

【調査報告】

温泉の熱効率の改善に関する研究

Study on improvement of thermal efficiency in hot springs

奥村明雄*、河邊安男**、大野貴弘**

Akio OKUMURA, Yasuo KAWABE, Takahiro OHNO

要約：原子力発電所の放射能漏れ事故に伴い、エネルギー供給の在り方が問題となっている。自然エネルギーの一つとしての温泉熱の効率的な利用は、その対象が数多く、経営改善というインセンティブを働かせやすい面等有力な手段と考えられる。しかし、個々の経営体に普及していく際、地方自治体の関与、普及活動の推進等誘導施策を工夫することの必要性が大きい。今回の研究では、国や関連団体の施策や具体例を示すとともに、自治体の積極的関与の効果を検証した。

キーワード：温泉熱利用、CO₂削減、ヒートポンプ、地域活性化

1 はじめに

本年3月に発生した東日本大震災は、巨大な津波と原子力発電所の放射能汚染事故を伴い、これまでにない大きな被害を生じている。今、国を挙げての復旧、復興努力がなされているが、依然として厳しい状況が続いている。

そればかりでなく、この事故に関連して、国民の間に、脱原発の意識が広がっており、そのような中で、原子力発電所の新規立地が困難になるばかりか、現在点検中の施設の再稼働についても、きびしい目が注がれている。このような状況の下で、これまでのエネルギー需給の見直しは、避けられない状況にある。

地球温暖化対策に対しては、すでに我が国は、2020年までに、1990年比で25%のCO₂削減を宣言しているが、今日の事態は、そのことにも大きな影響を与えざるを得ない。

我が国の電力のエネルギー構成は火力の6割に対し、原子力は、既に3割を占めており、水力を

加えても期待される自然エネルギーは、1割に過ぎず、狭義の自然エネルギーは、これまでのところ、わずか1%にとどまっている。

大震災後の状況を見れば、これまで以上に自然エネルギーのウエイトの引き上げを加速させねばならないと考えられる。

有力な自然エネルギーの一つである地中熱を活用した温泉施設は全国に散在しており、その数も多いが、その熱は、これまでは十分に有効利用されているとは言い難い。

このような事態を改善するためには、強力な政策誘導が必要であり、これを加速化させる必要がある。温泉の熱効率の改善は、温泉コストの低減を通じて、直接的には、経営の改善と地域活性化に貢献するばかりでなく、引いては、重油の消費の削減を通じ、CO₂の排出削減を促し、地球温暖化に貢献するなど二重、三重のメリットが期待され、その効果も大きいと考えられる。今後の対策の推進が期待される。

2 温泉の温暖化対策研究会の活動

温泉の温暖化対策については、環境省が平成20年度から補助金を投入し、その促進を図っているが、まだまだ十分普及しているとは言い難い状況

*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

にある。このため、昨年度に引き続き、「温泉の温暖化対策研究会」を開催し、国の施策動向や温泉の対策実例と効果についての把握を行うとともに、温泉熱利用に大きな実績を持つ草津町の現地調査を行い、その実情把握と評価を行った。又、温泉関係者の利用に供するため、「温泉熱有効利用ガイドダンス」を作成したほか、(株)東京電力の協力を得て、東京都内で、温泉の熱効率の改善に関するシンポジウムの開催を企画したが、東日本大震災の関係もあって、中止した。この他、研究の成果をもとに、昨年度、今年度の2回にわたり、財団法人中央温泉研究所、社団法人日本温泉協会、温泉工学会、日本温泉管理士会など温泉に関係する各団体が共同で開催する「温泉経営管理研修会」において、講演を行い、成果の発表と普及に努めた。

表1 温泉の温暖化対策研究会メンバー

委員	所属
稲川 裕之	新那須温泉供給(株) 代表取締役
奥村 明雄	(財)日本環境衛生センター 理事長
◎甘露寺泰雄	(財)中央温泉研究会 常務理事
竹内 良一	特定非営利活動法人循環型社会推進センター エグゼクティブコンサルタント
布山 裕一	(社)日本温泉協会 事務局長・事業部長
細谷 昇	日本温泉管理士会
吉田 可紀	特定非営利活動法人循環型社会推進センター 理事長

◎座長 (五十音順)

事務局：

(財)日本環境衛生センター 河邊安男、大野貴弘

今回の報告においては、以下において、昨年度報告(2011、奥村他)以外の内容で、報告を行いたい。

3 国や民間団体の助成事業の概要

3.1 環境省(自然保護局)

