

ヒートポンプ給湯器を使用した『温泉ハイブリッド省エネシステム』

(財)建築コスト管理システム研究所
新技術調査検討会

1 はじめに

2007年夏号の新技術調査レポートにおいて「ヒートポンプ給湯器」は、その高い効率性からA重油ボイラーに比べ、一次エネルギーで約50%、CO₂排出量で約55%削減の可能性があると紹介されました。以来2年が経過した現在では、一般家庭用には「エコキュート」に代表されるヒートポンプ給湯器が「オール電化」の普及と共に年々増加しており、また多量の給湯を必要とする事業所においても、業務用ヒートポンプ給湯器が徐々に普及されつつあります。しかし、多くの事業所においては、油・ガスを燃料とする燃焼式温水器を既存の設備として使用しているのが実情です。なかでも改正「省エネルギー法」が適用される事業者等にとっては、CO₂排出量の削減とともに燃料費等のコスト削減は大きな負担となっており、2008年夏頃からの原油価格高騰の影響は事業を継続するうえで追い打ち的な死活問題にもなりました。このような問題を背景に、より効率的な業務用ヒートポンプ給湯器と共に、ヒートポンプ給湯器を使用した給湯システムで、『ハイブリッド給湯システム』が注目されています。これは高い加熱能力を持つ燃焼機器（主にボイラーや温水器）と、電気を熱源とし環境性・経済性に優れたヒートポンプ給湯器を同じ給湯システムに併用することによって、それぞれの利点を最大限に活かしたシステムであり、より効率的なコスト削減及びCO₂排出量の削減を図るものとして期待されています。

この『ハイブリッド給湯システム』については、既に設備関連雑誌やボイラーメーカーをはじめ、数社からその省エネ効果やCO₂排出量削減効果の事例等が報告されているところです。

本号では、給湯を目的とした『ハイブリッド給湯システム』ではなく、温泉施設において、源泉の加温と浴槽の温度維持用として、従来の重油焚きボイラーに加え、ヒートポンプ給湯器と熱交換器によるシステムを採用し、光熱費及びCO₂排出量を約50%削減することに成功した事例として『温泉ハイブリッド省エネシステム』を紹介します。

2 『温泉ハイブリッド省エネシステム』の基本的な考え方

日本には温泉やスーパー銭湯等の浴場施設はもとより、町立〇〇センターといった公営施設などを含めると、様々な形態で運営される温浴施設が数多くあります。秘湯ブームによって「源泉かけ流し100%」の温泉人気が高いところですが、多くの温浴施設では源泉の湧出量と温度の関係により、約9割の施設においてボイラー等による加温が必要とされているのが実態です。特に最近では

露天風呂を常設することが一般的であり、また施設によっては24時間入浴可能を謳い文句にすることも
あるため、浴槽の温度管理に係るコストは経営者にとって大きな負担となっています。そのような施設
において、通常行われている一般的な温浴槽の加熱方式である浴槽ろ循環回路の概略を図1に示しま
す。これは浴槽の湯を循環し、燃焼機器（主にボイラーや温水器）からの温水熱により熱交換器におい
て伝熱加熱する方法です。

これに対し、『温泉ハイブリッド省エネシステム』では、従来の熱交換回路に追加熱源用の熱交換回
路を増設したシステムです。その概略を図2に示します。

『温泉ハイブリッド省エネシステム』では、既設ボイラー等による熱交換の前にヒートポンプ給湯器
による温水回路を設け、このヒートポンプ給湯器による効率的な加熱を優先することにより、ボイラー
の運転負荷を低減しています。

