
地中熱利用ヒートポンプシステム概論

福島県 地域イノベーション戦略支援プログラム
再生可能エネルギー事業プランナー育成講座

平成25年10月10日(木)

ゼネラルヒートポンプ工業株式会社



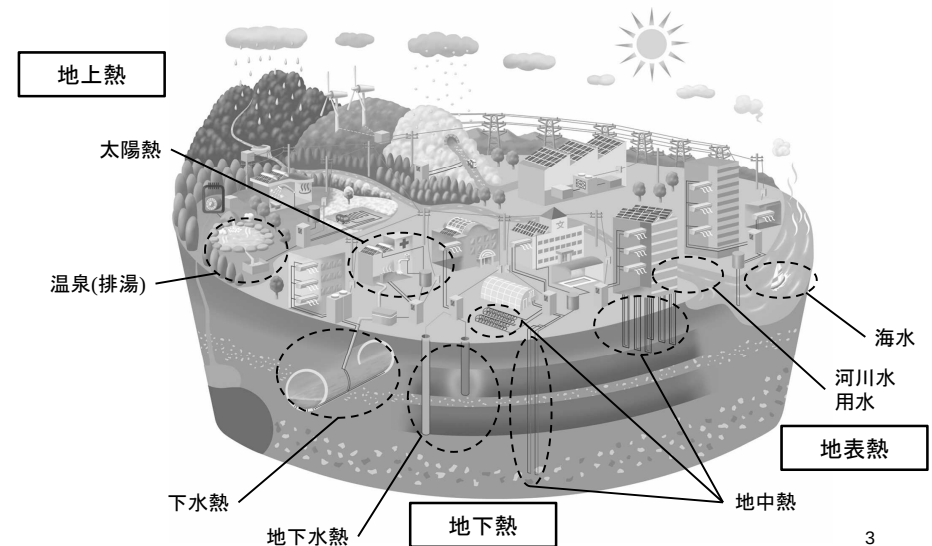
内容

地中熱利用ヒートポンプシステムについて

- ・ 再生可能エネルギー地中熱
- ・ 地中熱ヒートポンプとは？
- ・ 地中熱に対応したヒートポンプ
- ・ 注意点
- ・ 事例紹介

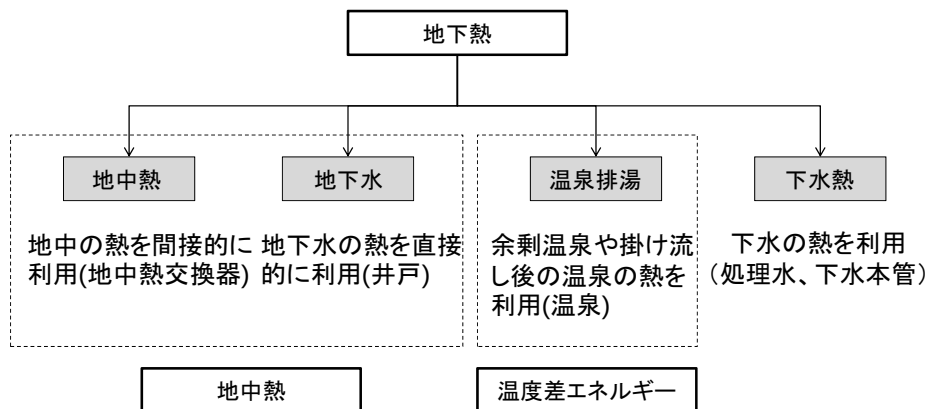
2

未利用・再生可能エネルギー(熱利用)



3

地下熱



→ヒートポンプで利用が可能

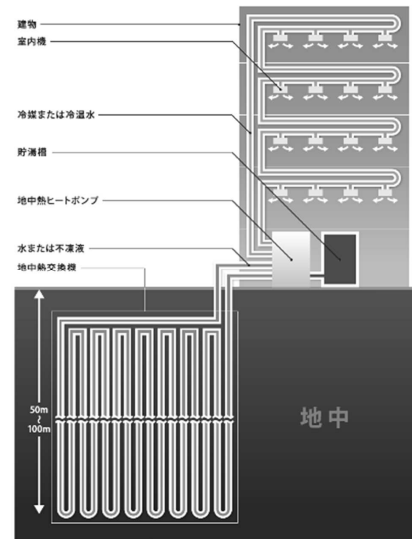
4

地熱と地中熱の違い

- ・ 地熱・・・地熱発電、温泉発電
(80℃以上の蒸気や温水を利用)
→マグマの熱を利用
- ・ 地中熱・・・地中熱ヒートポンプ
(10～20℃の地表から50～200m程度までの
土壌を利用)
→熱容量の大きな土壌を利用
- ・ 地熱と地中熱の間
 - ・ 温泉熱利用ヒートポンプ
 - ・ 地温が高い場合は地熱ヒートポンプ

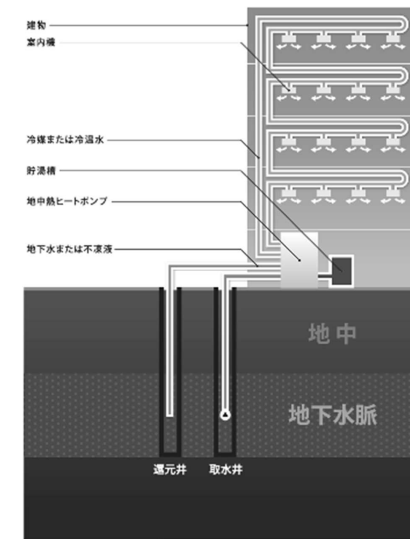
5

地中熱ヒートポンプシステム



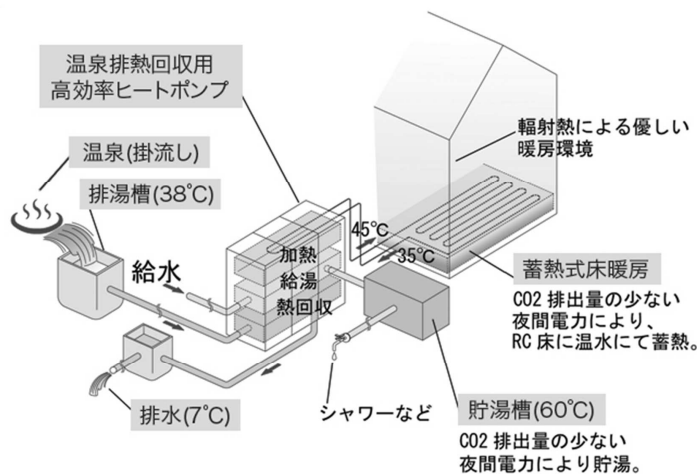
6

地下水利用ヒートポンプシステム



7

温泉排湯利用ヒートポンプ



8

再生可能エネルギー「地中熱ヒートポンプ」

- 太陽光、風力などは再生可能エネルギーとして有名であるが、近年、ヒートポンプについても再生可能エネルギーとして日本を含めて国際的に認識されるようになった。
- 2008年、欧州議会は「再生可能エネルギー推進に関する指令案」を採択し、それによれば、投入した一次エネルギーをはるかに上回る最終エネルギーが得られる場合、ヒートポンプによって汲み上げられた空気、地中、水の熱エネルギーを再生可能エネルギーとして計算するというものである。
- また、わが国においても2009年に政府が公式的に「最終エネルギー消費に対する再生可能エネルギー導入比率(ヒートポンプ等を含む)として2020年頃に20%程度を目指す」と発表された。ヒートポンプは太陽光や風力などの他の再生可能エネルギーに比べて導入コストが低いため、将来的には再生可能エネルギーの中でも最大の導入割合となると予想されている。

9

補助金(平成25年度)

- 「再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業」
地中熱ヒートポンプシステムも対象
民間1/3補助 地方、非営利民間団体:1/2
平成23年度～平成26年度(予定)
→太陽熱、地中熱、地下水、温泉排湯に対応
- 再生可能エネルギー熱利用高度複合システム実証事業費補助金
経済産業省資源エネルギー庁 H25年度概算要求
→上記に加えて下水熱にも対応
- 平成24年度次世代型熱利用設備導入緊急対策事業(再公募)
平成25年4月15日(月) ～ 平成25年6月5日(水)
→温泉排湯熱、工場排熱に対応

10

ZO GENERAL HEATPUMP

ヒートポンプのしくみと特徴

11

ZO GENERAL HEATPUMP

ヒートポンプのしくみ①

自然の法則

水は高さの高い所から低い所へ流れます

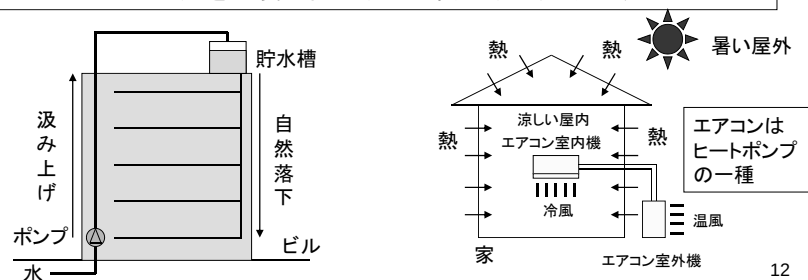
熱は温度の高い所から低い所へ流れます

熱力学第二法則(エントロピー増大の原理)

装置

ポンプは水を低い所から高い所に送ります

ヒートポンプは熱を温度の低い所から高い所に送ります

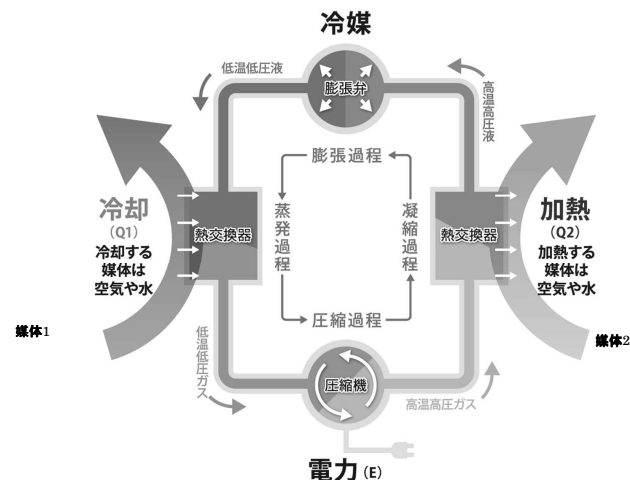


12

エアコンで冷房＝涼しい屋内から暑い屋外に熱を送る

ZO GENERAL HEATPUMP

ヒートポンプのしくみ②

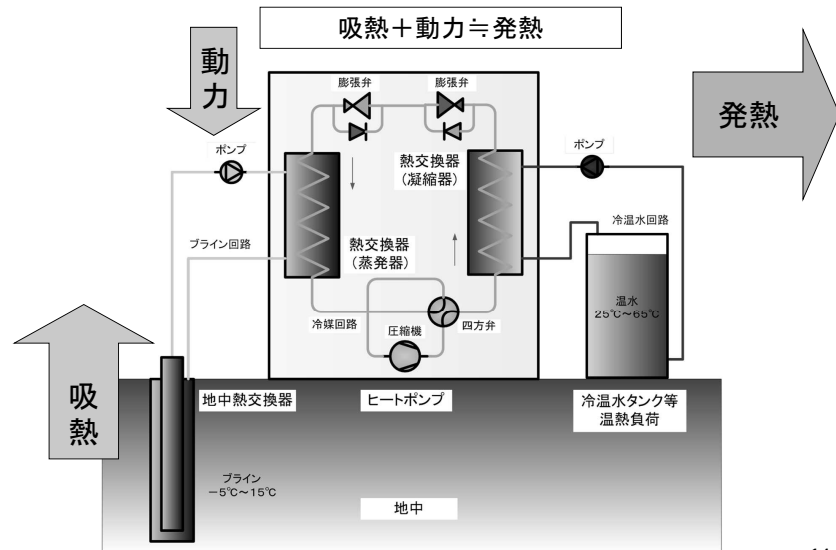


$$Q1+E=Q2$$

13

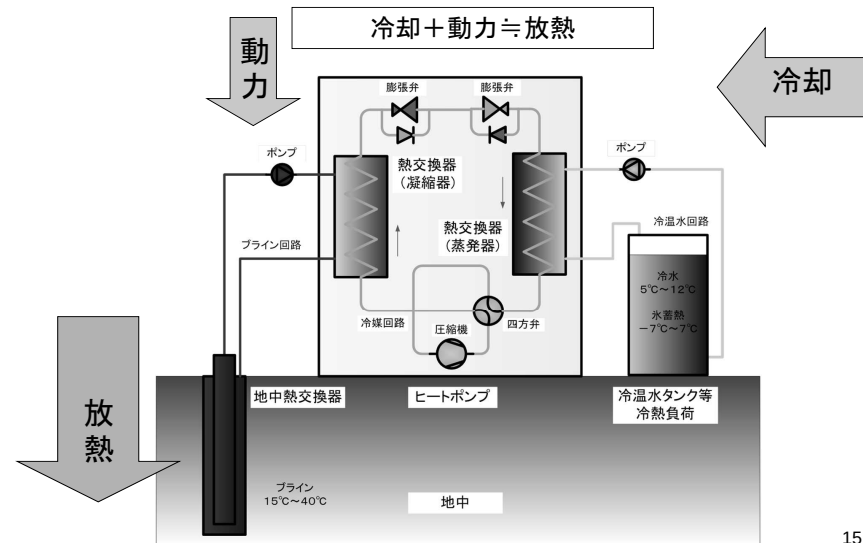
ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱源ヒートポンプの仕組み(加熱)