環境省では、CO₂の排出削減を図る立場から、

様々な対策に取り組んでいるが、自らの所管行政である温泉施設については、これまで積極的な対応はなされてこなかった。

平成21年度の補正予算から、温泉の熱効率の改善を促進するため必要な施設整備に関し、民間事業者を対象に初めて補助制度が設けられた。

平成23年度における予算総額は、4.5億円である。補助制度の名称は、「二酸化炭素排出抑制対策事業費補助金温泉エネルギー加速化事業(うち温泉施設における温暖化対策事業)」である。

その内容は、温泉の熱を利用し、又は付随する可燃性天然ガスを利用して、次の事業を行う事業者に対し、その費用の一部を国が補助することにより、地球温暖化対策の普及を図ることを目的としている。

具体的な事業は、以下のとおりである。

ア ヒートポンプによる温泉熱の熱利用事業

イ 温泉付随ガスの熱効率事業

ウ 温泉付随ガスのコージェネレーション事業

事業実施者は、民間企業、独立行政法人、公益法人等が対象となり、地方公共団体は対象とならない。

補助率は、2分の1から3分の1で、ヒートポンプによる熱利用事業が3分の1、温泉付随ガスのコージェネレーション事業が2分の1となっている。

3.2 これまでの補助実績と評価

これまでの補助実績は、平成21年度では、温泉の熱利用に関する補助事業で11件、総事業費は合計で3億9,976万円、補助額は、合計で1億2,183万円、1件当たり平均事業費は、3,634万円である。

平成22年度では、温泉熱の熱利用が3件、合計で総事業費が9,300万円、補助額は、3,046万円である。1件当たり平均事業費は3,100万円となっている。温泉付随ガスのコージェネレーション事業は1件の補助が行われ、事業費は1億2,297万円、補助額は3,046万円となっている。

これまでの実績からこれをさらに広げていくた

めにどうあるべきかについての筆者の評価及び提案を以下に示したい。

補助制度が創設されてから日も浅いこと、予算規模が必ずしも大きくないこともあり、補助施設の数、これまでのところそれほど多くはない。しかし、既に10か所を超える施設に対し、補助が行われており、その成果を広く普及させることにより、さらに拡大させていくことが期待される。

しかし、今後さらにそれを拡大するためには、これまでの状況からみて、次のような対応が求められる。

ア 国や民間団体の活動により、ホームページやパンフレット、シンポジウム等を通じて、成功事例のアピールを行い、その効果に関する理解を広めること

イ 温泉施設の厳しい経営環境条件の下で、温泉施設経営者の熱意を掻き立てるためには、自己負担分の捻出がネックとなっていることが想定されるため、これに対する公的な融資制度の拡充を行うことが必要と考えられること

ウ 温泉経営者には、申請手続き等に対する理解が十分でないと考えられることから、事前の計画づくりを含め、申請手続きを推進するため、公的または民間によるコンサルタント活動の実施等が必要であること

この制度は、これまでのところ、地方公共団体の行う事業を補助対象としていない。しかし、泉源を地方自治体又は財産区が所有している場合や泉源の保全を図るため、地域で共同配湯を行っている場合も数多くある。

個々の温泉施設が厳しい競争下で設備投資するには、負担が大きすぎる場合も多いことから、地方自治体や財産区あるいは共同実施のための組合等多様な実施主体にも補助対象を拡大することが考えられる。

3.4 その他の助成制度

以下に示す助成制度には、モデル事業としての性格もあり、多様な補助対象を想定しているもの

が多い。

① 温泉エネルギー活用加速化事業（環境省地球環境局）

温泉発電、温泉熱、温泉付随ガス利用事業の自律的な普及に向けて、初期需要を創出することにより、コストの低減を図るため、温泉エネルギーを有効利用する民間団体に対して補助を行う（補助率2分の1または3分の1）。

② 温泉に特化していない事業に活用できる可能性がある。

ア 温室効果ガスの自主削減目標設定に係る設備補助事業（環境省地球環境局）

自主参加型の国内排出量取引制度に参加する事業者が対象とした補助。補助率3分の1。

イ 地方公共団体対策技術率先導入補助事業（環境省北海道環境事務所）

地方公共団体の先導的なモデル事業を対象とした補助。

ウ 地域の特徴的温暖化対策機器普及促進事業（環境省北海道環境事務所）

地域において、住民や事業者の日常生活に関する温室効果ガスの排出抑制等に取り組む「地球温暖化地域協議会」を活用し、地域でまとめて再生エネルギー機器、省エネルギー機器を導入する事業に対する補助。補助率3分の1以内。

