

【調査報告】

温泉の熱効率の改善に関する研究—その2

Study on improvement of thermal efficiency in hot springs – Part 2

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、全国にまたがって存在しており、熱源として安定的な供給が見込まれる他、民営の温泉施設の経営改善、温泉地の活性化に資する等の効果が期待される。しかし、個々の温泉施設は、厳しい経営環境にあり、国の助成が行われても困難が伴う状況にある。そのため、地方自治体や共同組合等地域組織の関与、国の支援や普及活動の推進等誘導施策をさらに工夫していく必要がある。今回の研究では、国の施策の動向や地方自治体、個別施設の対応事例を調査し、今後の施策推進のあり方について検討した。

キーワード：温泉熱、温泉発電、CO₂削減、地域活性化

1 はじめに

わが国では、27,000 か所を超える泉源があり、全国に分布している。しかし、多くの温泉では、湧出時の温度から入浴適温になるまでの熱、入浴後の排水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、旅館・ホテルでの暖房や冷房、あがり湯の加熱、地域の公共施設に対する熱供給、道路における融雪等に活用することにより、重油などの化石燃料の使用の抑制による温泉施設の費用の低減を図り、観光業の振興と地域の活性化に資することができる。また、エネルギーの使用の抑制、CO₂の排出抑制を通じ、エネルギーの有効活用、地球温暖化の抑制につながる。

この研究は、このような趣旨から、平成 21 年度から実施している。

平成 21 年度の研究では、温泉及び熱利用の専門家、温泉団体の関係者等で構成する研究会を設置し、温泉施設における熱利用の現状、温泉経営者の熱利用改善への意識調査等についてアンケート調査を実施した。また、温泉における熱利用

が進まない理由、熱利用改善への国の方策の在り方等について検討した。

平成 22 年度の研究は、環境省や（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）等の取り組み、熱利用改善の取り組み事例の調査を行うとともに、熱利用改善の取り組み促進のキーとなる地方自治体のユニークな取り組みの調査を行い、温泉関係者向けの「温泉熱利用ガイドンス」を作成した。

平成 23 年度における研究においては、引き続き研究会を開催するとともに、環境省の補助事業の実施状況の調査、現地における取り組み事例の調査を 2 回実施するほか、雑誌、ホームページなどからユニークな熱利用の事例の把握を行った。本年度は、このような状況を踏まえて、以下のとおり報告する。また、震災後の原子力発電の取扱いについては、政府方針の大きな変化が生じており、その動向をフォローしていく必要がある。

2 東日本大震災後の状況変化

2.1 温泉の現状

環境省(平成 22 年度温泉利用状況)によれば、全国の宿泊利用者数は、平成 21 年度の 12,793 万人から、平成 22 年度 12,493 万人と 2.3%減少している。また、最新の統計はないが、大震災以降は、減少の幅はさらに大きくなったものと思わ

*財団法人日本環境衛生センター 理事長
President of JESC

**財団法人日本環境衛生センター東日本支局
環境工学部
Dept.of Environmental Engineering, East
Branch, JESC

れる。また、宿泊施設数は、14,294 か所から14,052 か所と1.7%減少した。これに対して、収容定員は、1,407,164 人から1,411,884 人とわずかではあるが増加しており、競争が激しくなっていることをうかがわせる。なお、自噴泉の割合は、28.8%から28.3%と減少している。

こうしたデータは、温泉施設経営の厳しさを反映していると思われる。

2.2 原子力発電所の放射能漏れ事故の影響

3月11日の東日本大震災は、東京電力の放射能漏れ事故を伴い、被災地域だけにとどまらず、国民全体に深刻な影響を生じている。国民の意識は大きく揺れ動いており、原発離れの事態も生じている。

震災前には、政府の計画では総発電量に占める原子力発電の割合は、現状で3割であるのに対し、将来的には5割に拡大することが予定されていた。しかし、震災後にはエネルギー構成の見直しが行われ、平成24年9月14日には、政府の「エネルギー・環境会議」において「革新的エネルギー戦略」が策定され、「省エネルギー・再生エネルギーといったグリーンエネルギーを最大限引き上げることを通じて、原発依存度を減らし、化石燃料依存度を抑制することを基本方針」とすることが明記された。

