
地中熱や温泉熱を利用したヒートポンプ による農業への納入事例

農業における空調・熱交換等に関するセミナー

主催：東北復興農学センター準備室

共催：（公社）空気調和・衛生工学会東北支部

場所：TKP仙台カンファレンスセンター4F

2013年12月13日（金）

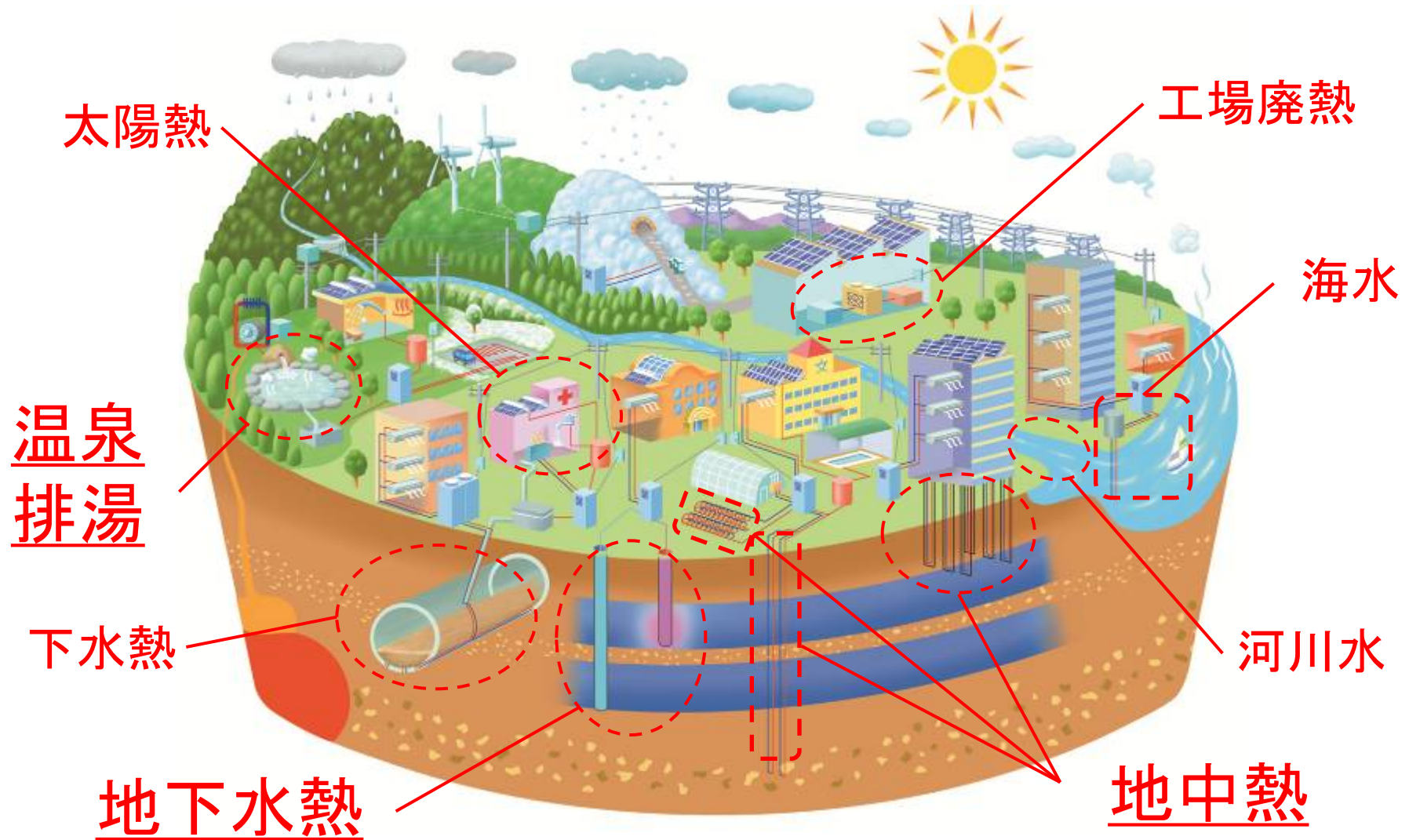
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

<http://www.zeneral.co.jp/>

“ゼネラルヒートポンプ工業”とは

- 1984年創業のヒートポンプ専門メーカー
- 創業当初より省エネ効果の高い排熱回収型ヒートポンプ冷暖房給湯機を取り扱っている
- 近年では温泉排湯、地下水、地中熱などの地下熱や工場排熱、下水処理水などの未利用エネルギーを用いた高効率なヒートポンプシステムに注力
- 電力会社や大学、NEDOなどとの共同研究開発も積極的に行っている
- 本社・工場：名古屋
支社・営業所：東京、札幌、東北、大阪、九州
- 製品はすべて受注後、名古屋の工場で作

再生可能エネルギーを熱源とする ヒートポンプシステム



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

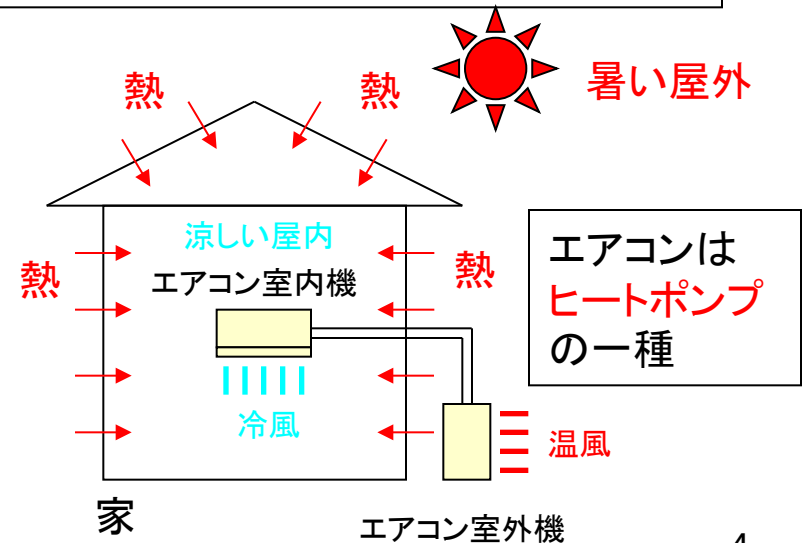
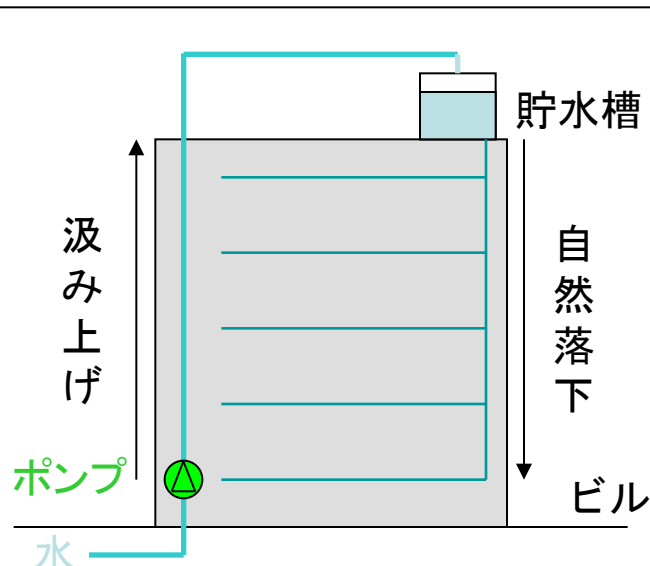
熱は温度の高い所から低い所へ流れます

熱力学第二法則(エントロピー増大の原理)