14

地中熱源ヒートポンプの仕組み(冷却)



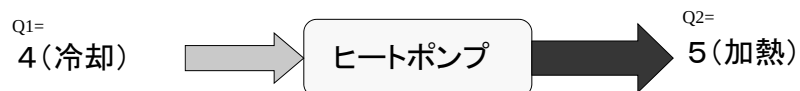
15

ヒートポンプのしくみ③

省エネ性を示す指標: COP

(Coefficient of Performance, 成績係数, エネルギー消費効率)

消費電力1kW当たりで、どれぐらいの能力(kW)を引き出せるかを数値化したもの。数値が大きいほど省エネ性能が優れている。電気ヒータのCOPは1。



冷却のみの利用: COP=4

加熱のみの利用: COP=5

冷却と加熱同時に利用: COP=9 (排熱回収)

$$COP=Q1/E$$

$$COP=Q2/E$$

$$COP=(Q1+Q2)/E$$

16

ヒートポンプのしくみ④

ポンプは揚程が大きいと

- ・ 動力が大きくなり
- ・ 流量が低下する

ヒートポンプは温度差が大きいと

- ・ 動力が大きくなり
- ・ 能力が低下する



ポンプは揚程が小さいと

- ・ 動力が小さくなり
- ・ 流量が増加する

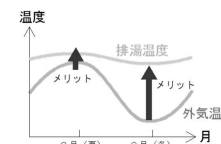
ヒートポンプは温度差が小さいと

- ・ 動力が小さくなり
- ・ 能力が増加する

→ 空冷は中間期は効率が高い

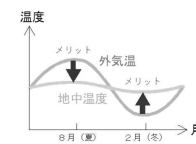
→ 未利用エネルギーである温度差エネルギーを有効利用すると効率が高い

例えば... 温泉排湯、工場排湯



排湯は一年を通して加熱・給湯にメリット

例えば... 地中熱、井水、下水処理水

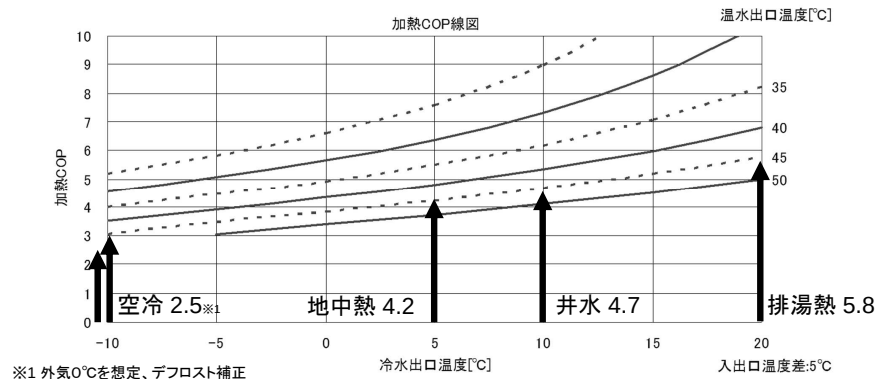


冷房の場合は熱源温度が低い方が有利、
暖房の場合は熱源温度が高い方が有利

17

熱源によるCOPの違いの例

同一圧縮機・熱交換器において



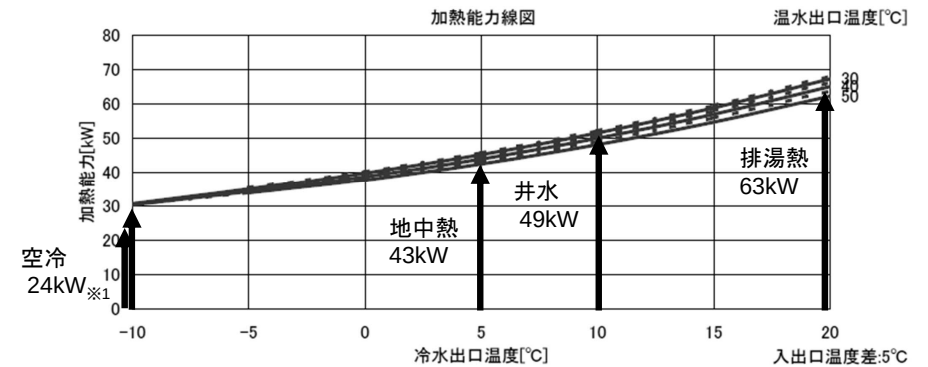
加熱COP: 空冷 < 地中熱 < 井水 < 排湯熱
 ボイラーのCO₂排出量に相当するのはCOP約1.5
 (∵ 火力発電効率40%、ボイラー効率85%、発電化石燃料率70%として)

18

ZO GENERAL HEATPUMP

熱源による能力の違いの例

同一圧縮機・熱交換器において



加熱能力: 空冷 < 地中熱 < 井水 < 排湯熱

19

ZO GENERAL HEATPUMP

ヒートポンプの種類

家庭用空調用ヒートポンプ

二次側 (負荷)	一次側 (熱源)	
	空気	水 (ブライン) → 地中熱
空気	・ エアコン	・ 水冷エアコン
水	・ 温水ヒートポンプ (床暖房)	・ 地中熱ヒートポンプ (空調、床暖房)

20

ZO GENERAL HEATPUMP

21

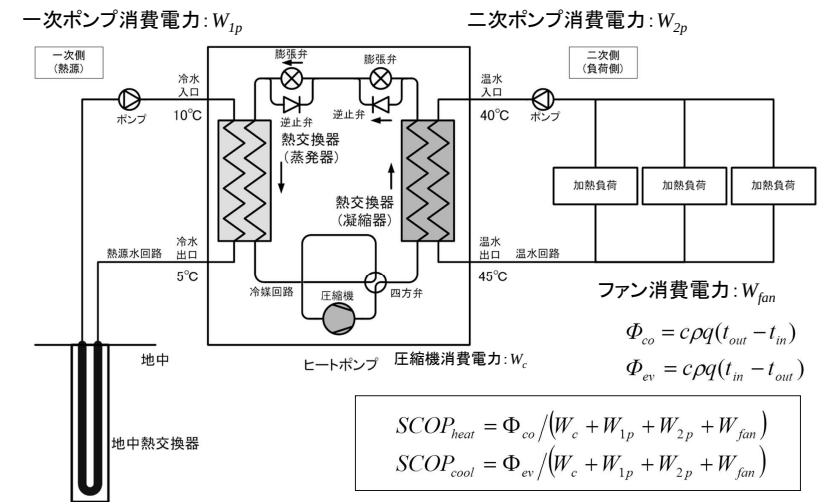
ZO GENERAL HEATPUMP

業務用空調用ヒートポンプ

一次側 (熱源)	空気	水 (ブライン) →地中熱
二次側 (負荷)	・パッケージエアコン ・ビル用マルチエアコン	・水冷パッケージエアコン ・水冷ビル用マルチ
空気		
水	・空気熱源ヒートポンプチャラー	・水冷ヒートポンプチャラー

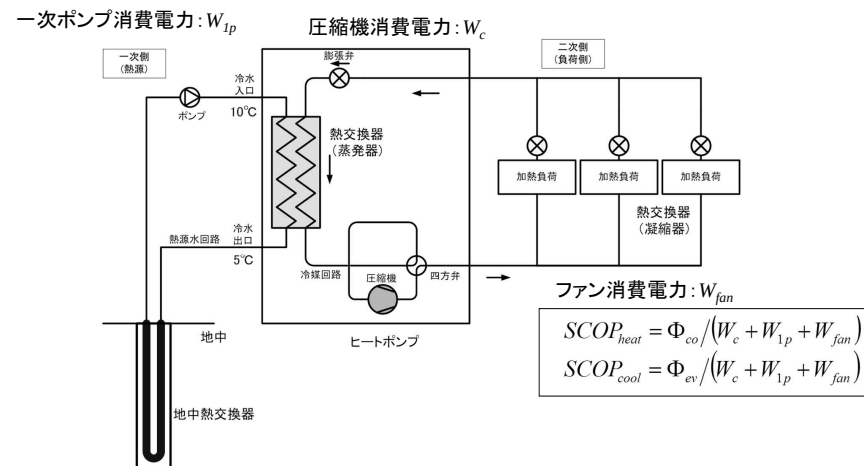
22

水－水(Water to Water)方式



23

水－空気(Water to Direct Air)方式



24

ヒートポンプ各熱源の比較

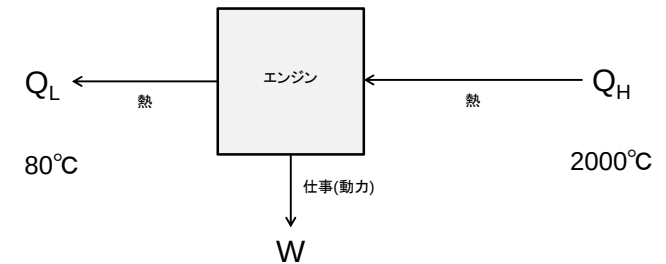
	地中熱源ヒートポンプ	水熱源ヒートポンプ	空気熱源ヒートポンプ
熱源	地中 (又は土壌・土中ともいう) 冷房時は地中に排熱 暖房時は地中より採熱	地下水・河川水・下水・温泉排湯・海水 冷房時は水に排熱 暖房時は水より採熱	空気 (外気・排気等) 冷房時は外気に排熱 暖房時は外気より採熱
特徴	地中の熱を利用して熱を奪い、これを温水又は温風に変える。(冷房は上記の逆サイクル)	水の熱を利用して熱を奪い、これを温水又は温風に変える。(冷房は上記の逆サイクル)	外気の熱を利用して熱を奪い、これを温水又は温風に変える。(冷房は上記の逆サイクル)
①能力	〇年間一定の地中の熱利用で外気温に影響されない	◎年間一定の地下水の熱利用で外気温に影響されない	△冬季外気温度低下で能力低下あり △夏季外気温度上昇で能力低下あり
②環境 騒音 腐食・汚れ その他公害	◎省エネ性が高い ◎低騒音 ◎腐食や汚れはない ◎低公害	◎省エネ性が非常に高い ◎低騒音 △水質により腐食や汚れの問題あり 一熱交換器が必要 △地下水汲上/排水規制等	〇ボイラーよりは省エネ △室外機のファン等の騒音が出る △空気熱交換器の塩害腐食等あり △排熱でヒートアイランド現象あり
③設備費	△地中熱井戸が必要 ◎ヒートポンプ容量は小さい ◎補助金の対象となる	△水熱源設備が必要 ◎ヒートポンプ容量は小さい ◎補助金の対象となる	◎比較的安い △寒冷地では容量アップによるコストアップ △塩害地域では塩害仕様によるコストアップ
④燃費	〇安定した地中熱で比較的安い	◎熱源温度が一定で安い △下水料金 (必要な場合)	△外気温影響で燃費が落ちる
⑤適用場所	〇温暖地、寒冷地、亜熱帯地域、塩害地等で適用可能 △既設建物の熱源改修で井戸掘削の場所がない場合不可能	△水がある場所で規制のない場所に限定される ◎利用できる場所では大変有利	〇温暖地域に適する △寒冷地には不向き 〇海岸近くの塩害地域には不向き