エ エネルギー使用合理化事業者支援事業（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

事業者が計画した省エネの取り組みで、「技術の普及可能性」、「省エネルギー効果」、「費用対効果」を踏まえて、政策的に意義の高いもの（リプレースに限る）についての補助（先端的な技術・設備、中小企業の取り組みに重点を置く）。補助率3分の1。

オ 地域新エネルギーなど導入促進事業（一般社団法人新エネルギー導入促進協議会）
地域における新エネルギー等の加速的促進

を図ることを目的として、地方公共団体、非営利民間団体、地方公共団体と連携して行う新エネルギー等の導入を行う民間事業者が行う新エネルギー導入事業の実施に必要な経費に対する補助。補助率2分の1以内。

カ 新エネルギー等事業者支援対策事業(一般社団法人新エネルギー導入促進協議会)

先進的な新エネルギー等利用設備の導入事業を行う民間事業者を対象として事業費の一部に対する補助。補助率3分の1以内。

4 熱効率改善の事例

温泉熱改善を図るためには、一定の設備投資が必要となる。他方、これにより、温泉水の加温に用いる重油の使用が抑制される等、費用の節減効果が期待される。このため、初期投資の費用は、漸次回収されることとなるが、国の補助制度が実施されることにより、回収期間をより短縮化し、事業者の負担を軽減することが可能となる。

温泉経営者にとっては、地球環境への貢献によ

る「地球にやさしい宿」という差別化もメリットが大きい。より直接的には、コスト削減効果と回収期間の短縮化が投資判断のカギとなると考えられる。

そこで、いくつかの事例を取り上げて、その効果を検証した。

(事例1) 温泉が高温多量の場合のモデルプラン
北海道経済産業局が平成21年度に発刊した「おんせんDEヒーポン」に示されたモデルプラン

温泉湯量 260ℓ/分

改修内容 給湯用井水の加温をボイラによる加温から、温泉との熱交換による加温システムに改修

投資額 2,023万円

補助金 674万円(補助率3分の1の場合)、
1,012万円(2分の1の場合)

ランニングコスト 680万円/年減少

投資回収年数 3年(補助なし)、2年(補助3分の1)
1.5年(補助2分の1)

社会的効果 重油削減量 90kℓ/年

CO₂削減量 205t CO₂/年

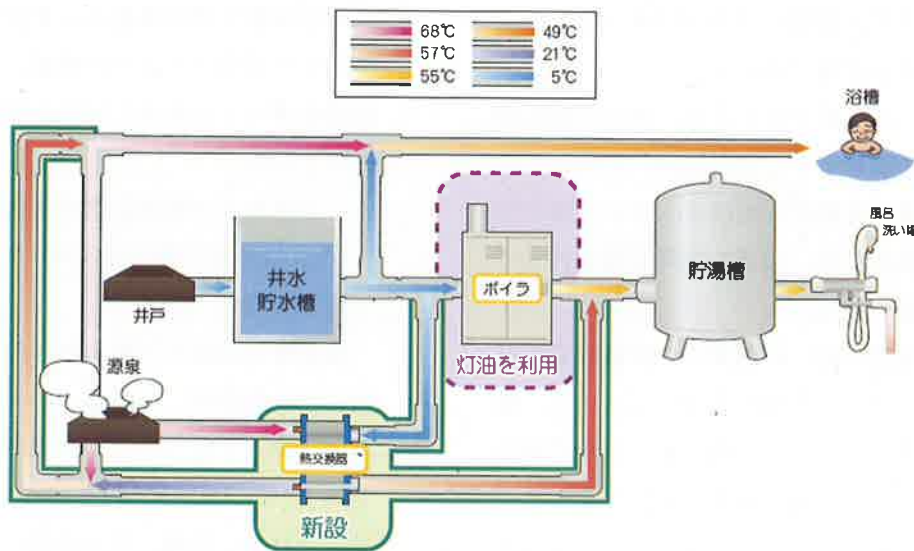


図1 温泉が高温多量の場合のモデルフロー図

この場合は、温泉が高温であるため、重油削減効果も高く、補助がなくても早期に資金回収ができるケースである。

(事例2) 温泉水と排湯を利用した場合のモデルプラン(同上)