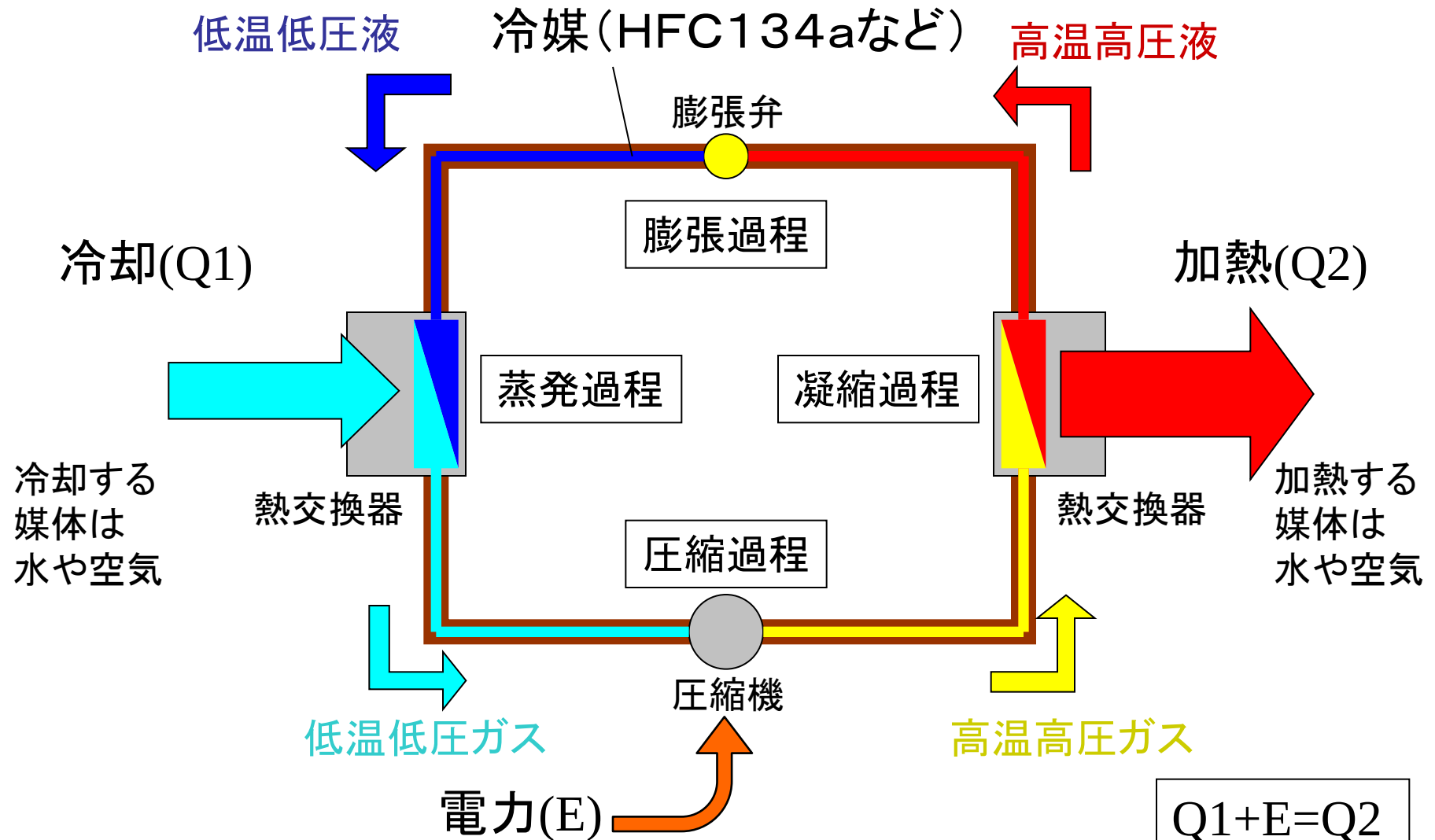
装置

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



エアコンで冷房＝涼しい屋内から暑い屋外に熱を送る



熱力学第一法則(エネルギー保存則)