25

カルノーサイクルによる 地中熱の有効性の説明

26

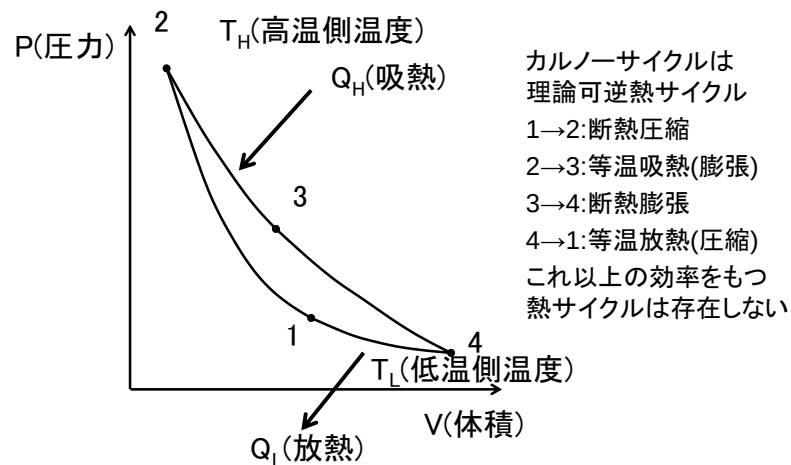
エンジン



数値は自動車の例

27

カルノーサイクル



$$W(\text{仕事}) = Q_H - Q_L$$

$$\eta(\text{熱効率}) = W/Q_H = 1 - Q_L/Q_H = 1 - T_L/T_H$$

高温の熱 Q_H により仕事 W を得る→最高のエンジン

理想気体: $Q_L/Q_H = T_L/T_H$

28

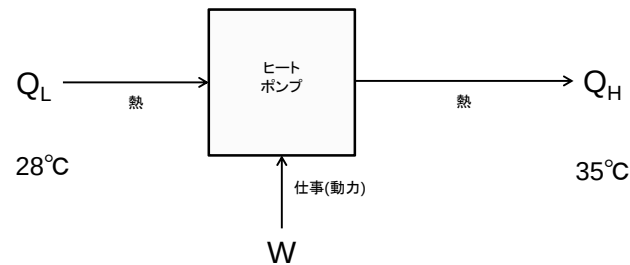
カルノーサイクルと実際の効率

- カルノーサイクルの効率

$$\eta = 1 - (80 + 273) / (2000 + 273) \div 85\%$$
- 実際の効率
 自動車の効率: 約30%
- 違いの理由
 熱交換、断熱、摩擦などのロス

29

ヒートポンプ(冷凍)サイクル

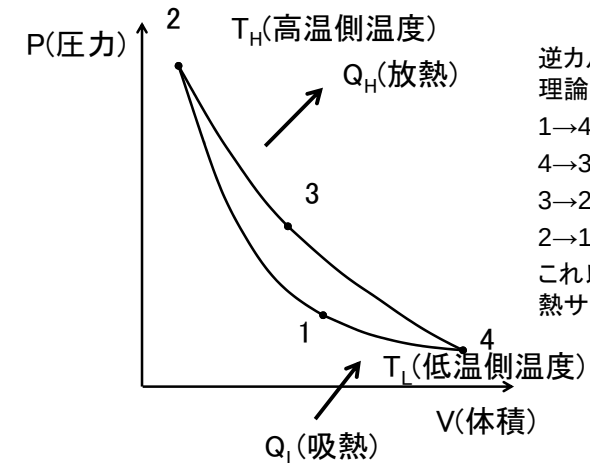


数値はエアコン(冷房)の例

30

ZO GENERAL HEATPUMP

逆カルノーサイクル



逆カルノーサイクルは理論可逆熱サイクル
1→2:等温膨張(吸熱)
2→3:断熱圧縮
3→4:等温放熱(放熱)
4→1:断熱膨張
これ以上の効率をもつ熱サイクルは存在しない

$$W(\text{仕事}) = Q_H - Q_L$$

$$\text{加熱COP(効率)} = Q_H / W$$

$$\text{冷却COP(効率)} = Q_L / W$$

仕事(動力)Wを用いて熱を低温から高温へ移動する→最高の冷凍機(ヒートポンプ)

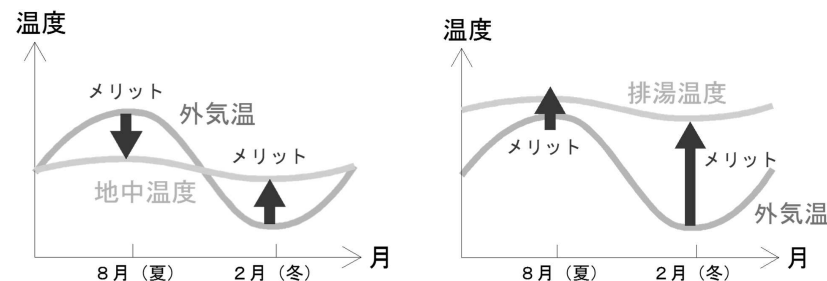
31

ZO GENERAL HEATPUMP

逆カルノーサイクルのCOP

$$\text{加熱COP(効率)} = Q_H / W = Q_H / (Q_H - Q_L) = T_H / (T_H - T_L) = 1 / (1 - T_L / T_H)$$

$$\text{冷却COP(効率)} = Q_L / W = Q_L / (Q_H - Q_L) = T_L / (T_H - T_L) = 1 / (T_H / T_L - 1)$$



32

理想気体: $Q_L / Q_H = T_L / T_H$

ZO GENERAL HEATPUMP

逆カルノーサイクルと実際の効率

- 逆カルノーサイクルの冷房効率

$$\text{冷房COP} = (28 + 273) / (35 - 28) \div 43$$

- 実際の効率

エアコンの効率: 3

- 違いの理由

熱交換、断熱、摩擦などのロス

33

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの優位性

(1) 安定した地中温度

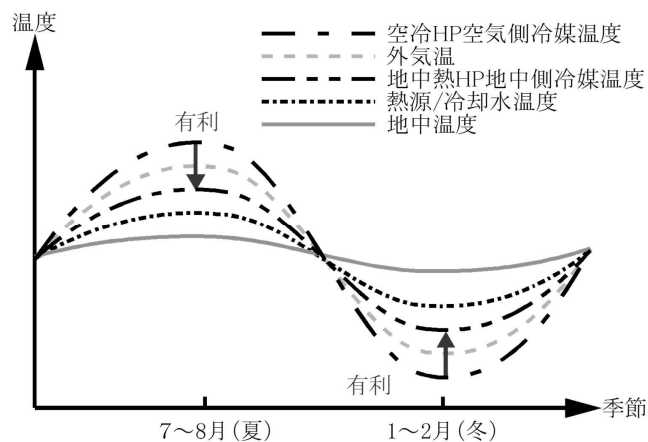
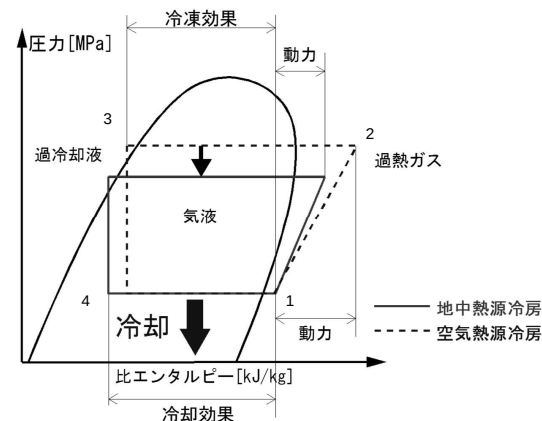


図 空気熱源との比較

- 日本中いたる所で利用可能 (地産地消)

34

P-H線図 (冷却)



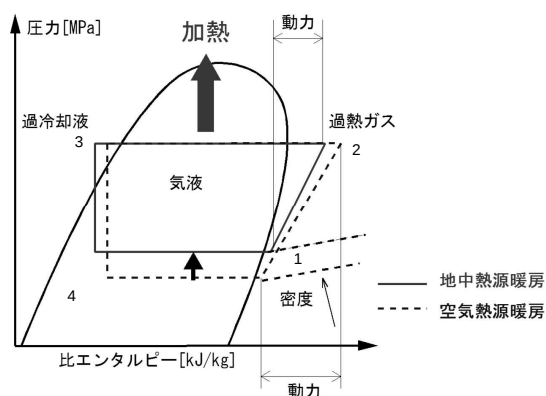
- 冷凍効果の向上
→能力の向上
- 動力削減
→効率の向上

$$\Phi_{ev} = \rho_1 V \eta_v (h_1 - h_4) \quad W_c = \rho_1 V \eta_v (h_2 - h_1) \quad \eta_v \approx 1$$

能力[kW] = 密度[kg/m³] × 圧縮機押しのけ量[m³/h] × 冷凍効果[kJ/kg] ÷ 3600[s/h]

35

P-H線図 (加熱)



- 循環量の増加
→能力の向上
- 動力削減
→効率の向上

$$\Phi_{co} = \rho_1 V \eta_v (h_2 - h_3) \quad W_c = \rho_1 V \eta_v (h_2 - h_1) \quad \eta_v \approx 1$$

能力[kW] = 密度[kg/m³] × 圧縮機押しのけ量[m³/h] × 加熱効果[kJ/kg] ÷ 3600[s/h]

36

地中熱ヒートポンプの優位性

(2) フロスト・デフロストフリー

- 空気熱源ヒートポンプで加熱運転する場合、外気温が約5℃以下になった場合は蒸発温度が0℃以下になり、蒸発器である空気熱交換器に空気中の水分が付着して凍結(フロスト)を起こす。
- 氷が付着すると空気熱交換器性能が低下して蒸発温度が低下し、能力がさらに低下するため、ある一定の量か時間に、逆運転(冷却運転)を行うことにより空気熱交換器を凝縮器として運転して除霜(デフロスト)運転を行うが、そのため二次側の熱を熱源にするためさらに能力低下となってしまう。
- その反面地中熱ヒートポンプは不凍液を用いることが可能であり、蒸発温度が0℃以下になってもフロスト・デフロストを起こすことがない。

37

地中熱ヒートポンプの優位性

(3) ヒートアイランド対策,(4) 機械室設置

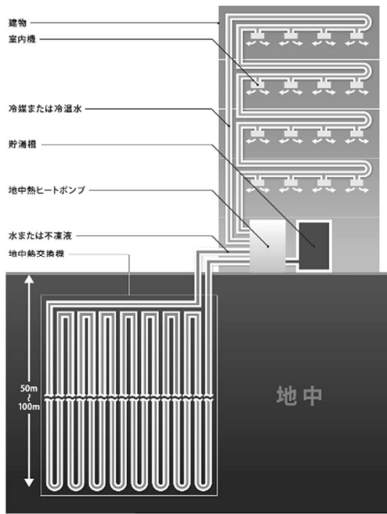
- 都市部では夏季の空冷ヒートポンプによる排熱による温度上昇が社会問題になっている。ピーク時には冷房がフル稼働してしまい、外気温度を上昇させるとともに、外気温度上昇により、負荷の上昇とヒートポンプの能力低下が発生し、悪循環となっている。
- 地中熱源ヒートポンプの場合は冷房排熱を地中へ送るため、地上の空気を暖めることがない。
- 空冷式ヒートポンプは熱源、熱吸収源を外気としているため、室外機が必要である。それに対して地中熱ヒートポンプは室内の機械室に設置が可能であるため、建物の美観を損ねることがなく、機器の寿命も長くなる。

38

地下熱ヒートポンプとは？

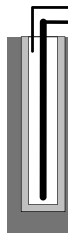
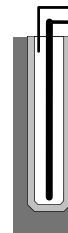
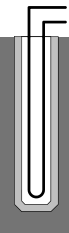
39

