

優良省エネルギー設備顕彰事例①

改修設備部門 省エネルギーセンター最優秀賞

温泉排湯熱を利用した排熱回収ヒートポンプによる 高効率熱源供給システム

設備所有者：株式会社大観
設備施工者：株式会社東洋製作所

建物の概要

名称：湯守 ホテル大観
所在地：岩手県盛岡市繫字湯の館37-1
概要：建家 地上11階、地下1階
延床面積 17,979.01m²
構造 RC造 SRC造
用途 ホテル

1. 技術開発の目的と経過

目的

温泉排湯を低温熱源として温水ヒートポンプを高効率で運転し、館内の暖房や給湯に利用する。

これにより既設A重油焚きボイラーの燃料消費量が大幅に削減される。

経過

平成24年5月～（設計、検討等）排熱回収ヒートポンプの導入検討依頼を受けて、周辺設備の構成や動作回路を検討する。また省エネ効果等の想定メリットについて試算を行う。

平成24年12月～（試運転、引渡し）12月上旬より周辺設備の動作回路チェック、中旬よりヒートポンプを稼働させた試運転調整開始し、下旬には引き渡しまで完了。年末年始の繁忙期において、ボイラー燃料消費量を大幅に削減できたことが確認された。

2. 設備・システムの概要

概要

・既設の排湯槽には、各浴槽からのオーバーフロー排湯が集まっており、この排湯を適量汲み上

げて、排熱回収ヒートポンプの低温熱源として利用する。

- ・熱回収後の排湯は、排湯槽の温度や水位によって、再び排湯槽に戻されるか排出するか選択する。
- ・ヒートポンプからは温水を出力し、熱交換器を介して既設貯湯槽を循環加温する。
- ・貯湯槽内の温水は、最終的に館内の給湯や暖房用熱源として利用される。

特徴

- ・ホテル大観では、豊富な源泉をかけ流しで利用しているため、排湯槽内に集積されるオーバーフロー水はほとんど汚染されていない。また、年間通して38℃前後で安定しており、流量も多い（300Lit/min以上）ことから、長期間に渡って排熱回収ヒートポンプを高効率で運用することが可能である。
- ・ヒートポンプと既設ボイラーは、共に貯湯槽内の温度によって発停する制御としているが、必ずヒートポンプが先行するように、起動温度を高く設定しているため、暖房負荷が特に大きな冬期の繁忙時間帯以外にはボイラーは起動せず、積極的にA重油の消費量を減らしている。
- ・このように、既設ボイラーはあくまで一時期のピーク負荷時におけるバックアップ用として機能するに止まり、ヒートポンプの稼働率を最大限に上げて選択的に高効率かつ環境負荷の少ない熱源供給が行われるシステムとなっている。

3. 着想

- ・豊富な源泉を有するが故に軽視され、熱回収さ

れることなく放水されていた38℃の排湯に着目し、ヒートポンプとの組み合わせによる低温排熱の有効利用方法を検討した。

- ・本物件は暖房負荷の需要が大きな寒冷地域に位置し、また一日通して温熱負荷が見込める業種でもあることから、ヒートポンプは高い年間稼働率が見込め、設備の規模の割に効果的な一次エネルギー消費量の削減、並びに環境負荷低減が期待できる。

4. 効果（省エネルギー）

1) 省エネルギーおよびCO₂削減効果試算

i) 推定ヒートポンプ稼働時間/年

…（計2台設置）

- ・停止時間/年：1836Hr/年
（夏期1464Hr+中間期372Hr+冬期0Hr）
- ・1台運転時間/年：3412Hr/年
（夏期1464Hr+中間期1464Hr+冬期484Hr）
- ・2台運転時間/年：3512Hr/年
（夏期0Hr+中間期1092Hr+冬期2420Hr）

