、まだ多くの市町村が直接管理しており、泉源情報あるいは揚湯状況が把握されているものが多い。一方、水中ポンプが挿入されたまま放置されている泉源、計測機器が故障で作動していない泉源など、管理上、改善すべき泉源も多数みられた。

4) 障害状況については、現時点で確認された坑井障害の泉源数は40泉源あり、その多くは代替掘削、あるいは原因調査や対策工事等を行っている。

V おわりに

本報告は、市町村が所有する泉源の利用状況と泉源管理実態について、アンケートならびに現地調査結果をもとにとりまとめたものであり、市町村泉源で発生している坑井障害の概要についても把握できた。個々の泉源における詳細な状況については現在、とりまとめ中である。

近年開発された泉源には、温泉資源の保護と有効利用の観点から、温度、揚湯量、水位といった揚湯状況を連続観測しており、障害の未然防止や早期発見が可能な泉源も多い。しかし、一方では、泉源管理コストの削減あるいは定期的な揚湯設備の保守点検の見直しも行われてきており、泉源管理状況の悪化とそれに伴う坑井障害の誘発・発生が懸念され、今後の公共温泉施設における持続・安定的な利用に不安な側面もある

ことが把握できた。

今回確認された坑井障害泉源は40泉源で、調査対象泉源の1割程度であった。しかし、今後、障害が発生する泉源の数は増加することが予想されるため、さらに研究を進め、坑井障害発生の原因や症状等の実態を明らかにし、迅速・適切な対応ができるような研究に発展させる予定である。

また、泉源管理方法等の不備により新たな障害の誘発・発生が懸念される泉源に対しては、坑井障害の未然防止と対策の観点から、積極的に助言していく方針である。

謝 辞

各市町村の関係担当者には、アンケートならびに現地調査の際に多大なるご協力を頂いた。さらに、各泉源の施設管理者や泉源メンテナンス業者の方々からも様々な貴重な情報を提供して頂いた。当研究所の藤本和徳企画情報課長からは、とりまとめにあたり、有益なご意見を頂いた。また、川森博史地域地質部長には、原稿の校閲をして頂いた。以上の方々に、ここに記して深く感謝の意を表する。

文 献

- 鈴木隆広 (2003) : 揚湯管付着物の化学組成と鉱物組合せ (その1). 北海道立地質研究所報告, 第74号, 97-106.
鈴木隆広 (2003) : 坑井障害に関する調査手法について. 第38回国際温泉科学大会・第56回日本温泉科学大会講演要旨集, 61-66.