地中熱ヒートポンプシステム



40

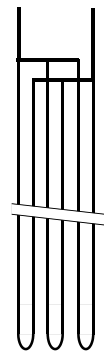
垂直型地中熱交換器の種類

名称	シングル Uチューブ	ダブル Uチューブ	二重管	既製杭		現場施工杭
				二重管型	Uチューブ型	場所打ち杭
方式	ボアホール方式			杭方式		
断面図						
立面図						
材質	高密度ポリエチレン (Uチューブ)		外管: スチール 内管: ポリエチレン、塩ビ、グラスファイバー	杭: スチール、コンクリート 内管: ポリエチレン	杭: スチール、コンクリート 内管: 高密度ポリエチレン(Uチューブ)	杭: 鉄筋コンクリート 内管: 高密度ポリエチレン(Uチューブ)
流体	水、不凍液					
充填	管外: 土、充填材※		なし		充填材※、水	コンクリート

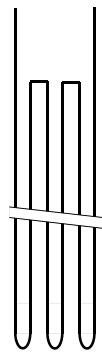
※充填材：コンクリート、珪砂、豆砂利等

41

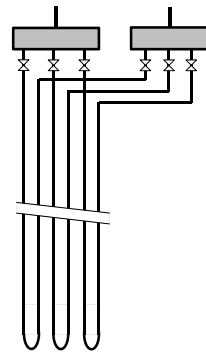
地中熱交換器の配管方法



並列方式
(リバースリターン)



直列方式

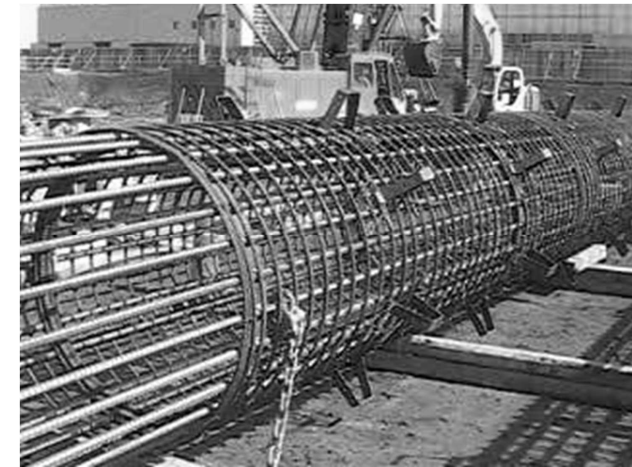


ヘッダー方式

※ヘッダー＋並列方式やヘッダー＋直列方式の組み合わせもある **ZO ZENERAL HEATPUMP**

42

場所打ち杭利用(映像)



東京大学柏キャンパス環境棟新築工事(ヒートポンプ)

ZO ZENERAL HEATPUMP

43

水平型地中熱交換器(スリンキーコイル)

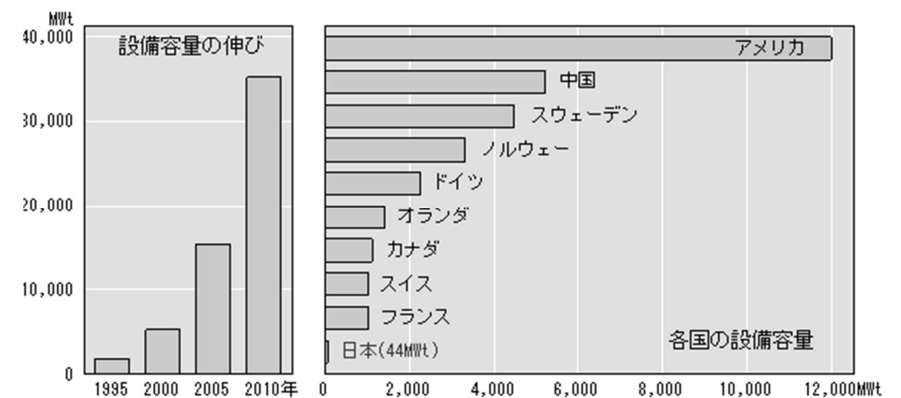


九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 エネルギー資源工学研究室 藤井準教授より

ZO ZENERAL HEATPUMP

44

世界の地中熱利用

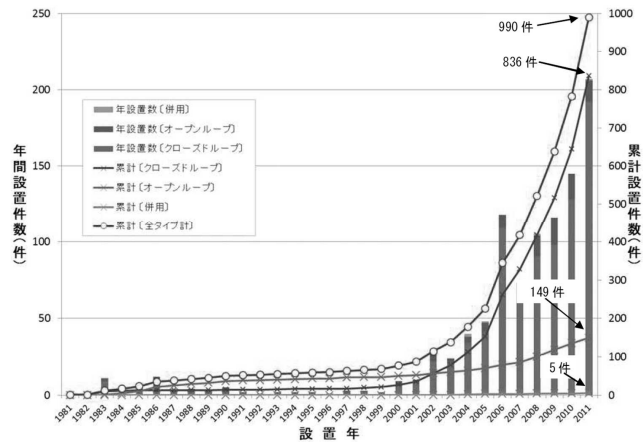


NPO法人地中熱利用促進協会

ZO ZENERAL HEATPUMP

45

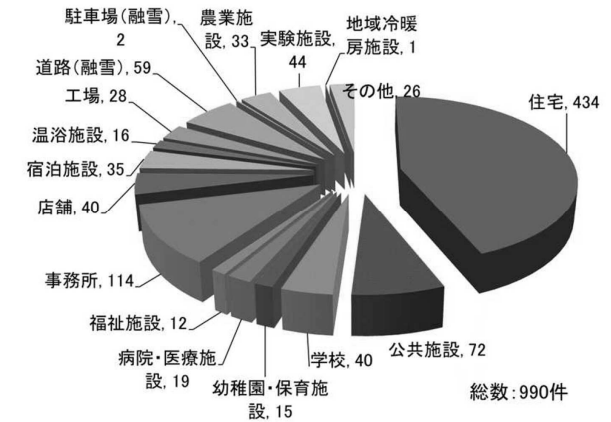
国内の地中熱HPの設置件数



環境省発表 46

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱HPの施設別設置件数

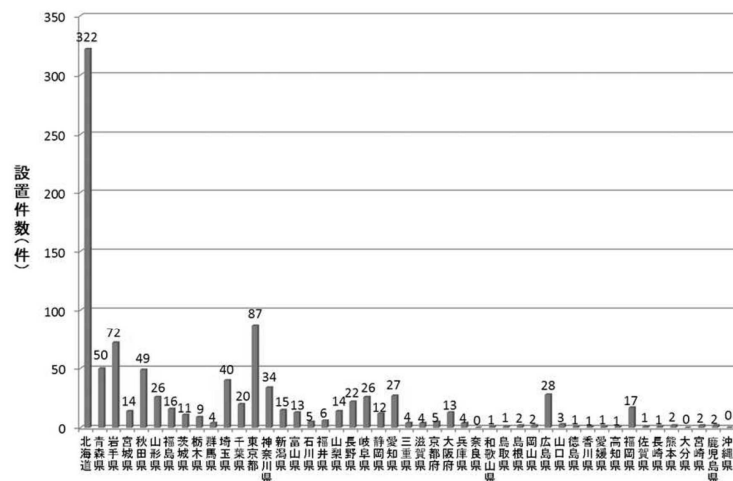


環境省発表

47

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱HPの都道府県別設置件数

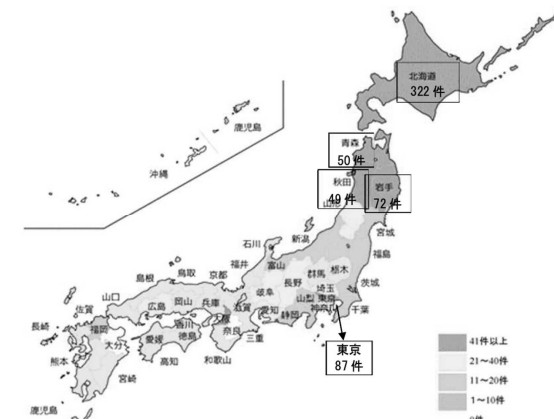


環境省発表

48

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱HPの都道府県別設置件数



環境省発表

49

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱計算ソフト Ground Club

- 地中熱ヒートポンプによる冷暖房システムシミュレーションプログラム
- 地域、空調面積、地中熱交換器長さ、土壌熱伝導率等を入力することにより時刻毎の熱源水温度変化、ヒートポンプ平均効率、コスト、環境負荷等の計算が可能。
- 特許・著作権 北海道大学・新日鉄エンジニアリング
- ゼネラルヒートポンプ工業による改良版
- ゼネラルヒートポンプ工業よりダウンロード販売(平成18年7月販売開始)
- 価格 ¥95,000-(消費税抜)



50

ZO ZENERAL HEATPUMP

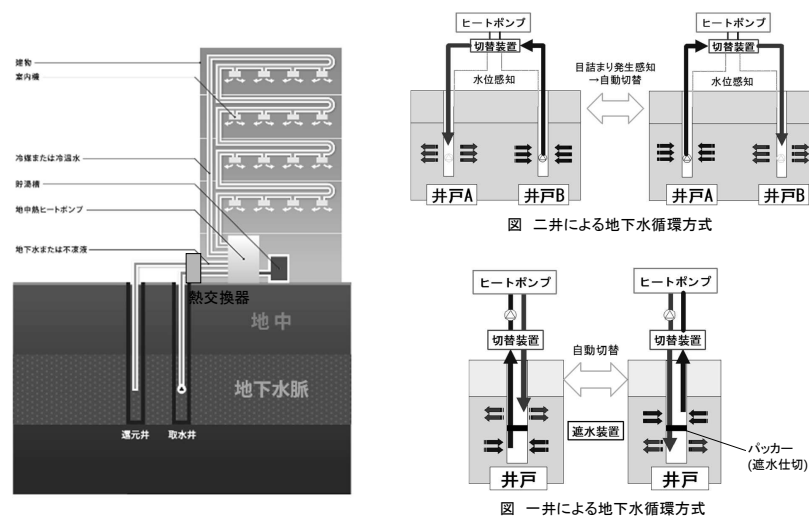
地中熱利用の課題

- 地中熱ヒートポンプ? ... 知名度が低い
- 発電ではない → 省エネ技術
- 冷暖房はエアコン... 量産で安い
→ ボーリング、ヒートポンプの低コスト化が必要
→ 普及すればコストダウン可能
→ 補助金利用
- ボーリング? ... 庭が狭い、近所迷惑