温泉温度 63℃

排湯温度 35℃

温泉湯量 530ℓ/分

排湯湯量 750ℓ/分

改修内容 給湯用水の加温と暖房をボイラによる加温と冷凍機を使った暖房システムから、温泉と熱交換による加温と排湯を熱源としたヒートポン

プシステムに改修した。

補助金 2,387万円(3分の1の場合)、
3,580万円(2分の1の場合)

ランニングコスト 3,653万円/年減少

投資額回収年数 2年(補助なし)、1.3年(補助3分の1)、1年(補助2分の1)

社会的効果 重油削減量 680ℓ/年

CO₂削減量 1,880 tCO₂/年

このケースでは、投資額は極めて大きいですが、温泉水と排湯を両方使うことから、ランニングコスト削減効果も大きく、資金回収期間が短い。

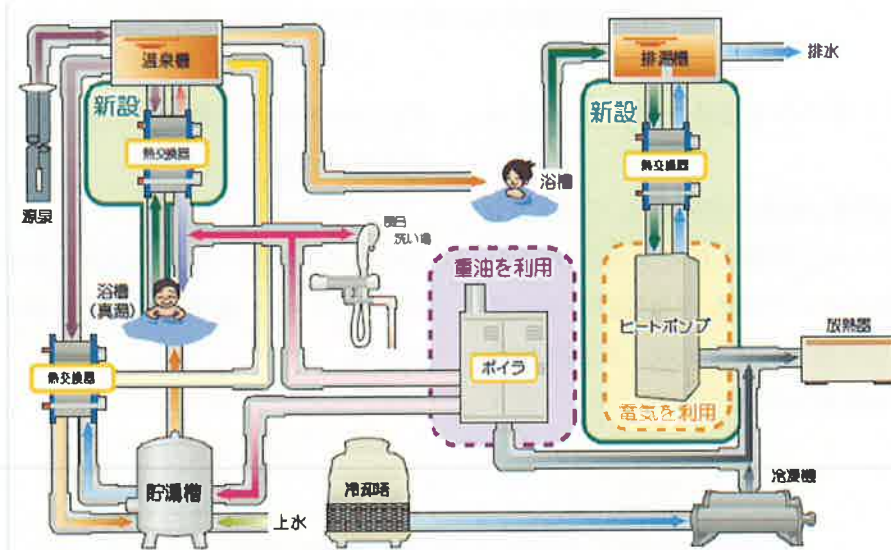


図2 温泉水と排湯を利用した場合のモデルフロー図

(事例3) 温泉が低温多量の場合のモデルプラン(同上)

温泉温度 42℃

排湯温度 3℃

温泉湯量 400ℓ/分

排湯湯量 56ℓ/分

改修内容 給湯用水、温泉の加温と冷暖房を、ボイラ、冷温水発生器を使った暖房システムから、排湯を熱源としたヒートポンプシステムに改修した。

投資額 1億4,900万円

補助金 4,967万円(補助3分の1)

ランニングコスト 895万円/年 減少

投資額回収年数

16.7年(補助なし)

11.1年(補助3分の1の場合)

8.3年(補助2分の1の場合)

