

**軽井沢アイスパークにおける
地中熱利用設備のエネルギー使用量実績
Actual Energy Consumption Results of Geothermal Heat Utilization System
at KARUIZAWA ICE PARK**

正 会 員 ○大山 有紀子 (榊山下設計) 正 会 員 大湯 満晴 (榊山下設計)
正 会 員 泉 雅和 (菱機工業(株)) 正 会 員 村田 元 (菱機工業(株))
Yukiko OYAMA*¹, Mitsuharu OYU*¹, Masakazu IZUMI*², Hajime MURATA*²

*1 Yamashita Sekkei INC. *2 Ryokikogyo Co. LTD.

As the usage of convention hall differs by the type of sport, it is important to understand how the hall is used actually. At Karuizawa Ice Park, the geothermal heat source system is installed in order to prevent the air cooling machines' efficiency go down, and reduce the environment load. Here we report the actual energy consumption, mainly focused on the geothermal system, at the convention hall in cold area, Karuizawa.

はじめに

「軽井沢アイスパーク」は、軽井沢町風越公園の一画に通年型カーリング専用施設であり、国際水準の競技環境空間となっているカーリングホールと 400m トラックの屋外スケートリンクの共用施設として計画され、本建物は、約 51m×35mの 6 シートのカーリングホールを中心に、周囲に観覧用の多目的ホール、更衣室、事務室、会議室等の一般居室を備えたスポーツ競技施設である。競技施設では大会時と通常時での建物利用状況が施設の運営や競技種目によって異なるため、それぞれの利用実態を把握することが重要である。

また、冬季には最低気温-15℃を記録する寒冷地である軽井沢では、加熱主体の熱源システムが基本となる。本施設の熱源計画では、町立公園として環境負荷を低減した施設とするため電気主体の熱源システムとし、さらに空冷機器の冬季の効率低下を防止するため、地中熱利用設備を導入している。

そこで、本施設はカーリングホール専用建物であるため、施設全体のエネルギー消費量ではリンクを構成する冷凍機設備のエネルギー消費量が過半を占めるが、今回報告では、地中熱利用設備の省エネルギー効果を中心に、寒冷地におけるスポーツ施設のエネルギー使用量実態について報告する。

1. 軽井沢アイスパークについて

1.1 建物概要

建物概要を下記に示す。延床面積のうち、カーリングホール及び関係室は約 2,800 m²であり、約 1,750 m²が競技観覧用の多目的ホール（ふれあいホール）・更衣室・事務室等一般諸室の面積となる。

カーリングホールは定期的に大会を開催しており、それ以外の通常時は、一般利用者へリンクを開放している。

表-1. 建物概要

建物名称	軽井沢アイスパーク		
建築主	軽井沢町		
設計監理	株式会社山下設計		
敷地面積	67,931.42 m ²		
建築面積	4,247.46 m ²	延床面積	5,069.47 m ²
階数	地上 2 階	構造	RC・一部 S 造
工期	2011 年 5 月～2013 年 3 月		
主な施設	<施設内> カーリングホール：通年型 6 シート 常設観客席 367 席 ふれあいホール・会議室・事務室・更衣室等 <屋外> 屋外スケートリンク：400mトラック		
営業時間	9：00～22：00		
休館日	12月31日、1月1日		

写真-1. 建物外観写真及びカーリングホール内写真



1.2 冷凍機設備概要

リンク用の冷凍機設備は建物熱源設備とは独立して設置しており、電気式空冷機器を採用している。主な冷凍機能力及び熱媒体の種別を表-2に示す。

表-2. 冷凍機設備

カーリングホール	
冷凍機能力	160kW ×2基
冷媒種別	1次: NH3 2次: CO2
屋外スケートリンク	
冷凍機能力	332kW ×6基
冷媒種別	1次: 冷却水 2次: プライン

1.3 設備概要

本施設の電気設備・機械設備概要を表-3,4に示す。

表-3. 電気設備概要

受変電	電力引込	6.6kV×1回線
	受変電形式	屋外型/キュービクル式
	変圧器容量	1250kVA
幹線動力	動力負荷	3Φ3W 200V・3Φ3W 400V (冷凍機用)
	電灯コンセント負荷	1Φ3W 200V/100V
照明	カーリングホール	500・1000・1500 lx
	ふれあいホール	300 lx
情報	アンプ容量	240 W (非常放送用)
	カーリングホール用アンプ: 1200W・集音マイク	
その他	ITV設備	防犯用・カーリング競技用
他	カーリング競技用表示設備 (得点表示盤・タイマー装置)	

