

2013年10月8日 クロステン
地中熱利用の普及セミナー
in 十日町

地中熱利用の現状と展望

NPO法人 地中熱利用促進協会
理事長 笹田 政克

講演内容

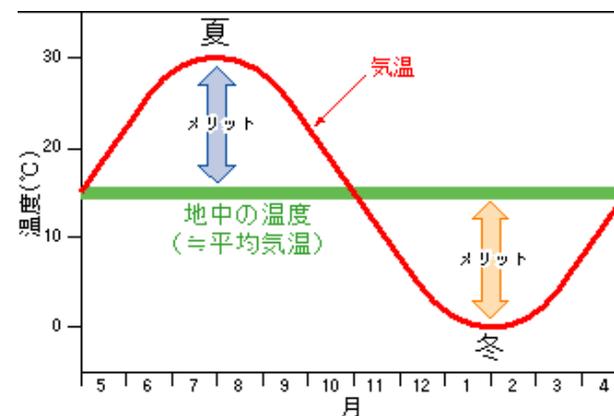
- 地中熱とは
- 地中熱利用ヒートポンプの優れた点
- 利用事例紹介
- 普及の現状
- 政府の施策(補助金ほか)
- 街づくりの中での地中熱利用(今後の展開)
- 地中熱利用促進協会の活動
- まとめ

地熱と地中熱

- **地熱**とは、地球内部に保有されている熱の総称(地学事典)
- 火山のある我が国では、高温の**地熱**を利用して、地熱発電が行われている。地熱発電では一般に1000m級の孔井を掘削して、蒸気・熱水が利用されている。
- 一方、**地中熱**とは浅い地盤中に存在する低温の熱エネルギーであり、**地中熱**は昼夜間又は季節間の温度変化の少ない地中の熱的特性を活用して利用される。

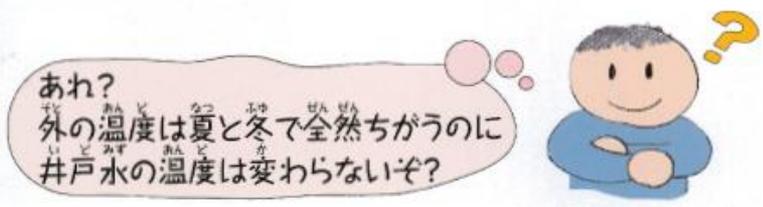


(NEDO パンフレット)



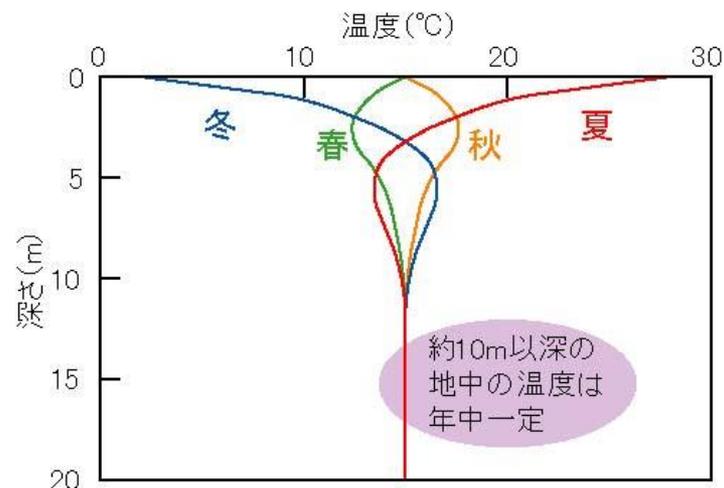
外気温と地中の温度の関係

現代人は忘れていた 地中熱(洞窟・地下水...)の体感を 冬暖かく 夏涼しい



地中熱は再生可能エネルギー

- 地中熱は、太陽及び地球内部からの熱に由来する再生可能エネルギーである。
- 地表近辺では気温の影響により地温は変化するが、地下10～15mの深さになると、年間通して地温の変化が見られなくなる。
- その温度はその地域の平均気温とほぼ等しい。それより深い場所の温度は、一般に100mにつき2～3℃程度の割合で上昇するが、地温は安定した状況にある。
- 地中熱は、日本中どこでも利用でき、しかも天候等に左右されず安定的に利用できる。



季節ごとの地温の分布

■ 未利用熱のポテンシャル

	利用可能量(原油換算kℓ) ^{※1}	導入実績(原油換算kℓ) ^{※2}	利用率
ごみ焼却	3万7000	3万8000	90%
下水汚泥	5000		
発電所排熱	3000	3000	100%
工場排熱	9000	1000	11%
下水	5万2000	8000	15%
河川	13万5000	5000	3%
海水	10万6000	2万	18%
雪氷熱	50万	2000	0.4%
地中熱	600万~1600万	6000	0.1%以下

(出所:日本エネルギー経済研究所の資料を基に作成)

※1:各種資料から日本エネルギー経済研究所推計。利用可能量とは、供給側と需要側の地理的な距離などの利用可能性を踏まえた供給可能な熱量で、賦存量とは異なる。地中熱に関しては、民生部門の暖房用に供するものとして推計し、寒冷地のみか全国を対象とするかで数字に幅がある

※2:雪氷熱および地中熱以外は「熱供給事業便覧平成24年版」(日本熱供給事業協会)。雪氷熱は、平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(再生可能エネルギー等の熱利用促進に関する調査事業)。地中熱は各種資料から日本エネルギー経済研究所推計

地中熱利用の形態

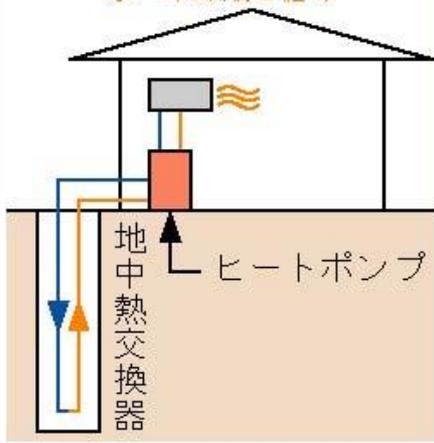
ヒートポンプの熱源として利用
温度調節が可能で汎用性が高い

ヒートポンプシステム

住宅・ビル等の冷暖房・給湯、プール・温浴施設の給湯
道路等の融雪、農業ハウスの冷暖房など

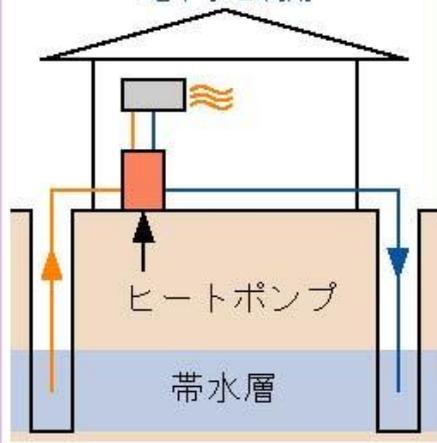
クローズドループ

水・不凍液を循環



オープンループ

地下水を利用



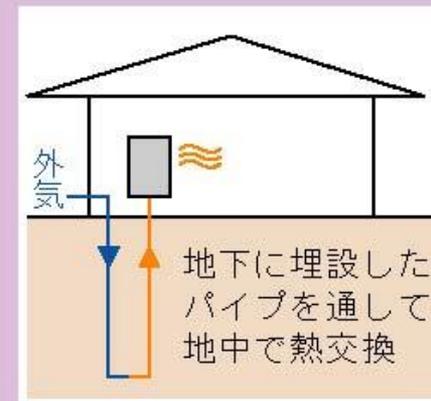
熱伝導

住宅の保温



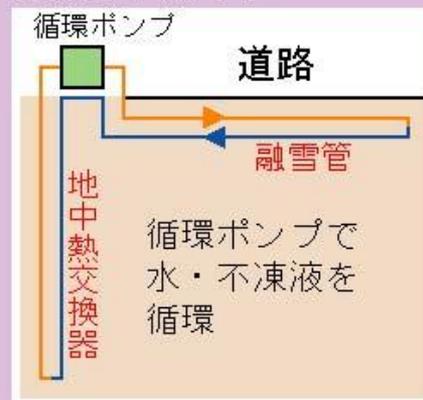
空気循環

住宅等の保温・換気



水循環

道路等の融雪等

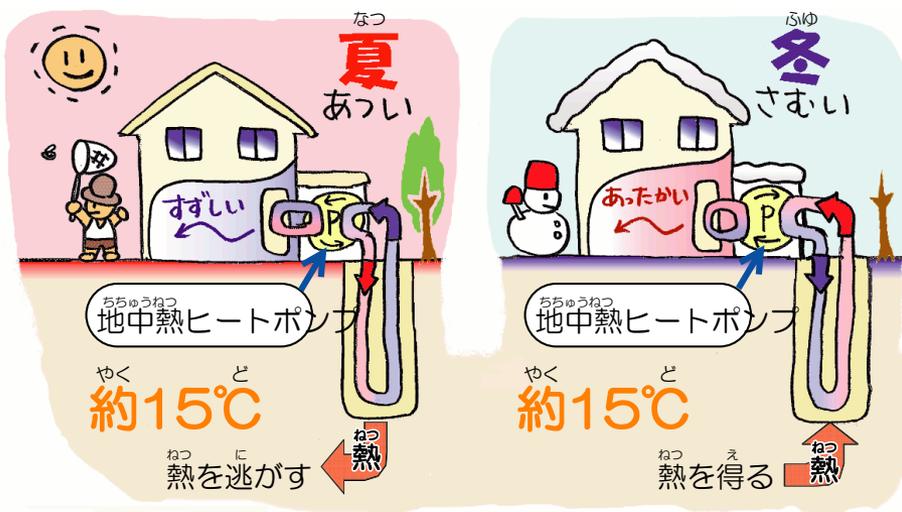


ヒートパイプ

道路等の融雪



地中熱ヒートポンプの優れた点



温度差の活用

- 省エネルギー
- 大きな節電効果
- CO₂排出量の削減

地中の再生可能エネルギー

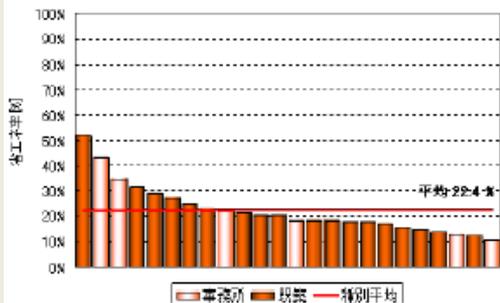
- いつでもどこでも利用可能
- 安定的利用

地中での熱交換

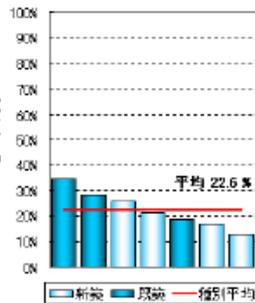
- ヒートアイランド現象抑制

地中熱利用は省エネルギー

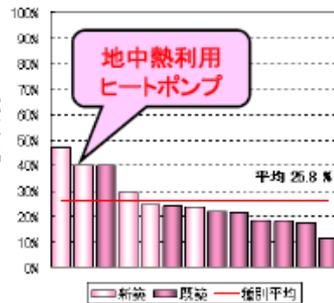
NEDOの高効率エネルギーシステム導入促進事業で実証された 地中熱ヒートポンプの省エネルギー効果



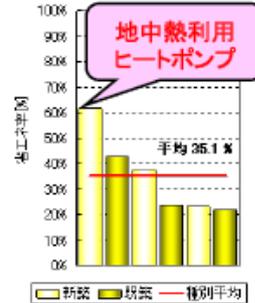
事務所
(新築6件、既築18件)



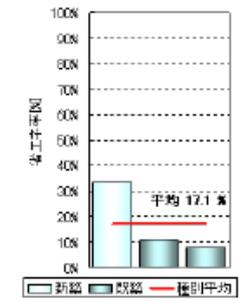
物販店舗
(新築4件、既築3件)



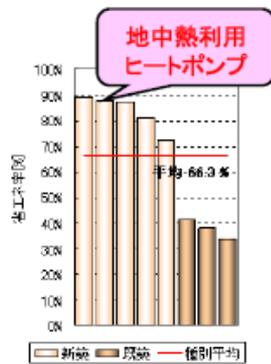
病院
(新築5件、既築8件)