→熱を温度の低いところから高いところへ移動するシステム

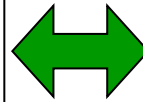
ヒートポンプの能力 & 効率と熱源温度との関係

ポンプは揚程が大きいと

動力：大 & 流量：低下

ヒートポンプは温度差が大きいと

動力：大 & 能力：低下



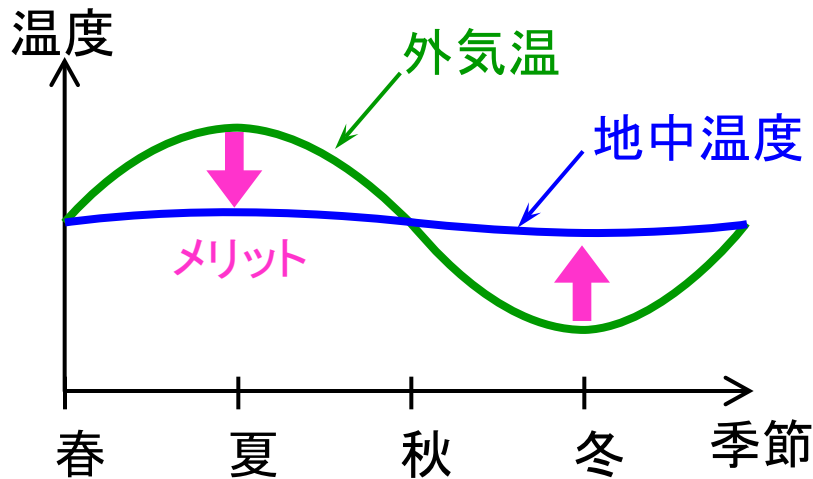
ポンプは揚程が小さいと

動力：小 & 流量：増加

ヒートポンプは温度差が小さいと

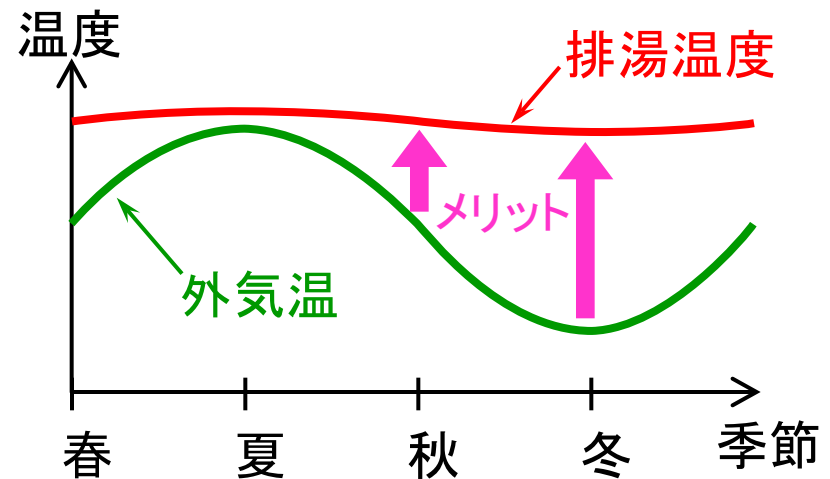
動力：小 & 能力：増加

例えば・・・地下水、地中熱



※冷房時：低い熱源温度が有利、
暖房時：高い熱源温度が有利

例えば・・・排湯



※排湯：通年で給湯・暖房にメリット

未利用エネルギーである温度差エネルギーを有効利用

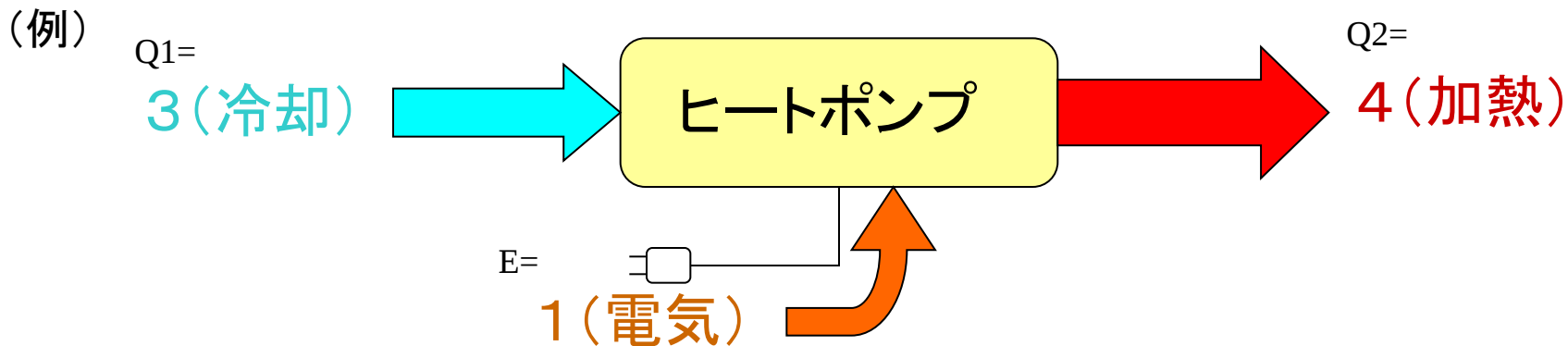
⇒ ヒートポンプの効率 & 能力が高まる

COPとは

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=3

加熱のみの利用：COP=4

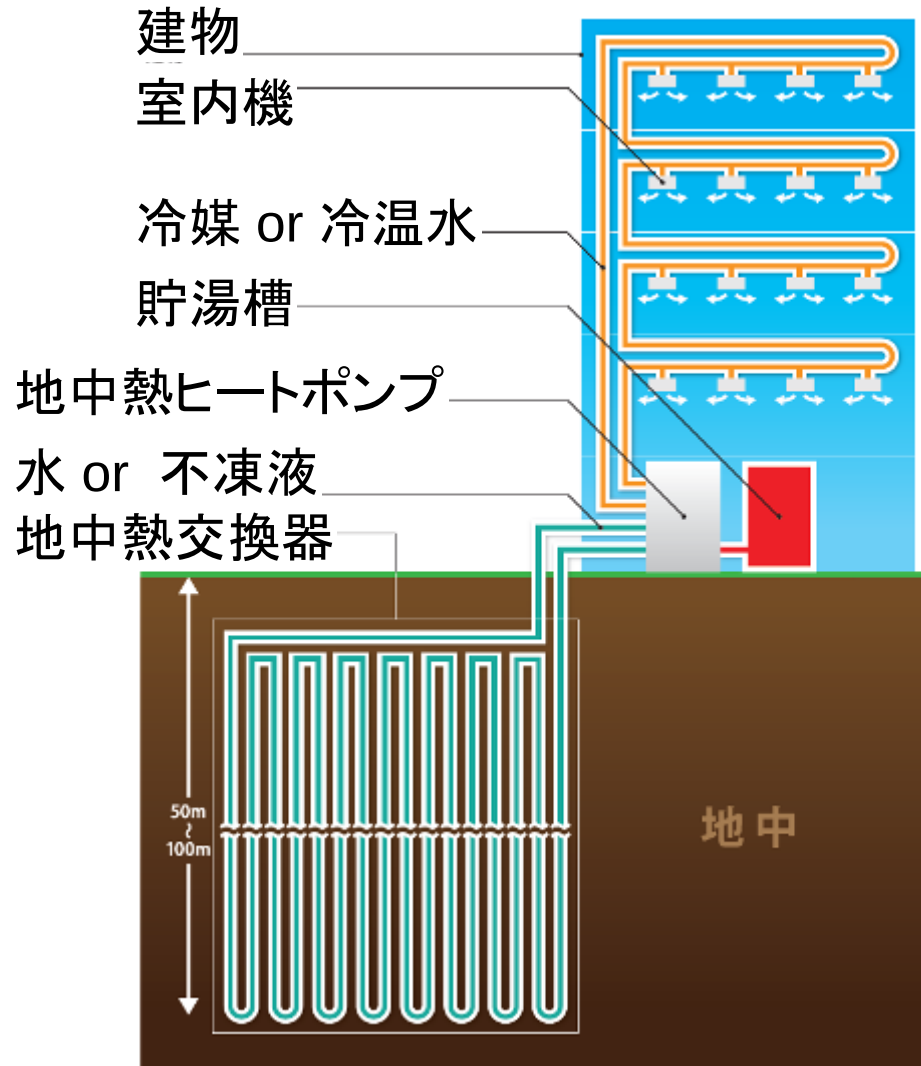
冷却と加熱同時に利用：COP=7 (排熱回収)