表-4. 機械設備概要

主要熱源機器	HP-1 地中熱 HP 給湯機	126.8kW
	HP-2 地中熱 HP 温水機	123.2kW
地中熱交換器	地中熱交換器 100m×60本 配管材料: 硬質ポリエチレン管 25A	
空調方式	カーリングホール:	全熱交換器+除湿機
	観客席:	温水式パネルヒーター
	ふれあいホール:	HP空調機+温水式床暖房+電気式パネルヒーター
	事務室・会議室等:	HP空調機+全熱交換器
中央監視	RICS (菱機工業株)	
給水方式	水源:	水道水
	系統:	上水・雑用水2系統給水 供給方式: 受水槽+加圧給水方式
排水方式	建物内:	汚水/雑排水分流
	屋外:	雨水/汚水分流
給湯方式	供給方式: 中央給湯方式	

2. 地中熱利用設備および計測概要

2.1 地中熱設備概要

本建物において地中熱は、一般居室部分の冷暖房・給湯用熱源として利用している。全体の熱源システム概略図を図-1に示す。

地中熱利用の熱源設備は3系統に分けられ、床暖房・パネルヒーター用熱源である暖房系統 (HP-1)、給湯用熱源である給湯系統 (HP-2)、冷暖房用のパッケージ空調機系統 (PAC) がある。カーリングホール内のパネルヒーターは年間を通して使用しているため、夏季にも暖房負荷が発生する。

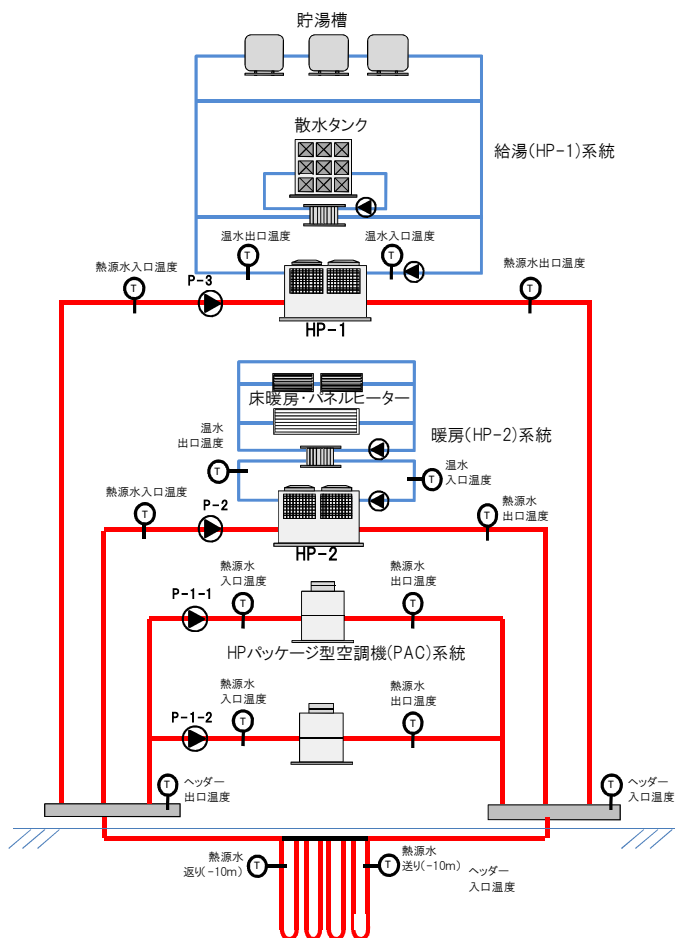


図-1. 熱源システム概略図



写真-2. 地中熱交換器敷設工事

2.2 地中熱交換器概要

地中熱交換器は、ボアホール方式にて 25A×4 本を 1 組として 100m×60 組設置している。現場にてボーリング調査及びヒートレスポンス試験を実施した結果、地上部分は湧水が豊富であるが、深部が岩盤層となっていたことから平均総合熱伝導率は 1.23W/mK と設定した。

2.3 エネルギー使用量計測概要

地中熱利用設備の設備稼働状況を検証するため、エネルギー実測を行った。計測期間及び主な計量ポイントを表-5 に示す。計測温度ポイントは図-1 に示す。

表-5. 計測概要

計測期間	2013年4月1日～2014年3月31日 (給水・給湯は2013年5月1日～2014年4月30日)
主な計測項目	地中熱温度・熱源水温度・外気温 熱源機器系統ごとの電気使用量 機器稼働状態

3. エネルギー使用実績

3.1 気象条件と地中熱温度

本敷地における平均外気温と地中 80m及び 40m地点での平均地中温度の年間推移を図-2 に示す。外気温と比較し、地中温度は比較的一定した値となっている。年間の平均地中温度は、地中 80mにおいて 12.8℃、地中 40mにおいて 11.8℃である。地中深さ 80mと 40mを比較したところ、年間を通し温度差は 1℃以内であった。また、外気温の年間最大値は 33.5℃(2013年8月11日)、最低値は-14.4℃(2014年1月11日)であるのに対し、地中熱温度は最大値 18.2℃(地中 80m, 2013年8月16日)、最低値 7.6℃(地中 40m, 2014年2月9日)であった。