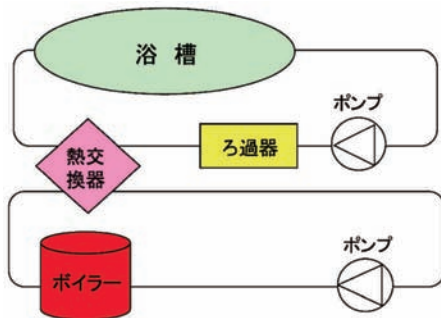


図1 一般的な循環ろ過・加温方式

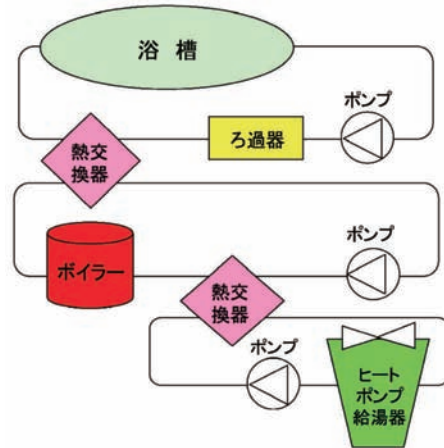


図2 ヒートポンプ給湯器を組み込んだ加温方式

ここでヒートポンプ給湯器の能力や設置台数が問題となりますが、ボイラーとヒートポンプ給湯器の
価格は同一熱量で比較すると、ヒートポンプ給湯器は約10倍高額であるため、設置台数はできるかぎり
少なくし、イニシャルコストの低減を図ります。露天浴槽では特に冬季や夜間の放熱量が大きいので、
夏季の最低負荷熱量をまかなえるだけの必要最低限のものとしています。この負荷を超える冬季など
には不足する加熱を従来のボイラー等で補います。つまり、夏季や負荷の少ない昼間にはボイラー無し運
転を可能とし、燃料費の低減を図ります。

以上は『温泉ハイブリッド省エネシステム』の基本的な考え方ですが、これは従来の設備を活かした
うえに新たな設備を増設する「改修工事」を前提としたものであり、新設時から『温泉ハイブリッド省
エネシステム』を考慮する場合には、当然ながら別の回路も考えられます。

3 『温泉ハイブリッド省エネシステム』の特徴

(1) ヒートポンプ給湯器

ヒートポンプ給湯器は特殊なものではなく、汎用品を使用します。ただし、消費されるための給湯は

必要とせず、熱交換による加温を目的としているため、循環回路で再加熱可能なヒートポンプ給湯器を使用しています。従って製造会社については制約があります。また、循環回路での熱交換であり高温水は必要としないため、機器の冷媒は代替フロンである R407C (HFC-32/125/134a) を使用した、出口温水温度55°Cの機器を選定しています。この機種は近年成績係数 (COP: Coefficient Of Performance の略, エネルギー消費効率ともよばれる) が6まで向上した CO₂冷媒の給湯器に比べ、COP3.2と低い値ではありません。また、この代替フロンである R407C 冷媒の地球温暖化係数は1,500¹⁾であり、自然冷媒の CO₂の地球温暖化係数1と、単純比較では、CO₂冷媒のほうが環境に優しいところですが、システムでの効率やコストを考慮した結果、この機種を採用しています。

(2) 熱交換器

熱交換器もまた特殊なものではなく、汎用品のプレート型 SUS 製の水-水熱交換器を使用します。事例では SUS 製を使用していますが、温泉水の泉質によっては腐食やスケールの対策も必要であるかもしれません。

(3) 貯湯槽 (ヒートポンプ給湯器系)

これもこの『温泉ハイブリッド省エネシステム』の特徴の一つですが、ヒートポンプ給湯器からの温水を加熱専用の循環方式として使用しているため、ヒートポンプ給湯器系回路には貯湯槽を設ける必要がないので、イニシャルコストが低減されます。

4 N 温泉施設での場合

さて、実際に設置された事例を紹介します。都心に近い神奈川県にある温泉施設で、男女別の露天風呂を主として、男女別内風呂と家族用内風呂を備えています。源泉はアルカリ性単純温泉で27.7°C、各浴槽へ送る前の源泉槽では約22°Cのため、A重油燃料によるボイラーで加温しています。また、露天風呂は屋内風呂に比べて約3.5倍の放熱があることと、24時間入浴を行っているため、夏季においても循環加熱用ボイラーで、浴槽内温度を一定に保っていました。