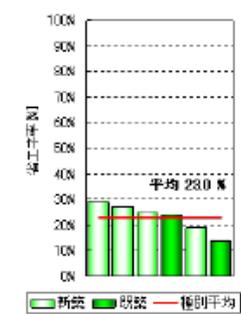
学校
(新築3件、既築3件)



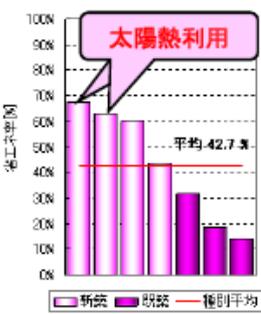
ホテル
(新築1件、既築2件)



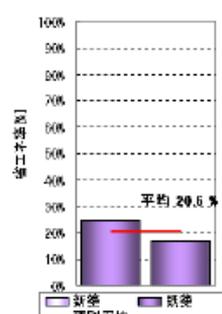
集会所
(新築5件、既築3件)



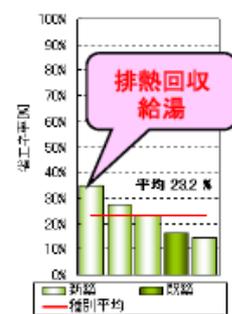
複合施設
(新築4件、既築2件)



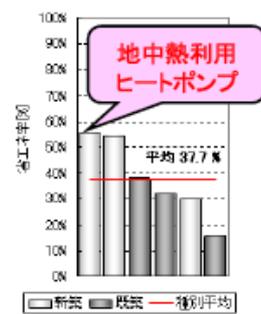
福祉施設
(新築4件、既築3件)



電算センター
(既築2件)



温浴施設
(新築4件、既築1件)



その他
(新築3件、既築3件)

※薄色:新築の事業者

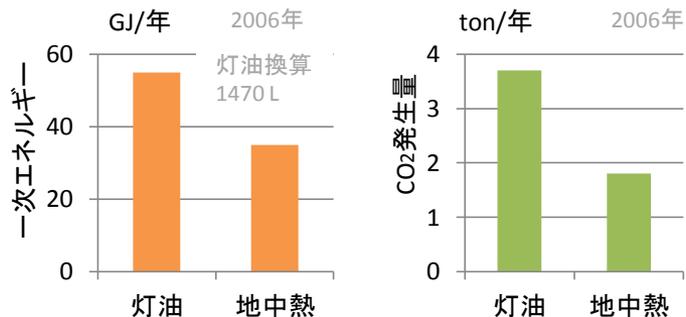
2004-2007年の調査対象:87件、うち地中熱6件

NEDO 住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業(建築物に係るもの)2009 事業成果紹介2009年11月作成による

CO₂ 排出量削減に効果的

北海道の住宅

暖房

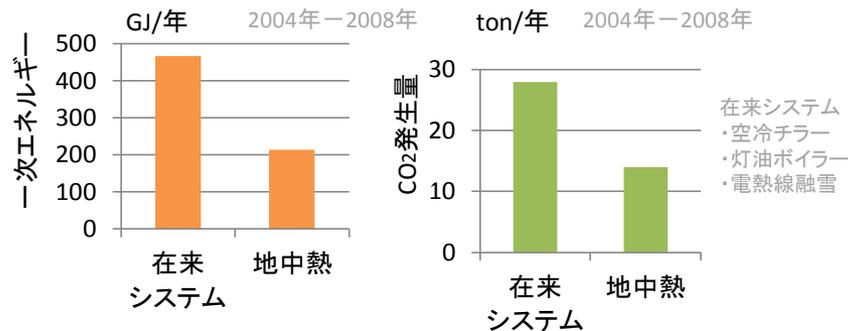


ヒートポンプ暖房出力6.2kW, ボアホール50m x 3本(150m)
COP(期間平均)3.4, 住宅床面積129m², Q値1.6W/(m²・K), C値0.8cm²/m²

富良野市木造3階建住宅2005年10月竣工(北海道大学地中熱講座 2007)

弘前市の公共施設

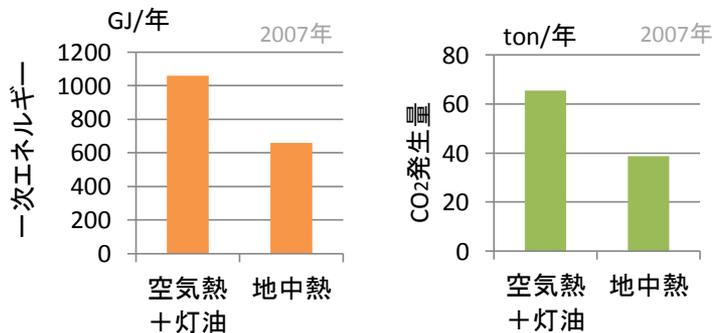
冷暖房・融雪



ヒートポンプ冷暖房用15HP(対象床面積329m²), 融雪用30HP(歩道360m²)
ボアホール90m x 16本(1440m), COP4.3(年平均)3.5(暖房)5.8(冷房)
6.8(融雪)

山口県の中学校

冷暖房



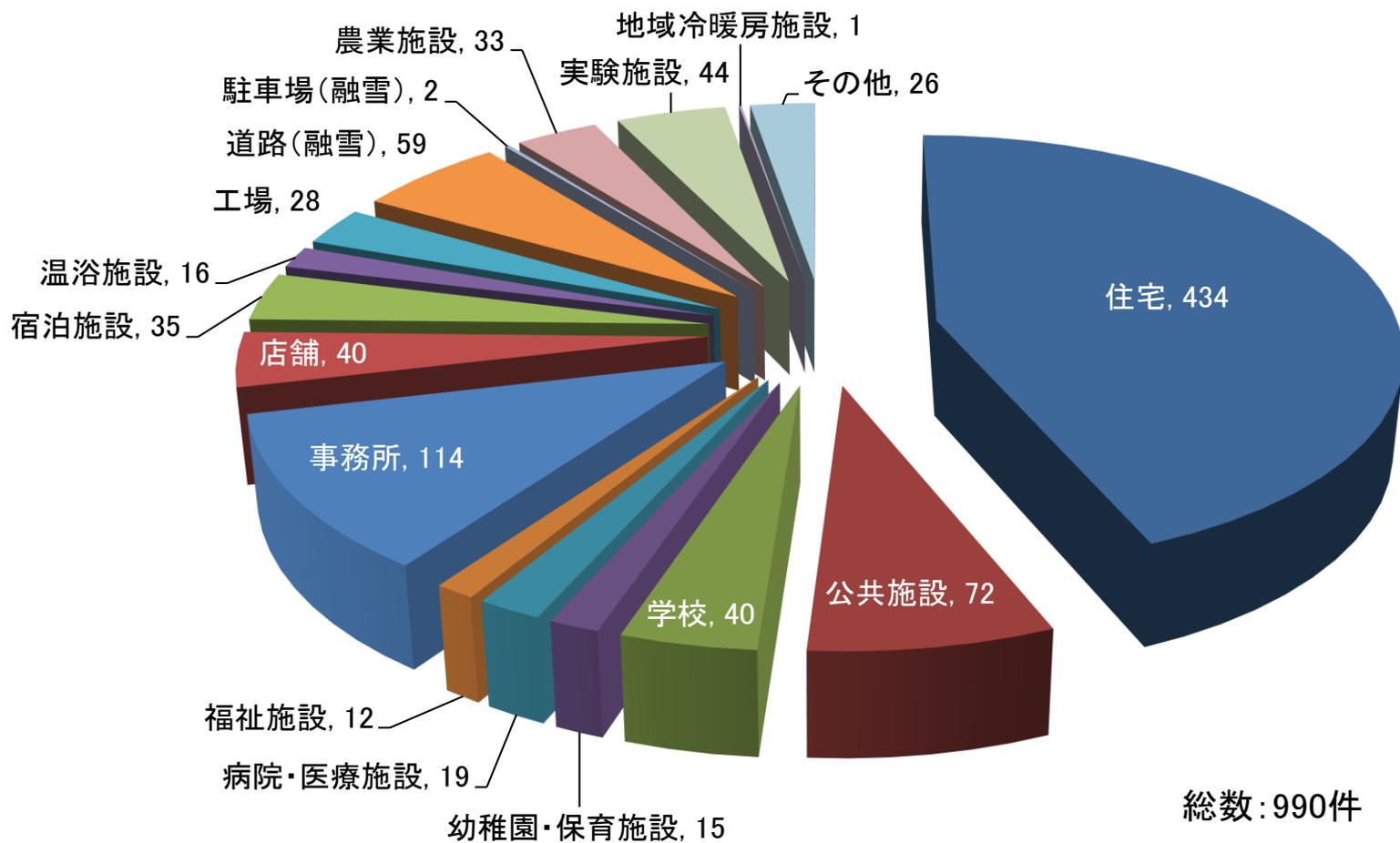
ヒートポンプ冷却能力308kW, 加熱能力270kW, ボアホール100m x 30本

下関市立豊北中学校2006年4月開校(梶 2010)



弘前市まちなか情報センター2004年4月運転開始(石上ほか 2010)

地中熱ヒートポンプの施設別件数 (1981年～2011年)



住宅での地中熱利用の室内機・HEMS



地中熱利用ヒートポンプ



福岡大学付属大濠中学校・高等学校



地中熱利用では、7m×84本の基礎杭を採熱管とし、冷房43kW、暖房49kWのヒートポンプを用い、床冷暖房により空気の加熱。夏は結露のない程度の床冷房をしており、ひんやりした床を体感できる。

