

【調査報告】

温泉の熱効率の改善に関する研究 その3

Study on improvement of thermal efficiency in hot springs - Part3

奥村明雄*、河邊安男**、大野貴弘**

Akio OKUMURA* , Yasuo KAWABE**, Takahiro OHNO**

【要約】

温泉の熱資源は、全国に数多く存在しており、熱源として安定的な供給が見込まれるほか、民営の温泉施設の経営改善、温泉地の活性化に資する等様々な効果が期待できる。しかし、個々の温泉施設は、厳しい経営環境にあり、なかなか設備投資を行っていく余力に乏しい現状にある。このため、国や地方自治体の助成、普及活動の促進等誘導施策を多面的に講じていく必要がある。今回の研究は、国の施策の動向や対応事例の調査を行うとともに、東日本大震災後の再生可能エネルギーの活用意識の高まりの中で、温泉地の経営者の意識調査を改めて行い、今後の施策推進の在り方について検討を行った。

キーワード；温泉熱、温泉発電、CO₂削減、地域活性化

1．温泉の熱利用改善の意義

多くの温泉では、湧出時の温度から入浴適温になるまで、入浴後の排水に至るまでの熱はほとんど利用されていない。この熱を効率的に活用することにより、暖房や冷房、あがり湯の加熱、地域における社会施設に活用することができる。これにより、化石燃料の使用を抑制し、CO₂の排出抑制に資することができる。合わせて、経費の削減を図り、温泉経営の経費削減に資することにより、観光振興と地域活性化に貢献することができる。こうした観点から、熱利用の改善を普及することが重要となっている。

2．平成24年度研究の概要

本研究は、平成21年度から24年度まで4年間にわたり続けられている。平成24年度研究においては、次のような研究を行った。

(1) 大震災後の温泉経営者の温泉熱利用への意識の変化をとらえるため、温泉経営者を

対象にアンケート調査を実施した。

(2) 環境問題に関する専門紙である「環境新聞」の協力を得て、同紙上における温泉専門家、温泉地自治体、温泉発電事業者等をパネリストとした「温泉の熱利用改善」に関する紙上シンポジウムを実施した。

(3) 温泉施設の熱利用改善に関する事例について、現地調査を実施した。

3．温泉および温泉地の現状

温泉地の数、宿泊利用人員、宿泊施設、収容定員のいずれも前年度に比べて減少しており、温泉地の経営は厳しい状況にある。温泉地の数は、平成22年度末の3,185か所から23年度末の3,108か所へ77か所減少し、源泉総数も、平成22年度末の27,671か所から23年度末の27,532か所へと139か所減少した。宿泊利用人員は、平成22年度末の1億2,492万人から3.9%、486万人減少して平成23年度末には1億2,006万人となった。減少幅は、昨年度より大きくなっており、大震災の影響も少

なくない。宿泊施設数は、平成22年度の14,052か所から23年度の13,754か所へと、2.2%、298施設の減少となっている。収容定員は、1,411,800人から1,394,100人へと減少しており、1.3%、18,000人の減少となっている。(環境省の資料「平成23年度温泉利用状況」による。)

4 . 環境省の補助制度の動向

環境省の補助制度の主なものを以下に掲げる。

4.1 温泉エネルギー加速化事業

ヒートポンプによる温泉熱の熱利用事業、温泉付随ガスの熱効率事業、温泉付随ガスのコージェネレーション事業について行われる。補助率は、1/2から1/3までである。この4年間で補助対象となったのは、28件で、年間平均で7件となっている。まだまだ十分普及が進んでいるとはいえない状況である。事業費総額は、19億5,010万円で、平均事業費は6,965万円である。

4.2 地域主導による再生可能エネルギー事業のための緊急検討事業

地域主導による再生可能エネルギー事業のため、情報整備、協議会の設立運営、事業計画策定等の業務を実施し、再生可能エネルギーの導入を支援する。この事業は、地方自治体、民間企業を対象とし、委託事業として全額を国が助成する。