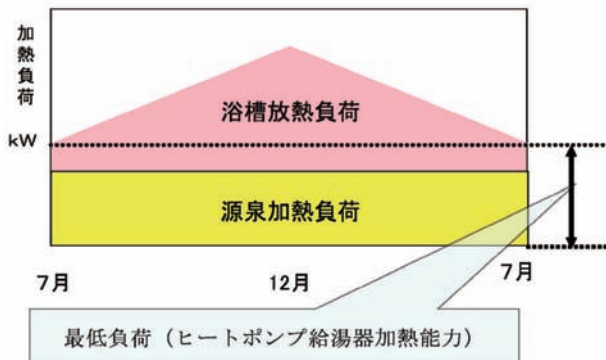


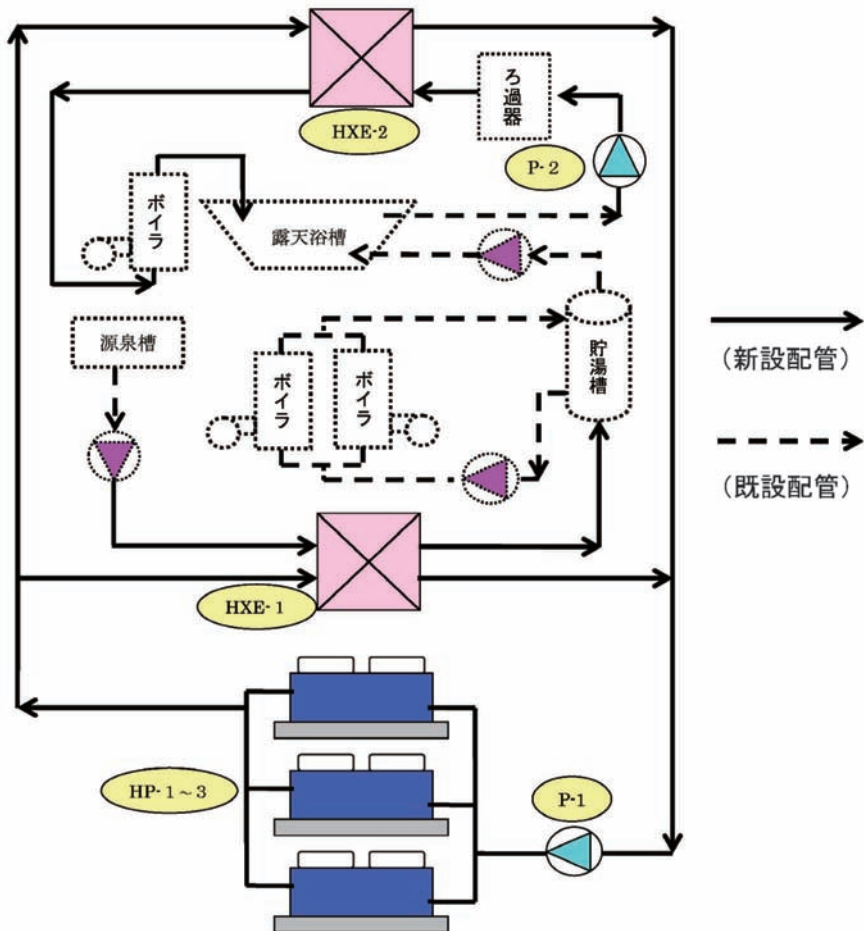
図3 機器の選定能力

N温泉施設では2008年9月から、この『温泉ハイブリッド省エネシステム』を採用し、燃料費がおよそ半額になっています。本施設の場合には、源泉の加温用にも熱交換器による回路を設けており、機器の能力は≪源泉加熱量+浴槽放熱による加熱量≫の最低負荷時の値で選定しています (図3 参照)。

設備の簡略なフローを図4に、また主な機器の仕様を表1に示します。

点線で描かれた既存の設備である機器・配管に、主たるヒートポンプ給湯器、熱交換器

1) IPCC 4次レポートでは R407C の地球温暖化係数は1,770とあります。



ヒートポンプ給湯器の外観



熱交換器の外観

図4 設備のフローと機器の外観

表1 主要機器仕様

記号	機器名称	機 器 仕 様	
HP-1~3	ヒートポンプ給湯器	空冷式屋外型	
		加熱能力	50.3kW
		温水量	200L/min
		温水出口温度	55°C (外気温度7°CDB, 6°CWB)
		圧縮機	3Φ×200V×7.5kW×2
		送風機	3Φ×200V×0.38kW×2
P-1	温水循環ポンプ	屋外渦巻型	65×50×600L/min×15m
		電動機	3Φ×200V×3.7kW
P-2	温水循環ポンプ	ラインポンプ	65×400L/min×28m
		電動機	3Φ×200V×3.7kW
HEX-1	熱交換器 (源泉系統)	プレート型	SUS製
		交換熱量	115,200kcal/h
		HP側温水量	320L/min (55°C→49°C)
		源泉側温水量	100L/min (22°C→41°C)
HEX-2	熱交換器 (浴槽系統)	プレート型	SUS製
		交換熱量	114,720kcal/h
		HP側温水量	344L/min (55°C→48°C)
		浴槽側温水量	400L/min (39°C→45°C)