平成24年7月から施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度は、再生可能エネルギーの活用の促進に大きな影響を及ぼすものと注目されており、温泉発電（バイナリー発電）の普及を促すけん引力になるものと考えられる。

3 環境省の補助制度の動向

環境省は、温泉の熱効率の改善を促進する観点から、平成21年度から補助制度を設けている。

環境省によれば、平成21年度からの3年間に補助の対象となった案件は、平成21年度11件、同22年度3件、同23年度7件の、合わせて21件となっている。各案件の事業規模は、1,600万

円～4,200万円、削減される光熱費の見込みは年間で300万円～1,400万円となっている。CO₂削減量は、119tから919tまでとなっている。投資回収年数は、1年～4年と比較的短くなっている。

これまでのところ、案件数は、まだそれほど多くはなく、本格的に広がっているとは言い難い。自己負担分があるため、経営状況、先行き等に鑑み、温泉施設の動きが必ずしも積極的でないことがうかがわれる。

環境省では、この他、温泉に限定されないが、「地域主導による再生エネルギーのための緊急検討事業」として、事業化検討のための地域協議会づくりを支援する委託事業制度が設けられており、福島県土湯温泉での事業化が進んでいる。また、100℃以下の低温の地熱を活用して発電を行うバイナリー発電についても補助制度が設けられており、既に大分県の別府温泉での検討が進められている。

4 平成23年度の現地調査の結果

自治体主導型の事例として、静岡県熱海市を現地調査した。また、民営温泉施設の事例としては、山梨県北杜市にある財団法人キープ協会、同市にある増富温泉増富の湯、神奈川県箱根町の小湧園、同町の大平台温泉組合の4か所について調査した。

4.1 自治体主導型

景気の低迷や観光客の減少により温泉地は疲弊しているところが多い。このため、民営の温泉施設では補助制度があっても自己負担が伴う場合には、積極的に対応しにくいのが実情である。地方自治体や地域組織においても財政状況が厳しいことは同様であるが、民営の施設よりは、政策的な対応が可能であり、より先導的な役割が期待できると考えられる。ここでは、今回新たに調査した静岡県熱海市の事例を平成22年までに調査した群馬県草津町（奥村ら、2011）と比較し

た。

熱海市は、全国有数の温泉地ではあるが、近年の状況変化を受けて、財政状況が厳しい。このため、温泉資源を生かした地域活性化が課題となり、市を挙げて検討チームが設けられている他、市民参加による「熱海の温泉資源の利活用を考える会」が設置され、構想づくりが進められている。その中で、二つの論点が浮かんでいる。

一つは、市営の温泉施設「マリンパ熱海」におけるヒートポンプを活用した熱効率改善事業である。市の試算によれば、事業費は6,000万円で、年間1,500万円ほどの経費削減が見込めるので、4～5年で投資資金は回収できる見込みである。現状では、実施のタイミングは決まっておらず、国との協議には至っていない。

二つ目の事業は、温度差発電の事業である。この事業は、熱海市が慶応大学環境情報学部の武藤佳恭教授の指導を受け、高温の源泉を有する熱海市の特性を生かして温度差発電を立ち上げ、広げていこうという事業である。

これまでのところ、市内の温泉施設で排湯を使って実験施設（5Vで発電し、LED12個の照明灯を点灯した。）を設置したほか、同様の装置を使ってクリスマスツリー2基にLED100個の電飾を行っている。熱海市では、温度差発電を生かした今後の取り組みとして、次のようなものが検討されている。

- ア 夜間でも発電する街路や店頭での温泉発電で明るい照明
- イ 非常時用、無線連絡用の無線放送
- ウ 温泉発電を利用した無線LANネットワーク
- エ 温泉発電を利用した露天風呂用照明装置「湯らりん」

（注）この装置は、5℃の温度差があれば発電ができ、温度差が大きいほど発電量は増大する。100℃の温度差で10W、200℃で19Wの発電が可能である。排湯を利用するので、経済的で、クリーンなのが特色である。（日経エコロジー（2011年3月号））