5 . 現地調査の概要

本年度は、5か所について現地調査を実施した。ここでは、温泉発電に関する2か所について、概要を示し、比較検討を行う。

5.1 土湯温泉(福島県福島市)

土湯温泉観光協会を訪問、聞き取り調査を行った。

同温泉では、原発事故に伴う風評被害で、16旅館が11旅館に減少した。同温泉では、ヒートポンプの導入等「エコ温泉地宣言」を発表し、温泉発電と小水力発電の導入によるエコタウンの形成を進めることとなった。噴出温度が130~150の蒸気性温泉で、温泉使用量の約8割は、共同源泉から供給される。水が豊富等の理由で、二次媒体の冷却に電力を食うこともなく、効率的である。昨年度から環境省の委託でバイナリー発電の調査に入っている。その結果、1源泉で400kWの発電が可能なが分かった。経費は、約6億円、固定価格買い取り制度の現在の価格では、7~8年で回収できる見込みである。投資資金を工面することは容易でなく、現在検討中である。中小企業が参入できる補助金の制度設計が望まれる。

温泉関係者、自然保護団体からの反対はなく、逆に支援の声がある。作った電気は、全部売電し、新たな産業と雇用を生む仕組みづくりを進めたいとしている。

5.2 松之山温泉(新潟県十日町市)

日本地熱発電株式会社の実証施設を訪問し、聞き取り調査を行った。同施設は、平成21年度に新潟県のFS調査に始まり、22年度から24年度までの環境省の実証試験を経て、25年度からCO₂対策事業として再スタート、3年間の予定で実証試験を進めている。

同施設の特徴は、媒体としてアンモニア水を用いることにある。50kWの発電を行う際、通常では毎分1tの温泉水を使用するところ、アンモニア水では360ℓで済む。温泉水1tを使えるところは少ないので、小規模温泉を対象を拡大するメリットがある。源泉温度は、130

～97 で、設計では87kWまでの発電可能である。機器類は、ドイツの会社のものを特注で開発した。冷却装置の稼働に20～30kWの電気を使うので、余剰電力量は減る。現状では、経済効率は厳しい。現状では、余剰の温泉水を使っているの、温泉街とのトラブルはない。発生電力は、東北電力に無償で提供している。化石水の温泉で、塩分濃度は高いが、スケールは多くない。

5.3 両者の比較

- (1) 内部で電力が使われてしまうと発電効率が落ちる。効率化が問題となる。
- (2) 温泉水の使用量の増加が発電規模を上げることにつながるが、温泉街との理解を深めることが必要となる。温泉街でも入浴適温に温度を下げる手間が省けるので、メリットはある。既に何らかの投資を行っているところもあるので、この点が問題である。
- (3) 国内で小規模の施設を作っていないため、外国製の相対的に高い機器類を用いるになり、費用がかさむ。国内企業が参加し、安価な汎用性のある施設を作ることが望まれる。
- (4) 温泉関係者には、設備資金の調達が難しい。何らかの公的資金の制度化、活用の促進が望まれる。

6 . アンケート調査の結果

6.1 アンケート発送先と回収率

アンケートは、一般社団法人日本温泉協会の会員のうち、客室数50室以上の宿泊施設(265施設)、入浴料500円以上の入浴施設(78施設)、自治体が運営管理する施設(73施設：施設形態不明)、配湯事業を行っている団体(58団体：自治体、組合、企業等を含む)、公益財団法人中央温泉研究所の会員のうち、

温泉の集中管理を行っている団体(27団体：自治体、組合、企業等を含む)を対象とした。

アンケートは上記施設、団体に郵送し、回収も郵送により行った。アンケート発送数は501、回収数は234(自治体等による複数施設の回答含む)であり、回収率は46.7%である。

6.2 アンケート結果の概略

アンケート結果の概略は以下に示すとおりである。なお、源泉温度について、1施設で複数の源泉を有する施設では、有する源泉の温度域をそれぞれ数え、集計している。

6.2.1 源泉温度

源泉温度は、290の回答(複数の源泉を有する施設を含む)を得た。25 未満の施設が12件(回答数の4.1%)、25 以上30 未満の施設が17件(同5.9%)、30 以上40 未満の施設が49件(同16.9%)、40 以上50 未満の施設が41件(同14.1%)、50 以上60 未満の施設が66件(同22.8%)、60 以上70 未満の施設が47件(同16.2%)、70 以上80 未満の施設が28件(同9.7%)、80 以上の施設が30件(同10.3%)であり、50 以上の温度の高い源泉を有する施設で約6割を占めている。