ii) A重油削減量とCO₂排出削減量

- ・ヒートポンプ出力（90kW/基）/年：
 $(90\text{kW} \times 3412\text{Hr}) + (180\text{kW} \times 3512\text{Hr})$
=939.24MWh/年
- ・電力消費量（23.3kW/基）/年：
 $(23.3\text{kW} \times 3412\text{Hr}) + (46.6\text{kW} \times 3512\text{Hr})$
=243.16MWh/年
- ・A重油削減量/年：939.24MWh/年÷
 $39.1\text{MJ/Lit} \div 0.85 = 101.74\text{kLit/年}$
*ボイラー効率を85%と仮定
- ・CO₂排出削減量/年：
 $275.7\text{ton/年} - 136.2\text{ton/年} = 139.5\text{ton/年}$
- ・CO₂排出削減率：
 $(139.5\text{ton/年} \div 275.7\text{ton/年}) \times 100 = 50.6\%$
電気CO₂排出量/年=243.16MWh×
 $0.560\text{kgCO}_2/\text{kWh} = 136.2\text{ton/年}$
*電気のCO₂排出係数は2012年分公表値
（東北電力株）を採用
A重油CO₂排出量/年=101.74kLit×
 $2.71\text{kgCO}_2/\text{Lit} = 275.7\text{ton/年}$

iii) 省エネルギー効果（原油換算）

- ・原油換算削減量：
 $102.63\text{kLit/年} - 61.25\text{kLit/年} = 41.38\text{kLit/年}$
- ・原油換算削減率：
 $41.38\text{kLit/年} \div 102.63\text{kLit/年} = 40.3\%$
電力消費量原油換算/年 = $\{(243.16\text{MWh} \times 0.7 \times 9.97\text{GJ/MWh}) + (243.16\text{MWh} \times 0.3 \times 9.28\text{GJ/MWh})\} \times 0.0258\text{kLit/GJ}$
=61.25kLit/年
*ヒートポンプの稼働時間割合は、昼間が70%で夜間が30%と仮定
A重油削減量原油換算/年=101.74kLit×
 $39.1\text{GJ/kLit} \times 0.0258\text{kLit/GJ} = 102.63\text{kLit/年}$

2) 実証データ（設備導入前後における重油消費量の比較）

- ・表1に示すように、設備導入前の平成24年と比較して、1～3月の3ヶ月間で重油使用量は40,390Lit削減（排熱回収ヒートポンプ導入の効果と見込まれる分として）された。
- ・試運転段階での計画（推定）では、同期間における重油削減量は38,604Lit程度と試算しており、比較的近い結果（105%）となった。
- ・但しこの比較は、各年の需要熱量の違いを考慮していないため、平成23年3～4月には東日本大震災の影響により重油使用量が大きく低下していることから判るように、客足の増減による影響も大きい。
- ・11～12月の2ヶ月間では、平成25年になって客足が増加したことから、見かけ上の重油削減量が少なくなって（計画の37～41%）いるが、実際には排熱回収ヒートポンプは良好な運転を継続しており、その他の月の実績から見ても省エネルギー効果は計画に近い値が期待できる。
- ・また、8月には記録的な大雨により機械室が浸水し、排熱回収ヒートポンプもこの影響を受けて運転が中止されたが、納入以降の省エネルギー実績を高く評価いただき、稼働率が特に高くなる冬期の前に復旧が進められ、11月から運転を再開している。

表1 省エネ設備導入^{注1)}前後の省エネルギー効果

	重油使用量			排熱回収ヒートポンプによる 重油削減量 ^{注1)} 実績 (各年の需要熱量の違いは考慮せず) *全重油削減量の70%として算出	排熱回収ヒートポンプによる 省エネルギー効果 (計画:推定試算値)			実績と 計画の 比較 (C)/(D)
	省エネ設備 導入 ^{注1)} 前		省エネ設備 導入 ^{注1)} 後		重油 削減量 (D)	消費 電力量	省エネルギー 効果 原油換算	
	平成 23年	平成 24年 (A)	平成 25年 (B)	平成24年比較 ((A)-(B))×0.7=(C)				[Lit]
	[Lit]			[Lit]	[Lit]	[kWh]	[Lit]	[%]
1月	60,500	62,300	45,350	11,865	13,297	31,781	5,409	89.2
2月	51,700	62,300	40,150	15,505	12,010	28,706	4,885	129.1
3月	32,000	55,150	36,550	13,020	13,297	31,781	5,409	97.9
4月	27,600	33,000	---注2)	10,529注2)	10,529注2)	25,164	4,283	100.0注2)
5月	22,000	18,300	---注2)	7,253注2)	7,253注2)	17,335	2,950	100.0注2)
6月	14,900	13,650	8,800	3,395	3,510	8,388	1,428	96.7
7月	12,200	12,050	7,300	3,325	3,627	8,668	1,475	91.7
8月	12,900	11,850	---注3)	3,627注3)	3,627注3)	8,668	1,475	100.0注3)
9月	11,650	10,700	---注3)	3,510注3)	3,510注3)	8,388	1,428	100.0注3)
10月	23,900	20,450	---注3)	7,253注3)	7,253注3)	17,335	2,950	100.0注3)
11月	33,100	34,200	28,100	4,270	10,529	25,164	4,283	40.6
12月	53,500	48,200	41,100	4,970	13,297	31,781	5,409	37.4
	合計			88,522	101,738	243,159	41,383	87.0