$$\text{COP} = Q1/E$$

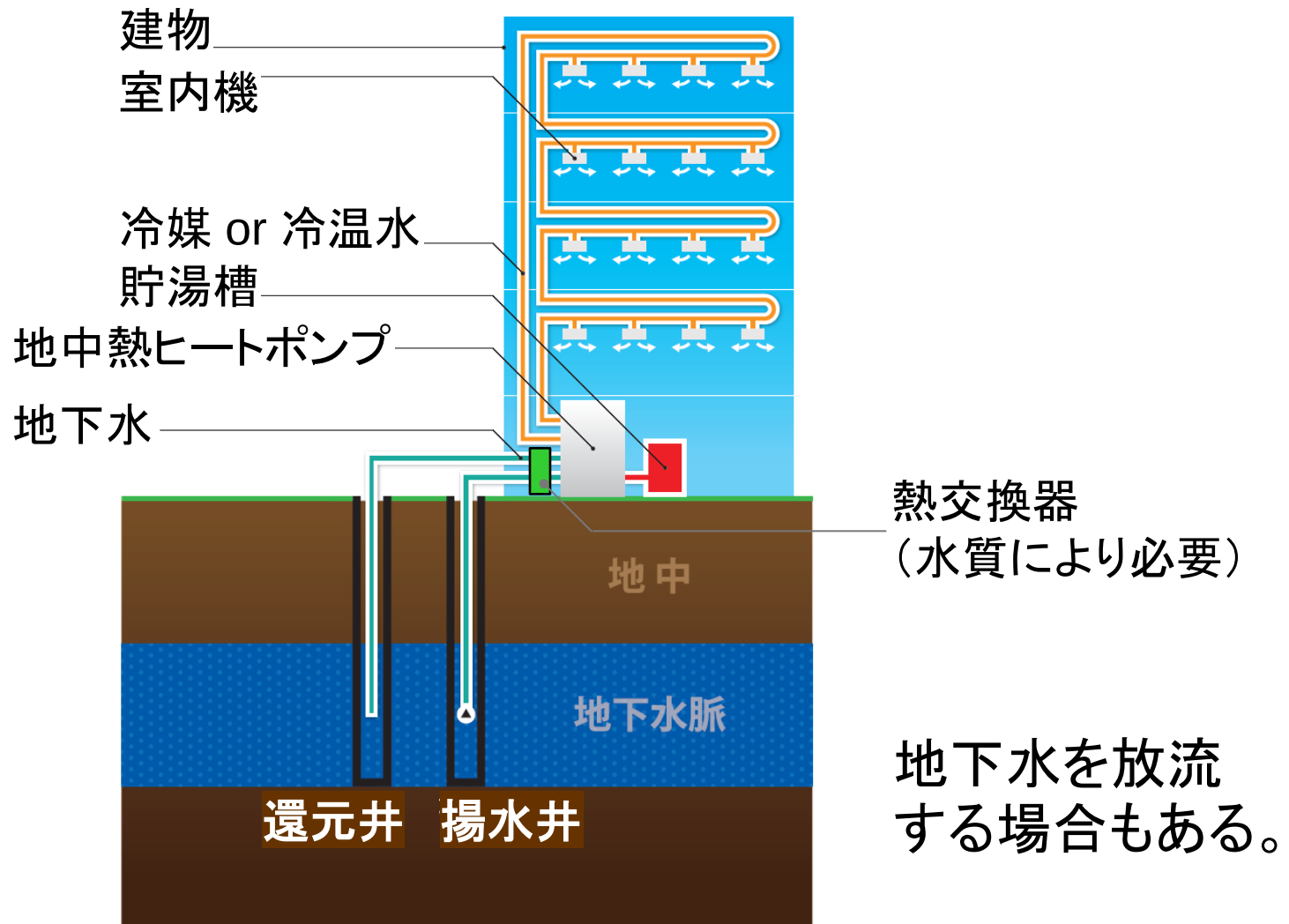
$$\text{COP} = Q2/E$$

$$\text{COP} = (Q1 + Q2)/E$$

地中熱ヒートポンプシステム



地下水利用ヒートポンプシステム



温泉排湯熱源ヒートポンプシステム

源泉



源泉槽
温泉供給



浴槽

加温



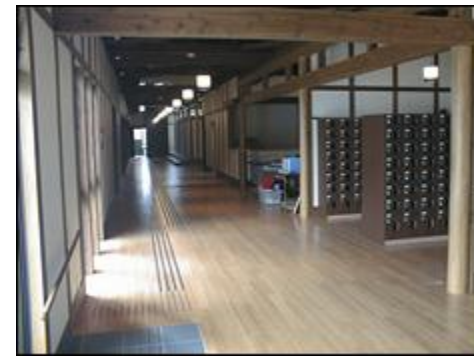
貯湯槽
給湯



排湯熱源ヒートポンプ

排湯

熱源



ホール

空調・床暖房



排湯槽

排水

再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業
(一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会)

- **地域再生可能エネルギー熱導入促進事業**
対象事業者: ①地方公共団体、②非営利民間団体、
③社会システム枠(地方公共団体と民間の共同)
規模要件: ヒートポンプ能力10kW以上(社会システム枠は20kW以上)
補助率: 1/2以内
- **再生可能エネルギー熱事業者支援対策事業**
対象事業者: 民間事業者
規模要件: ヒートポンプ能力20kW以上(中小企業は10kW以上)
補助率: 1/3以内

温泉エネルギー普及活用加速化事業(うち温泉施設
における温暖化対策事業)(環境省)

補助率: 1/3 (民間事業者を対象)
※温泉水を熱源とするヒートポンプ設備を整備する事業)

農業へのヒートポンプ導入のメリット・デメリット

メリット

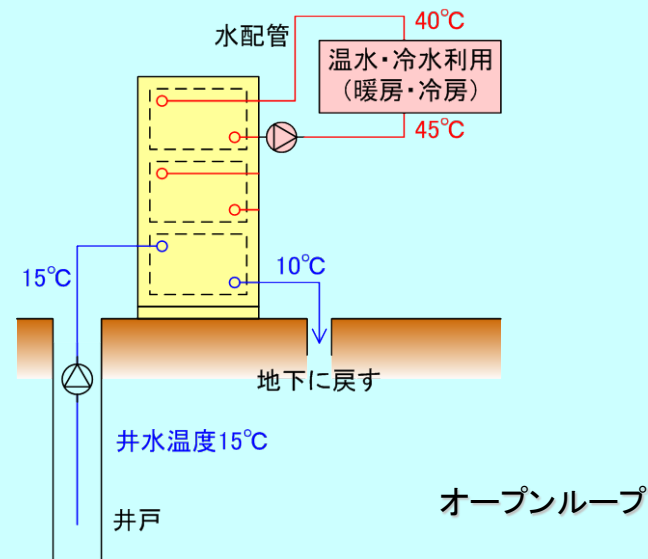
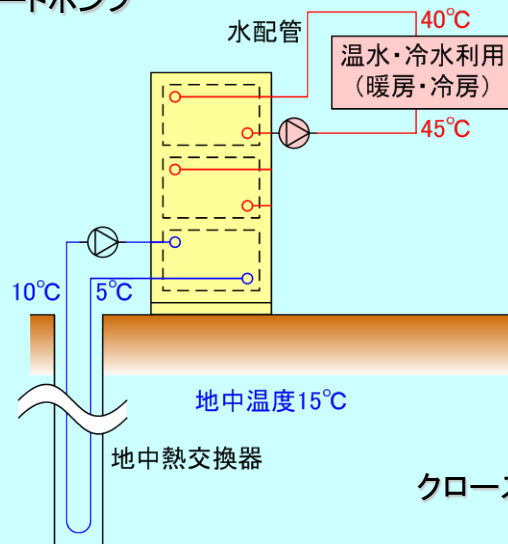
- 光熱経費削減（低ランニングコスト）
- 環境貢献（省エネルギー、CO₂排出削減）
- 補助金利用（システム費用総額）
- 火を使わない、メンテナンスが容易・安価
- 冷房、除湿も可能