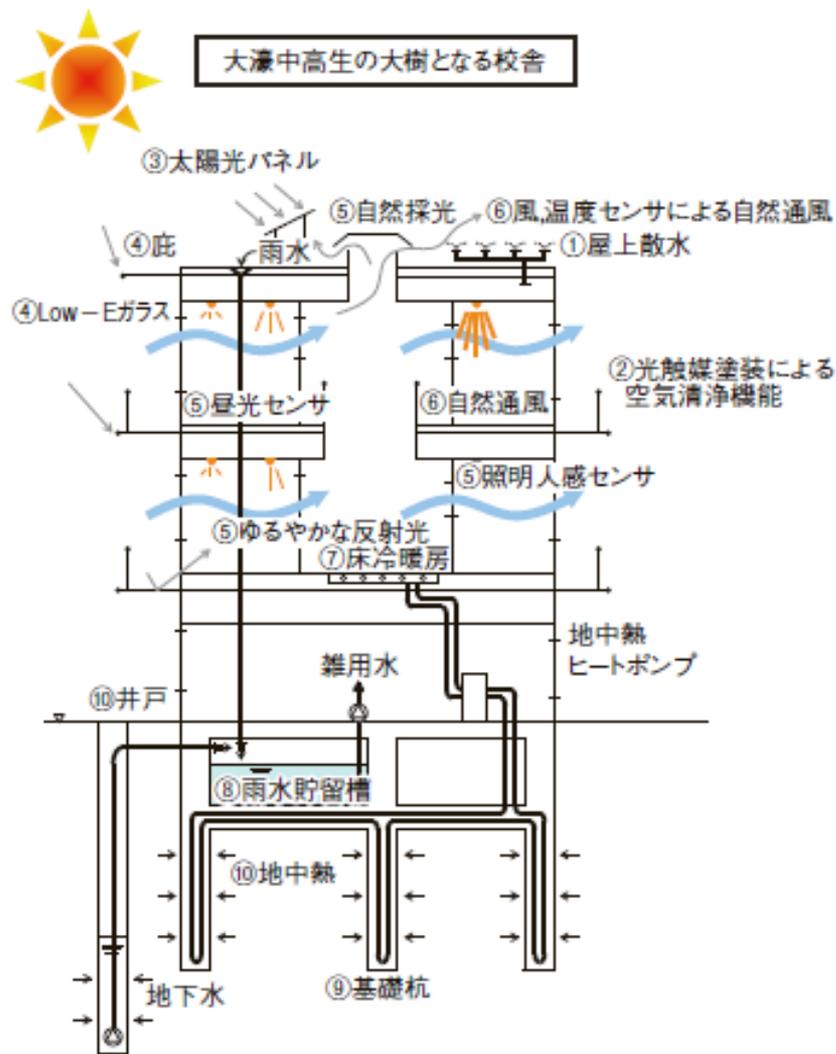
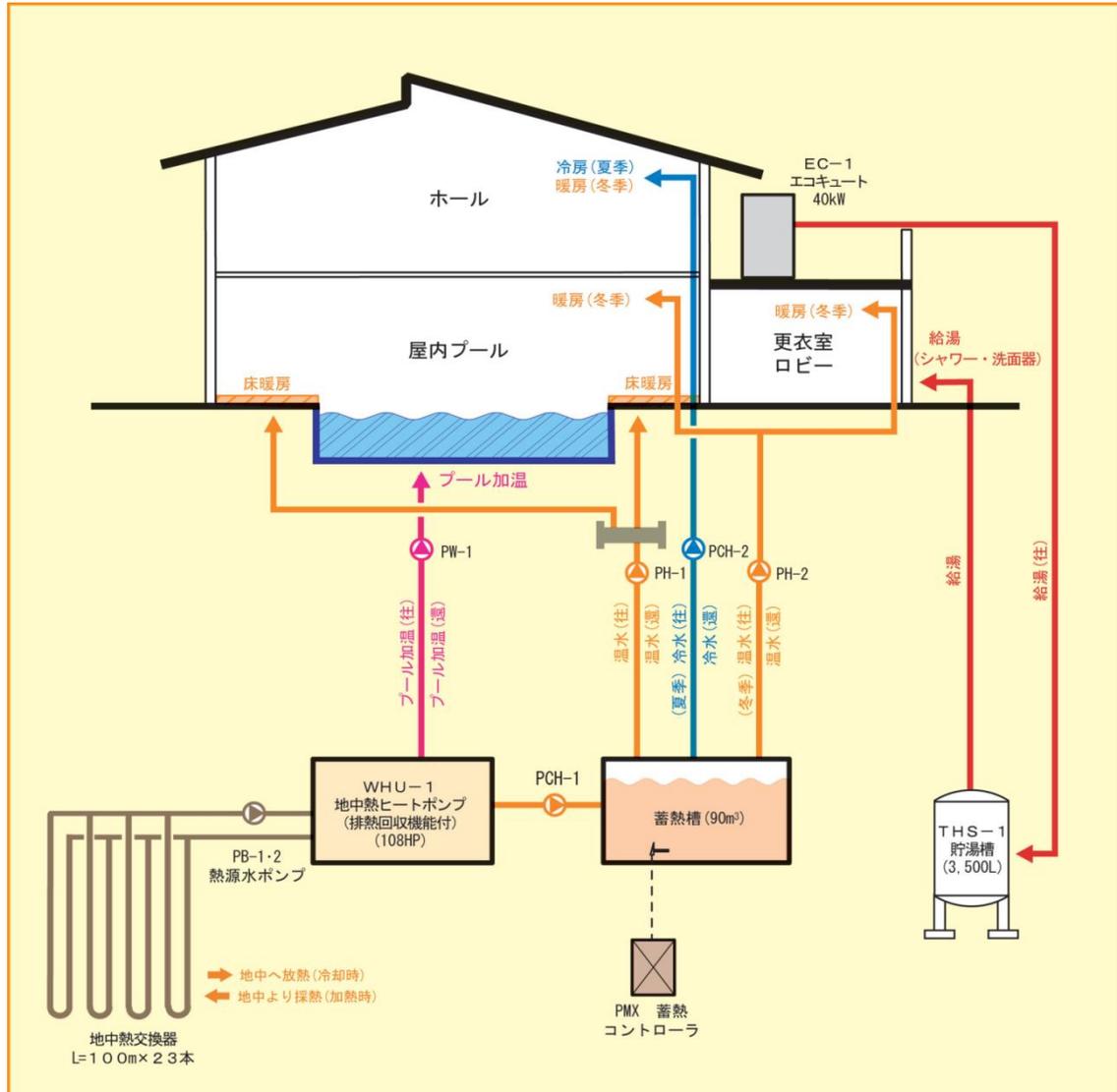


図-1 大濠高校環境技術概念図

(若山尚之)

森村学園(横浜市)の地中熱システム



幼稚園ホール



屋内プール



ヒートポンプ

資料提供: (株)ミサワ環境技術

地中熱利用による融雪

ヒートポンプ導入例



新潟市西区、国道116号高山IC

ヒートパイプ導入例



新潟市中央区オフィスビル



歩道(新潟市江南区)



新潟駅南口広場

(興和)

消防署での地中熱利用



札幌市北消防署篠路出張所

出動態勢にある消防車のエンジン保温のため
消防署の車庫の暖房に地中熱を利用

(日伸テクノ)

地中熱の農業利用 —施設園芸—



(九州電力)



赤平オーキッド(北海道)

東京スカイツリー



(東武鉄道資料)



地中熱議連(小池百合子会長)による視察



基礎杭を活用した地中熱交換器の設置工事
(大成建設)

東京駅前の地中熱利用施設 KITTE(旧東京中央郵便局)



JPタワーのアトリウム



地中熱利用冷暖房の吹き出し口

地中熱導入 最近の動向

- 羽田空港国際線ターミナルビル (2010年)
- 東京大学「理想の教育棟」 (2011年)
- 富士通長野工場 (2012年)
- IKEA新宮ストア (2012年)
- セブンイレブン2店舗 (2012年)
- パークシティ武蔵小杉 (2012年)
- 渋谷本町学園一渋谷区立小中一貫教育校 (2012年)
- 東京スカイツリー (2012年)
- 商業施設KITTE (2013年)
- 東京スクエアガーデン (2013年)



IKEA福岡新宮 ストア

延床面積: 31,661 m² (2フロア構成)

完成・開業日: 2012年4月

地中熱源能力: 約500 kW、150RT

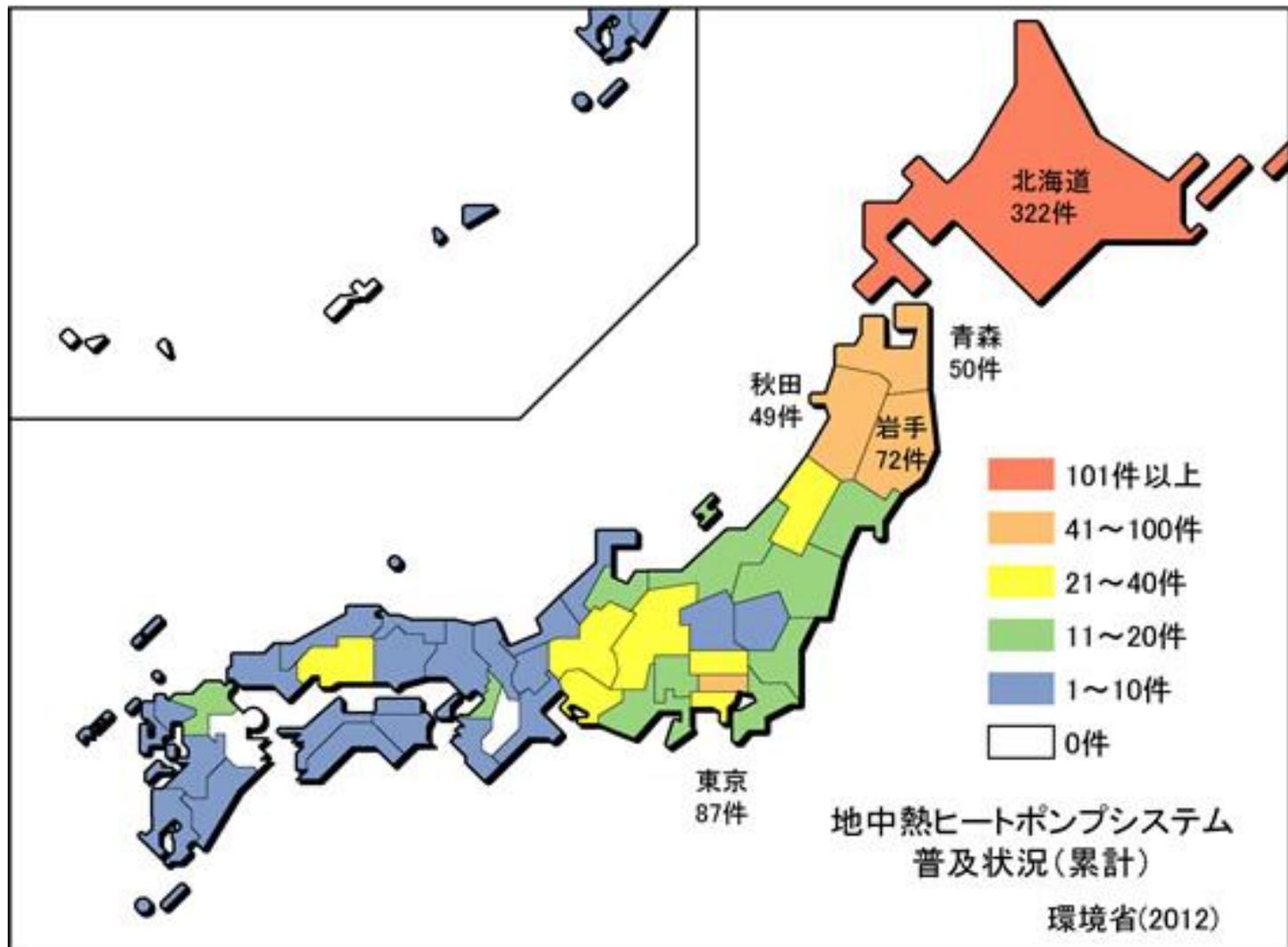
*再生可能エネルギーの使用割合はおよそ30%

熱源杭の本数: 100mの長さの杭70本

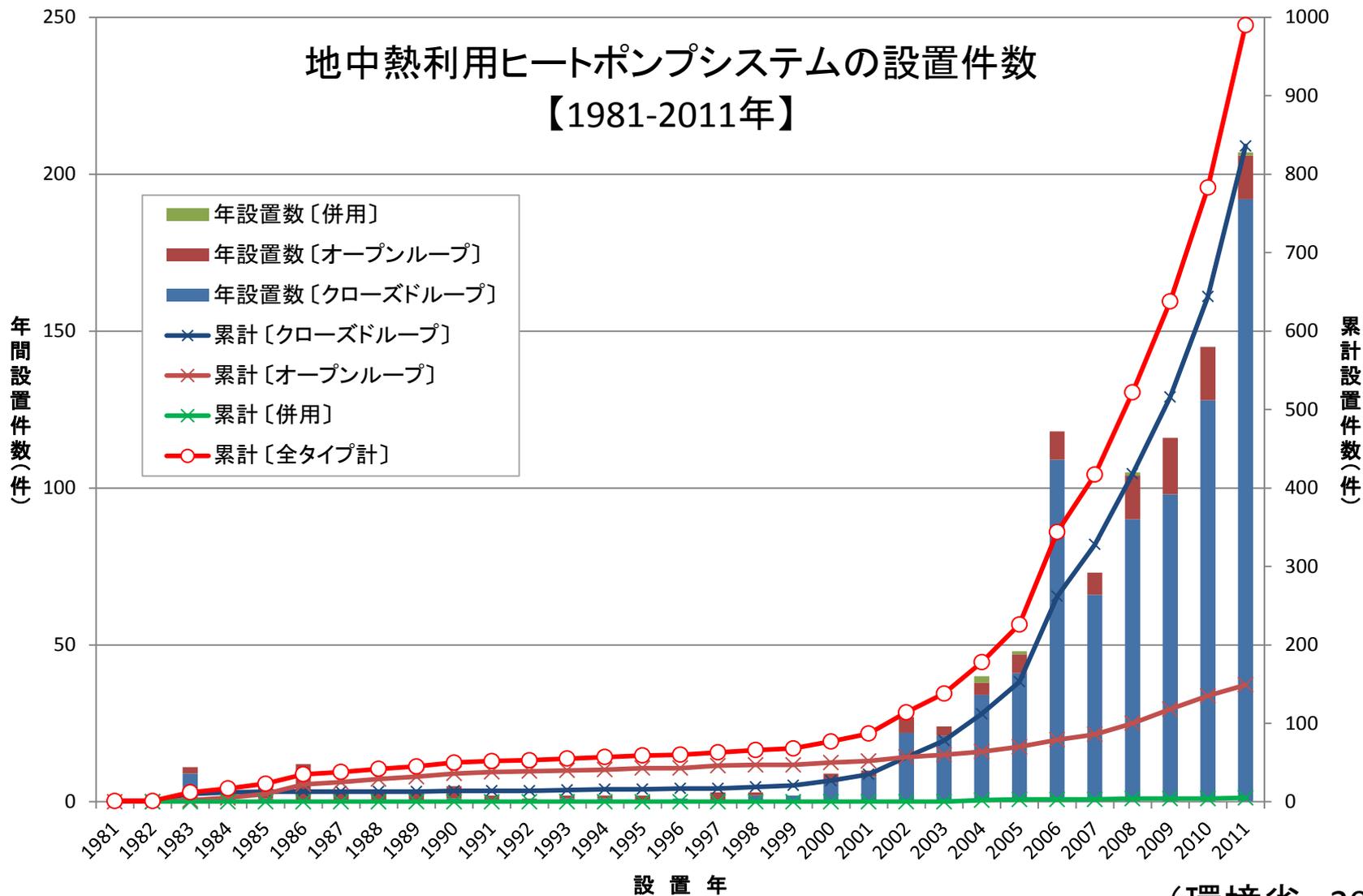
(IKEA JAPAN NEWS 2011.4.19)