東日本大震災に起因した客足減に伴い、重油使用量が大幅に低下。

景気回復による客足増に伴い、平成24年に比べて需要熱量自体が大幅に増大した。このため前年比での重油削減量が少なくなっているが、排熱回収ヒートポンプは良好な運転を維持しており、省エネ効果は計画に近い値が期待できる。

- 注1) 今回の省エネ設備導入工事では、申請対象以外の部分についても省エネ施策を行っており、全重油削減量に対する申請対象部分(排熱回収ヒートポンプによる省エネ)の影響割合は、平均して約70%程度と見込んでいる。
- 注2) 一次側排熱回収器の不具合の影響により、排熱回収ヒートポンプの適正な運用が中断したため、省エネ効果確認データから除外した。実績には計画値(推定試算値)をそのまま入力している。
- 注3) 大雨により機械室が浸水し、排熱回収ヒートポンプも影響を受けて運転を中止したため、省エネ効果確認データから除外した。10月に復旧工事を行い11月より運転再開。実績には計画値(推定試算値)をそのまま入力している。

5. 投資回収(省マネー)

従来通りにボイラー(A重油焚き)のみを熱源とした場合に対して、排熱回収ヒートポンプ導入によるランニングコストの低減額は、約527.2万円/年と試算される。

右に試算表を示す。

ヒートポンプのイニシャルコストは定価で1,000万円/基であり、今回は2基導入しているため、定価を基準とした場合の投資回収年数は、以下により約3.8年と試算される。

- 投資回収年数(定価基準):
(1,000万円/基×2基)÷527.2万円=3.8年

表1で示す様に、排熱回収ヒートポンプ導入後もA重油は未だに以前の70~80%程度使用されている。一方、ヒートポンプは、停止するか或いは1台運転になると推定される時間が、年間で合計約60%もあることから、ヒートポンプでカバーする

表2 ランニングコストメリットおよびCO2削減効果試算表

ヒートポンプ設置台数		[基]	1	2
ヒートポンプ運転台数		[基]	1	2
運転台数別対象時間/年		[Hr/年]	3412	3512
温水製造側条件	ヒートポンプ出口温度	[°C]	70	70
	ヒートポンプ入口温度	[°C]	58	58
	ヒートポンプ側流量	[kg/min]	107.5	215
	一次側出口	[°C]	59.8	59.8
	一次側入口	[°C]	55	55
	一次側流量	[kg/min]	270	540
熱回収側条件	ヒートポンプ入口温度	[°C]	35	35
	ヒートポンプ出口温度	[°C]	26	26
	ヒートポンプ側流量	[kg/min]	106.4	212.8
	一次側入口	[°C]	38	38
	一次側出口	[°C]	34.2	30.3
	一次側流量	[kg/min]	250	250
1基当たりの各種性能値	加熱能力	[kW]	90.0	90.0
	排熱回収能力	[kW]	66.7	66.7
	消費電力	[kW]	23.3	23.3
	ヒートポンプCOP	[—]	3.86	3.86
運転台数合計性能値	加熱能力	[kW]	90.0	180.0
	排熱回収能力	[kW]	66.7	133.4
	消費電力	[kW]	23.3	46.6
合計 メリット計算 対A重油	A重油低発熱量	[kJ/Lit]	39100	39100
	ボイラ効率(仮)	[—]	0.85	0.85
	A重油CO2排出係数	[kg-CO2/Lit]	2.710	2.710
	A重油単価	[円/Lit]	80.5	80.5
	A重油CO2排出量/年	[ton/年]	90.1	185.6
	A重油ランニングコスト/年	[千円/年]	2677.7	5512.3
	A重油使用量/年	[Lit/年]	33263	68475
	電気CO2排出係数	[kg-CO2/kWh]	0.560	0.560
	平均電気単価(仮)	[円/kWh]	12.0	12.0
	電気CO2排出量/年	[ton/年]	44.5	91.6
	電気ランニングコスト/年	[千円/年]	954.0	1963.9
	電気使用量/年	[kWh/年]	79500	163659
	CO2排出量削減率	[%]	50.6	50.6
	CO2排出量削減量	[ton]	45.6	93.9
	ランニングコスト差額	[千円/年]	1724	3548
	CO2排出量削減率	[%]	50.6	
CO2排出量削減量	[ton]	139.5		
ランニングコスト差額	[千円/年]	5272.0		