社会的効果 重油削減量 60 kℓ/年

CO₂削減量 330 tCO₂/年

このケースは、温度が低いこともあって、投資額が大きい反面、コスト削減効果が少なく、資金回収に長期間を要する。

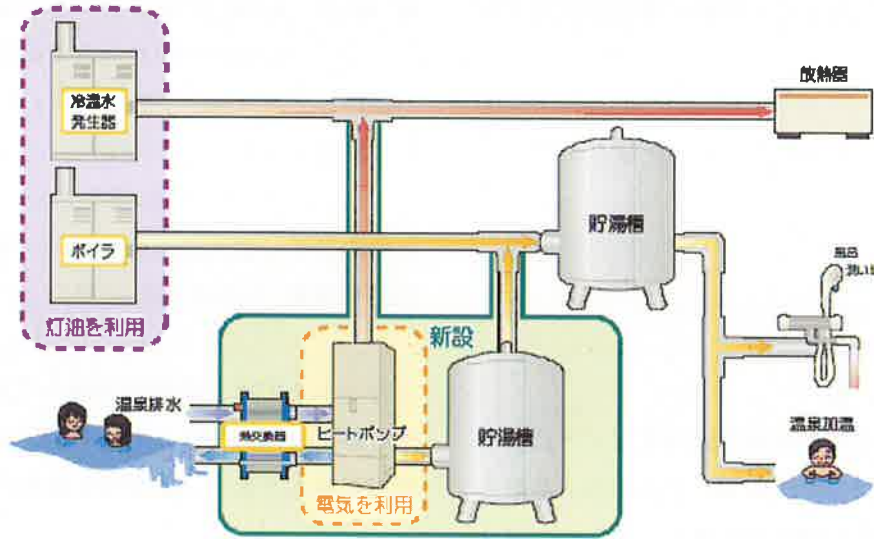


図3 温泉が低温多量の場合のモデルフロー図

(事例4) メタンガスの有効活用例(いわみざわ北村温泉施設)

年間18万人の利用者。温泉の揚湯量は、日量1,300 t。ガスセパレータで分離されたメタンガス約700 t/日を専用ボイラで燃焼。温泉施設のシャワー給湯や冬場の温泉施設、体育施設、集会所施設の暖房用としての熱源に利用。なお、メタンガス

だけでは得られる熱量が不足するため、他に灯油ボイラも設置した。

このケースのデータが示されていないので、評価ができないが、暖房熱源削減の効果が大きいと思われる。

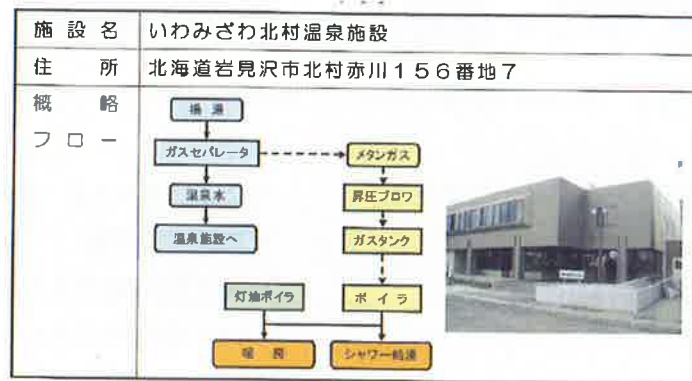


図4 いわみざわ北村温泉施設の例

(事例5) 温泉施設でのバイオマスの有効利用の事例(五味温泉・北海道上川郡下川町)

町内の製材工場から出る木材を燃料。木質バイオマスボイラと重油ボイラを併用。温泉、給湯水の加温、施設の暖房に利用。年間のCO₂排

出量325 tを削減(環境省 二酸化炭素排出抑制対策事業技術導入事業による)。

このケースも、温泉水加温と暖房経費節減の効果が大きいと考えられる。

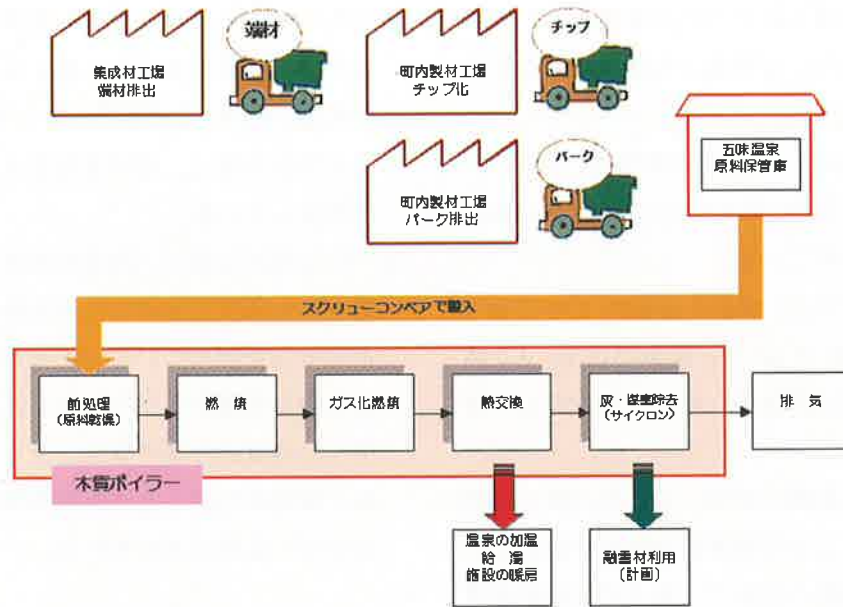


図5 五味温泉バイオマス利用フロー図

5 草津町における対応例

昨年度の報告（2011，奥村他）においては、地方公共団体の対応例として、群馬県草津町の事例を挙げ、同町における「草津町観光立町推進基本計画」の策定等を紹介した。本報告では、昨年草津町を訪問し、草津町における温泉熱利用に関する独自の対応についてさらに詳しい内容を把握できたので検討した。同町の温泉開発の特徴は、以下のとおりである。