4.2 熱海市、草津町の比較

熱海市、草津町を比較すると、次のように考えられる。

- ① 2つの事例では、それぞれ地域の特性を生かした事業が行われているが、いずれも行政が強力に主導しているところに特色がある。その意味では、今後の取り組みに対するモデル事例と考えられる。その際、温泉を地域に生かしていこうということに対する地域の理解の深さと行政トップのリーダーシップがカギとなっているように思われる。
- ② 熱海市の場合は、観光地のイメージアップを志向していること、住民参加の仕組みをとっていることが特色となっている。発電規模は小さいが、温泉都市のイメージを高める上では、ユニークな取り組みと考えられる。
- ③ いずれも、持続的な運営を行うためには、採算性が問題となる。

草津町の温水温泉供給事業は、公営企業として行われており、今のところ採算が取れているが、配管の老朽化が進めば、費用が急速に増大することも考えられ、採算性が問題となる可能性もある。今後、独自に行われる採算性が検討される必要がある。

熱海市の「温度差発電」については、現状では発電規模が小さく、コストが高いため、熱海市の観光宣伝に力点を置きつつ、引き続き実験事業を継続する必要がある。

このような自治体の事業が継続していくためにも、その社会的効果を重視し、何らかの改築費用等に対する公的助成が考えられても良い。

4.3 民営温泉施設の事例

4.3.1 箱根小湧園の事例

箱根小湧園は、神奈川県箱根町にある有名なリゾートで、ホテルとレジャー施設がある。今回調査したのは、この施設のうち、B&B式のホテル（定員244名）会員制ホテル（定員200名）の2

施設で、ヒートポンプを用いて 40℃の源泉の湯を 70℃に昇温して、供給するものである。環境省の 3 分の 1 の補助を受けて実施された。事業費は、3,600 万円程度。補助額は 1,300 万円程度である。平成 22 年度の実績では、年間 700 万円程度のコスト削減ができ、おおむね 3 年で償還できる。同じ会社で運営されているリゾート施設のユネッサンについては、今回の事業には含まれていない。この事業には、地下から湧き出す温水を使用しており、もともと、同施設の区域は、地下から蒸気が湧いてきており、「小湧谷」と呼ぶゆえんである。同地にはかつてわが国で第一号の温泉発電所があったが、今では使われていない。蒸気の活用拡大については、地域と行政の理解が求められ、今のところ、難しい状況である。

4.3.2 箱根大平台温泉組合の事例

神奈川県箱根町の大平台温泉の旅館、保養所が組織する温泉組合で、温泉旅館、保養所、その他の住宅合わせておおむね 100 施設に給湯しているとのことであった。組合は、温泉資源の適正な管理のため、50 年前に設立されたとのことである。源泉は、5 箇所貯湯槽から 2~3 キロ離れており、温度が下がることから、その昇温がこれまで課題となってきた。

今回の事業は、この点を解決するため、環境省の補助を受けてヒートポンプを設置したものである。費用は、3,000 万円程度、補助率は 3 分の 1 で、このほか貯湯槽の回収を自己資金で行った。償却年数はこれを含め、10 年程度を想定している。

この事業は、組合の事業として行われ、組合の資金を使って行われたので、長年の懸案であったこともあり、理解が得られやすかったとのことである。

4.3.3 財団法人キープ協会清泉寮の事例

財団法人キープ協会は、山梨県の北杜市にある青少年の自然教育の施設として知られており、八

ヶ岳の中腹（1,500m）程度の高原にある。宿泊施設は、定員 20 名程度で比較的小さい。冷涼な気候であるため、使用期間が限られるという特性がある。温泉は毎分 200L、源泉タンクは 20t 程度である。温度 45℃はで熱交換器で 60℃とし、ボイラで 70℃に昇温している。排湯の活用はしていない。

追い焚き燃料は、県内の森林の間伐材で作られる木質ペレットを活用しており、CO₂の新たな排出はない。温泉水のカルシウム分が多く、配管にスケールがつくのが問題となっている。このため薬剤を注入しているが、コストが高いのが問題となっている。

4.3.4 増富の湯の事例

増富の湯は、秩父多摩国立公園瑞垣山の麓の増富温泉峡の一角にある山梨県北杜市菅の日帰り温泉であり、その運営は瑞垣山ふるさと財団が当たっている。周辺の山林を活用した森林浴、健康づくり教室、自然料理等特色ある運営が行われている。源泉は 30℃前後で、42℃まで追い焚きするのが通例である。燃料代の高騰で加温の費用負担が大きく、熱効率改善についてはいろいろな方策を検討中である。排湯は 26℃~27℃でヒートポンプの活用が考えられるが、量が少ないので有効利用が難しい。この点は、周辺の温泉峡のホテル、旅館との共同対応を検討することも考えられる。