地中熱ヒートポンプの設置件数

(1981年～2011年)



地中熱ヒートポンプの設置件数



建物への地中熱導入の初期コスト

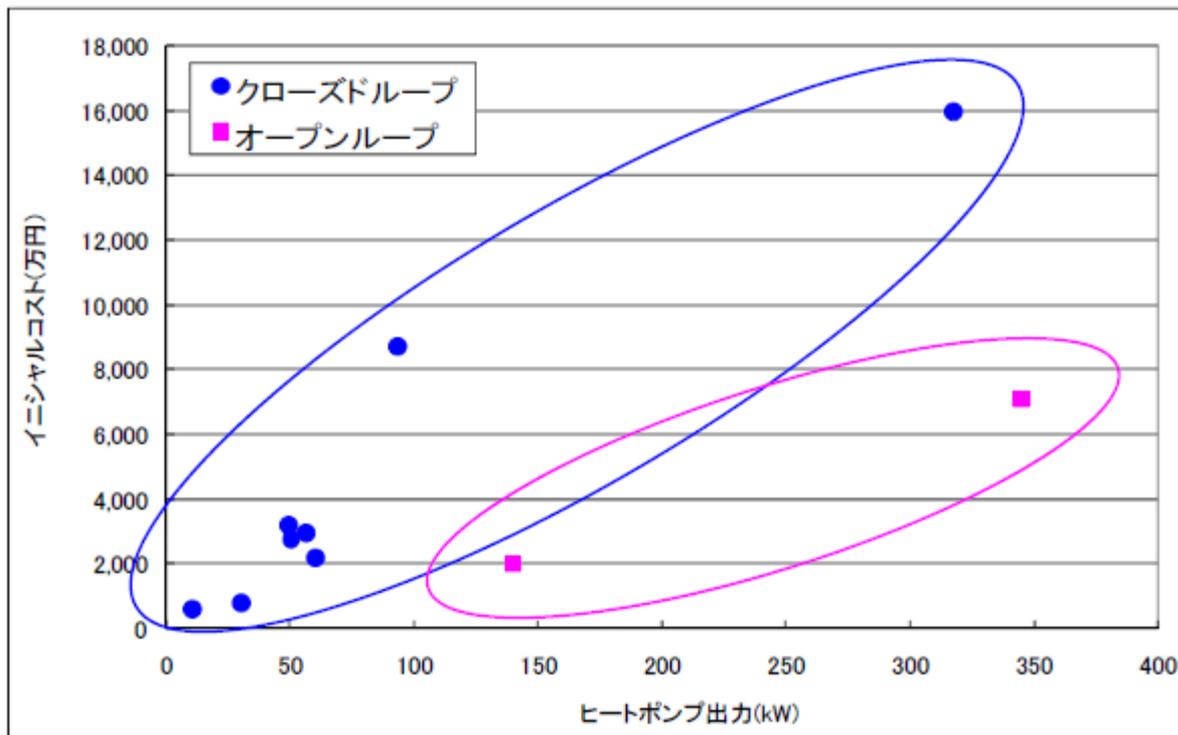


図 3-10 ヒートポンプ出力あたりのイニシャルコストの事例

(設備事業者へのヒアリングによる)

国の基本文書に明記

平成22年

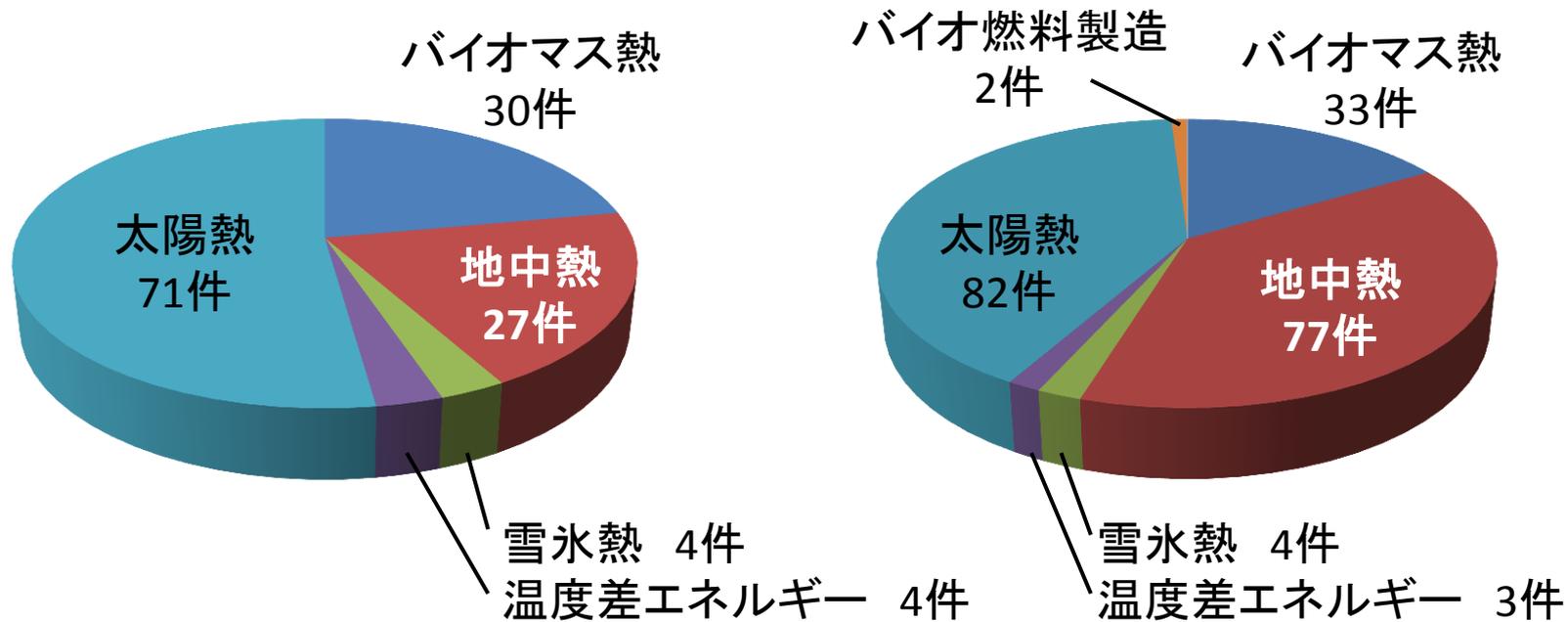
「エネルギー基本計画」(平成22年6月)

再生可能エネルギーの利用拡大

さらに、空気熱の導入促進及び地中熱等の温度差エネルギーの利用促進のため、産業用・業務用・家庭用の給湯・空調等におけるヒートポンプの利用促進を図る。
(地中熱関連部分の文章を抜粋)

平成23・24年度 経産省の補助金

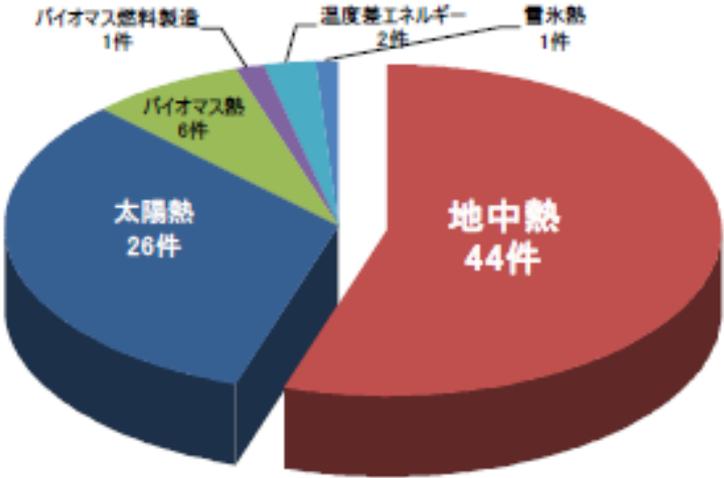
再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費



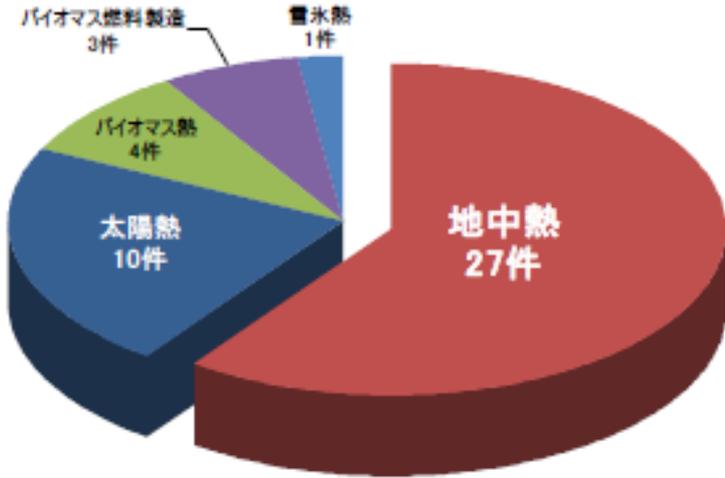
平成23年度採択136件の内訳

平成24年度採択201件の内訳

平成25年度 経産省の補助金 再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費 (第1次募集)



地域再生可能エネルギー熱導入促進事業 採択 80 件 内訳



再生可能エネルギー熱事業者支援対策事業 採択 45 件 内訳

政策金融公庫の融資制度

	① 「国民生活事業」	② 「中小企業事業」
融資限度額	7千2百万円 (直接支店に申請します)	7億2千万円(直接貸付) (直接支店に申請します) * 左記の①の限度額以上の 場合に適用されます。 1億2千万円(代理貸付) (直接取引金融機関に申請し ます)
融資期間	15年以内(うち据え置き 期間2年以内)	15年以内(うち据え置き期間2 年以内)
融資利率	特別利率 0.4%~3.6 0% (返済期間、使いみち・担 保・保証人の有無など によって異なる利率が適用 されます)	特別利率 1.15%~1.8 5% (返済期間、使いみち・担保・保 証人の有無などによって異なる 利率が適用されます)