① 行政主導であること

草津町は関東における代表的な温泉地であり、「泉質主義」をキャッチフレーズに町を挙げて温泉開発に努めている。又、温泉を中軸に明治のお雇い外国人ベルツゆかりのドイツ風の高原リゾートとして売り出しており、わが国では珍しい行政主導型の地域開発の成功例として注目される。

② 温泉量が極めて多く、強酸性という特色があること

草津町の資料「草津町温泉・温水供給事業資料」によれば、草津温泉は、自然湧出の自噴泉で、わが国では数少ない pH が 2 前後の強酸性の温泉である。町全体で 100 か所もの数多い源泉があり、

そのうち、温度の比較的高い 25℃以上のものが 10 か所もある（以下、同資料による）。

全湧出量は、毎分 32,000ℓと、わが国でも屈指の豊富な湯量を誇っており、温度が低くて使えない源泉を除いても毎分 16,000ℓを浴用に供している。

③ 温泉の利用権を町がすべて持っていること

草津町の温泉の利用権は、すべて町が所有しており、乱開発を許していない。又、この結果、統一的な方針の下で、その熱利用が効率的、効果的に実施できる可能性が高い。町では、「草津町源泉使用条例」を定め、温泉の保護に努めている。

④ 温泉の温度が極めて高いこと

全体として、温泉の温度が高く、その中でも、万代温泉は、最も温度が高く、94.5℃で湧出する。これは、わが国でも数少ない特徴である。

上記のような特徴を背景に、町では、次のような温泉・温水供給事業を町の事業として行っている。

① 湧出した熱い温泉水熱交換器を使用して温度を入浴ができる 52℃まで下げ、これをホテル、ペンションに供給している。

② 熱交換器に利用される 7℃の水道水は、温められ、60℃となる。その温水を温泉街の各家庭に到達時 54℃で供給している。

③ 上記①②の温泉・温水供給事業は、昭和 47 年に事業が開始され、同 62 年以降、公営企業会計として実施されている。

平成 21 年度では、温泉供給量が 330 万 m³、温水給湯量が 60 万 m³で、営業収益は、4.5 億円、営業費用は 3.8 億円、当年度利益は 0.7 億円となっている。

上記のほか、温泉熱を利用して、歩行者の転倒や車のスリップによる交通事故の防止を図るため、国道、町道の急勾配の箇所、重点的に道路融雪事業を行っている。

これには、熱交換器を利用した温水循環方式、舗装中に埋設した配管に直接的に温泉水を流す方式、旅館や共同浴場からの排湯を舗装中に埋設した排湯管に流す方式等、様々な方法がある。

温泉による温水は、このほか、学校、体育館、屋外プール等の公共施設にも有効利用されている。

草津町の例は、その好条件を生かして、地方自治体を中心に温泉の熱利用が高度に進んだ事例として評価される。その特色は以下のとおりである。

① 草津町の場合は、町がすべての温泉権を持っており、町の意味が明確であり、熱意もあることから、地域的に熱効率を推進しやすい運営形態であった。同様の形態は、温泉資源の集中管理を組合形式や財産区の形で行っている例があり、こうしたところが改善を進めやすいと考えられる。

この点では、個々の温泉施設が発意して熱効率の改善を進めることには、負担が大きく、地方自治体等の先導的役割が期待される。

② 極めて高温の温泉であり、早い時期からの熱利用の効率化がしやすい面があった。

③ 温泉利用だけでなく、温水利用が温泉施設以外の住民に対し、あわせて行われたこと、道路融雪、公共施設への熱利用等幅広い公共利用が

行われていることも、町の施策に対する理解を深め、これを促進する一助となったものと考えられる。幸い、これまでのところ、同町の温泉・温水供給事業は、維持管理費も含めて黒字基調で推移している。