デメリット

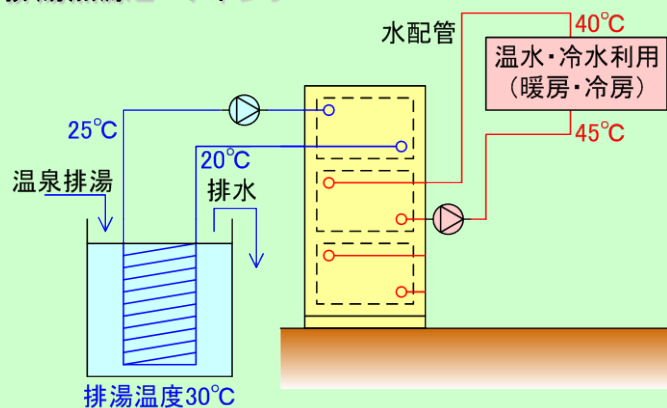
- 設備投資（イニシャルコスト）が掛かる
→ 低ランニングコストで回収

各種熱源によるヒートポンプシステム

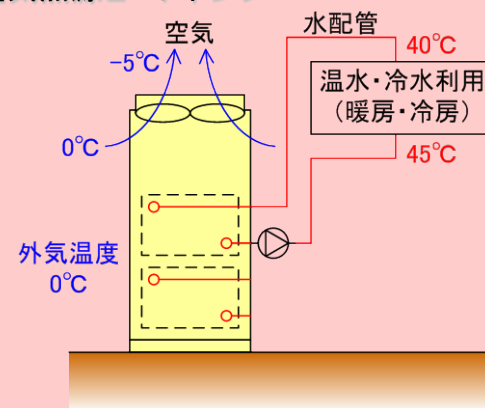
地中熱源ヒートポンプ



排湯熱源ヒートポンプ



空気熱源ヒートポンプ



空気熱源ヒートポンプとの比較

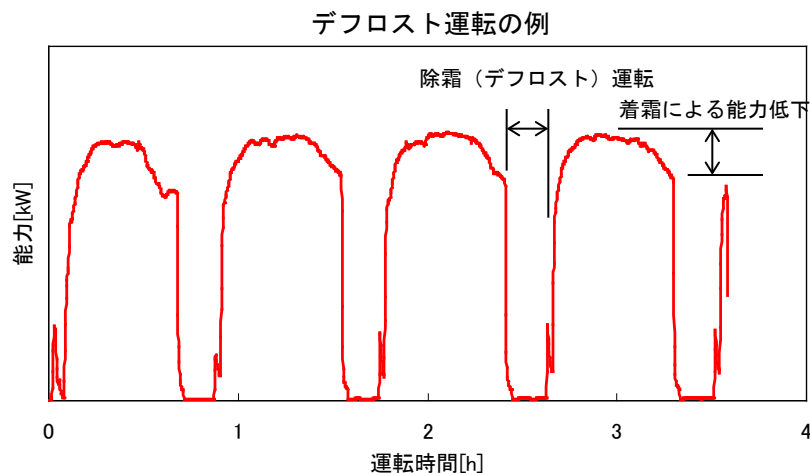
	地中熱・排湯熱源ヒートポンプ	空気熱源ヒートポンプ
熱源	地中、地下水、排湯から採熱(暖房)または放熱(冷房)	外気より採熱(暖房)または放熱(冷房)
能力	○年間安定した温度の熱利用で外気温に影響されない	△冬季外気温度低下の能力低下 △夏季外気温度上昇で能力低下
効率	○年間安定した温度の熱利用で外気温に影響されない	△冬季外気温度低下の効率低下 △夏季外気温度上昇で効率低下
環境性	○低騒音 ○ヒートアイランド現象の抑制	△室外機ファンの騒音 △排熱がヒートアイランド現象の要因
設備費	△熱源側設備が必要 △ヒートポンプ容量は小さくすむ	○比較的安い △寒冷地では容量増によるコスト増
燃費	○安定した熱源で安い	△寒冷地は外気温影響で比較的高い

空気熱源ヒートポンプの能力低下

フロスト・デフロスト

冬期の加熱(暖房)運転時は、ヒートポンプの蒸発器(室外側熱交換器)に空気中の水分が凝固し霜(氷)がつく。これを着霜(フロスト)といい、熱交換器に霜がつくと能力低下をきたす。

着霜を取り除くため除霜(デフロスト)運転を行うが、その際は暖房運転を停止することになるため、さらに能力低下となる。



地中熱・排熱利用ヒートポンプは、フロスト・デフロストによる能力低下がなく、安定した運転が可能！！

地中熱源ヒートポンプ納入事例

赤平オーキッド様への納入事例

道内最大規模の地中熱ヒートポンプ導入施設



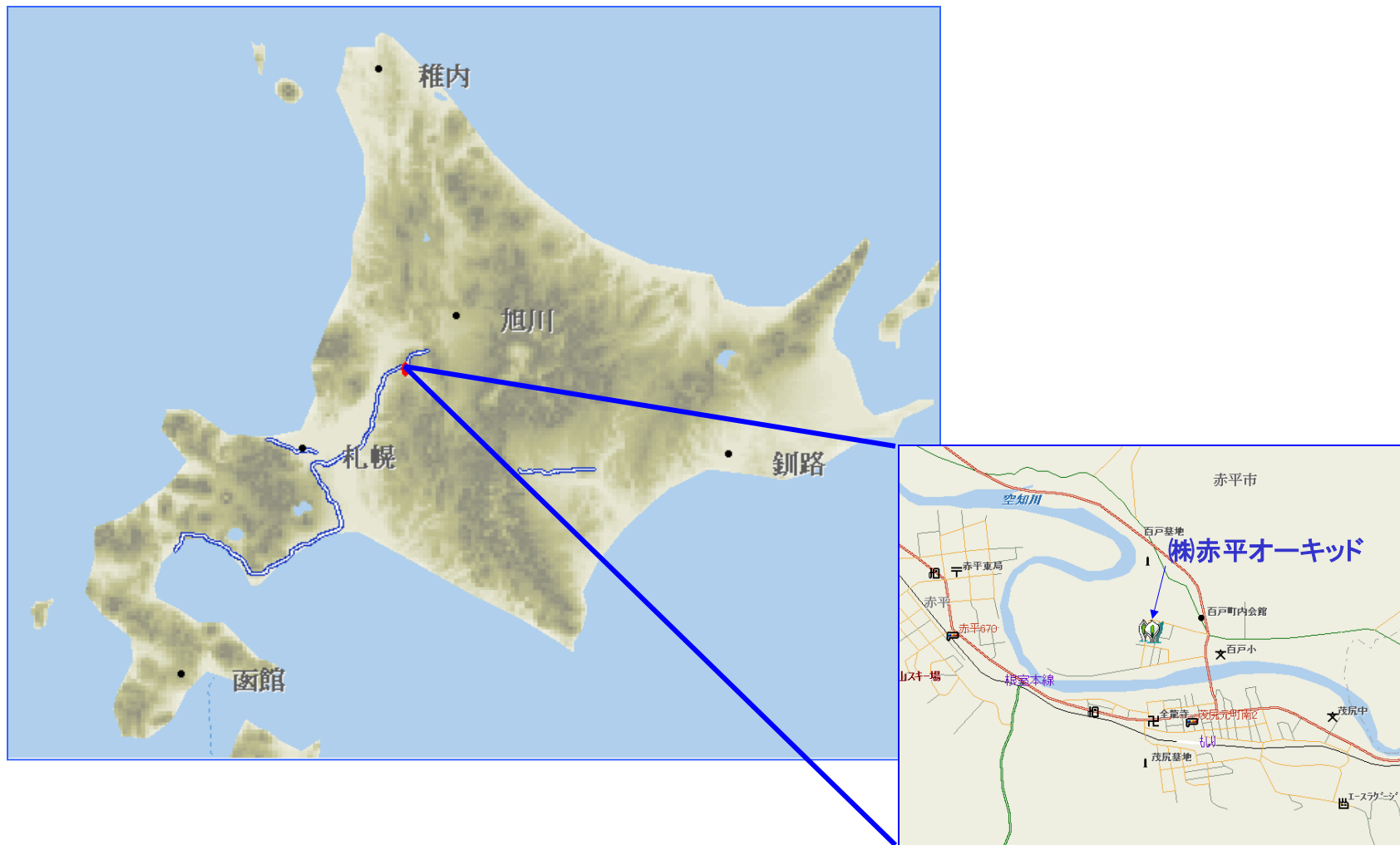
胡蝶蘭の通年栽培

導入概要

- ・用途 : 温室の冷暖房
 - ・施設規模 : 1棟約450m²×12棟
- 2008年12月より稼動

赤平オーキッド様 所在地

赤平オーキッド(株) 札幌市から北東100kmに位置する山岳地域



赤平オーキッド様 導入経緯

- 炭鉱閉鎖に伴い花卉生産開始
- 第3セクターから、地元民間企業への譲渡
- 事業・雇用の継続
→抜本的な製造コストの低減が必要不可欠
- 年間売上高の26.5%が暖房用燃料費
- 代替エネルギーの策定
→地中熱ヒートポンプ
- コストの低減と併せて環境配慮
- 石炭の街から環境配慮の街へ