環境省平成26年度概算要求 地熱・地中熱等による低炭素社会推進事業

事業概要

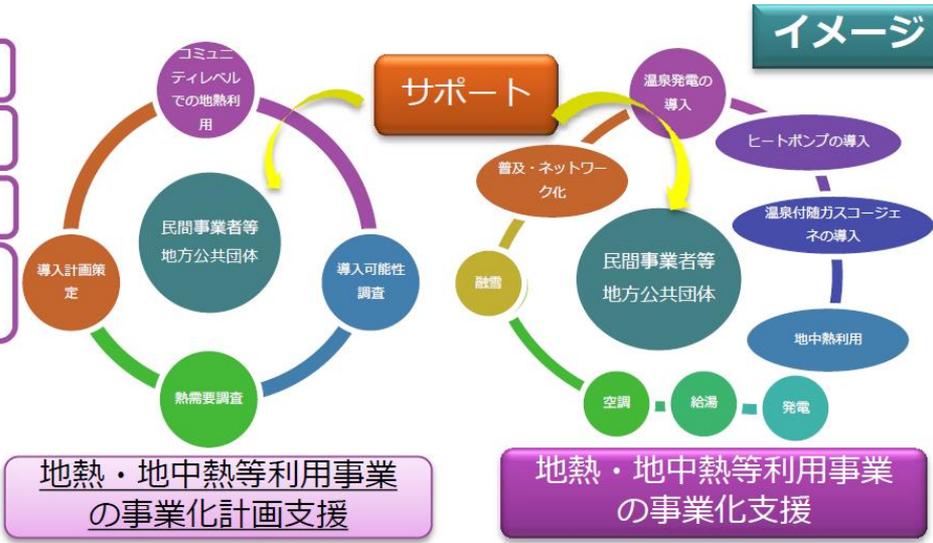
- (1) 地熱・地中熱等利用事業の事業化計画策定
地方公共団体や民間事業者等による地熱・地中熱を利用し低炭素社会の構築に資する事業の基本設計調査、熱需要調査、事業性、資金調達等、具体的な事業化計画の策定を支援
- (2) 地熱・地中熱等利用事業
地方公共団体や民間事業者等による地熱・地中熱を利用し低炭素社会の構築に資する発電、熱利用・供給設備等、集中管理システム、計測・モニタリング装置等付帯設備の導入を支援。

平成26年度要求額
2,000百万円（新規）

- (1) 補助対象：①民間事業者等、②地方公共団体
補助割合：①2/3、②定額/1000万上限
- (2) 補助対象：①民間事業者等、②地方公共団体
補助割合：①1/2、1/3、モニタリング装置等 定額
②1/2、2/3



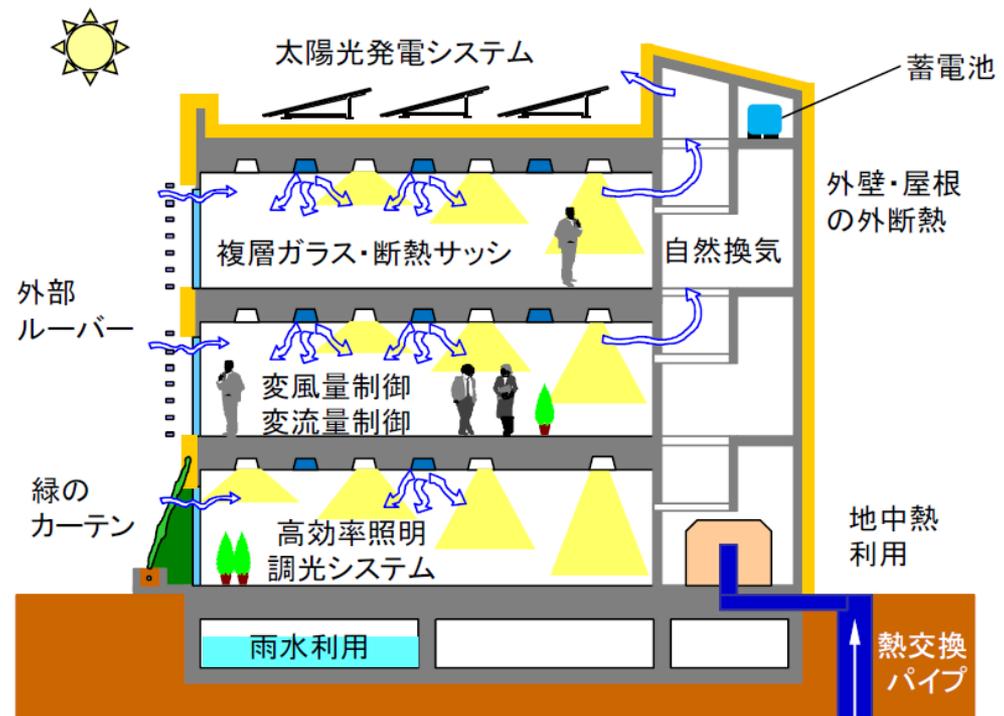
もったいない！
 まだまだ使える！
 もっと使える！
 温度・用途に合った利活用促進



イメージ

国土交通省 官庁施設のゼロエネルギー化 (平成24・25年度 モデル事業の実施)

- 東日本大震災で被災した官庁施設の復旧に併せ、再生可能エネルギー・新技術の積極的導入と省エネルギー・節電技術の徹底活用を組み合わせ、ゼロエネルギー化を目指した整備をモデル的に実施する。
- モデル事業の実施を通して、地方公共団体等にグッドプラクティスの提供と技術支援を行い、公共部門を始めとする建築物のエネルギー効率の向上を目指す。



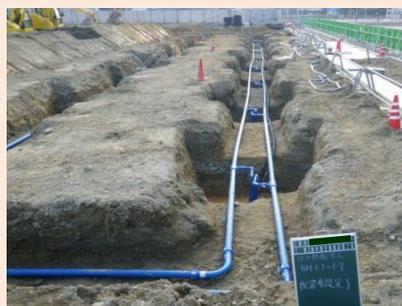
【ゼロエネルギー庁舎（イメージ図）】

実施施設： 石巻港湾合同庁舎

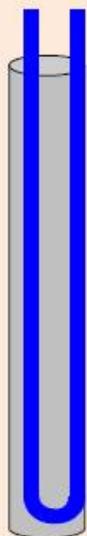
地中熱ヒートポンプシステム

クローズドループで使用する地中熱交換器

ボアホール方式



Uチューブ
(積水化学資料)



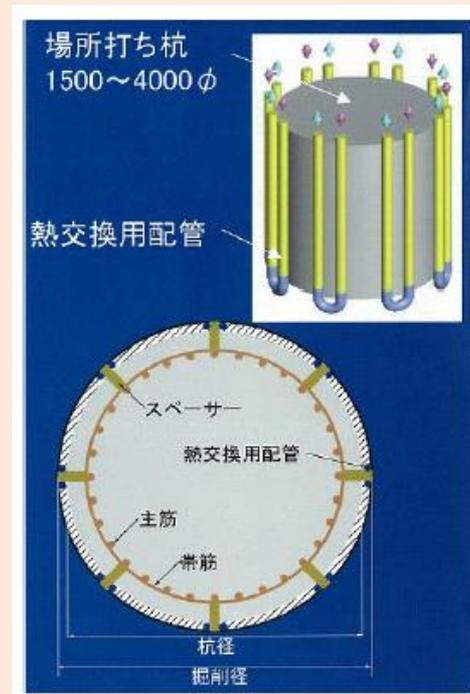
杭方式



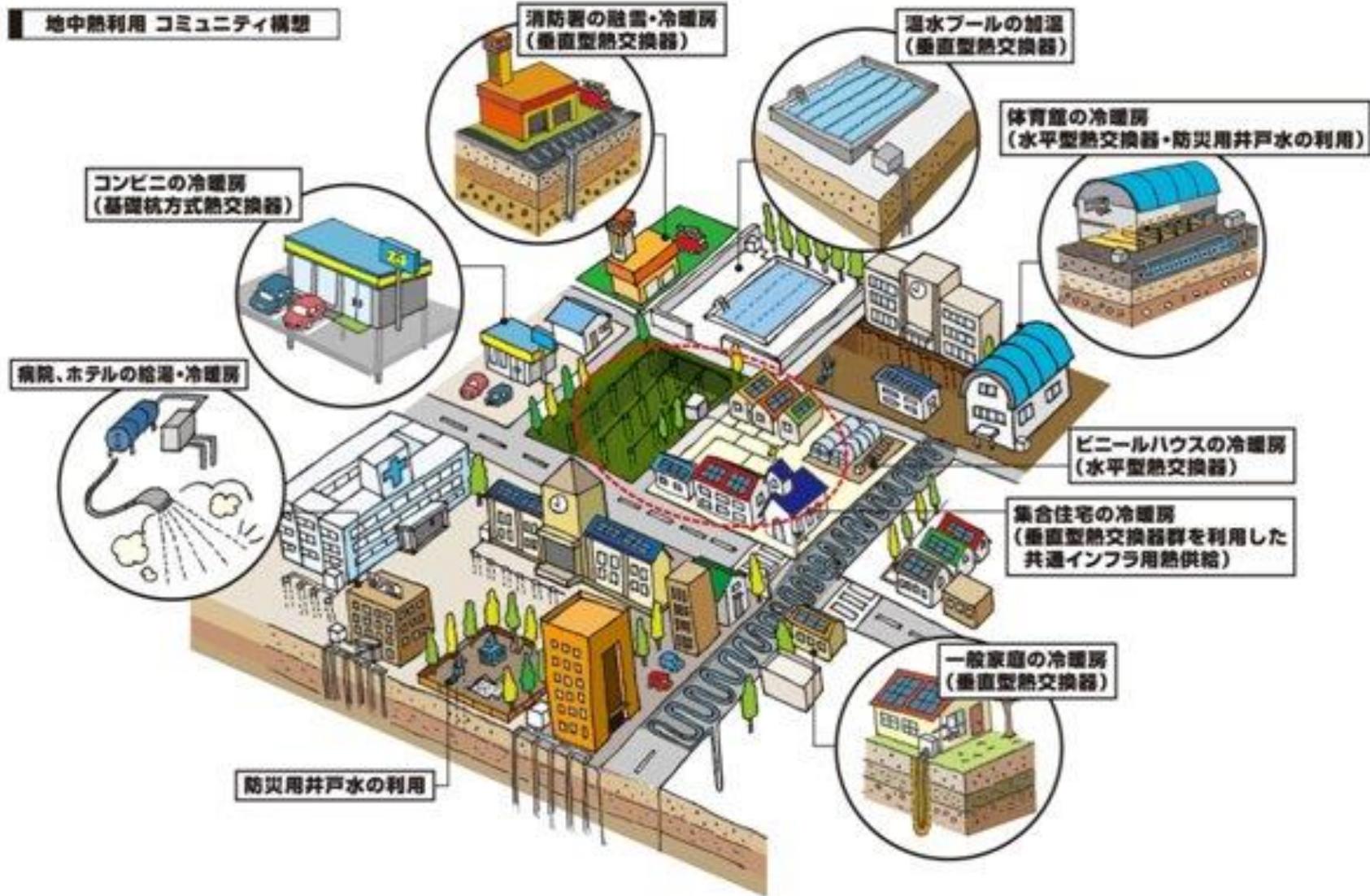
鋼管杭(新日鉄エンジニアリング資料)



PHC杭
(日本設計資料)



場所打ち杭
大成建設資料)