及び温水循環ポンプを増設したシステムです。図ではバイパス回路や補給水及び膨張管等は省略してあります。

5 熱源でのコスト比較と省エネ効果

既設ボイラーの燃料であるA重油と、ヒートポンプ給湯器の動力源である電気との単純なランニングコストの比較を試算してみます。使用している表1の機器仕様から、ヒートポンプ給湯器の「エネルギー消費効率=COP」は、(加熱能力)÷(圧縮機及び送風機の消費電力)ですので、

$50.3\text{kW} \div (7.5\text{kW} \times 2 + 0.38\text{kW} \times 2) = 3.19 \approx 3.2$ となります。

COP約0.8のボイラーでA重油1リットルから得られる発熱量は、単位発熱量39.1MJ/リットル×0.8=31.28MJとなります。これをヒートポンプ給湯器のCOP≈3.2で除した値9.775MJが同等分の消費電力とすると、電気の単位熱量3.6MJ/kWhで除した値は約2.7kWhとなります。

A重油単価80円/リットル、業務用電力料金11円/kWhと仮定すると、2.7kWh×11円/kWh=29.7円がヒートポンプ給湯器での金額であり、電気とA重油の比は29.7円/80円=0.37となります。同じ熱量を得るのに、A重油燃料を電力に替えることにより、従来の約4割で済むこととなります。これはあくまでも単純な単価比較であり、実際のコスト比較ではありません。電気料金には基本料金もあれば、時間帯別及び季節別料金等の考慮も必要ですし、ヒートポンプ給湯器のCOPも外気温度や水温等の条件によ

って変わります。

N温泉施設でのランニングコストとCO₂排出量の比較を表2に示します。N温泉施設でのハイブリッド運転実績はまだ1年を経過していませんので、あくまでもこれまでの実績値と今後の予想値で出した単純な試算ですが、年間49%、ほぼ半分のランニングコスト削減が可能となっています(図5参照)。

表2 ランニングコストとCO₂排出量の比較

項目	単位	ボイラーのみ	ハイブリッド運転
A重油消費量(年)	リットル	294,224	82,222
削減量(年)	リットル		212,002
電気増加量(年)	kW		484,840
A重油のコスト(年)	円	23,537,920	6,577,760
増加分電気のコスト(年)	円		5,333,240
トータルコスト(年)	円	23,537,920	11,911,000
CO ₂ 排出量(年)	kg	797,347	428,879
CO ₂ 排出削減量(年)	kg		368,468

注記：①燃料のコストはA重油単価80円/リットル、電気単価11円/kWhで試算した。

注記：②A重油のCO₂排出係数は2.71kg-CO₂/Lで試算。環境省「二酸化炭素排出量調査報告書」による。

注記：③電気のCO₂排出係数は0.425kg-CO₂/kWhで試算。環境省報道資料「H19年度の電気事業者別二酸化炭素排出係数」の東京電力㈱実績による。

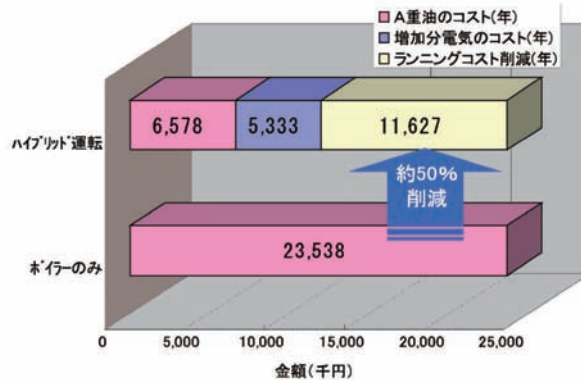


図5 ランニングコストの比較

6 CO₂排出量の削減効果

CO₂排出量についても、年間350トン以上削減が可能であり、従来のシステムから46%のCO₂を削減した結果となりました(図6参照)。なお、CO₂排出量の考え方については種々あるところですが、例

えば電力を1次エネルギー効率で評価した場合、使用場所に届くまでに発電時の排熱ロスや送電ロスにより約6割以上のエネルギーロスが生じており、実際に給湯器で利用される1次エネルギー効率は下がるのではないかと、従ってCO₂排出量の実情はもっと多いのではないかと、等です。これらの考え方は電気式ヒートポンプと高効率ガス給湯器とを比較した記事等にありますが、本調査においては一般的に事業者が排出量の算定に用いる数値で試算しています。また、電気の二酸化炭素排出係数についても、今回は電気事業者の公表値で試算しましたが、デフォルト値²⁾である0.555kg-CO₂/kWhで試算した場合でも年間約305トン、約38%の削減率となります。