6.2.2 エネルギーコストに関する意識

エネルギーコストに関する意識は212件から回答を得た。「エネルギー費用が増加し、収入に対する割合が増加している」と回答した施設が157件で、回答数の74.1%と最も多く、エネルギーコスト増加による経営への負担増加がうかがえる。これらの施設の意見では、「化石燃料や電気料金の値上げ」が多い。なお、「その他」と回答した施設では、「源泉かけ流しのため、エネルギーが必要ない」という意見が主である。

6.2.3 熱効率改善実施の有無

熱効率改善の有無については、232件から回答を得た。「熱効率改善を行っている」施設は84件で、回答数の36.2%。「熱効率改善を行っている」施設における源泉の温度は、50 以上が約75%（源泉を複数有する施設を

含む）であり、熱効率改善を実施する上で、高温源泉が利用しやすいことが確認できる。

一方で、「熱効率改善を行っていない」施設における源泉温度は、50 以上の施設が約45%（源泉を複数有する施設を含む）で、熱効率改善を実施できる可能性を有している。

表3-1 熱効率改善の有無

	源泉温度	熱効率改善を行っている(いない)施設数	熱効率改善方法				熱効率改善の熱源					熱効率改善の使用用途					熱効率改善への関心有(無)
			ヒートポンプ	熱交換器	温泉発電	その他	源泉	源泉+排湯	源泉+その他	排湯	その他	給湯水の加温	冷暖房	地域施設への熱供給	融雪	その他	
回答数	290	84(148)	14	69	1	8	42	11	2	13	9	73	34	3	13	0	81(62)
源泉温度()																	
<25	12	3(9)	2	1	0	1	0	0	0	1	2	3	1	0	0	0	4(4)
25~30	17	4(13)	2	1	0	1	0	0	0	2	2	4	1	0	0	0	8(5)
30~40	49	13(36)	5	11	0	0	6	3	0	2	1	13	4	0	0	0	13(22)
40~50	41	9(32)	2	8	0	1	3	1	1	2	1	9	4	0	0	0	16(15)
50~60	66	29(36)	2	24	0	4	13	4	2	7	1	24	16	2	6	0	22(15)
60~70	47	18(29)	2	16	0	1	12	1	0	4	1	14	7	2	4	0	15(11)
70~80	28	15(13)	0	13	0	2	8	3	1	1	2	13	5	1	4	0	8(4)
80<	30	16(14)	2	14	1	1	13	1	0	1	1	14	7	2	4	0	8(6)
未回答	-	4(16)	0	3	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	11(4)
計	290	111(198)	17	91	1	11	56	13	4	20	11	97	46	6	18	0	105(86)

複数の源泉を有する施設はそれぞれの源泉を数えているため、回答数と数値が異なる。

6.2.4 熱効率改善方法

熱効率改善方法については92の回答（複数回答）を得た。ヒートポンプ利用施設が14件（回答数の15.2%）、熱交換器利用施設が69件（同75.0%）、温泉発電を行っている施設が1件（同1.1%）、その他が8件（同8.7%）であり、熱交換器利用施設が最も多い。なお、「その他」と回答した施設ではエコキュート（ボイラ併用）、太陽熱利用、排湯再利用、蓄熱エコ給湯、ボイラの省エネ化となってい

る。源泉温度が40 未満の施設における改善方法は、源泉を複数有している施設も含めて、ヒートポンプ利用が9件、熱交換器利用が12件、その他が2件、低温でも熱効率を改善することが可能であることがわかる。また、源泉温度40 以上を利用する場合に比べ、ヒートポンプによる改善の割合が高くなることがわかる。温泉発電を行っている施設の源泉温度は80 以上であり、高温泉で実施されている。