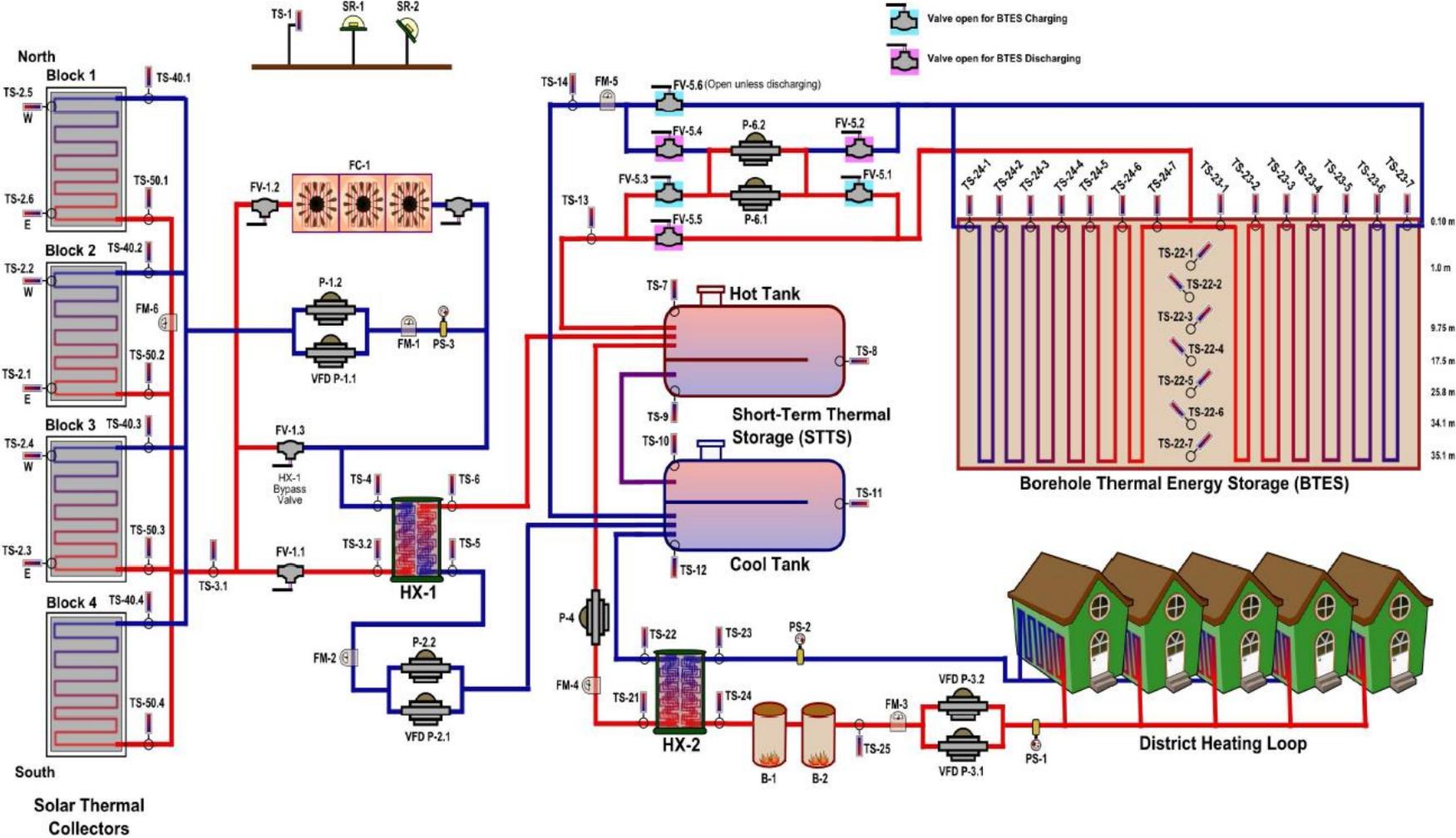
地中熱利用のコミュニティ構想

オコトクス(カナダ) 太陽熱との組合せ



(Sibbitt et al., 2011)

オコトクス(カナダ) 太陽熱との組合せ



(Sibbitt et al., 2011)

地中熱利用促進協会： 展示会への出展



平成24年5月22日～25日、東京ビッグサイトで開催された環境展に15社と共同出展(写真)
平成25年1月30日～2月1日、東京ビッグサイトのENEX2013には18社での共同出展

入門書の出版



地中熱ヒートポンプの基本がわかる本

横浜産業新聞 副編集長 内藤春雄 著
地中熱利用促進協会 監修
B5サイズ165頁
平成24年10月25日 発行
オーム社

- | | |
|-----|---------------------|
| 第1章 | いま、注目の地中熱利用ヒートポンプとは |
| 第2章 | そもそもヒートポンプとは |
| 第3章 | どのようなシステムなのか |
| 第4章 | メンテナンスフリーが確保出来る工事技術 |
| 第5章 | さまざまな建物で利用されている |
| 第6章 | 地中熱利用ヒートポンプのコストと効果 |
| 付録1 | 地下水に関する規則 |
| 付録2 | 地中熱利用促進協会（会員リスト） |

技術の普及

NPO法人 地中熱利用促進協会の活動

● 地中熱講座

地中熱ヒートポンプの利用技術の基礎を習得することが目的の基礎講座(6回実施)、実務的な設計講座(平成24年度新設 1回実施)、施工講座(平成24年度新設 1回実施)を開設。

● マニュアル

地中熱ヒートポンプの施工管理マニュアルを、地中熱利用促進協会で作成。市場の拡大にともない着実な施工と、施工の標準化が求められている。このマニュアルでは現場で効率的な施工が行えるように、これまで施工実績の多い企業、それぞれの専門分野の企業の知見と技術を集約。

現在は会員のみ閲覧可

基礎講座のプログラム

	講義タイトル	時間	講義内容	講師
1日目 6月23日(木)	主催者挨拶(10分)	9:30~9:40		
	①地中熱ヒートポンプシステムの基礎(80分)	9:40~11:00	(テキスト 1章) 地中熱利用の基本構成、特徴や導入効果	西日本工業大学 教授 成田樹昭
	休憩(10分)	11:00~11:10		
	②地中熱交換器とヒートポンプ(60分)	11:10~12:10	(テキスト 2~3章) ボアホール方式、基礎杭方式の概要と、Uチューブについて、ヒートポンプの基礎	西日本工業大学 教授 成田樹昭
	昼食(50分)	12:10~13:00		
	③地中熱交換器(45分)	13:00~13:45	(テキスト 2章)地中熱利用促進協会編 施工管理マニュアル第4章	日さく 技師長 芝宮一郎
	休憩(10分)	13:45~13:55		
	④配管(45分)	13:55~14:40	(テキスト 2章)地中熱利用促進協会編 施工管理マニュアル第5章	東急建設 主任技師 中川敬一
	休憩(10分)	14:40~14:50		
	④冷暖房システムの概要(60分)	14:50~15:50	(テキスト 4章と、5章の一部) 基本的なシステムの説明と概略の設計方法	西日本工業大学 教授 成田樹昭
	事務局案内(10分)・移動	15:50~16:30	受講証明書配布 翌日説明	
	現場見学(90分)	16:30~18:00	見学先:学校法人和田実学園目白幼稚園	ミサワ環境技術
懇親会		18:00~20:00	イタリアンレストラン「フィオレンティーナ」(目白駅前)	
2日目 6月24日(金)	受付(10分)	9:00~9:10	(8:50より入室可)	
	①ヒートポンプについて(80分)	9:10~10:30	配布資料	ゼネラルヒートポンプ工業 常務 柴芳郎
	休憩(10分)	10:30~10:40		
	②システム設計例(90分)	10:40~12:10	同上テキスト5章およびGround Clubによる実施設計演習および講習	北九州市立大学 講師 葛隆生
	昼食(50分)	12:10~13:00		
	③サーマル・レスポンズテスト(予定)(90分)	13:00~14:30	地盤の熱伝導率とTRT方法について(予定)	九州大学 准教授 藤井光
	休憩(10分)	14:30~14:40		
	④経済性および環境性評価と将来展望(100分)	14:40~16:20	テキスト 6章と事例紹介	北海道大学 教授 長野克則
閉会挨拶	16:20~16:40	受講証明書配布		

産官学-NPOの連携

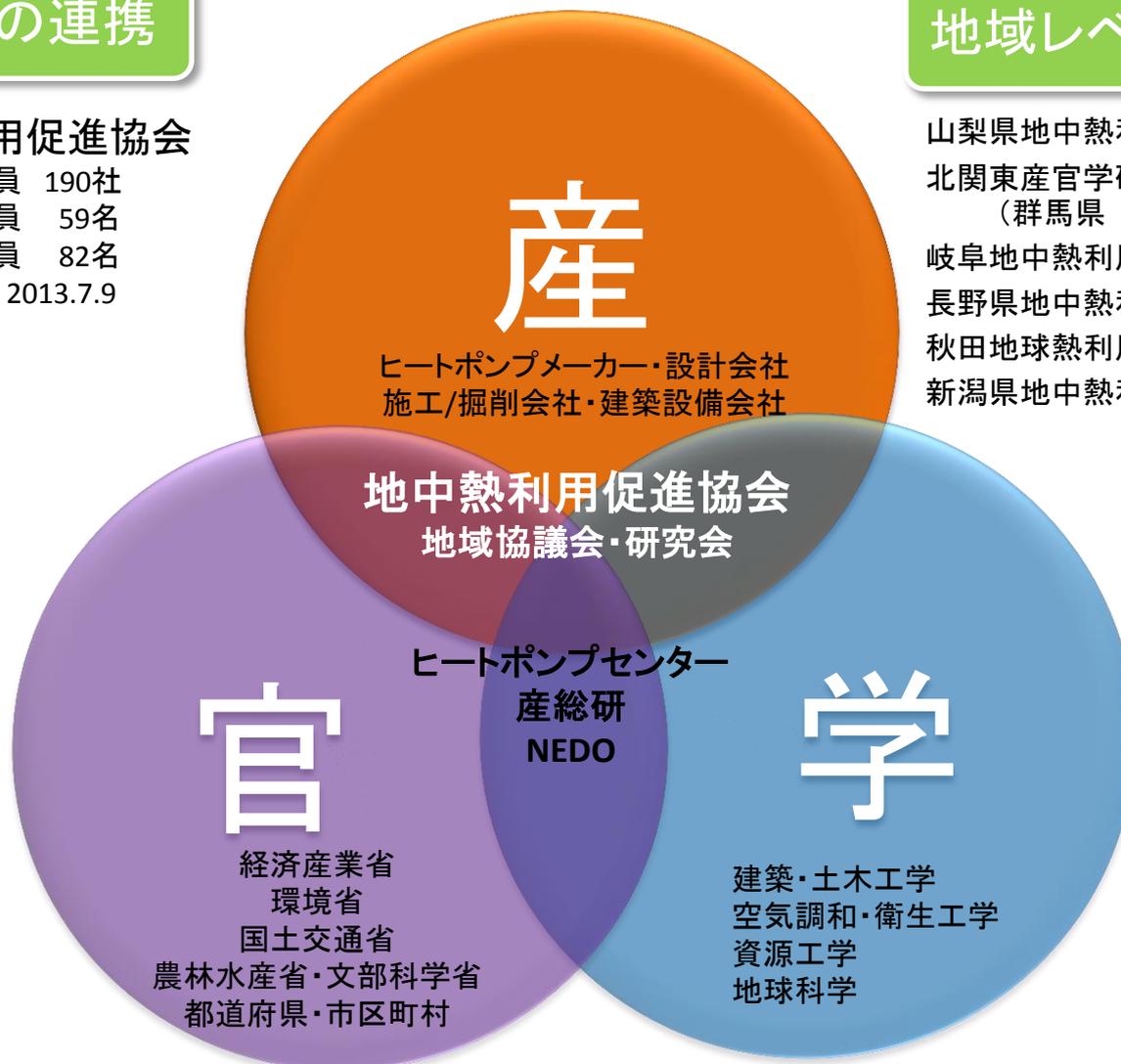
全国レベルでの連携

NPO法人 地中熱利用促進協会

団体会員 190社
個人会員 59名
特別会員 82名
2013.7.9

地域レベルでの連携

山梨県地中熱利用推進協議会(H22)
北関東産官学研究会地中熱利用研究会
(群馬県 H22)
岐阜地中熱利用研究会(H23)
長野県地中熱利用促進協議会(H23)
秋田地球熱利用事業ネットワーク(H23)
新潟県地中熱利用研究会(H24)



まとめ

- 地中熱は、いつでも、どこでも、安定的に利用できる再生可能エネルギー。
- 地中熱ヒートポンプは、省エネ・節電効果、CO₂削減効果、ヒートアイランド対策に優れている。
- 平成22年にエネルギー基本計画と新成長戦略に地中熱が位置づけられ、補助金等の助成策が講じられるようになってきている。
- 地中熱ヒートポンプの普及件数は、顕著な伸びを示しており、平成23年末までで累計990の設置件数となっている。
- 地中熱利用のこれからの展開として、街づくりや太陽熱利用等との複合化がある。

十日町市の再生可能エネルギーの取り組み について

十日町市市民福祉部
環境衛生課



1 再生可能エネルギーの利活用状況

①木質系バイオマス

○木質ペレット

- ・ 十日町市内には1,000t／年規模のペレット製造工場がある
- ・ 原材料は近隣市町村から集められた間伐材⇒林業の振興
- ・ 木質チップの乾燥には廃材を使用⇒資源の有効利用
- ・ ペレットの袋詰め作業⇒障害者就労の場
- ・ 生産量の半分は市内で消費、残りは市外の温泉施設等で消費
- ・ ペレットの熱量は灯油の約半分だが「おき火」効果で持続性が高い
- ・ 灯油価格が90円／L以上になると、ペレットの方が経済的
- ・ 灰の処理が大変⇒肥料として使用可能
- ・ ペレットの保管・格納場所が必要