51

ZO ZENERAL HEATPUMP

地下水利用ヒートポンプシステム

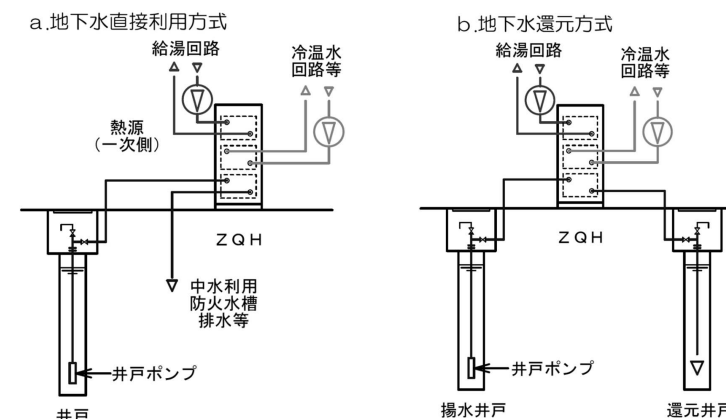


52

地下水利用: 国内で60件以上の実績

ZO ZENERAL HEATPUMP

地下水利用ヒートポンプシステム

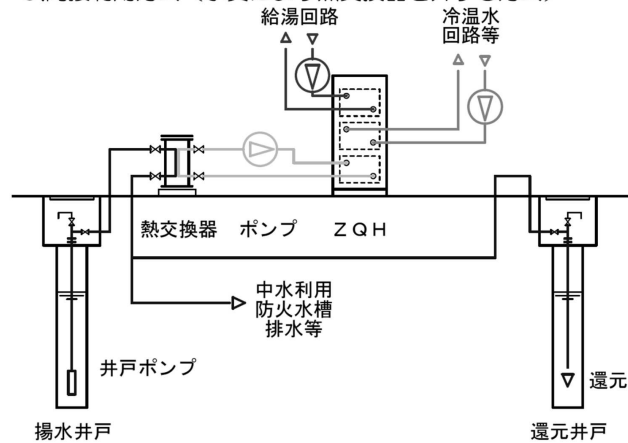


53

ZO ZENERAL HEATPUMP

地下水利用ヒートポンプシステム

e.間接利用方式（水質により熱交換器を介する方式）

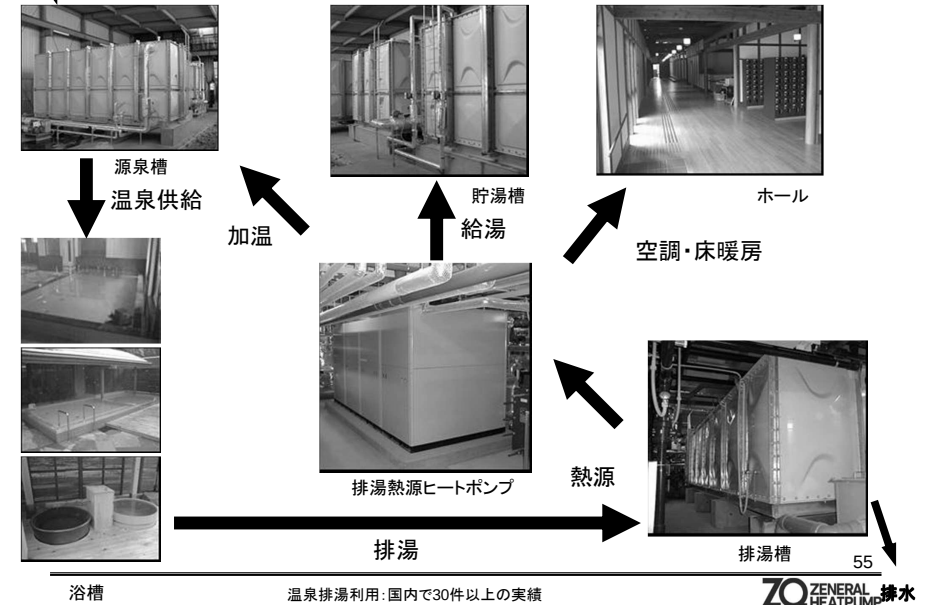


54

ZO GENERAL HEATPUMP

源泉

温泉排湯熱源ヒートポンプシステム熱フロー



55

ZO GENERAL HEATPUMP

温泉排湯利用：国内で30件以上の実績

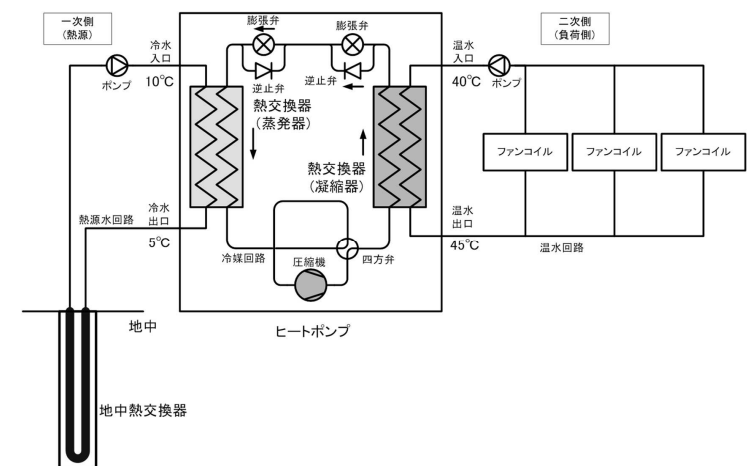
用途

56

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの利用方法

(1)空調

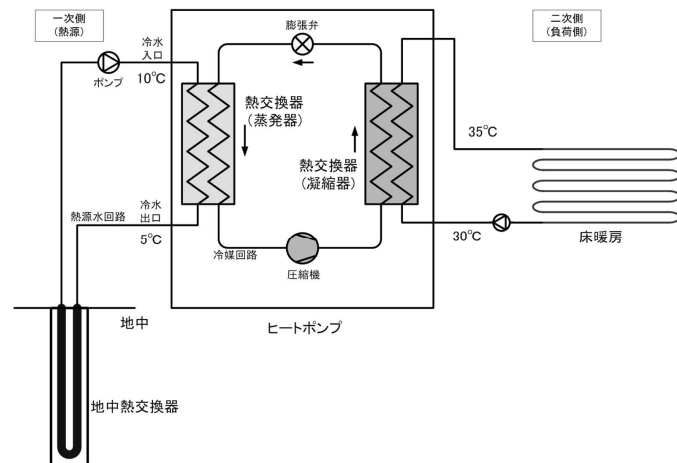


57

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの利用方法

(2) 床暖房

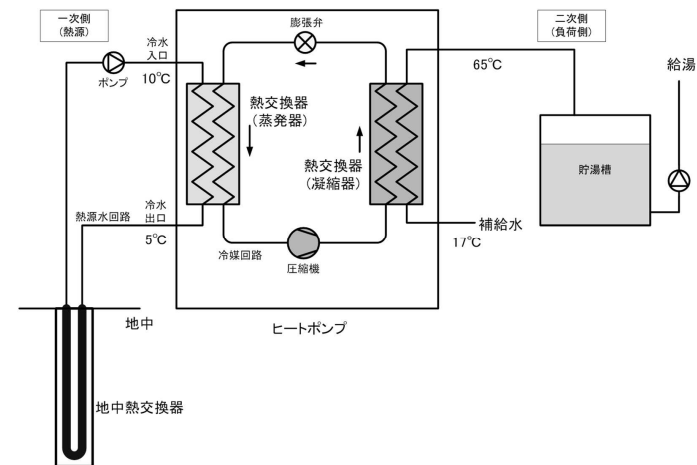


58

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの利用方法

(3) 給湯

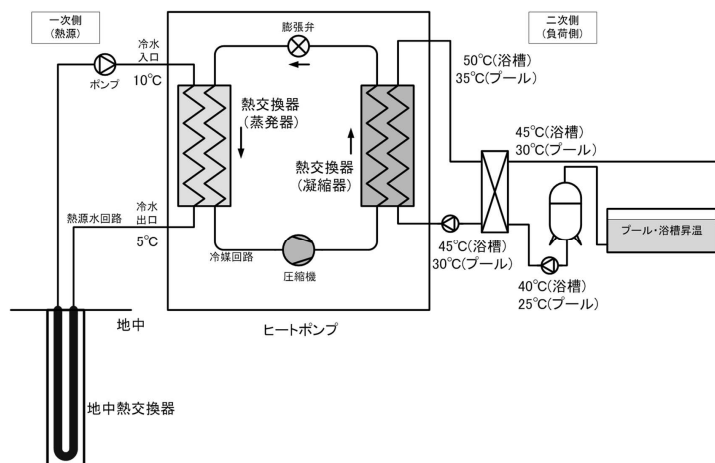


59

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの利用方法

(4) プール・浴槽昇温

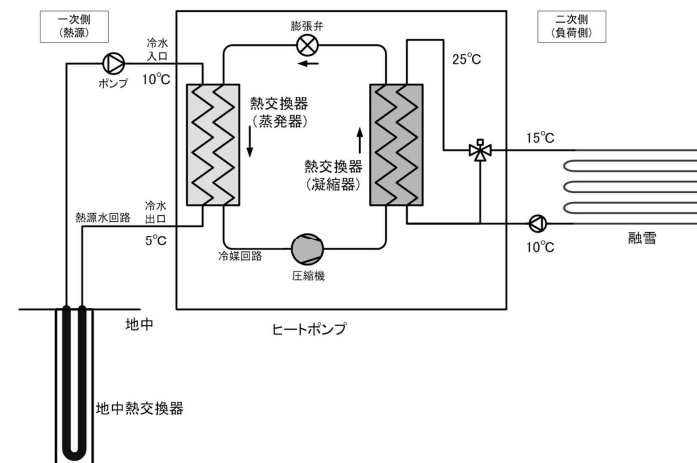


60

ZO GENERAL HEATPUMP

地中熱ヒートポンプの利用方法

(5) 融雪



61

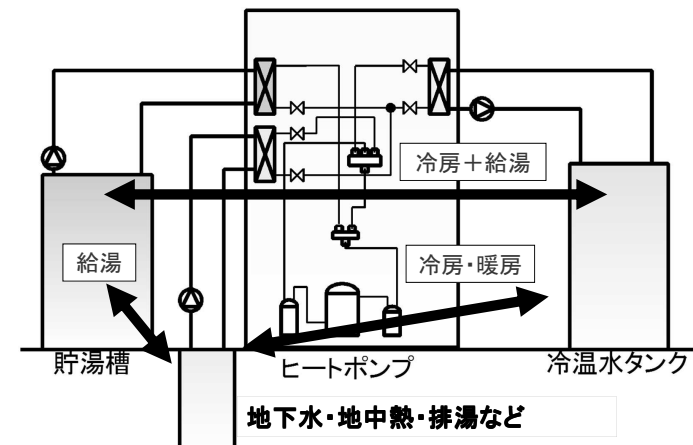
ZO GENERAL HEATPUMP

未利用エネルギーに対応した ヒートポンプ

62

ZO ZENERAL
HEATPUMP

排熱回収型ヒートポンプチラー



冷房、暖房、給湯の自動切替と、冷房+給湯同時運転ができます
→同時運転(熱回収時)は得られるお湯がタダ！

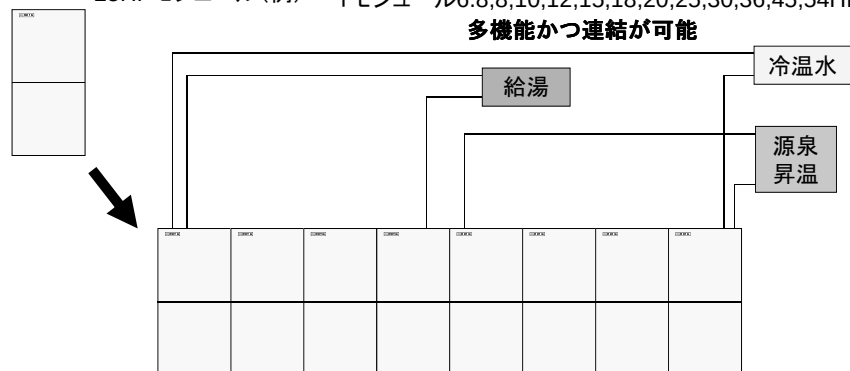
63

ZO ZENERAL
HEATPUMP

ハイブリッドモジュール方式

25HPモジュール(例) 1モジュール6.8,8,10,12,15,18,20,25,30,36,45,54HP

多機能かつ連結が可能



100HPヒートポンプ冷暖房・給湯 100HPヒートポンプ冷暖房・源泉昇温

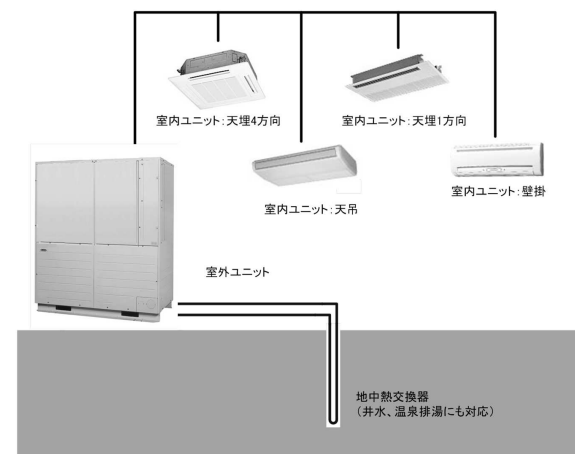
200HP冷暖房・給湯・源泉昇温システム

400HP→200HPに容量低減

64

ZO ZENERAL
HEATPUMP

水冷式ビル用マルチ

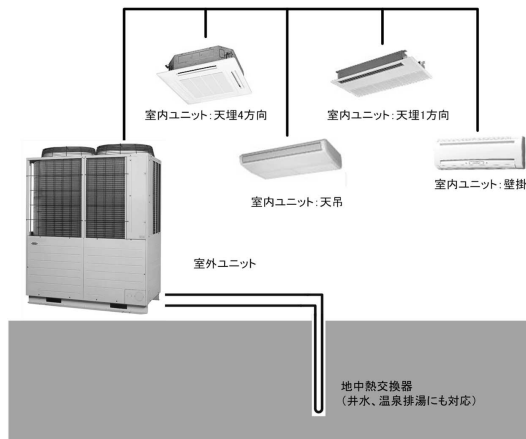


- 水冷式(水熱源)
- 水熱源が豊富にある場合や、寒冷地で有効
- 水熱源としては地下水、地中熱、温泉排湯など利用可能
- ヒートアイランド現象防止
屋内設置可能により外観を汚さない