熱需要範囲を拡大したり、蓄熱と組み合わせることにより、ランニングコストメリットを更に増加させる余地も残されている。

6. 他の建物への応用性

建物の用途、形態に関わらず、ヒートポンプの低温側熱源となる15～50℃の未利用の排熱と熱需要があれば、排熱回収ヒートポンプの適用についての検討は可能であり、今回の申請事例のように温浴関連施設に限らず、食品・飲料工場や染色工場など、想定される適用先は多く存在する。

排温水と熱需要の時間帯が異なる場合には、温水槽等の蓄熱設備を設けたり、排温水の水質に問題がある場合には、ヒートポンプとの間に問題の性質に対応（例えば洗浄性、耐食性が高い等）した中間熱交換器を設けて対策する方法がある。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

1) 本設備における排熱回収ヒートポンプの運転計画条件と性能（2基並列運転）

運転条件

- ・熱源水入口温度（ヒートポンプ側循環水）：35℃
（一次側排湯入口：38℃）
- ・熱源水出口温度（ヒートポンプ側循環水）：26℃
（一次側排湯出口：30.3℃）
- ・給水温度（循環加温水戻り）：58℃
（貯湯槽より：55℃）
- ・製造温水温度（循環加温水送り）：70℃
（貯湯槽へ：59.8℃）

性能

- ・熱源水処理量（ヒートポンプ側循環水量）：212.8Lit/min（一次側排湯量：250Lit/min）
- ・温水製造量（循環加水量）：215.0Lit/min（貯湯槽側循環水量：540Lit/min）
- ・消費電力：46.6kW
- ・熱回収能力：133.4kW
- ・加熱能力：180.0kW

2) 排熱回収ヒートポンプ（エコウォーム）装置仕様

エコウォーム 装置仕様

型 式		HPEW型
運転パターン		温水単独製造運転
装置性能（定格）	供給熱源	温 水
	製造温水温度 [℃]	30⇒70 ^{注1)}
	加熱能力 [kW]	109.8
	製造水量 [kg/h]	2364
	利用熱源	水（熱源水）
	熱源水温度 [℃]	30⇒25 ^{注1)}
	排熱回収能力 [kW]	86.7
	熱源水量 [kg/h]	14928
	圧縮機消費電力 [kW]	23.2
	成績係数	4.7
外形寸法 [mm]	1900L×910W×1920H（ユニット本体）	
乾重量 [kg]	1050	
運転重量 [kg]	1150	
騒音値 [dB(A)]	67以下	
電 源	AC200V×3φ×50/60Hz	
ユニット設置場所	屋内外非防爆標準地区	
水質基準	日本冷凍空調工業会の示す水質基準に適合していること	
圧縮機	形式	半密閉式圧縮機
	冷媒	HFC冷媒（R134a）
	圧縮方式	容積式（スクロール）
	起動方式	インバータ
	台数	2台
圧縮機用インバータ	定格容量	重負荷定格22kW/台（軽負荷定格30kW/台）
	電源	AC200V×3φ×50/60Hz
保護装置（圧縮機以外）	熱源水入口温度低下保護（センサは付属品）、給水温度上昇保護（センサはオプション扱い）	
適用法規	冷凍保安規則「その他製造者」に区分	
法定冷凍力	5.4 ^{注1)}	

注.1) 表中の温度条件は本装置の定格条件（標準使用条件）です。

8. 環境保全、便利性等

排熱回収ヒートポンプ（エコウォーム）の導入により、既設ボイラーのA重油使用量は年間で101.74tonの削減と試算される。これによるCO₂排出削減量と、ヒートポンプの電力消費によるCO₂排出量の差より求めたCO₂排出削減量は年間約139.5tonと試算され、従来通りボイラーのみの場合と比較した削減率は約50.6%に達する。（詳細計算は「4. 効果（省エネルギー）」に記載）