○ミオンなかさとのペレットボイラー

- ・ ミオンには5台(給湯、昇温、暖房、屋根融雪、空調)の重油ボイラーがある
- ・ 平成22年度、給湯ボイラー(80万kcal級)の代替えとして50万kcal級のペレットボイラー2台設置
- ・ ペレットボイラーを稼働したところ「おき火」の保温効果で相当余裕があることが分かった
- ・ 平成23年度、昇温ボイラー(60万kcal級)の代替えも担うようになった
- ・ 重油ボイラーはバックアップ用として使用しているが重油使用量は激減した

重油使用状況

(単位:リットル)

年度	給湯ボイラー	昇温ボイラー	合計	重油削減量	備考
H21	84,446	110,735	195,181	—	基準年
H22	75,335	113,403	188,738	△6,443	H23/1～稼働
H23	3,740	64,418	68,158	△127,023	
H24	6,350	33,373	39,723	△155,458	

(注)重油削減量はH21年度との比較

ミオンなかさとのペレットボイラー



廃菌床ペレット用小型ボイラー



○ペレットストーブ購入費補助事業

- 平成20年度1台あたり5万円から始まり、平成24～26年度は15万円
 - 灯油価格の高止まりやストーブ単価の値下がりなどで設置希望が増加
 - ストーブ1台あたり年間約1～2トンの使用量
- | | | |
|----------|-----|-------|
| 平成23年度実績 | 20件 | 100万円 |
| 平成24年度実績 | 26件 | 374万円 |
| 平成25年度予算 | 24件 | 360万円 |



○公共施設への設置

- 平成20年度から設置をはじめ24年度末には28台となった
- 主な設置場所⇒市役所(支所含む)、小中学校、保育園
- 炎に暖かみを感じるが、広い空間を短時間に暖めることは不可能

②太陽光発電

○ミオンなかさと10kw

- ・平成22年度、ペレットボイラーと同時期に設置
- ・年間発電量約1万kw =
1kw当たり年間約1千kw

○教育施設への設置(予定含む)

十日町小、下条小、松代小、
中里体育館 環境教育に活用

○全国トップレベルの補助金(平成24~26年度に限る)

- ・1kw当たり20万円、上限80万円
平成23年度実績 8件 223万円
平成24年度実績 19件 1,360万円
平成25年度予算 20件 1,600万円
- ・固定価格買取制度が始まり、市民の関心が高まった



③ヒートポンプ

- 地下水や温泉の排湯には膨大な熱エネルギーが蓄積されており、このエネルギーを熱交換し給湯や空調に利用するシステム
- 原理は冷蔵庫やエアコンと同じ
- 化石燃料の使用量は減るが電気量は増加、トータルでCO2は大幅に減少
- 燃焼部がなく安全、操作が簡単



○上野保育園の地中熱利用ヒートポンプ(平成22年度)

- ・ 地中に深さ80m程度の8本の縦穴を掘り、不凍液が注入された採熱管を挿入、地中から採取した熱をヒートポンプで加熱し、床下に敷設した温水パネルにより床暖房を行う
- ・ 室温を一定に保つことができ、子供にやさしい冷暖房
- ・ 灯油暖房と比較し60%以上のCO2削減
- ・ 夏季は冷房補助にも利用できる

○千年の湯の排湯熱利用ヒートポンプ(平成21年度)

- ・ 原油価格の高騰により灯油使用量の削減が必要となった
- ・ 豊富な排湯を利用し、給湯ボイラーの代替えとした
- ・ 給湯は隣接する「ひだまりプール」でも使用
- ・ ヒートポンプ導入により灯油使用量は約半分、年間6万リットル削減
- ・ 夏季(6～10月)の灯油ボイラー稼働は多客期のみ

④ 廃食用油回収とBDF燃料

○ 廃食用油の回収

(平成24年度約2万3千リットル)

- ・ 公共施設やガソリンスタンドに回収用のポリタンク設置⇒約8千リットル
- ・ 給食センターや保育園、協力してくれる飲食店分はBDF精製業者が回収⇒約1万5千リットル
- ・ 十日町市エコポイント対象⇒回収量により2又は3ポイント

○ BDF精製業者

- ・ (株)前田商会が精製し、自社スタンド及び十日町地域のケンベイミユキGSで給油している
- ・ BDF燃料は軽油取引税が掛からないB100

○ BDF燃料の使用

- ・ 市はマイクロバス1台、ワゴン車1台で使用
- ・ 民間ではごみ収集車、旅館のマイクロバス、GSのタンクローリー等で使用
- ・ B100は新型車両で使用できず利用車両が増えない



⑤その他

○雪冷熱

- 仙田の道の駅(館内冷房、米・野菜保管)
- 十日町農協の切花球根貯蔵出荷施設
- 個人宅で冷房として使用
- 地域最大のエネルギー資源だが設備費が高い

○風力発電

- 平成22～23年にかけて、専門業者が魚沼スカイライン付近で風速観測
⇒大きな風車を安定的に回せるだけの風力に達せず
- 風力発電は海岸沿いが適地

○小水力発電

- 適地がありそうでない(規制は緩和傾向)
- 有望なところはあるが、安定した水量の確保が難しい
- 技術の進歩により可能性は大きい

2 実証試験中の事業

①松之山温泉バイナリー発電

○全国初の取り組み

- 平成22～24年度、環境省補助により民間会社が行う
- 沸点温度の異なる媒体の温度差を利用してタービンを回す
- 計画最高出力87kw(約100世帯分)
- 平成23年12月から発電開始
- メタンガスの影響で最高出力まで上げられないまま試験終了



○実証試験の継続

- 平成25年度、環境省の別事業に応募し継続決定(原則3年事業)
- メタンガスを回収し、そのガスも温泉熱とともに利用
- ガスが利用できれば、温泉の使用量を減らせる可能性あり
- ガス含有温泉の利用促進につながる

②ナメコ廃菌床のペレット化

○廃棄物から燃料へ

- 平成24年度実証試験
⇒比較的容易にペレット化できる
- 熱量は木質ペレットより若干少ない
- 焼却後の灰の量が多い
- 安定した燃焼をしないと廃菌床臭いにおいがする



○小型ペレットボイラーの開発

- 廃菌床ペレットの普及には専用のボイラーが必要
- 臭いがあるので室内暖房に不向き
- 屋根融雪や小規模福祉・温泉施設等の給湯に利用
- 2～5万kcal級のタイプの異なる5台のボイラーで燃焼試験
- 普及させるには小型化、低コスト、使いやすさが必要

③エノキタケ廃菌床の燃料・肥料化

○廃棄物から燃料・肥料へ

- 平成23～25年度、新潟大学、
県森林研究所等が共同で取組む
- 廃菌床はペレット化し燃料へ
- ペレット焼却後の灰は肥料へ
灰には良質なリン・ケイ酸が含まれる



○クリアすべき課題多い

- 木質分が少なくペレット化しにくい(固まりにくい)
- 灰のままでは使用しづらい⇒粒状化が必要
- ナメコ廃菌床ペレットよりも熱量が少ない
- 大量に廃菌床ペレットを使用する施設がない
- 焼却灰の回収方法
- 臭いがあるので室内暖房に不向き

3 今後の予定・見込み

① ゆくら妻有のヒートポンプ

- ・ 今年度、経済産業省の公募事業に応募し、7月に採択される
- ・ 温泉排湯熱を利用
源泉かけ流し⇒排湯熱が24時間利用可能
- ・ 割安な夜間電力で、ほぼ1日分の給湯量を作れる
- ・ 施設全体の灯油使用量の約4割削減
⇒ヒートポンプが稼働すると給湯ボイラーはほとんど稼働しない見込み
- ・ 施設全体でCO2を40トン削減

② 公共施設への太陽光発電設置

- ・ 新設される施設には極力設置
- ・ 日当たり等条件の良い施設にも順次設置
- ・ 太陽光発電⇒先進技術と言えなくなった
- ・ 再生可能エネルギーの固定価格買取制度始まる
⇒国からの設置補助金がなくなるかも？
- ・ 費用対効果を考慮すると市単費では設置できず



③公共施設へのペレットストーブ・ボイラー設置

- ・十日町市は省エネ法で規定する特定事業者該当
⇒原油換算で年間1,500kl以上⇒年1%以上の原単位削減
- ・化石燃料から再生可能エネルギーへの転換⇒原油換算量の減
- ・温泉施設にペレットボイラーを設置すれば効果大
- ・灯油ストーブのペレットストーブへの転換
⇒ペレット保管場所と頻繁な補給、灰の処理

④エネルギーの地産地消

○キノコ廃菌床のペレット燃料化

- ・ナメコとエノキタケの一本化を図る
- ・材料費はタダ同然、乾燥工程を工夫すれば安く生産できる
- ・十日町市は県内有数のキノコ生産地⇒廃菌床が多い
- ・やっかい者の廃菌床が地産地消エネルギーへ
- ・臭いの問題を解決すれば室内でも利用可能
- ・ペレットを消費する小型ペレットボイラーの市販化がカギを握る

⑤J-クレジットの取り組み

今年4月、国内クレジット制度とJ-VER制度が統合した

○ソニー(株)との取引

平成23年3月、ソニーと国内クレジットの調印

・対象設備

ミオンなかさとのペレットボイラーと太陽光発電

ゆきぐに森林組合キノコ工場のバイオマスボイラー

ミートコンパニオンのバイオマスボイラー

3施設合計で年間約800t-CO₂削減

・市が各施設のCO₂排出削減量を取りまとめソニーに売却

⇒自治体として全国初の取り組みとなる

上野保育園の床暖房及び空調の 地中熱利用システム



「冬の暮らし安心」を支援する

北越融雪株式会社

説明内容

- 1・建築の概要
- 2・地中熱床暖房・冷房設備の概要
- 3・地中熱ヒートポンプシステムの特徴
- 4・地中熱ヒートポンプシステムの導入効果
- 5・サーマルレスポンス試験
- 6・施工状況写真
- 7・利用者の声