6.2.5 熱効率改善の使用用途

熱効率改善の使用用途については123の回答（複数回答）を得た。「源泉または給湯水の加温」と回答した施設は73件（回答数の59.4%）（うち「その他」と回答した施設が4件、内容はすべて給湯水の加温であるため、加算した）、「冷暖房」と回答した施設は34件（同27.6%）、「地域または地域施設への熱供給」と回答した施設は3件（同2.4%）、「融雪」と回答した施設は13件（同10.6%）、源泉や給湯水の加温への利用が最も多い。

使用用途ごとの源泉温度を見ると「源泉または給湯水の加温」では30 以上での利用が多い。「冷暖房」では50 以上での利用が多く、「地域または地域施設への熱供給」では80 以上の高温源泉での利用が多い。「融雪」では50 以上でのみ利用されている。

6.2.6 熱効率改善の熱源

熱効率改善の熱源については77件の回答を得た。「源泉」と回答した施設は42件（回答数の54.5%）、「源泉+排湯」と回答した施設は11件（同14.3%）、「源泉+その他」と回答した施設は2件（同2.6%）、「排湯」と回答した施設は13件（同16.9%）、「その他」と回答した施設は9件（同11.7%）で、源泉を利用した熱効率改善が最も多い。なお、「その他」と回答した施設における熱源は、大気、電気、コージェネレーションによる排熱、太陽熱等である。各熱源における改善方法は源泉や排湯を利用した場合、熱交換器のみの利用が最も多く、次いでヒートポンプと熱交換器の併用が多い。「その他」では熱源に合わせたそれぞれの利用方法が多い。

熱効率改善の熱源ごとの源泉温度を見ると「源泉」、「源泉+排湯」では50 以上が多

く、「源泉+その他」では40 以上から利用されている。熱源として源泉を利用している施設では、源泉温度30 以上で熱効率改善に利用されている。「排湯」では50 以上が多いが、源泉温度に関わらず利用。「その他」でも同様に源泉温度に関わらず利用されている。

6.2.7 発電方法及び定格発電出力

温泉発電を実施している施設は1件のみで、温泉発電の普及は広まっていない。この施設における発電方法は地熱発電であり、定格発電出力は1,900kWであった。なお、温泉発電で発生した電力は自施設で利用されており、電力会社への売電等はされてない。

6.2.8 熱効率改善への関心度

熱効率改善への関心度については143件から回答を得た。「関心がある」と回答した施設は81件、回答数の56.6%であり、半数以上が熱利用改善に関心がある。なお、「関心がある」施設では80施設（源泉を複数有する施設を含む）が温度40 以上であるので、熱効率改善の可能性が充分にある。

6.2.9 関心のある熱効率改善方法

関心のある熱効率改善方法については102の回答（複数回答）を得た。「ヒートポンプまたは熱交換器」と回答した施設は63件（回答数の61.8%）、「温泉発電」と回答した施設は37件（同36.3%）、「その他」と回答した施設は2件（同1.9%）で、ヒートポンプや熱交換器による熱効率改善への関心が高い。また、温泉発電への関心も比較的高い。「その他」の改善方法としては、湧出するメタンガスの利用やオーバーフロー水での融雪である。