④ 町を流れる湯川へ排湯が放流され、そこに設置された国土交通省の中和施設が酸性の強い排水の中和を行っている（下流の吾妻川の水産資源保護の措置として行われている。）。このため、排水の実質的な集中管理となっていると考えられ、排湯を利用した道路融雪事業として他に例の少ない活用がされている。

6 まとめ—今後の課題

東日本大震災は、今後の自然エネルギーへの社会的ニーズを飛躍的に高めることとなったことは間違いがない。国の施策も一層強化されることは間違いがなく、その中での温泉熱の熱利用の改善は、温泉経営のコスト低減というアクセルをもっと利かせることによって、その普及の可能性は、一層高まるものと考えられる。

しかし、国の補助制度創設以降のこれまでの状況からみて、直ちにその普及が進むわけでもないことは認めざるを得ない。これにはいくつかの点で政策的努力による推進が求められるの。

① その第一点は、景気低迷下で、温泉経営が全体として厳しい状況に置かれ、新たな投資へのインセンティブが働かないことである。このため、国内でのまとめ休暇の奨励や外国観光客の誘致など温泉観光地に対する全体的な振興策がさらに進められるとともに、設備投資に関する自己負担分に対する融資制度が拡充される必要がある。

② 第二点は、地方自治体や地域組合等に対する助成を拡充する必要がある。民間の個々の温泉施設だけでは、設備投資に踏み切るだけの理解や財政的余裕に乏しく、かつ、その効果も限られることとなる。それに比べて、地方自治体や地域組合が推進する場合には、その決定には時間がかかる

ものの、政策効果が大きく、草津町の例のように、公共施設にその範囲を拡大することにより、地域の理解を促進するものと考えられる。又、そのことの社会的アピール力は大きい。

そうした意味で、今後、地方自治体の経営する温泉供給事業や地域の組合形式で行われる集中配湯事業に対する先導的役割を評価し、積極的なアプローチを進める必要がある。

環境省の補助制度は、現行では、地方自治体や組合形式の事業をあまり考慮していないので、今後は、他のモデル事業を活用しながら、実績を拡大し、その成果を踏まえて、補助制度の拡充を要請する必要がある。

それと同時に、草津町のように町独自の事業は、これまで黒字基調で推移してきたとはいえ、配管や湧出施設等の経年劣化は避けられず、その本格的な取り換え時期には、国の助成がなければ、円滑な施設整備が行えず、事業の中止も考えられる。これらの事業が継続すること自体が温暖化対策と考えられるので、今後、ストックマネジメントも配慮した適切な助成措置を検討する必要がある。

③ 高温の温泉の場合は、熱効率の改善は、比較的進む可能性が高い。しかし、低温の温泉の場合は、なかなか進まないことが多い。しかし、低温熱の温泉をボイラで加温している場合等これを温泉熱利用に置き換えることは、コスト低減の効果やCO₂排出削減の効果が高い。官民が協力して、そのことをもっと強くアピールしていく必要がある。

また、給湯と違って、使ったお湯の廃棄は個別の温泉施設が行っているのがほとんどであるが、これもある程度の熱を持っており、その活用が望まれる。

草津町においては、国の中和施設があることにより、ここで一括処理がなされ、事実上排湯の共同管理が行われており、これを利用することが可能となっている。

排湯については、かねてから水質汚濁防止法の適用が問題となっており、今後の対応を考えると、

排湯の処理を共同化し、公害防止を適切に行うとともに、熱効率改善のメリットを享受することを検討すべきであると考えられる。国においても、これを促進する観点から、適切な誘導措置の構築が望まれる。

参考文献

- 1) 奥村明雄、河邊安男、大野貴弘(2011):「温泉熱の利用状況の実態と有効利用に関する研究」, 日本環境衛生センター所報第37号
- 2) 温泉の温暖化研究会編:「温泉熱有効利用ガイドダンス」
- 3) 北海道経済産業局:「おんせんDEヒーポン」 p.1,p.3,p.5
- 4) 群馬県草津町温泉課:「草津町温泉・温水供給事業資料」

Summary

Given the radiation leakage accident in the nuclear power plant, it becomes an issue how to supply energy. The efficient use of hot spring heat should be a potent means as it is one of natural energies, the number of resources are many, and the incentive is easily driven in the name of administrative improvement; however, when the hot spring heat is disseminated to individual administrative bodies, it is necessary to maneuver the involvement of local governments and promotion of propagation activities. In the present study, we presented the specific policies and cases provided by national government and other related organizations, at the same time as verified the effect of positive involvement by the local government.