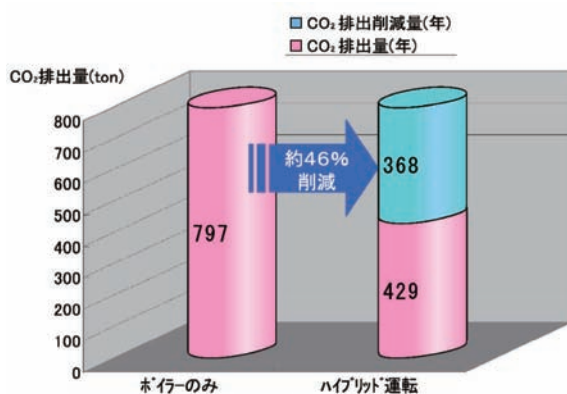


図6 CO₂排出量の比較

7 おわりに

N温泉施設における『温泉ハイブリッド省エネシステム』の実例から、ランニングコストとCO₂排出量について述べましたが、最後にインシヤルコストについて紹介します。N温泉施設の場合、光熱費のみのランニングコスト削減金額での試算では、ほぼ2年半分が設備工事にかかった経費に相当するとのことでした。これは設備機器の耐用年数をおよそ15年と想定しても、かなり短期間でインシヤルコストを回収できたことになり、さらに営業利益の増収が期待できるものと言えます(図7参照)。

ハイブリッド給湯については既にシステムではなく、ヒートポンプとガス燃焼式の一体型給湯器が開発され、運転制御方式が簡略化された新商品が市場に出るとの情報もあります。それから比較した場合、今回紹介した事例はもはや“新技術”と言えるものではないのかもしれませんが、給湯を目的としない方式である『温泉ハイブリッド省エネシステム』は、決して古い技術ではなく、既存設備をかかえる事業者にとっては、部分改修工事として対応できるうえ、コスト削減と環境負荷低減のみならず、収益増も大いに期待できると思われることから、“新技術”として紹介しました。

昨年夏の原油価格の高騰は一旦治まりの様相を呈しましたが、図8に示すように上昇の動きが見え、

2) 平成18年経済産業省・環境省令第3号に定められた係数であり、電気事業者別排出係数がこの値を下回るものについては公表されており、その数値を用いることができます。

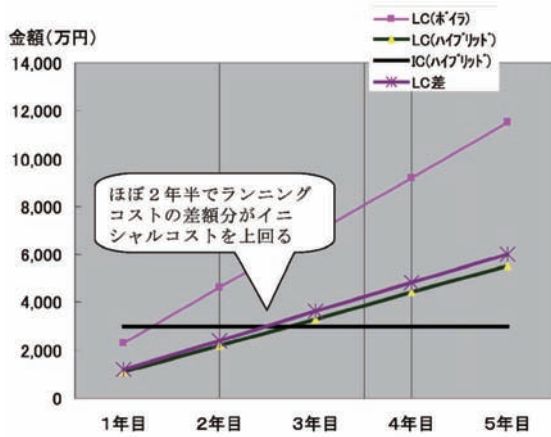
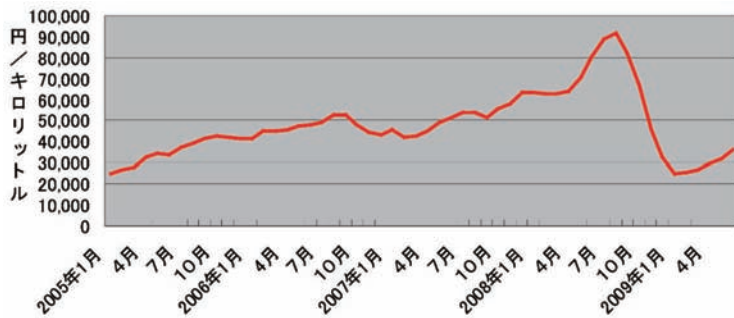


図7 コスト回収のイメージ



(注) CIF 価格：財務省通関統計による価格

図8 原油価格 (CIF) の推移

いつまた昨夏のような騒動が起こらないとは言えません。地球温暖化の問題は異常気象を実感するほどに年々深刻な問題となっています。温室効果ガスの削減も目標とはうらはらに年々増加するなど、事業と環境との関係は益々重要な課題となっており、今回紹介した『温泉ハイブリッド省エネシステム』が、環境負荷低減の促進に貢献されることを期待するものです。

最後に、本調査にあたり、(株)エコロツールより提供を受けました技術資料及び画像データの一部を引用させていただきましたことに感謝いたします。