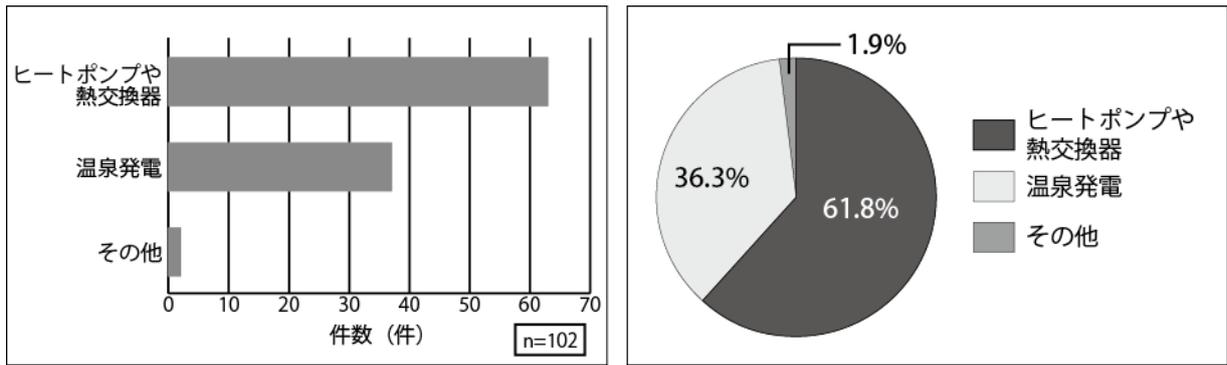


図9-1 関心のある熱効率改善方法

6.2.10 熱効率改善への関心要因

熱効率改善への関心要因については128の回答（複数回答）を得た。「再生可能エネルギーの有効活用」と回答した施設は46件（回答数の35.9%）、「燃料等コストの低減」と回答した施設は68件（同53.1%）、「二酸化炭素

排出量の低減」と回答した施設は13件（同10.2%）、「その他」と回答した施設は1件（同0.8%）で、半数以上が経営に影響がある燃料コストの低減のためである。また、再生可能エネルギーの利用についても比較的関心が高い。

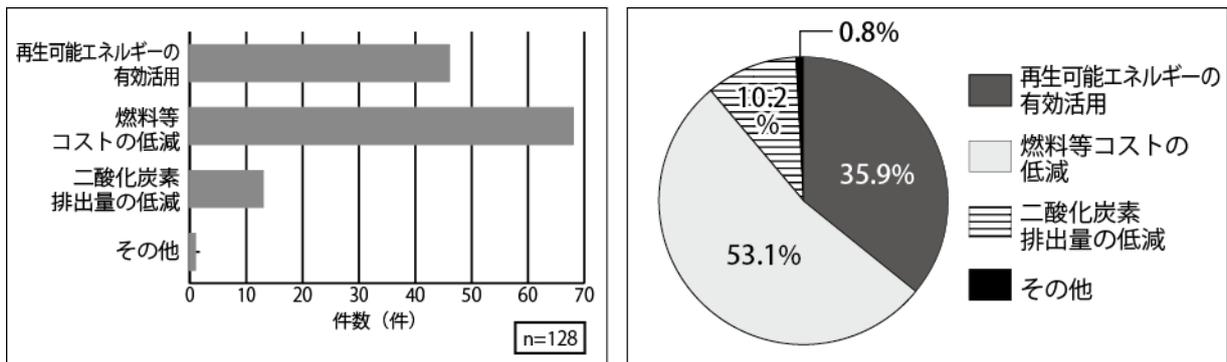


図10-1 熱効率改善への関心要因

6.2.11 熱効率改善を行わない要因

熱効率改善を行わない要因については227の回答（複数回答）を得た。「イニシャル、ランニングコスト等コストがかかりすぎ」と回答した施設は60件（回答数の26.4%）、「資金調達が難しい」と回答した施設は51件（同22.5%）、「個々の施設では規模が小さく、効果が少ない」と回答した施設は45件（同19.8%）、「具体的にどの様に行えばよいのかわからない」と回答した施設は47件（同20.7%）、「その他」と回答した施設は24件（同

10.6%）で、「その他」以外、大きな差がない。イニシャルコスト、資金調達については、国や自治体の補助、融資制度の拡充によって、具体的手法がわからないことについては、コンサルタント機能の拡充によって解決される。また、施設単独で効果が少ないことについては、温泉組合等の集団となって、源泉や排湯の集中管理を行い、熱効率改善を行うことで効果のアップを期待できる。なお、「その他」の要因としては、源泉や排湯温度が低い、腐食性ガスやスケールの問題を解決でき