3.2 地中熱利用状況

年間の熱源水温度と外気温を図-3 に示す。年間を通して出口側は入口側よりも温度が高く、施設として冷却よりも加熱の需要が高いことがわかる。

季節別の熱源水温度差の最大値は夏季 6.5℃(2013年7月29日)、冬季：7.1℃(2014年1月21日)であり、夏季よりも冬季の方が大きい。これは夏季の冷房負荷と暖房負荷が相殺されていることも影響していると考えられる。温度差より換算した年間の地中熱利用熱量は 6,409GJ/年であった。

また、年間最大電力使用量記録日(2014年2月8日)及び夏季最大電力使用量記録日(2013年8月9日)における時刻別地中・熱源水温度変化を図-4、5 に示す。熱源水出口側(地中-10m)での温度はほぼ地中温度と等しくなっており、熱交換が行われていることがわかる。また、ヘッダー入口温度の時刻別の温度差が大きいのは、

計測時に熱源機に負荷がない場合温度が低下しないためと考えられる。

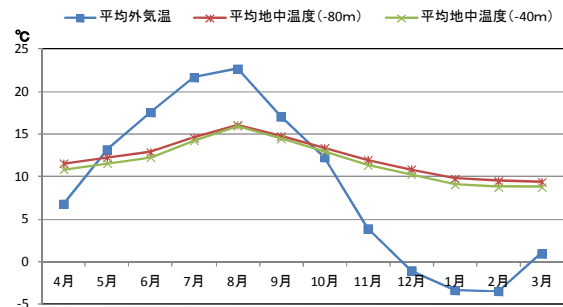


図-2. 月平均外気温と地中温度

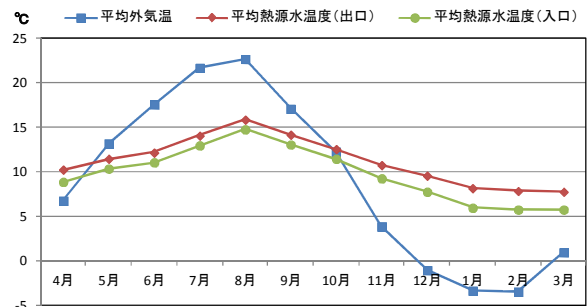


図-3. 月平均外気温と熱源水温度

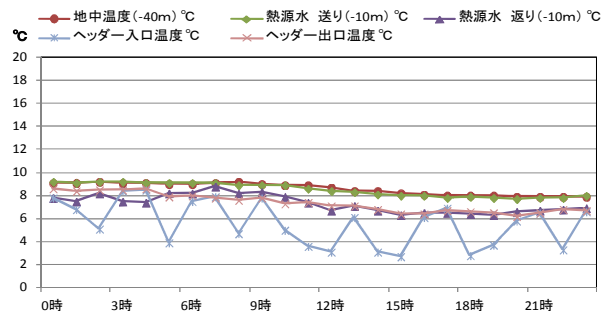


図-4. 時刻別地中・熱源水温度 (2014年2月8日)

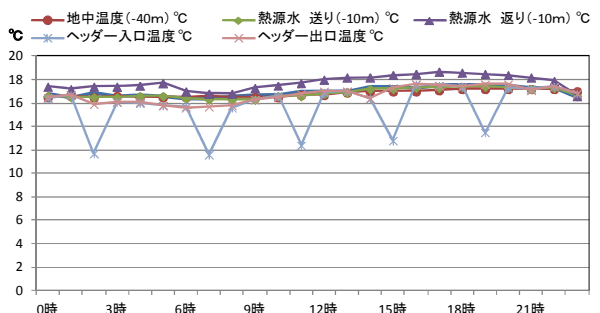


図-5. 時刻別地中・熱源水温度 (2013年8月9日)

3.3 熱源機器別地中熱利用状況

3.3.1 給湯系統 (HP-1)

HP-1 は主にシャワー用の給湯加熱源として利用しているが、年間最大電力消費量記録日(2014年1月6日(日))における機器稼働時間は4時間であった。熱源水・温水温度及び電力消費量を図-6 に示す。給湯使用

量が少なく熱源機の稼働が単発的であるため、外気で冷やされた温水が機器稼働とともに温度が上昇している。

2014年1月6日の機器稼働時(10-11時)における機器COP(温水温度差による加熱量÷電力消費量)は6.47であった。参考として、同時間の外気温-2.9℃における空冷機器の定格COPは2.30(メーカー参考値より)であった。