4.3.5 各事例の比較

各施設とも、燃料費の高騰もあって、熱効率改善への問題意識は強い。しかし、その規模が小さいこと、財源が厳しいこと等からなかなか踏み切れないところもある。

組合や地域共同で実施することで経費面の課題の克服が望まれる。

キープ協会の場合は、カルシウム分が多く、スケールの除去費用がかさんでいる。こうした問題点を抱えた温泉施設は、他にも多いと考えられる

ので、何らかの公的な助成のスキームが導入されれば、改善努力を後押しすることができる。

5 まとめと課題

これまでの3年間の研究調査では、温泉の熱利用の現状、温泉発電を含めた熱利用改善の技術的ポイント、温泉経営者の熱利用改善に対する意識、国の施策の動向とその効果、熱利用などの実例を集積してきた。

ヒートポンプ等を使った温泉の熱効率の改善は、技術的にその効果が明らかであり、その成果も実証されているが、まだその実例が少なく、補助制度が十分活用されるには至っていない。また、近年は、比較的高温の温泉発電での沸点の低い媒体を使うバイナリー発電も注目されている。まだまだ汎用性の高い技術が不十分なこともあるが、環境省の補助制度を活用することにより、普及していく可能性が広がっている。

また、温泉熱の利活用は、高温の温泉はもとより、比較的低温で、追い焚きが必要な温泉や排湯を使うこと等実情に応じた活用が可能であることが実例により示された。

東日本大震災以後、エネルギー供給における原子力発電への依存体制の脱却を図ることが政府の政策の方向として示されており、今後、安定的で、地産地消の地域主導のエネルギーとして、廃棄物発電、バイオマス発電、小水力発電とが並んで、温泉の熱効率の改善・温泉発電が大きな役割を果たすものと考えられる。

しかしながら、これまでの調査で明らかのように、温泉施設の経営は、厳しい状況が続いており、燃料代の高騰による経営圧迫もあって、民営の温泉施設が直ちに温泉の熱利用を急速に進める状況には至っていない。今後、引き続き、次のような対応が必要と考えられる。

① 民間の温泉経営者は、必ずしもエネルギーの専門家ではないので、その決断を促すために、熱効率の改善のコスト削減効果、成功実例、国や地方自治体の取り組み等について普及啓発

に努める。

② 民間の温泉経営者は、技術的な内容、法的な手続き等についての理解が十分とはいえないので、具体的な施設整備の計画策定のためのコンサルタント機能を拡充する。

③ これまでのところは、国の補助制度が十分活用されていない。内容についても実情に即し、さらに拡充する。

④ 地方自治体や温泉組合等地域において、国が共同で先導的に取り組み、モデル事業として実施する。これにより民間の実施を推進する。

参考文献

- 1) 環境省「平成22年度温泉利用状況」：
http://www.env.go.jp/nature/onsen/data/riyoyu_h22.pdf
- 2) 「温泉の排水を使う発電 熱海復活の夢にかけ」日経エコロジー、2011年3月号 pp.96-97
- 3) 温泉の温暖化対策研究会「温泉施設の温泉熱等の利用状況の実態と有効利用に向けて」
- 4) エネルギー・環境会議「革新的エネルギー・環境戦略」：
http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120914/20120914_1.pdf
- 5) 「特集：温泉熱利用による地域おこし」生活と環境、2012年12月号（第57巻第12号） pp.4-37

Summary

The geothermal resources for hot spring baths are widely distributed all over Japan. They are naturally thought of as heat sources providing a stable heat supply but are also expected to serve the needs of privately owned hot spring facilities in improving its management and for vitalizing the economy of hot spring resorts. However, many hot spring facilities are facing an unfavorable business climate, and they are struggling even with subsidies from the

national government. Given these circumstances, it is necessary to promote the involvement of regional organizations such as local governments and cooperatives, to improve the support of the national government, and to heighten awareness of the situation. In the present research, we surveyed the trend of national policies and the ways in which local governments and individual facilities are reacting to the trend. We further studied how best to promote the national policies henceforth.