ない、熱効率改善の必要がない等である。また、現在、熱効率改善を検討中であるとする

施設もあった。

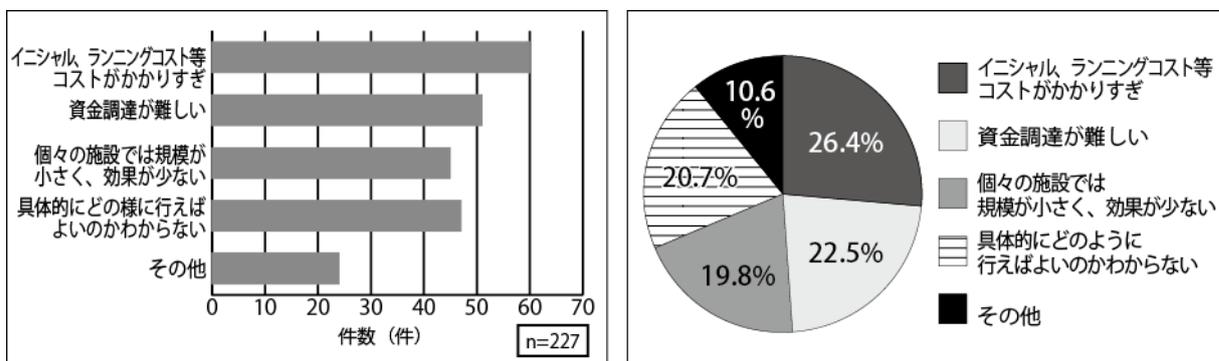


図11-1 熱効率改善を行わない要因

6.2.12 国や自治体への要望

国や自治体への要望については329の回答（複数回答）が得られた。「補助率が低いので補助率のアップを望む」と回答した施設は91件（回答数の27.7%）、「申請手続きを簡素化してほしい」と回答した施設は93件（同28.3%）、「計画作りにも補助制度を作してほしい」と回答した施設は34件（同10.3%）、「電力買取価格の安定的な価格設定を望む」と回答した施設は22件（同6.7%）、「申請期間が短く、準備が間に合わない」と回答した施設は24件（同7.3%）、「融資制度の拡充を望む」

と回答した施設は53件（同16.1%）、「その他」と回答した施設は12件（同3.6%）である。補助率のアップ、申請手続きの簡素化を望む意見が多く、これらを改善することで熱効率改善が促進すると考えられる。なお、「その他」の要望としては、入浴税を源泉管理側へ還元してほしい、熱効率改善設備導入時だけでなく維持管理も見据えた検討や人材、技術等の環境づくりを行う必要がある、補助制度の種類がわからないので教えてほしい等である。

