

4. 調査結果に基づく地中熱利用について

既往調査結果などにより、長野病院内における地下水を熱源とする地中熱利用が困難であるため、地中熱採熱井を用いた熱利用についての可能性を探ることを目的として、深度 145m の採熱井戸を掘削し、ダブルUチューブを埋設した。

ここでは、今回の解析結果から得られた採熱井戸性能（熱交換能力等）に基づく地中熱利用についてまとめる。

4. 1 本井戸における地中熱利用

本井に埋設した深度約 140m のダブルUチューブの熱交換能力を、本調査で実施した TRT 試験解析結果で出した平均 40.5W/m と仮定し、単位長あたりの熱交換能力に U チューブの延長を乗じることにより、本井全体の熱交換能力とみなした場合、本井 1 基で 5.7(kW) の熱量を負担できるということとなる。

$$40.5(\text{W}/\text{m}) \times 140(\text{m}) = 5,670(\text{W}) \approx 5.7(\text{kW})$$

1 基あたりの利用可能な熱量が把握できたことにより、任意のヒートポンプ（規格）を選定し、地中熱利用についての検討を行う。

(1) 地中熱利用の検討

長野病院では、病院敷地内に併設されている看護学校における空調設備に地中熱利用を検討するという前提での検討となった。したがって、ヒートポンプの能力もある程度高いものが要求されることをふまえ、ゼネラルヒートポンプ社製 ZP-WS840-T（表 3-4-1）を選定した。

ZP-WS840-T の能力（加温量）は、暖房で 94.5kW、冷房で 84.0kW である。ちなみに、ヒートポンプによる空調では、一般に 1.0m² 当たり 100W を必要とするものとされ、今回選定した能力を有する ZP-WS840-T（30 馬力）の場合は、1 台でおよそ 1,000 m² の床面積をカバーすることが可能である。また、その時の消費電力は、20.6kW である。

ヒートポンプの能力には、下式のような関係が成り立っている。

$$\text{加温能力（暖房時）} = \text{消費電力} + \text{採熱量}$$

$$\text{冷却能力（冷房時）} = \text{放熱量} - \text{消費電力}$$

したがって、ZP-WS840-T の採熱量（X）および放熱量（Y）を求めると。

・暖房時

$$94.5 = 20.6 + X$$

$$X = 73.9 \text{ (kW)}$$

・冷房時

$$84.0 = Y - 13.6$$

$$Y = 97.6 \text{ (kW)}$$

暖房・冷房時の採熱量および放熱量が求められたことにより、ZP-WS840-T1 台を稼働させるのに必要な地中熱採熱井の本数がわかる。

$$73.9 \div 5.7 = 12.96 \Rightarrow 13 \text{ 基 (暖房時)}$$

$$97.6 \div 5.7 = 17.12 \Rightarrow 18 \text{ 基 (冷房時)}$$

したがって、ZP-XS840-T を選定した場合、今回掘削した 140m 程度の地中熱採熱井をあと 17 基追加する必要がある。

表 3-4-1 ヒートポンプ仕様一覧表

●水冷式ビル用マルチ室外ユニット外観および仕様表

平成22年4月現在

型名 (相当馬力)		224型(8馬力)	280型(10馬力)	335型(12馬力)
型式		ZP-WS224-T	ZP-WS280-T	ZP-WS335-T
電源仕様		三相200V 50/60Hz		
能力	冷房 kW	22.4	28.0	33.5
	暖房 kW	25.0	31.5	37.5
消費電力	冷房 kW	3.43	4.54	5.58
	暖房 kW	5.32	6.85	8.87
外形寸法 W×D×H mm		W890×D890×H1,660		
圧縮機出力	kW	4.1×1	(3.0+3.75)×1	(4.5+4.5)×1
	ガス mm	φ19.05	φ22.22	φ25.4
配管サイズ	液 mm	φ9.52	φ9.52	φ12.7
	室内ユニット 接続可能台数	最大13台	最大16台	最大19台
冷媒		R410A 12kg		
型名 (相当馬力)		448型(16馬力)	560型(20馬力)	670型(24馬力)
型式		ZP-WS448-T	ZP-WS560-T	ZP-WS670-T
電源仕様		三相200V 50/60Hz		
能力	冷房 kW	44.8	56.0	67.0
	暖房 kW	50.0	63.0	75.0
消費電力	冷房 kW	6.86	9.07	11.2
	暖房 kW	10.6	13.7	17.7
外形寸法 W×D×H mm		W1,880×D890×H1,660		
圧縮機出力	kW	4.1×2	(3.0+3.75)×2	(4.5+4.5)×2
	ガス mm	φ28.58	φ28.58	φ28.58
配管サイズ	液 mm	φ12.7	φ15.88	φ15.88
	室内ユニット 接続可能台数	最大26台	最大33台	最大39台
冷媒		R410A 12×2kg		
型名 (相当馬力)		840型(30馬力)	1005型(36馬力)	
型式		ZP-WS840-T	ZP-WS1005-T	
電源仕様		三相200V 50/60Hz		
能力	冷房 kW	84.0	100.5	
	暖房 kW	94.5	112.5	
消費電力	冷房 kW	13.6	16.7	
	暖房 kW	20.6	26.6	
外形寸法 W×D×H mm		W2,870×D890×H1,660		
圧縮機出力	kW	(3.0+3.75)×3	(4.5+4.5)×3	
	ガス mm	φ31.75	φ38.1	
配管サイズ	液 mm	φ19.05	φ19.05	
	室内ユニット 接続可能台数	最大40台	最大40台	
冷媒		R410A 12×3kg		