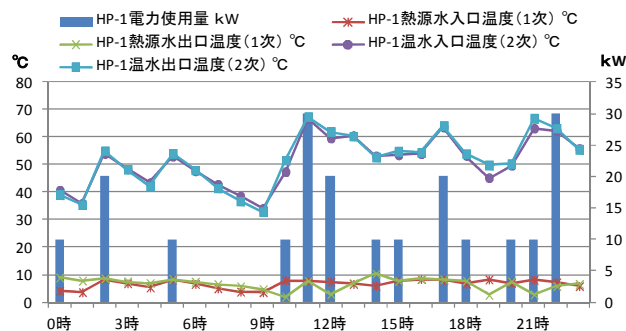


図-6. HP-1 電力消費量と温水温度 (2013年1月6日)

3.3.2 暖房系統 (HP-2)

HP-2は主に観覧席用パネルヒーター、多目的ホール床暖房等の暖房用熱源として使用している。HP-2の年間最大電力消費量記録日の2014年2月15日(金)の熱源水・温水温度変移および電力消費量を図-7に示す。HP-1と異なり、暖房系統は継続的な電力消費がみられるが、温水温度差が平均2.5℃程度と負荷が少ない。

2014年2月15日の機器稼働時(15~16時)における機器COPは3.47であった。同時間の外気温-1.5℃における空冷機器のCOPは2.37程度(メーカー参考値より)であり、地中熱利用の方が効率がよい。

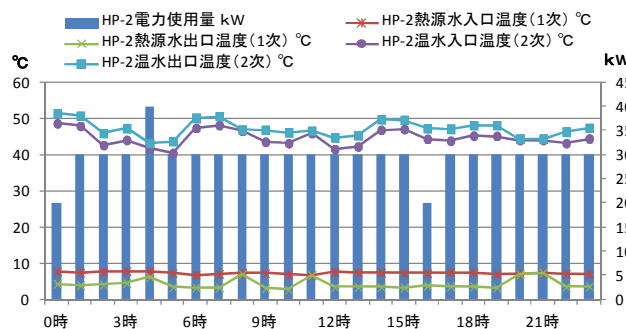


図-7. HP-2 温水温度と電力消費量 (2014年2月15日)

3.3.3 冷暖房パッケージ空調系統 (PAC)

一般諸室の冷暖房には地中熱利用水冷式空調機と、一部空冷式空調機を採用しており、パッケージ型空調機の電力消費量計量は水冷と空冷の合計値となっているため、地中熱利用設備としては参考値として記載する。

最大電力使用量月の水冷式空調機のみが稼働している時間帯(2014年2月8日21~22時)における電力消費量と熱源水温度に基づく平均機器COPは4.29であった。

これは、同時刻の外気温(-4.7℃)における参考空冷機器COP(2.86)と比較し、効率が良い。

4. エネルギー使用量実績

本章では、地中熱利用設備の他、冷凍機設備や一般設備等の建物全体の各種使用量について報告する。

4.1 電力使用量実績

冷凍機設備・照明等一般電力を含めた施設全体の月別全館電力使用量を表-6に示す。

表-6. 全館電力使用量 (2013年4月~2014年3月)

	建物全体	延床面積あたり
年間電力使用量	1,195 MWh/年	236 k Wh/年㎡
月平均使用量	100 MWh/月	20 k Wh/月㎡
日平均使用量	3,275 k Wh/日	646 Wh/日㎡

4.2 給水使用量実績

施設全体の給水使用量を表-7に示す。全体給水使用量のうち、上水の比率は39%であった。平均給水使用量は、大会日の方が平日を上回るが、年間最大使用量記録日は平日であった。

表-7. 全館給水使用量 (2013年5月~2014年4月)

	建物全体	備考
年間給水使用量	1,118,040 L/年	
大会日平均給水使用量	538 L/日	
平日日平均給水使用量	135 L/日	
日最大給水使用量	13,370 L/日	8/4,7
時間最大給水使用量	4,960 L/時	2/7 17時

4.3 給湯使用量

施設全体の給湯使用量を表-8に示す。年間最大給湯使用量は8月であった。

表-8. 全館給湯使用量 (2013年5月~2014年4月)

	建物全体	備考
年間給湯使用量	104,800 L/年	
日最大給湯使用量	2,050 L/日	8/25
大会日平均給湯使用量	346 L/日	3月まで
平日日平均給湯使用量	259 L/日	3月まで

まとめ

本結果は、竣工後単年のデータに基づいており、試運転調整を行いながらの施設運用となっている。定常的な効果の検証のためには更なるデータの蓄積が必要となり、今後も継続してデータ検証を行うことにより、より詳細な効果について引き続き検証を行っていきたい。

最後に、本稿作成に際して助言及びデータ集約等にご協力いただいた軽井沢町のご担当各位に謝意を示したい。