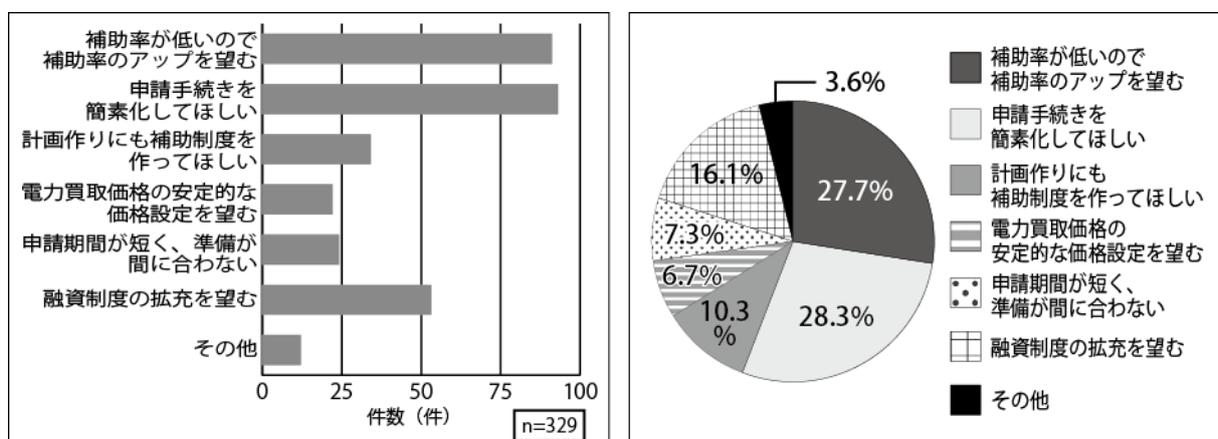


図12-1 国や自治体への要望

6.3 アンケート調査のまとめ

アンケート調査した結果をまとめると以下のとおりとなる。

6.3.1 熱効率改善の現状

熱効率改善を行っている施設は総回答数の約35%程度で、温泉熱の有効利用が進んでいない。熱効率改善を行っている施設では約75%が源泉温度50以上の高温水であり、熱交換器を用いた改善が最も多い。源泉温度が40未満の施設の熱効率改善方法としては、ヒートポンプを用いた改善の割合が高い。なお、温泉発電として地熱発電を行っている施設は1件のみであり、非常に少ない。

一方、熱効率改善を行っていない施設では、50以上の源泉を有する施設が約45%であり、十分な改善の可能性を有している。これらの施設において、熱効率改善に関心を持っている施設は約55%で、経営に影響を与える燃料エネルギーのコスト低減のために熱効率改善に関心があるとする意見が多い。

熱効率改善に関心を持っていない施設については、イニシャル・ランニングコストの高さや資金調達の困難さ、大きな効果が期待できないことや具体的な方法がわからないことから熱効率改善を行っていない。イニシャルコスト、資金調達については、国や自治体の補助、融資制度の拡充によって、具体的手法がわからないことについては、コンサルタント機能や広報の充実によって解決される。また、施設単独で効果が少ないことについては、温泉組合等の集団で源泉や排湯の集中管理を行い、効果のアップが期待できる。

6.3.2 施設管理者の意見

国や自治体への要望では補助制度の補助率アップや補助申請手続きの簡素化を望む

意見が多く、これらの改善を行うことで熱効率改善の促進につながる。

施設管理者の意見を見ると、燃料コスト、電気料金の増加による経営の圧迫や、昨今の環境事情を踏まえ、温泉熱の積極的な有効利用が望ましいとする意見が多い。しかし、余剰熱や排湯を利用することが重要であり、資源が枯渇するような温泉利用は望んでいない意見が多い。特に地熱発電等については温泉資源の枯渇を不安視する声が多い。また、個々の施設では、湯量や源泉温度が充分でないため、改善効果が非常に小さいとする意見もある。そのため、源泉や排湯を集中管理し、広域的、集会的で効果の大きな熱利用改善の検討も必要である。

7. まとめ

本研究では、文献調査、アンケート調査、実地調査を行うことにより、温泉熱の利用の状況とその普及の可能性、今後の課題について研究を行った。又、新聞紙上を利用したシンポジウムを行うことにより、参考となる事例の普及啓発を行った。

東日本大震災以降、再生可能エネルギー活用へのニーズが高まっており、安定的な熱源としての地熱発電への期待は高い。しかし、地熱発電は、温泉地の理解を得るのに多大の時間を要するという問題があり、温泉地の理解が得やすい温泉発電等小規模エネルギーの活用が課題となっている。本研究会のアンケート調査においても、温泉経営者の熱利用に対する関心は、最近の電力料金や燃料価格の上昇という背景もあって、高まっているのが現状である。しかし、必ずしもその普及が進んでいないのが現状で、事例紹介、シンポジウム等理解醸成の機会の提供、技術的なコンサルタント、国による助成の強化、低利の

資金の提供等本格的な対応が求められる。引き続き、研究会を通ずる普及活動を進めたい。

参考文献

環境省「平成23年度温泉利用状況」

Summary

There are many heat resources in the form of hot springs throughout Japan. In addition to its stability of supply, there are hopes that geothermal heat will have various effects such as management improvement and the vitalization of hot spring towns.

However, since the various hot spring enterprises are operating under severe management conditions, they do not have enough financial resources to spare for business investment.

Therefore, it is necessary to implement measures from various sides, including grants by national and local governments to support hot spring enterprises as well as promote efficient use of heat sources.

This study investigates the trends in national government measures and case studies, and implements an awareness survey targeting hot spring enterprise owners, amid a growing awareness about utilizing renewable energy after the Great East Japan Earthquake, in order to consider future measures.