赤平オーキッド様 システム構成



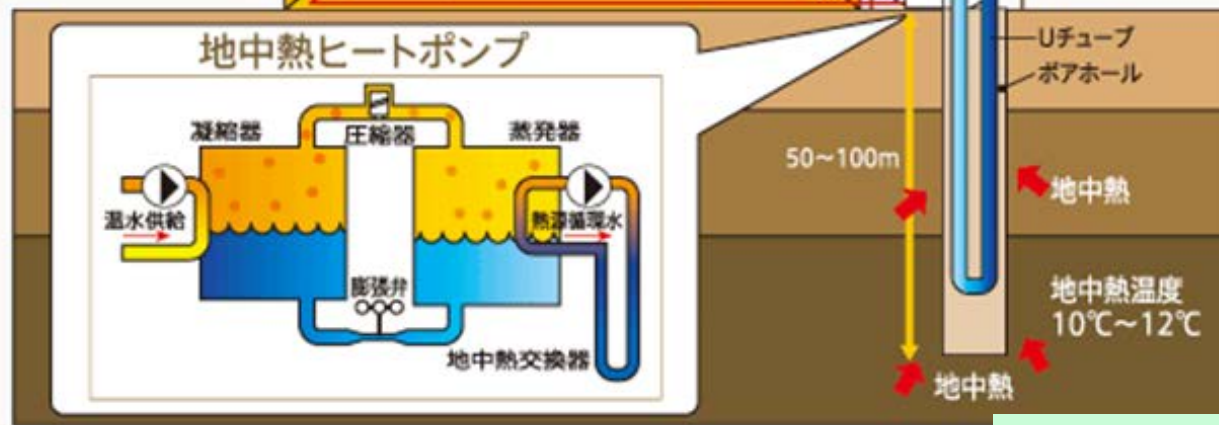
既存の個別暖房設備（灯油式）から
中央熱源方式の地中熱ヒートポンプに改修



地中熱ヒートポンプ 機械室

暖房システム

冷暖房：地中熱ヒートポンプ 17基
270馬力（45HP×6基）



地中熱交換器

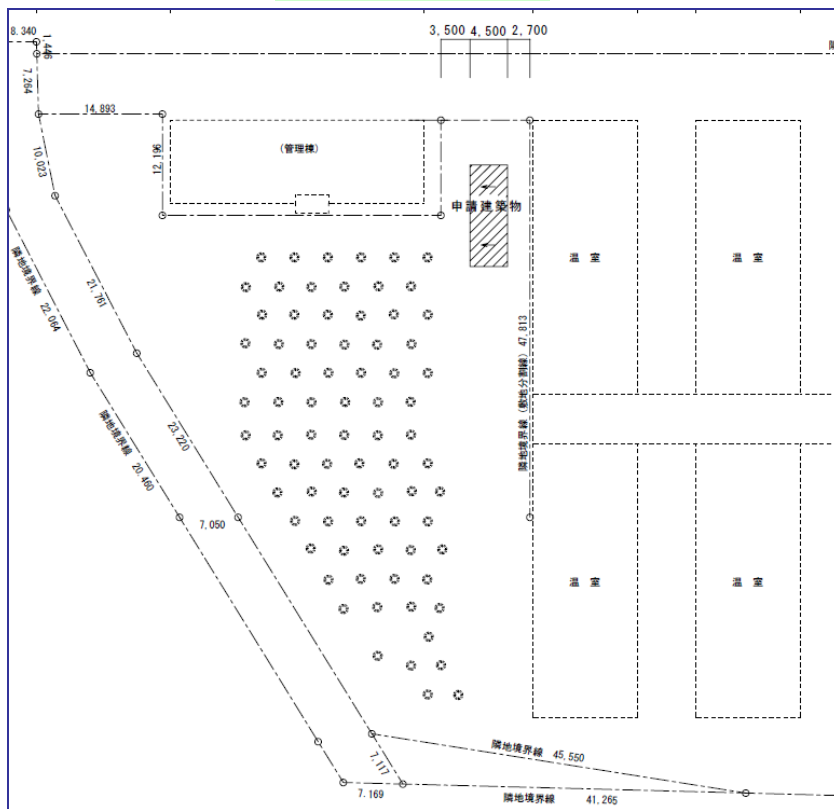


冷暖房：深度 85.0m×78箇所

赤平オーキッド様 採熱設備

工事風景

採熱管の配置



駐車場部分に深度85m×78本を4m間隔で
設置して舗装下に埋設



78箇所の地中熱交換器を3台の機械で約70日間で設置

[熱応答試験 (TRT) による検証]

施工時にはTRTによって、
有効熱伝導率 λ を実測し、
設計値との比較・検証を行



試験機により、有効地盤熱伝導率を測定し、
熱交換性能可否を判定

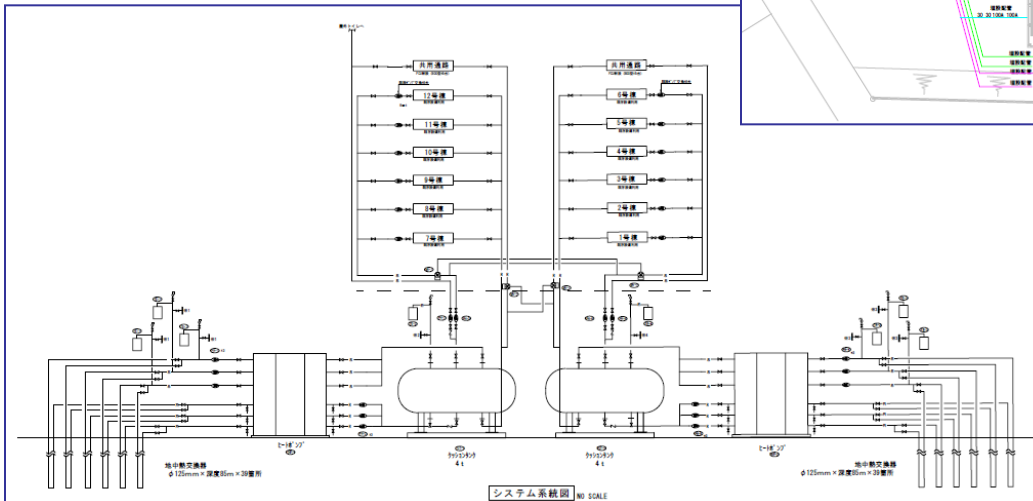
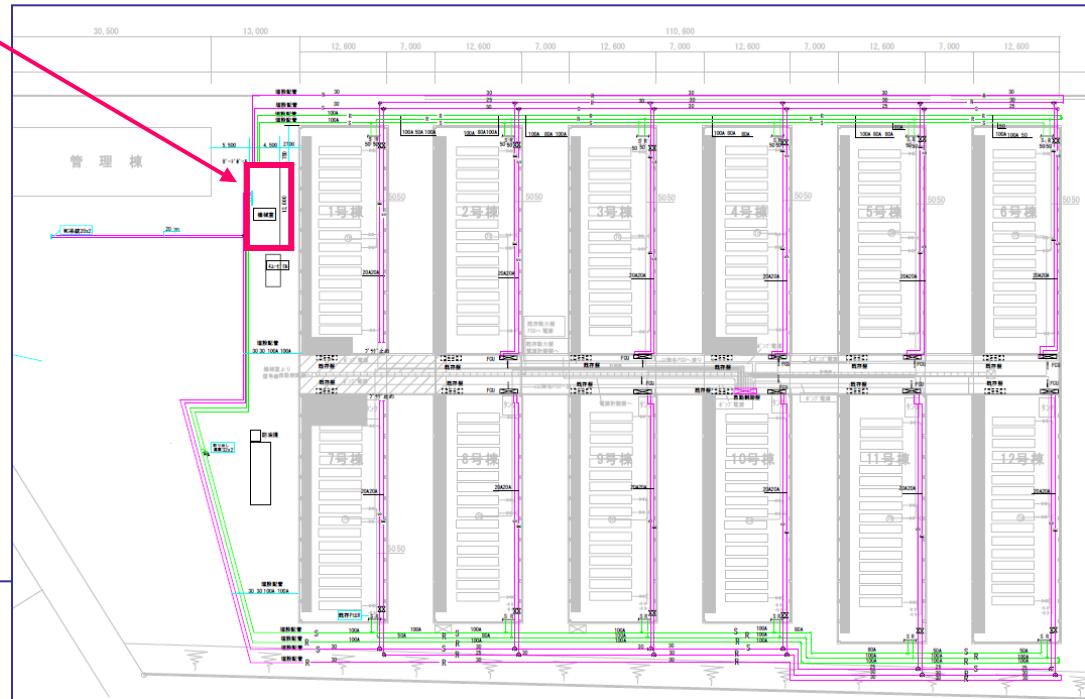
赤平オーキッド様 熱供給設備