ZP-WS224(280,335)-T

1. 能力、消費電力は下記の条件における値です。
 冷房：室内空気吸込温度27°CDB・19°CWB、水入口温度15°C
 暖房：室内空気吸込温度20°CDB、水入口温度10°C
 2. 塗装色はシルキーシェード(1Y8.5/0.5)。
 3. キャビネット寸法に外出し配管分は含みません。
 ※仕様は予告なしに変更することがあります。ご了承下さい。

ZO ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

(2) 期待される効果について

これまで検討してきた結果に基づき、先に選定したヒートポンプ（ZP-WS840-T）を単位時間動かした場合に発生するCO₂排出量や、地中熱ヒートポンプシステムから発生した熱量と等しい熱量をガス吸収式冷温水発生器または、灯油ボイラで発生させるものとした場合の比較を、従量単価もふまえ表 3-4-2 をもとに行った。なお、ガス吸収式冷温水発生器および灯油ボイラのボイラ効率_{0.85}とし、比較結果は、表 3-4-3 に示した。

ちなみに、ここでの試算は ZP-WS840-T（30 馬力）を 1 台稼働させた場合を想定しているため、床面積にして概ね 1,000m²を対象として検討している。

表 3-4-2 換算係数一覧

	一次エネルギー消費量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	従量単価 ^{※1}
電気（ヒートポンプ用）（1 kWh 当り）	3.59	0.56	15.93 円/kWh
都市ガス（13A）（1 m ³ 当り）	41.1	2.1	87.55 円/m ³
A 重油（1 ℓ当り）	38.9	2.7	49.86 円/ℓ

※1 従量単価は、長野病院の契約単価である。

表 3-4-3 燃料および CO₂ 排出量の比較一覧

	熱交換できる仕事等量 (MJ)	1 時間で必要な燃料量	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	使用料金 ^{※2} (円)
電気（ヒートポンプ 2 台）	339.26	20.6 (kWh)	11.54	328.2
都市ガス（13A）		8.25 (m ³)	17.34	722.3
A 重油		8.72 (ℓ)	23.54	434.8

※2 長野病院の契約単価をもとに算出。

ZP-WS840-T ヒートポンプ 1 台を定格で運転させた場合、仕事等量 (MJ) としては 339.26 MJ を単位時間で発生することが可能である。この時にヒートポンプを動かす電力は 20.6 kW を必要として、これと同等の仕事等量をさせようとした場合、都市ガスならば 8.25 m³、重油であれば 8.72 ℓが必要となる。言い換えれば、ガス 8.25 m³ もしくは、重油 8.72 ℓの仕事等量を地中熱利用に切替え可能であるということである。また、CO₂ 排出量についても、ヒートポンプを利用することにより、都市ガス利用時では 66%程度、重油利用時では 50%程度に抑えることが出来る。さらにコスト的にも、都市ガス利用時の 45%程度、重油利用時の 75%程度に抑えることができ、ヒートポンプが優っている。

4. 2 今後の課題の抽出

本調査では、地下水利用による地中熱利用（オープン型）が困難な状況下にある長野病院内で TRT を実施することにより、クローズ型の地中熱利用の可能性について検討している。

今回の TRT では、地盤の有効熱伝導率、地中熱交換器の熱抵抗を求めた。ここで求められた有効熱伝導率は、砂、砂礫などの一般的な堆積物に比べてやや低い。

表 3-4-4 熱交換能力に関するパラメーター一覧

有効熱伝導率 λ	1.53 [W/(m·K)] 作図法
熱抵抗R	0.133 [K/(W/m)] 作図法
	0.063 [K/(W/m)] マッチング法

Uチューブ近傍で熱電対により測定した温度データを用いて、TCP/TRT による熱伝導率の深度分布を推定した結果、深度 16~28m、深度 58~64m、深度 94~106m、深度 132m以深で 3.0W/(m·K)以上の高熱伝導率区間が見いだされた。ただし、前述の有効熱伝導率はこれらの高熱伝導率区間の効果を十分に利用できていないと推察された。以下に今後の課題を抽出する。

- ・深度 70m程度の熱抵抗が低い深度における熱交換器の設置を検討することにより、よりコストパフォーマンスに優れたシステムの構築が可能となる可能性が高い。それと同時に、この深度 70m以浅の区間には、活発な地下水流動が存在することが想定されるため、本調査で設置した井戸構造（砂利充填）ではなく、オールスクリーニングによる井戸仕上げをすることにより、地下水流動を阻害しない構造とすることで、熱抵抗を減らし熱交換能力を高めた井戸が設置できる可能性もあるため、これらの事項については今後十分に検討する価値がある。
- ・暖房利用に主眼を置く場合は、地下深部の高温の地盤の利用が有利であるため、今回掘削した 150m程度またはそれ以上の同軸熱交換器の設置を検討することで、より優れたシステムの構築が可能となる可能性が高い。