65

ZO ZENERAL
HEATPUMP

(空)水冷式ビル用マルチ



- 空冷(空気熱源)と水冷(水熱源)の切り替え
- 熱源温度を比較して条件の良い方を運転
- 水熱源が使用不能となった場合(例えば地下水が涸れた場合)に空冷に切り替えるバックアップとして利用

66

ZO GENERAL HEATPUMP

注意点

68

ZO GENERAL HEATPUMP

高温型ヒートポンプ

冷媒: 新冷媒R134A
水冷タイプ／空冷タイプ
瞬間給湯

R407C: 最高出湯温度55℃(一般仕様)

R134A: 最高出湯温度75℃以上

循環昇温(5～10℃差)

R407C: 最高出口温度50℃(一般仕様)

R134A: 最高出口温度70℃以上

レジオネラ問題解消

貯湯槽温度を55～60℃以上にすることによりレジオネラ菌を繁殖させない

排熱回収機能も搭載可能

自然冷媒にも対応可能

1台で瞬間給湯と循環昇温の両方が可能



高温型ヒートポンプ(R407D)



高温型ヒートポンプ(R134a)

67

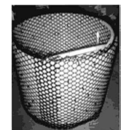
ZO GENERAL HEATPUMP

水質対策

- 地中熱・・・不要
地下水、温泉・・・水質による
- 水質基準が満たない場合は、熱交換器を用いて地下水(温泉)と純水またはブラインを熱交換して、純水またはブラインをヒートポンプの熱源水／冷却水として利用
- プレート式熱交換器はPHに応じてステンレスかチタンを選択
- 架橋ポリエチレン管熱交換器はPHによらず使用可能。(ただし接続部の材質に注意)



プレート式熱交換器



架橋ポリエチレン管熱交換器



ステンレスフレキ熱交換器

69

ZO GENERAL HEATPUMP

冷温水・冷却水の水質基準値

日本冷凍空調工業会標準規格JRA-GL-02-1994

	項目	冷却水基準値	傾向	
			腐食	スケール
基準項目	PH(25℃)	6.5～8.2	○	○
	電気導電率(25℃)($\mu\text{S}/\text{cm}$)	800以下	○	○
	塩化物イオン($\text{mgCl}/\text{リットル}$)	200以下	○	
	硫酸イオン($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{リットル}$)	200以下	○	
	酸消費量(pH4.8)($\text{mgCaCO}_3/\text{リットル}$)	100以下		○
	全硬度($\text{mgCaCO}_3/\text{リットル}$)	200以下		○
	カルシウム硬度($\text{mgCaCO}_3/\text{リットル}$)	150以下		○
	イオン状シリカ($\text{mgSiO}_2/\text{リットル}$)	50以下		○
参考項目	鉄($\text{mgFe}/\text{リットル}$)	1.0以下	○	○
	銅($\text{mgCu}/\text{リットル}$)	0.3以下	○	
	硫化物イオン($\text{mgS}^{2-}/\text{リットル}$)	検出されないこと	○	
	アンモニウムイオン($\text{mgNH}_4^{+}/\text{リットル}$)	1.0以下	○	
	残留塩素($\text{mgCl}/\text{リットル}$)	0.3以下	○	
	遊離炭酸($\text{mgCO}_2/\text{リットル}$)	4.0以下	○	
	安定度指数	6.0～7.0		○

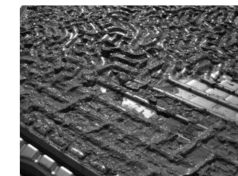
70

基準項目をすべて満たせば地下水を直接利用できる

ZO GENERAL HEATPUMP

メンテナンス

- プレート式熱交換器の場合は温泉成分に応じた間隔で定期的に分解洗浄または化学洗浄が必要。水質によって頻度が異なる。
- 鉄分が多い場合は磁石による黒錆化が有効。
- 架橋ポリエチレン管熱交換器は汚れが付きにくい、汚れた場合は高圧水洗浄を行う。頻度は低い。排湯槽に汚泥が溜まらないような工夫も必要。
- 還元井戸は目詰まりが生じるので定期的な逆洗が必要
- 空水冷式であればメンテナンス中にバックアップが可能



プレート式熱交換器の汚れ(赤錆)

71

ZO GENERAL HEATPUMP

揚水規制(東海地方の例)

- 地下水利用の場合都市部では工業用水法、ビル用水法が適用
- (例)愛知県の多くは規制地域(許可や届け出が必要、断面積6cm²まで、10m以浅まで)
- (条例)岐阜市では揚水ポンプ1.5kW以上、吐出口内径40mm以上は届出、揚水量報告が必要



濃尾平野地盤沈下防止等対策要綱の対象地域

72

ZO GENERAL HEATPUMP

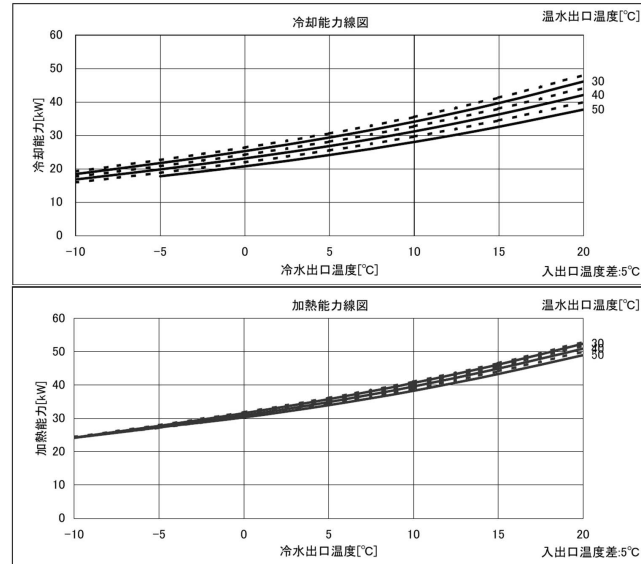
ポンプインバーター

- 冷温水ポンプ、熱源水ポンプ、井水ポンプをインバーター化
→システムCOP向上に寄与
- 温度差制御により低負荷運転に対応
- 台数制御の場合は電動弁オプションによる段階制御によるポンプ動力の省エネが可能
→ただし、ヒートポンプ制御とポンプ制御を連動させる必要がある。
→機側盤にて対応可能

73

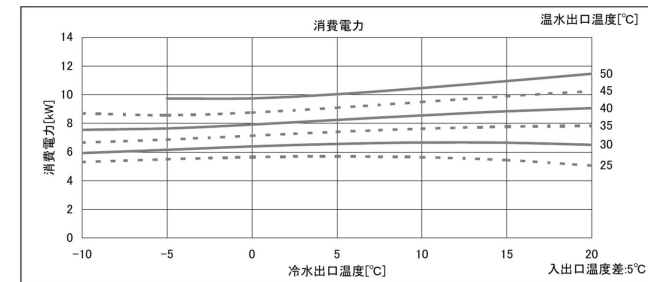
ZO GENERAL HEATPUMP

能力線図の見方



10馬力相当ヒートポンプの能力線図

消費電力線図



採熱量・放熱量

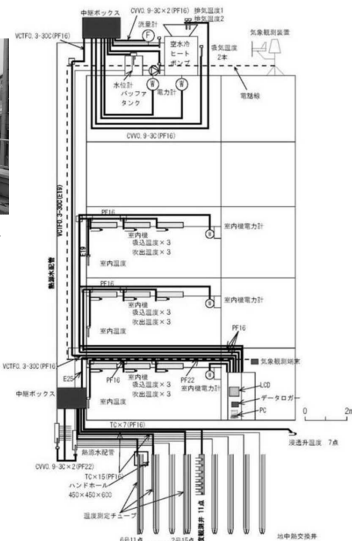
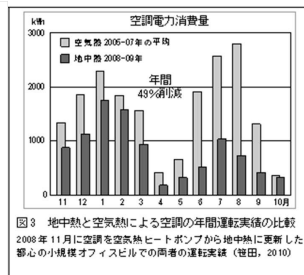
- 地中熱採熱量・放熱量: 40~70W/m
- ヒートポンプ10HPの場合
- 冷房能力28kW・冷房COP=5の場合
 $\text{放熱量} = 28 \times (5+1)/5 = 33.6\text{kW}$
 $\text{必要深さ} = 33.6/0.07 = 480\text{m}$
- 暖房能力31.5kW・暖房COP=4
 $\text{採熱量} = 31.5 \times (4-1)/4 = 23.625\text{kW}$
 $23.625/480 = 49\text{W/m}$

事例紹介 —地中熱—

一番町笹田ビル



地中熱対応空水冷式ビル用マルチ
20HP



地中熱交換器 75m × 8本

ZO GENERAL HEATPUMP

78

地中熱ヒートポンプ事例 軽井沢アイスパーク

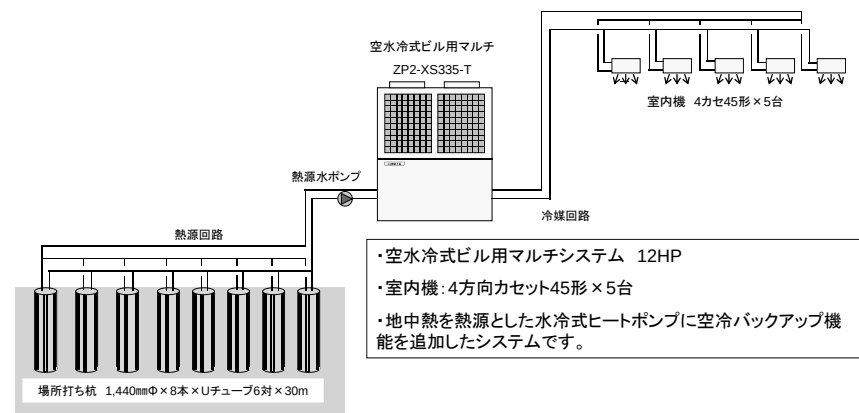
- 地中熱対応水冷式ヒートポンプ
50HP × 2台
- 地中熱対応水冷式ビル用マルチ
12HP × 2台
18HP × 1台
20HP × 2台
22HP × 2台
合計226HP
- 地中熱交換器 100m × 60本



79

ZO GENERAL HEATPUMP

海老名市市民活動交流施設さま



80

ZO GENERAL HEATPUMP

ファストフード店 横浜市

- 給湯機能付きビル用マルチ(水冷)12HP
高温型水冷式ヒートポンプ4HP
- 冷暖房、給湯



湯もでるマルチ(水冷)12HP



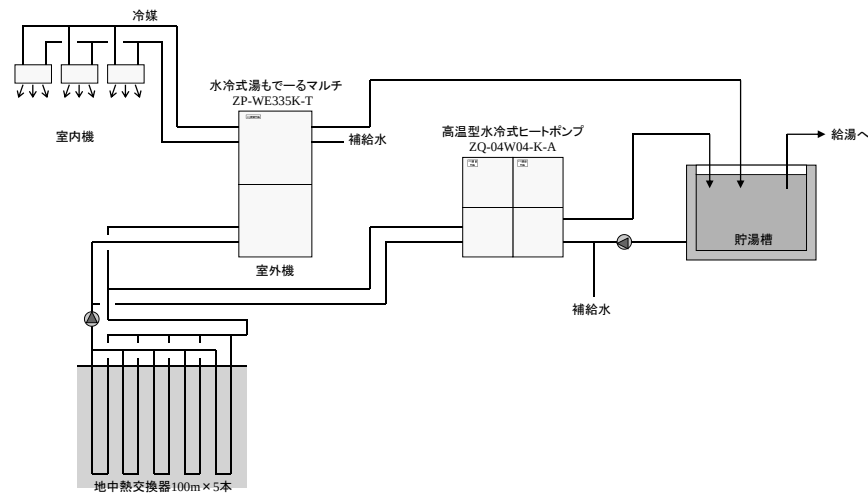
高温型水冷式ヒートポンプ4HP

- 地中熱を熱源とした給湯機能付きビル用マルチ空調システムと水冷式高温型ヒートポンプユニットの組み合わせ

81

ZO GENERAL HEATPUMP

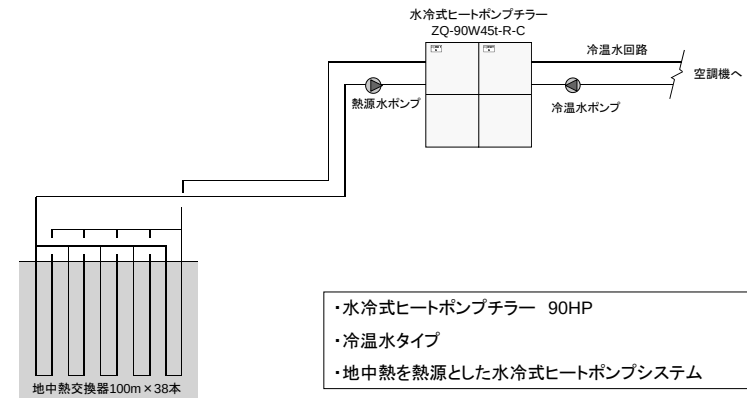
ファストフード店(横浜市)