今回の申請事例では、製造温水温度が70℃（ヒートポンプ出口側）で、加熱ΔTは循環加温で12K程度と限定されているが、本排熱回収ヒートポンプは60～90℃の温水製造が可能であり、加熱形態も循環加温から一過式給湯まで、切替スイッチを要することなく幅広い（許容加熱ΔT＝10K～80K）加熱温度幅に対応している。また条件によっては排熱回収ではなく、冷・温同時取り出し運転（例えば10℃の冷水と60℃の温水を同時供給）も可能であり、柔軟性に富んだ使い勝手のよさに特徴がある。

一方、省エネ性の観点で見れば、装置単体として高効率を達成しているだけでなく、環境温度に

近く利用価値が見出し難い20～30℃からの熱回収が可能であり、エネルギー利用の高度化が強く求められる産業界にとって付加価値の高い仕様となっている。

9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

工夫した点

「2. 設備・システム概要」で記載したように、ヒートポンプと既設ボイラーは、共に貯塔槽内の温度によって発停する制御としているが、できるだけヒートポンプが優先して運転されるように起動温度を高く（起動タイミングを早く）設定し、ヒートポンプの稼働率を最大限に上げて、選択的に高効率かつ環境負荷の少ない熱源供給が行われるシステムとしている点に工夫がある。但し、このときボイラーの起動タイミングを遅らせ過ぎても、温泉ホテルの特性上朝夕に生じる急な高負荷時間帯への対応が遅れるため、熱需要の負荷特性に応じた適切な起動タイミング（温度設定）を見極める点にも重要性があり、トライアンドエラーによる調整が必要となる。

また排湯量は一定ではないため、常に同流量で一過式に熱回収し続けたのでは、排湯量が少ない時間帯に排湯槽が枯渇し、ヒートポンプが運転不能になる可能性がある。本システムでは、このようなことがないように、排湯槽の水位が低くなった場合には、熱回収した排湯を再度排湯槽に戻して枯渇を防止している。このとき排湯槽の温度は徐々に低下するが、排熱回収ヒートポンプの運転許容温度に対しては十分に余裕があるため、出力と効率は低下傾向になるものの、次に排湯量が増加するまで、運転を継続することが可能である。

発想した点

豊富な源泉を有するが故に軽視され、熱回収されることなく放水されていた38℃の排湯に着目し、ヒートポンプとの組み合わせによる低温排熱の有効利用方法を発想した。

本物件は暖房負荷の需要が大きな寒冷地域に位置し、また一日通して温熱負荷が見込める業種でもあることから、ヒートポンプは高い年間稼働率が見込め、設備の規模の割に効果的な一次エネ

ギー消費量の削減、並びに環境負荷低減が期待できる点でも有利であると考えた。

設備の特徴

「2. 設備・システム概要」に記載。

10. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

市場性および適応市場の大きさ

排熱と温水需要がある工業系の業種について、設備更新周期を30名以上の事業所で20年、30名以下の事業所で15年と仮定した場合、潜在的な排熱回収ヒートポンプの総需要（温度帯や出力容量を考慮しない）は年間で約11,000件程度と推定される。このうち排熱と熱需要の温度帯が、本排熱回収ヒートポンプと比較的マッチする食品製造業は約20%の2300件程度であり、工業系の他業種や、今回の申請事例のようなサービス業など、工業系以外の業種まで含めればその潜在需要は多く、適応市場は非常に広いと想定される。

実際に具体的な提案を行っている案件でみると、食品工場（惣菜、冷凍食品、飲料、醤油、製麺）が最も多く、次いでほぼ同数で温浴施設関連となっている。

「省エネルギー機器の導入推進」と「エネルギー利用の高度化」は環境負荷低減を目指す時代の趨勢でもあり、例えば「エネルギー使用の合理化に関する法律」など、法令によっても厳しく対応が求められ、各種補助金により実行力が助成されている。排熱回収ヒートポンプはこのような要求に対して高い適正を持ち、一次エネルギー消費量の低減への寄与度が大きいことから、将来的にその需要はますます高まるものと考えられる。