新設機械室

冷温水配管

機械室から一括して、各棟に冷温水を供給することでヒートポンプの稼働率を上げ、設備コストの削減

系統図



赤平オーキッド様 ヒートポンプシステム



機械室

中央熱源式として
機械室を新設



ポンプ類



ヒートポンプ

ヒートポンプ設備

大型設備をコンパクトに配置



蓄熱タンク

4,000L × 2基

赤平オーキッド様 栽培室



栽培室内

冬期最低15℃～夏期最高30℃を確保



既設の放熱設備

栽培ベッド下に配管されたチューブによって冷暖房



温室複層フィルム

複層フィルム内に栽培室内の空気を循環

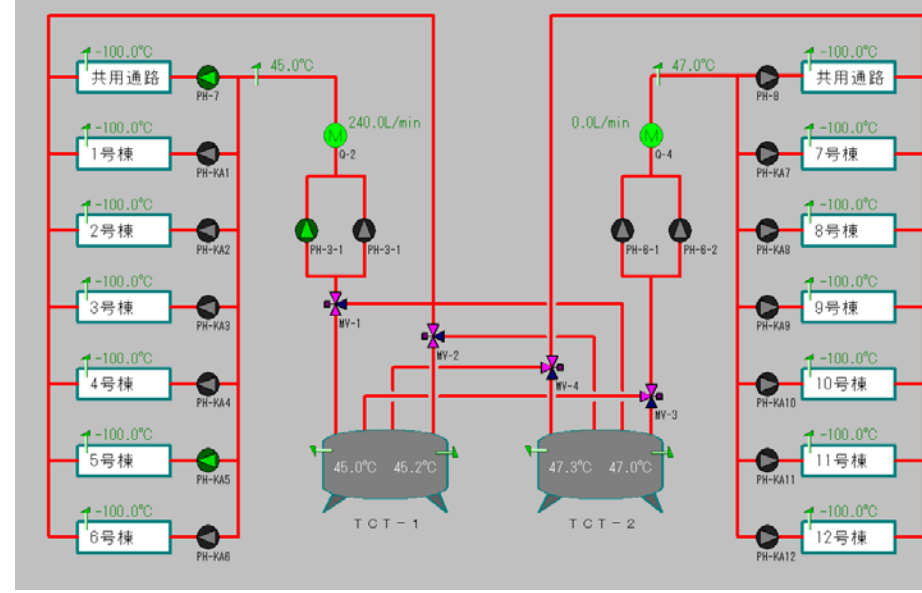
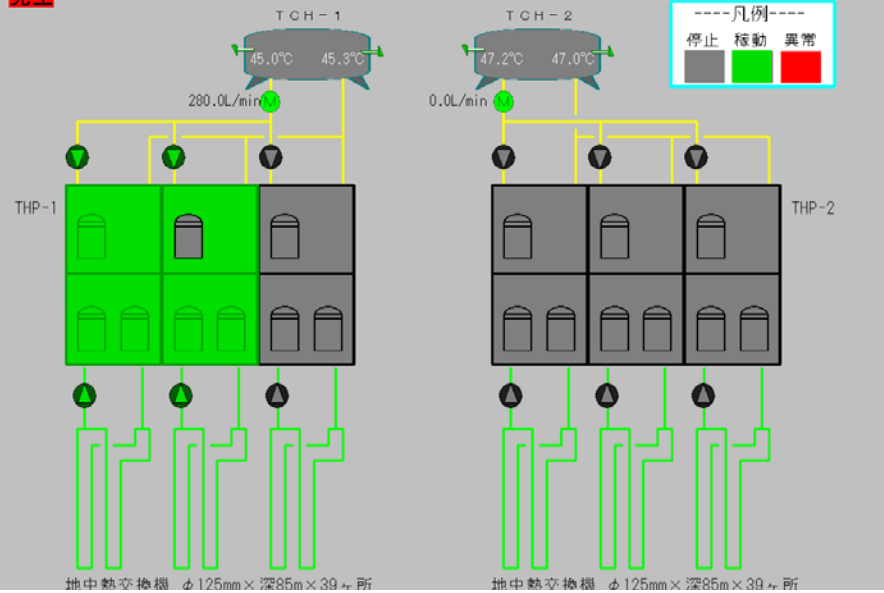


制御盤

タッチパネル式の集中自動制御盤

赤平オーキッド様 制御盤画面

発生



数値一覧

TCT-1-1 温度	-99.0°C
TCT-1-2 温度	-98.9°C
TCT-2-1 温度	-98.8°C
TCT-2-2 温度	-98.7°C
東側系統 2次側往復温度	-98.6°C
西側系統 2次側往復温度	-98.5°C
東側系統 共用通路温度	-100.0°C
1号棟室内温度	-100.0°C
2号棟室内温度	-100.0°C
3号棟室内温度	-100.0°C
4号棟室内温度	-100.0°C
5号棟室内温度	-100.0°C
6号棟室内温度	-100.0°C

西側系統 共用通路温度	-100.0°C
7号棟室内温度	-100.0°C
8号棟室内温度	-100.0°C
9号棟室内温度	-100.0°C
10号棟室内温度	-100.0°C
11号棟室内温度	-100.0°C
12号棟室内温度	-100.0°C

東側系統 1次側流量	0L/M
東側系統 2次側流量	0L/M
西側系統 1次側流量	0L/M
西側系統 2次側流量	L/M

異常一覧

THP-1 第1系統状態	正常
THP-1 第2系統状態	正常
THP-1 第3系統状態	正常
THP-1 第4系統状態	異常
THP-1 第5系統状態	正常
THP-1 第6系統状態	異常
THP-1 第7系統状態	正常
THP-1 第8系統状態	正常
THP-1 第9系統状態	正常
THP-2 第1系統状態	正常
THP-2 第2系統状態	正常
THP-2 第3系統状態	正常
THP-2 第4系統状態	正常
THP-2 第5系統状態	正常
THP-2 第6系統状態	正常
THP-2 第7系統状態	正常
THP-2 第8系統状態	正常
THP-2 第9系統状態	正常

PH-1-1過負荷	正常
PH-1-2過負荷	正常
PH-1-3過負荷	正常
PH-2-1過負荷	正常
PH-2-2過負荷	正常
PH-2-3過負荷	正常
PH-3-1過負荷	正常
PH-3-2過負荷	正常
PH-4-1過負荷	正常
PH-4-2過負荷	正常
PH-4-3過負荷	正常
PH-5-1過負荷	正常
PH-5-2過負荷	正常
PH-5-3過負荷	正常
PH-6-1過負荷	正常
PH-6-2過負荷	正常
PH-7過負荷	正常
PH-8過負荷	正常

PH-KA-1過負荷	正常
PH-KA-2過負荷	正常
PH-KA-3過負荷	正常
PH-KA-4過負荷	正常
PH-KA-5過負荷	正常
PH-KA-6過負荷	異常
PH-KA-7過負荷	正常
PH-KA-8過負荷	正常
PH-KA-9過負荷	正常
PH-KA-10過負荷	正常
PH-KA-11過負荷	正常
PH-KA-12過負荷	正常