82

ZQ GENERAL HEATPUMP

大手企業箱根保養所

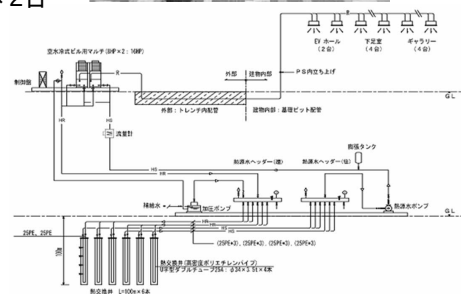


83

ZQ GENERAL HEATPUMP

常翔学園高等学校

- ・ 大阪市旭区
- ・ 空水冷室外機(1階屋外)
[56.0kW] × 1台
- ・ 室内機
 - ・ 天井カセット型(下足)[4.5kW] × 4台
 - ・ 天井埋込型(ギャラリー)[7.1kW] × 4台
 - ・ ビルトイン型(EVホール)[4.5kW] × 2台
- ・ 地中熱交換器 100m × 6本
(ダブルUチューブ)



	空冷 パッケージ	地中熱 ヒートポンプ
ランニング コスト比率	100 (基準)	75
CO2排出量 比率	100 (基準)	70

(試算値)

84

ZQ GENERAL HEATPUMP

某自動車製造会社管理棟

- ・ 北海道上川郡
- ・ 管理棟の給湯全てをまかなう
(食堂の厨房・事務所)
- ・ 25HPのヒートポンプで55°Cを貯湯
- ・ 冬期は外気負荷処理にも併用
- ・ この他に50HPのヒートポンプで冷暖房を行っており、全館地中熱利用による施設



地中熱ヒートポンプ25馬力

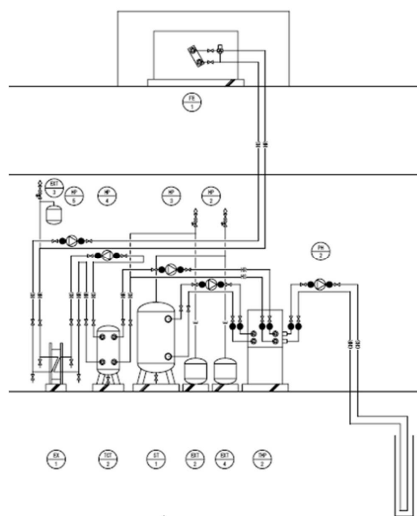


施設外観

85

ZQ GENERAL HEATPUMP

某自動車製造会社管理棟



- 地中熱ヒートポンプ25HP
- 地中熱交換器90m × 10箇所

86

ZO GENERAL
HEATPUMP

事例紹介 —地下水—

87

ZO GENERAL
HEATPUMP

ホテルメッツ福島



排熱回収型高効率ヒートポンプ
空水冷(湧水利用) 冷温水+給湯 30HP
空冷 冷温水+給湯 45HP
空冷 氷蓄熱+加温 30HP

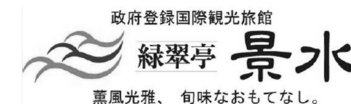
NEDO補助 約30%の省エネを実現

88

ZO GENERAL
HEATPUMP

信州大町温泉郷 緑翠亭景水

- 長野県大町市
- 温泉旅館
- 吸収式冷温水機から
地下水ヒートポンプシステム
へ熱源改修
- エネルギー使用合理化事業
者支援事業(NEDO)事業費
の1/3(4.8千万円補助)
- ランニングコスト
▲2,500万円/年
(対前年比▲25%)
- CO2排出量
▲749t/年
(対前年比▲30%)



地下水利用ヒートポンプ
90HP(合計260HP)



大浴場



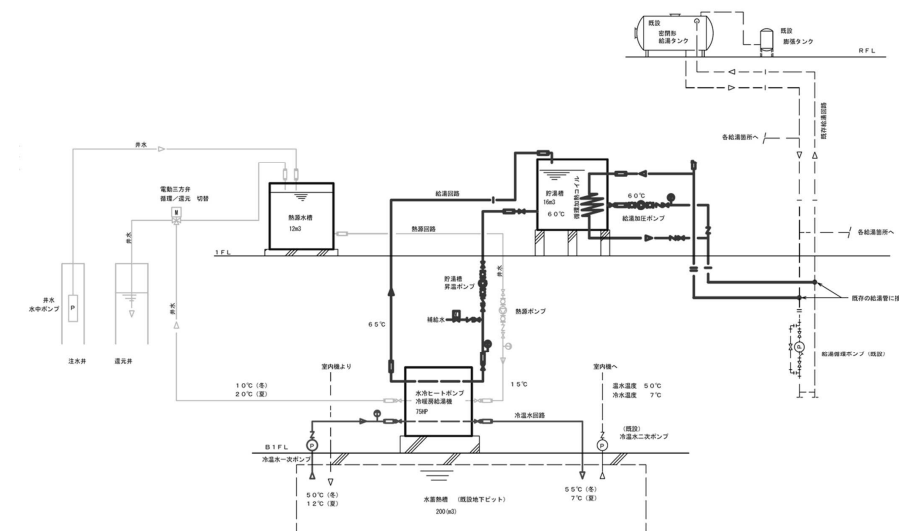
露天風呂

89

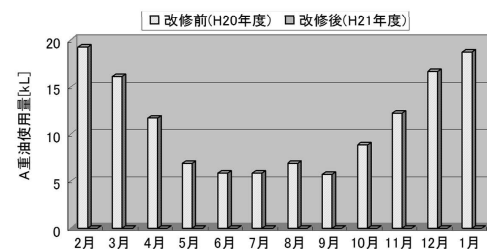
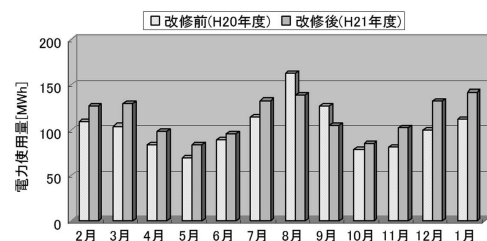
ZO GENERAL
HEATPUMP

項目	内容
名称	水冷式ヒートポンプ冷暖房給湯機
形式	ZQH-75W25d-RK-A
容量	75馬力相当
電源	3相200V 60Hz
単独運転時能力※	冷却 209kW
	加熱 257kW
	瞬間給湯 276kW
	循環昇温 248kW
排熱回収運転時 (冷却+瞬間給湯)能力※	冷却 187kW
	瞬間給湯 257kW
排熱回収運転時 (冷却+循環昇温)能力※	冷却 143kW
	循環昇温 230kW
圧縮機	6台(スクロール式)
冷媒	R134a
外形寸法	高さ：2,250mm、幅：2,400(800×3)mm、 奥行：1,700mm
重量	3,600kg(モジュール分割搬入1,200kg×3)

94

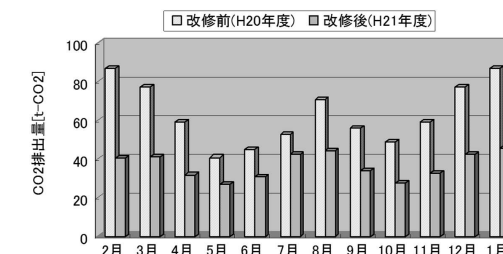
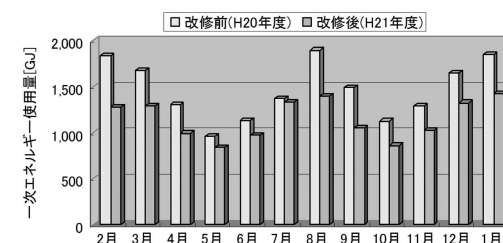
ZQ ZENERAL
HEATPUMP

95

ZQ ZENERAL
HEATPUMP

	電力使用量	A重油使用量	一次エネルギー換算量	CO2排出量
変化率	+11%	-100%	-22%	-42%

96

ZQ ZENERAL
HEATPUMP

97

ZQ ZENERAL
HEATPUMP

事例紹介 —温泉排湯—

98

ZO GENERAL
HEATPUMP

箱根大平台温泉組合

- 温泉温度の低下に対する昇温設備の導入
- 高温型水冷式ヒートポンプ25HP
- H22年度 温泉施設における温暖化対策事業(環境省)補助率1/3
- CO₂排出量 37.3tCO₂/年(49.7%)削減(計画値)

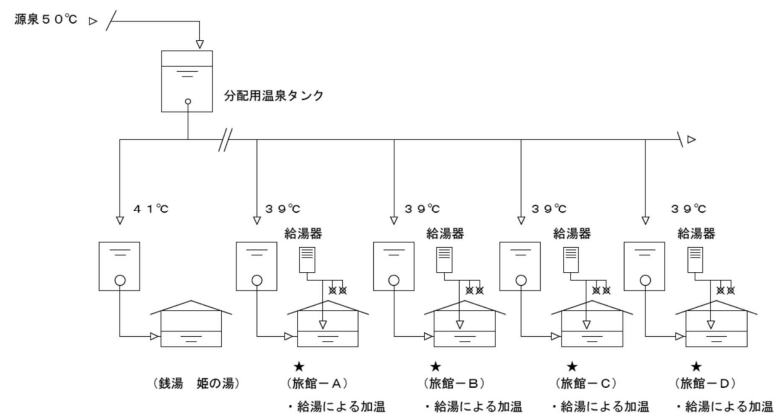


姫之湯さま(写真はホームページより)

99

ZO GENERAL
HEATPUMP

模式図 導入前



- (1)温泉供給
・分配元温度50°Cの温泉を分配用タンクより各供給先へ配湯
- (2)熱源機械
・LPG湯沸し器による給湯を混入して加温

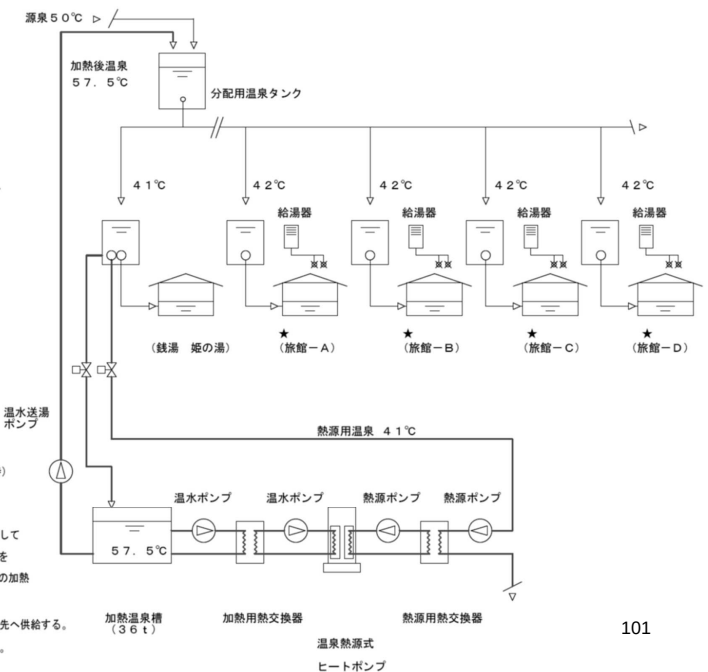
100

ZO GENERAL
HEATPUMP

導入後

- (1) 温泉供給
・57.5°Cに加熱した温泉を分配槽に戻し各供給先へ。

- (2) 熱源機械
・温泉熱源式ヒートポンプ: 25HP-1台
加熱能力: 7.7. 8 KW (出湯温度60°C時)
- ・運転内容
夜間、姫の湯の営業終了後に、未利用で排出している温泉をヒートポンプの熱源として、温泉を41°Cから57.5°Cに加熱運転を行い新設の加熱温泉槽に蓄熱する。
・加熱温泉は営業時に分配タンクに送って需要先へ供給する。
・対象4軒の給湯による加温補給は不要となる。



101

旭岳温泉 湯元 湧駒荘

- ・ 北海道上川郡東川町
- ・ 温泉排湯熱を利用した、給湯と床暖房
- ・ 高温型水冷式ヒートポンプ60HP（能力195kW）
- ・ 重油から電化システムへのリニューアル
- ・ 当初計画（重油熱源）よりランニングコストを約80%の削減
CO2排出量は約60%の削減
- ・ 環境経営大賞・CO2削減部門優秀賞など様々な賞を受賞



別館浴場「神々の湯」

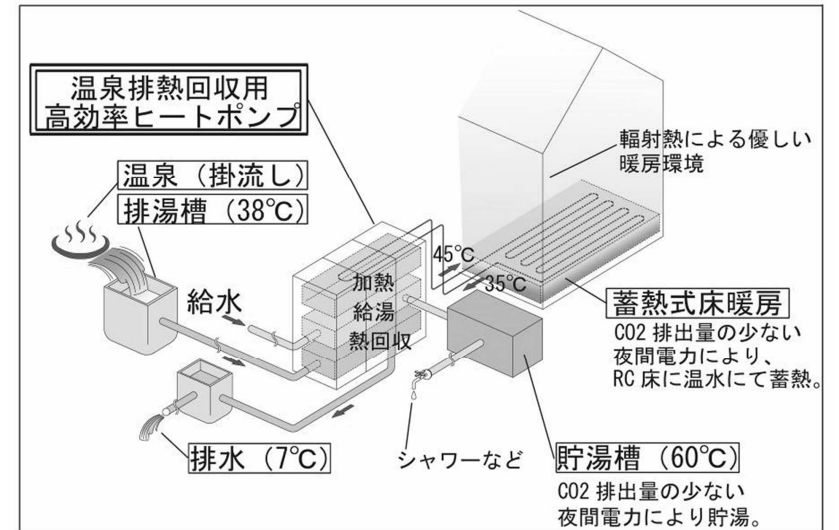
別館浴場外観

露天風呂

102

ZO GENERAL HEATPUMP

旭岳温泉 湯元 湧駒荘



103

ZO GENERAL HEATPUMP

サンフラワーパーク北竜温泉

- ・ 北海道雨竜郡北竜町
- ・ 温泉排熱回収による給湯・暖冷房・浴槽昇温
- ・ 灯油ボイラーと吸収式冷温水機からのリニューアル
- ・ 高温型水冷式ヒートポンプ合計207HP
（保養センター棟154HP+ホテル棟53HP）
- ・ CO2排出削減量 679 tCO₂/年
国内クレジット制度利用
（共同実施者：北海道電力）



施設外観

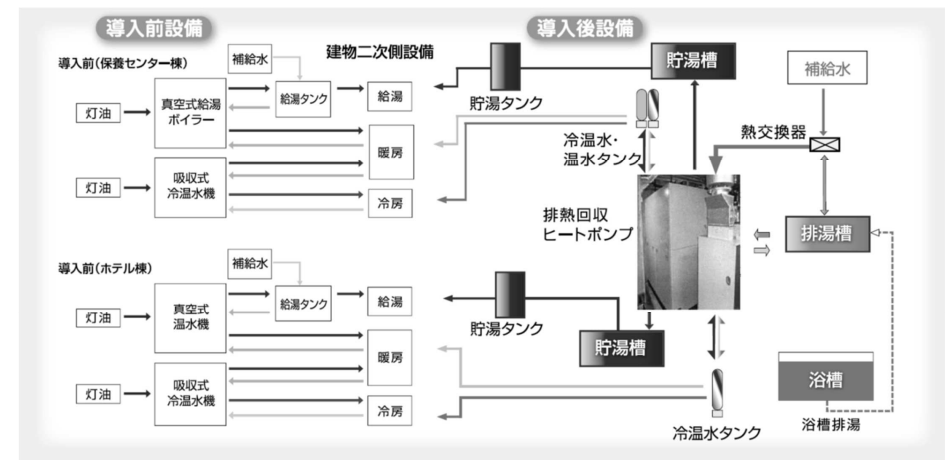


ヒートポンプ

104

ZO GENERAL HEATPUMP

サンフラワーパーク北竜温泉



105

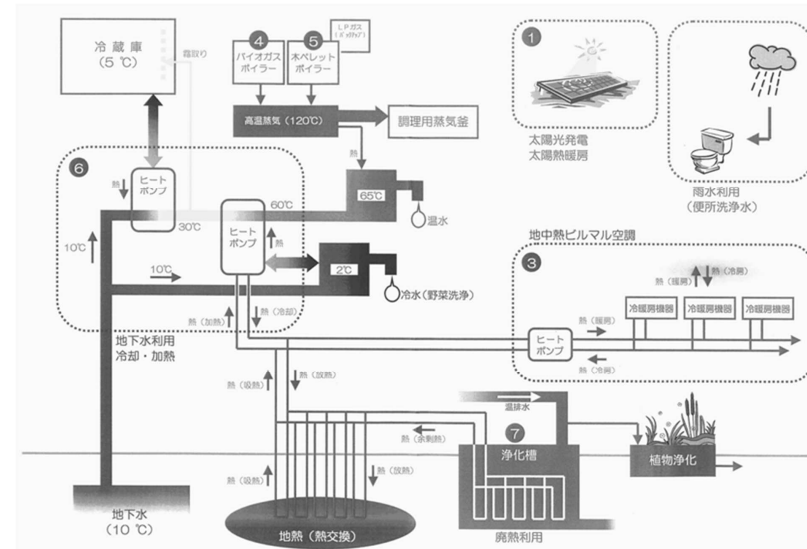
ZO GENERAL HEATPUMP

事例紹介 ーハイブリッドー

106

ZO GENERAL
HEATPUMP

びっくりドンキー北海道工場 システムフロー図

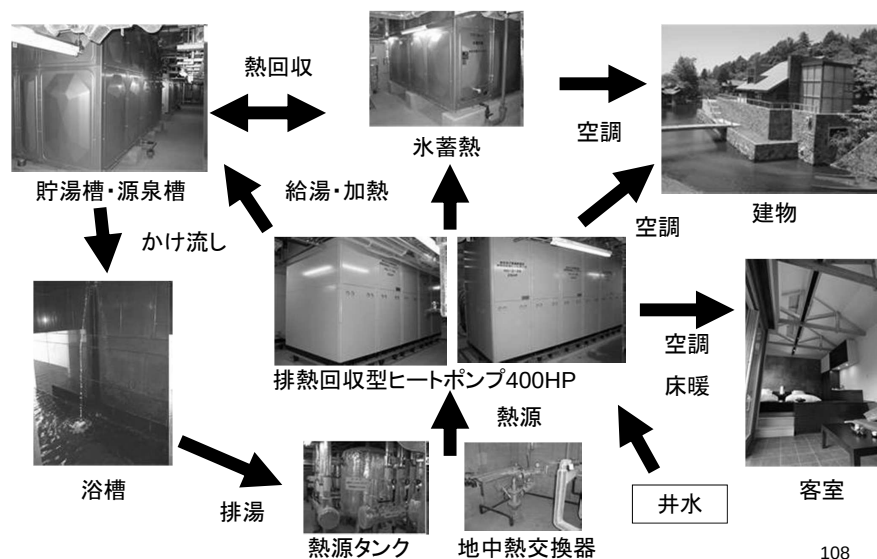


107

CO2排出量55%削減

ZO GENERAL
HEATPUMP

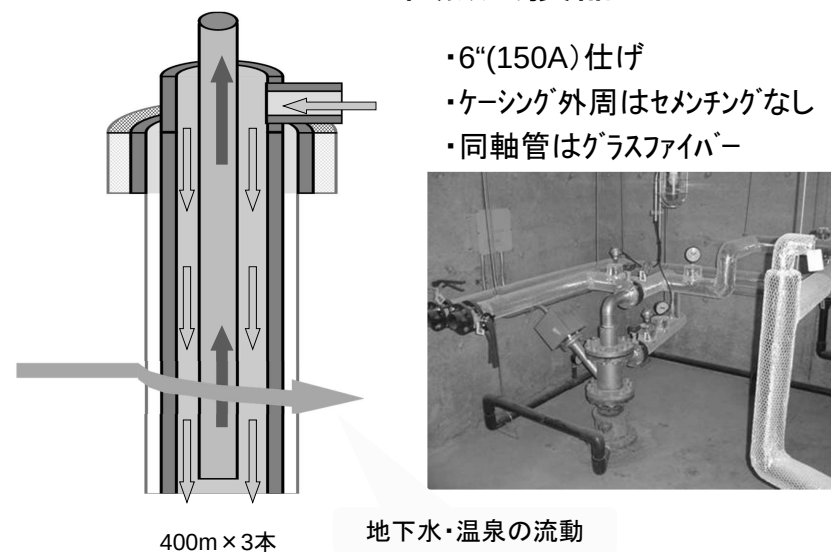
星のや 軽井沢(温泉旅館)



108

ZO GENERAL
HEATPUMP

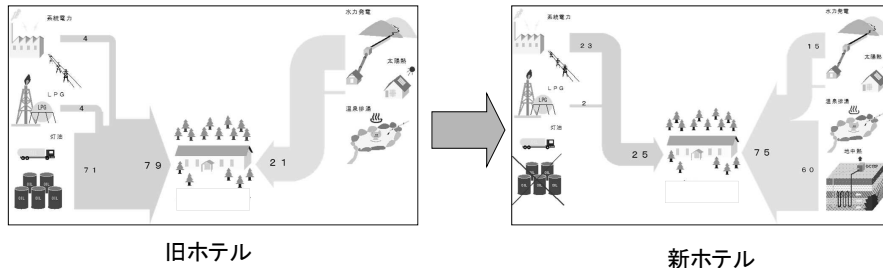
地中熱交換器



109

ZO GENERAL
HEATPUMP

星のや 軽井沢 改修によるエネルギー使用の変化



自然エネルギー率20%→75%
ガスをほとんど使用せず、灯油、重油を一切使用しないクリーンなシステムを実現

110

ZO GENERAL
HEATPUMP

第9回電力負荷平準化機器・システム表彰 財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター 理事長賞受賞

- ・「星のや軽井沢」における地熱利用熱源システム
- ・浴用に利用している温泉水の温泉排湯熱と地中熱をヒートポンプの熱源として利用し、未利用エネルギーや自然エネルギーを積極的に活用
- ・地中熱利用については、欧米の技術を地下水が多いという日本の地質にあわせてアレンジすることで欧米の10倍以上の熱効率を得ることに成功
- ・給湯、冷房、暖房の熱需要において一切の化石燃料に頼らないシステムを導入することができ、従来のシステムと比較して二酸化炭素の排出を約75%削減することに成功
- ・投資回収年数は約2年という短期間を実現
- ・ヒートポンプはNEDO共同研究の高効率化技術を採用



111

ZO GENERAL
HEATPUMP

福島県被災地での高台集団移住計画への導入意義

- ・魅力ある街づくり→公共施設の充実
- ・「再生可能エネルギー利用」による省エネ
- ・地中熱ヒートポンプは室外機を屋内設置可能→景観に影響を与えない
- ・公共施設での地中熱利用
- ・地中熱ヒートポンプによる道路融雪→安全に配慮

112

ZO GENERAL
HEATPUMP

まとめ

- ・再生可能エネルギーである地中熱(地下水)や温度差エネルギー(温泉排湯、下水)は、温度が安定しているためヒートポンプの熱源として有利であり、高効率システムを構築可能
- ・ヒートポンプの冷却・加熱同時運転(排熱回収運転)による高効率システムを構築可能

113

ZO GENERAL
HEATPUMP