異常発生

赤平オーキッド様 導入効果

地中熱システム導入効果《計画値による従来方式との比較》

◇経済性

	地中熱方式	従来方式（灯油）	差額
建設費	約 2億円	既存	—
ランニング	従来方式の 36%	100%（改修前実績）	— 2,400 万円程度
		建設費の増分を約 8 年で回収可能	

◇環境性

	地中熱方式	従来方式（灯油）	差額
年間CO ₂ 排出量	280 ton-CO ₂ /年	950 ton-CO ₂ /年	670 ton-CO ₂ /年

一次エネルギー消費量削減効果



【補元】
同一空調負荷条件による
年間シミュレーション比較
一次エネルギー原単位：
・電力（全日） 9.76MJ/kWh(*1)
・灯油 36.7 MJ/ℓ(*2)

(*1) 「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(06 年改正値) (*2) 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.2.3」(08 年)

CO₂排出量削減効果



【補元】
同一空調負荷条件による
年間シミュレーション比較
CO₂排出原単位：
・電力（全日） 0.517kg-CO₂/kWh(*1)
・灯油 2.489kg-CO₂/ℓ(*2)

(*1) 北海道電力 2007 年度実績値 (*2) 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.2.3」(08 年)

年間2,400万円の暖房料金と 670tonのCO₂排出量削減効果

設計施工された日伸テクノ様からのコメント

- 施主様からの声

「ほぼ計画通りに運用いただいております、特に大きな不満等はいただいております。

生産については、**冷房の活用**ができるようになり出荷時期調整等に活用でき優位性を感じているとのことのお話も聞いておりました。」

- 農業利用についてのコメント

「エネルギー消費の大きな農業施設への地中熱利用は、大きな導入効果をもたらし、非常に有効的な方式の一つと言えますが、**初期投資が多額**になるケースが多く、栽培方法や栽培する植物によってその**有効性を見極める**必要があります。

特に果物や花卉などの**通年栽培**する付加価値の高い生産にはコスト面のメリットが大きく補助金等を有効利用することで、今後の導入加速に期待します。」

温泉排湯熱源ヒートポンプ納入事例

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験

- 新潟県阿賀町
- 雪国の温泉熱と雪冷熱を利用したエコな産業創造による地域活性化事業
(阿賀町、新潟大学工学部技術部・農学部、田部鉄工エンジニアリング)



広域マップ



周辺マップ

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験

雪国の温泉熱と雪冷熱を利用したエコな産業創造
による地域活性化事業

(阿賀町、新潟大学工学部技術部・農学部、田部鉄工エンジニアリング)

温泉と豪雪の町

→温泉熱と雪冷熱を有効利用し農業規模の拡大

→地域活性化や誘客にもつなげたい

- 温泉の排湯熱をヒートポンプ利用して実験施設で実験を行い省エネ効果・効率の実証実験を行う。
- 雪室により低温貯蔵による地域特産物の発掘と融解熱を利用して効果・効率のよい冷熱源として実験施設の冷房設備を検討して実証を行う。



あふれ湯

温泉浴槽



沢水



あふれ湯 35℃

冷房時 沢水 利用
(雪室冷熱の代用)

ヒートポンプユニット

温度管理
20℃

温風(冷風)

植物育成用
LED照明水耕栽培
高設栽培

7.5坪 ハウス

ファンコイルユニット

熱源水循環

ポンプ

熱交換器

圧縮機

冷媒配管

電気

熱を取った排湯

排水

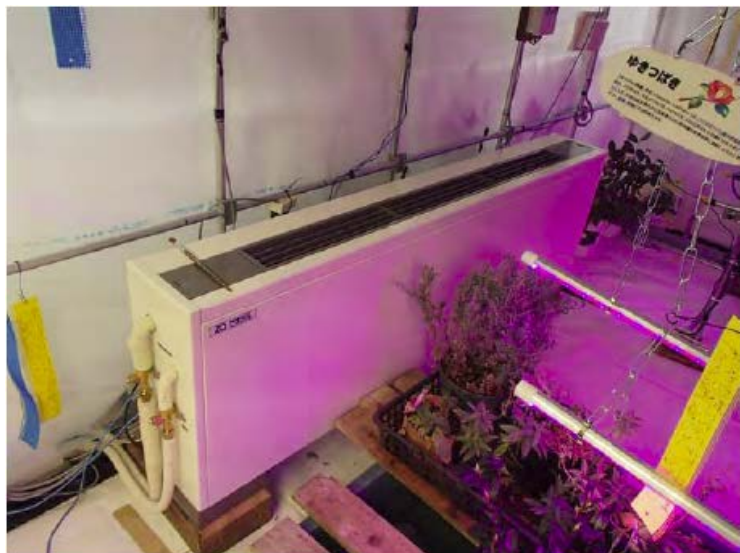
排湯槽(熱源)

投込み式 SUS316 コイル

暖房時: 温泉の排湯熱を熱移動させハウスの暖房に利用

冷房時: ハウス内の熱を沢水に熱移動させ冷房に利用

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験



ハウス内
ヒートポンプ
室内ユニット



屋外
排湯槽2ton
保温ハウス



ハウス外
ヒートポンプ
室外ユニット
1.5馬力



排湯槽2ton
からの溢れ湯
38℃、40L/min

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験



実験用ハウス
7.5坪



ハウス内
高設栽培
ウレイ



ハウス内
マンゴー
ラン
行者にんにく



ハウス内
高設栽培
行者にんにく

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験



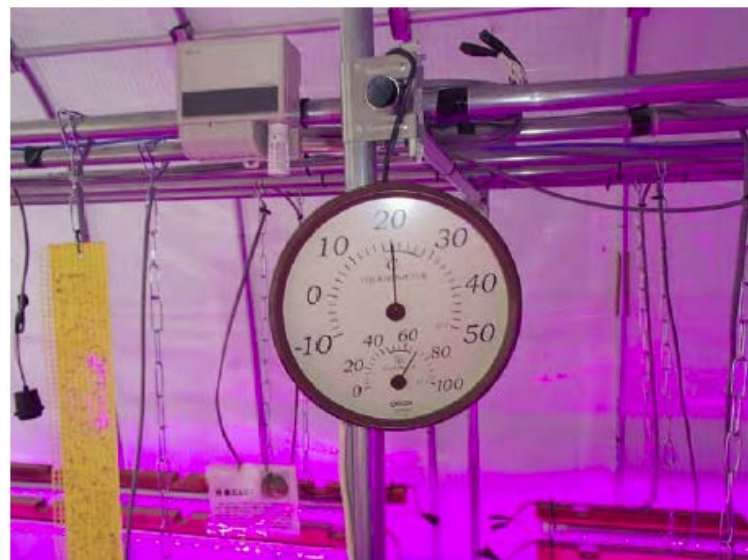
ハウス内
パッションフルーツ



ハウス内
ふかし栽培
たらの木



ハウス内
水耕栽培キット
ウレイ
クレソン
葉わさび



ハウス内
環境状況

赤湯排湯熱利用ヒートポンプ栽培実証試験

試験結果

- 暖房運転(2012年11月～2013年3月)
平均COP5.9→空冷比-45%
(室内機吸込温度約21℃、排湯槽平均温度36℃)
- 冷房運転(2013年5月～9月)
平均COP4.55 →空冷比-31%
(室内機吸込温度約22℃、沢水平均温度20℃)

再生可能エネルギーを利用したヒートポンプの 農業への普及のために

- 初期投資
- 削減効果
- 電力の基本料金
- 冷房利用
- 作物によっての有効性
- 付加価値
- 地域資源を活かす
- 補助金活用