1・建築の概要

● 床面積 965.46 m²
● 階数 1階
● 構造 RC造

● 建築面積 1,109.63 m²
● 軒高 5.12 m
● 工程 着工 平成22年 3月17日
竣工 平成22年11月30日



建物全景



2歳児室



0・1歳児室

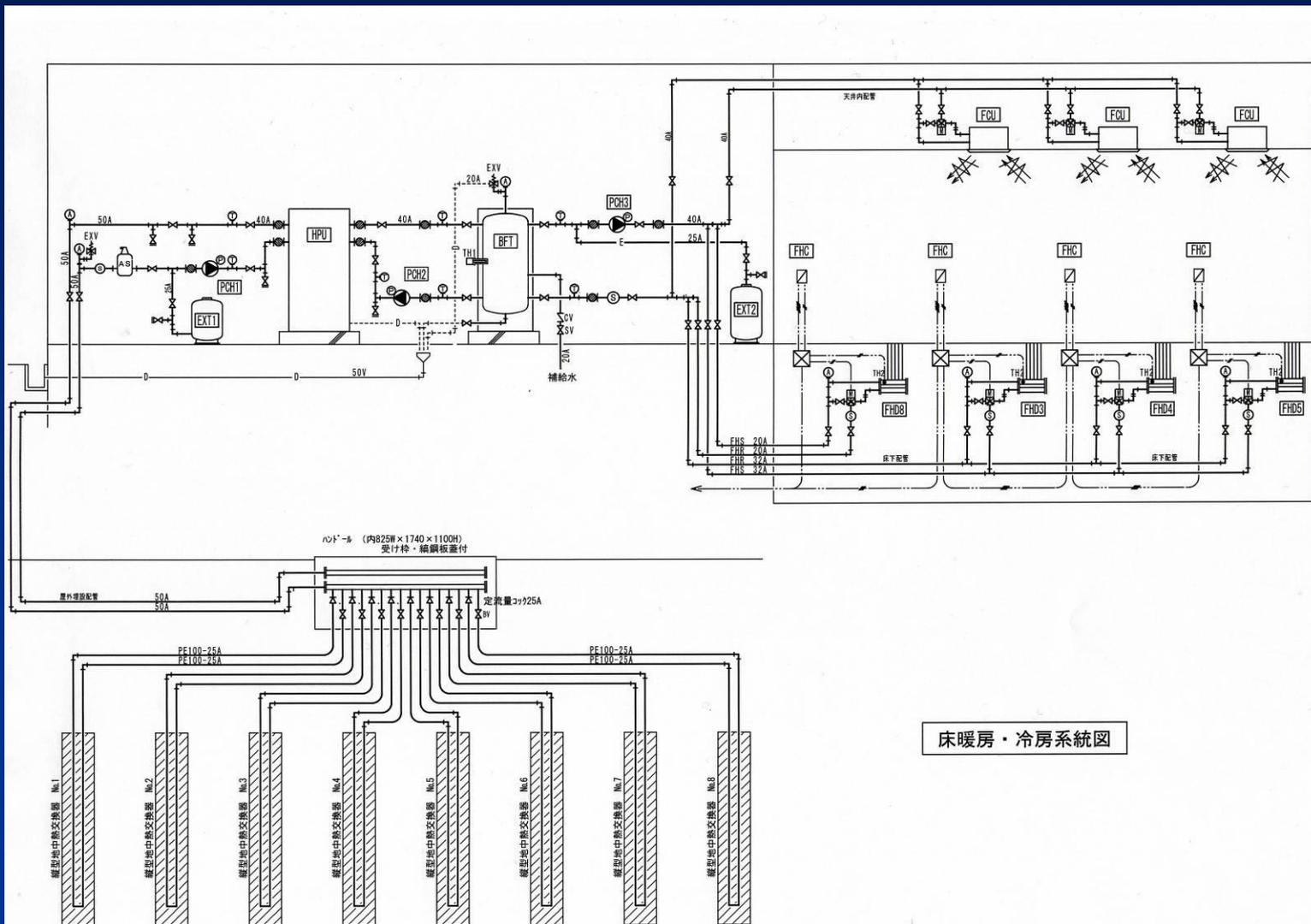


子育て支援室

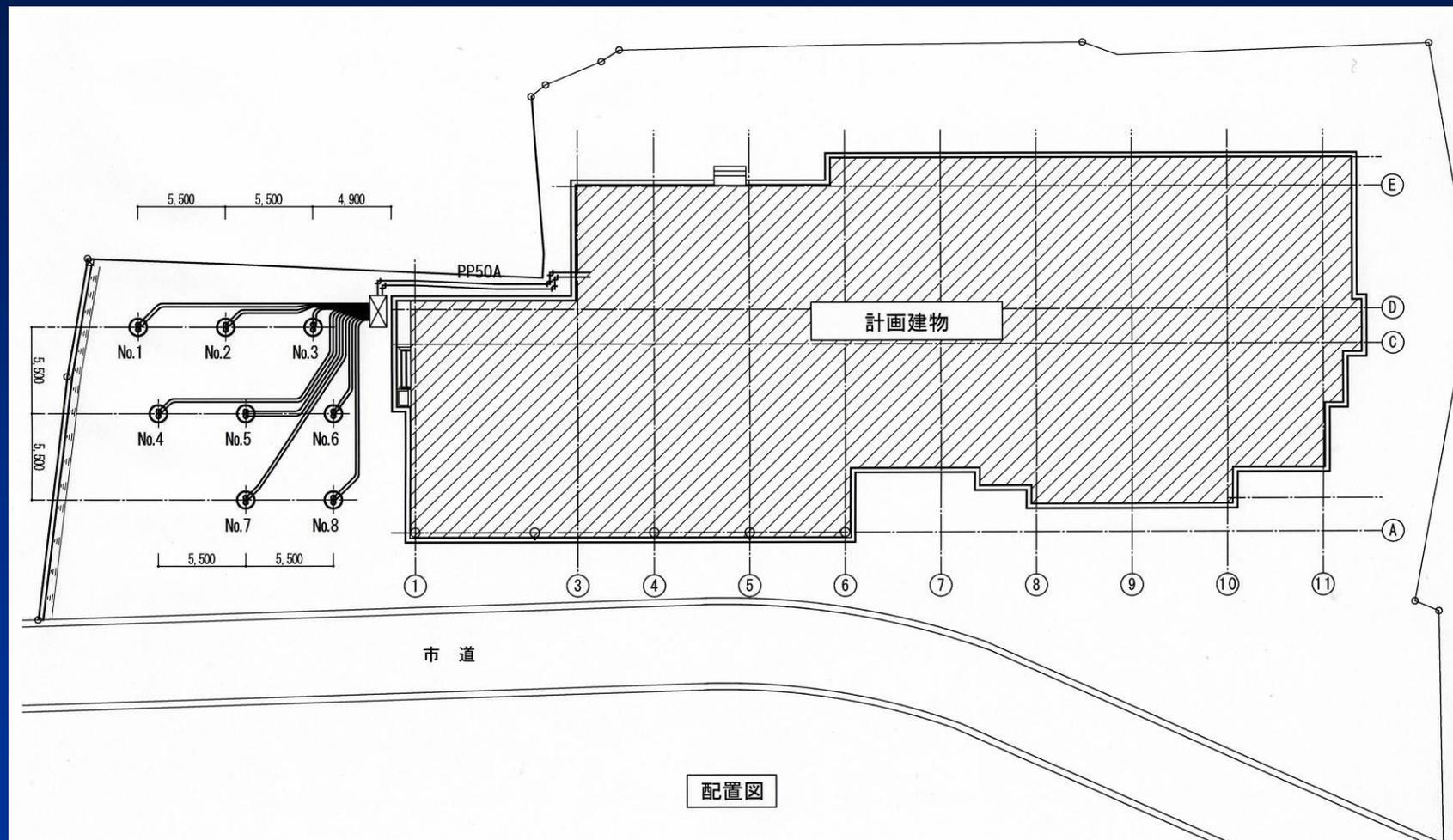
2・地中熱床暖房・冷房設備の概要（1）

● 補助金	環境省 H22年度 地方公共団体対策技術率先導入補助事業 （地中熱利用）		
● 地中熱床暖房面積	部屋面積	384.3m ²	ヒーティング [°] 面積 311.3m ²
● 地中熱冷房面積	部屋面積	179.1m ²	
● 主要機器	地熱利用水冷ヒートポンプ [°] ユニット		加熱能力 51.5KW 冷却能力 44.9KW
	バッファタンク	ステンレス缶体	800L
	採放熱循環ポンプ [°]	1.5 KW×3φ×200V	
	冷熱源循環ポンプ [°]	0.4 KW×3φ×200V	
	冷温水循環ポンプ [°]	0.75KW×3φ×200V	
	密閉式膨張タンク	採放熱側 80L	冷温水側 140L
● 縦型地中熱交換器	ボアホール延長	680m（80m×6本・100m×2本）	
	採放熱管	PE100-25A シングルチューブ [°]	
	採放熱ヘッダー	SUS304 口径50A 8分岐	
● 循環媒体	採放熱系統	不凍液（プロピレングリコール 凍結温度-15°C）	
	冷温水系統	水道水	

2・地中熱床暖房・冷房設備の概要（2） [システム系統図]



2・地中熱床暖房・冷房設備の概要（3） [縦型地中熱交換器の配置]



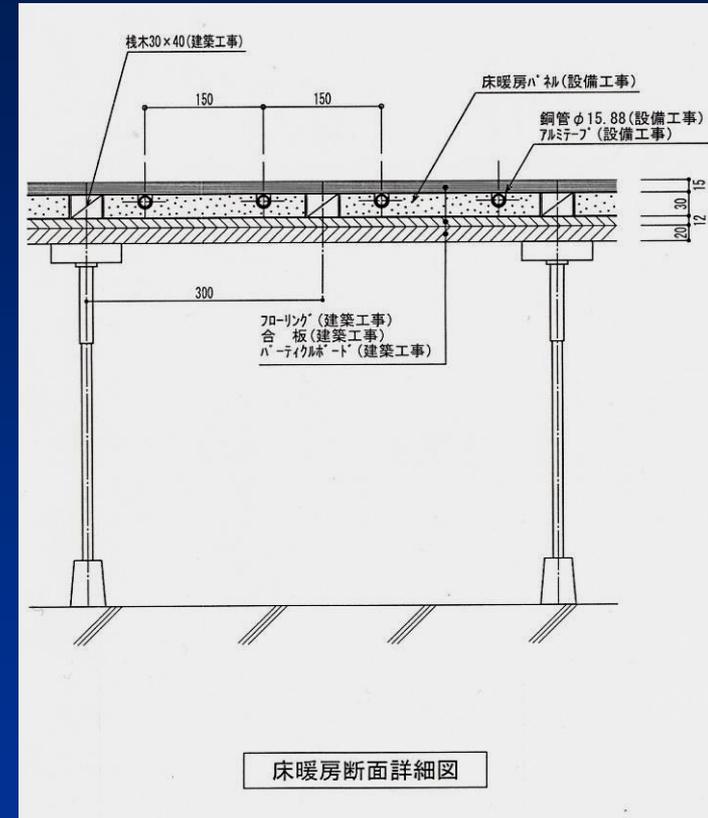
3・地中熱ヒートポンプシステムの特徴（1）

[循環温度とCOP対策]

- ◆ 床の構成が鋼製木質下地・木質フローリング仕上げ。
- ◆ RC平屋構造で、暖房負荷が比較的大きい。
- ◆ 床暖房で必要放熱量を得るには、床表面温度32℃が必要。
- ◆ ヒートポンプの成績係数（COP）を考慮し、温水出口温度は45℃以下。



- アルミ板0.4mmと断熱材の床暖房パッドとし、放熱管を銅管にする事により、平均循環温40.3℃（43.3℃/37.3℃）とする事が可能。
- アルミ板と銅管の組合せの場合に音鳴りの発生があるが、施設の用途から静寂性より、温水温度・COPを優先した。（使用上全く問題は発生していません。）



3・地中熱ヒートポンプシステムの特徴（2） [採熱による土壌の温度低下対策]

- ◆ 経年採熱（熱取得）による土壌の温度低下が予想される。
- ◆ 土壌の温度回復を、自然回復だけでなく機械的に行える対策が必要。
- ◆ 採熱設備・機械設備をそのままに、冷房運転が可能。



- 空調設備の設計段階から、ウォーターベースの冷房設備を計画。
- 冷房運転を行う事で、特別に意識することなく、部屋の熱を地中に戻す事で、土壌温度の低下対策が図れる。
- 冷房設備はヒートポンプの冷却能力から、2歳児室・3歳児室・4歳児室・5歳児室の4室となる。

3・地中熱ヒートポンプシステムの特徴（3） [ランニングコストの低減対策]

- ① 電力会社との協議で、水冷ヒートポンプ・採放熱循環ポンプ・冷熱源循環ポンプに対して、業務用蓄熱調整契約を選択。
- ② 夜間電力使用量（22時～8時）に対する割引がある。
- ③ 夜間電力使用量の割合は、実績で平成22年度38.3%・平成23年度40.6%となっています。
- ④ 電力使用量に対して割引によるコスト削減率として、平成22年度18.1%・平成23年度19.2%となっています。
- ⑤ 暖房運転時間を12時間（4時～16時）としていますが、暖房停止中の冷却が立ち上がり負荷となるため、24時間暖房負荷に対して負荷率は0.65～0.7となります。間欠運転による冷却分のエネルギー使用量は削減できませんが、ランニングコスト面で補っています。

4・地中熱ヒートポンプシステム導入効果 [床暖房時のCO₂削減効果]

- 建物のシーズン暖房負荷 6,682.83 Mcal/シーズン
建物熱損失係数 4.7 Kcal/h°C・m² 十日町市のDD18-10 2,591 °C・日/シーズン
 - エネルギー別の発熱量
地熱ヒートポンプ 3,142 Kcal/Kwh (COP4.06 熱損失10%)
灯油ボイラー 6,303 Kcal/L (COP0.85 熱損失10%)
 - 床暖房のエネルギー消費量
地熱ヒートポンプ 23.39 千Kwh/シーズン (循環ポンプの電力は含まない)
灯油ボイラー 11.66 KL/シーズン (ボイラー・循環ポンプの電力は含まない)
 - CO₂排出量
地熱ヒートポンプ 10.96 t-CO₂/シーズン (CO₂排出係数 0.469 t-CO₂/千Kwh)
灯油ボイラー 29.02 t-CO₂/シーズン (CO₂排出係数 2.489 t-CO₂/KL)
 - CO₂削減量 18.06 t-CO₂/シーズン
 - CO₂削減率 62.2 %
- ※ データは、補助金申請時のものです。

5・サーマルレスポンス試験（1）

〔試験状況〕



設計事務所立ち合い

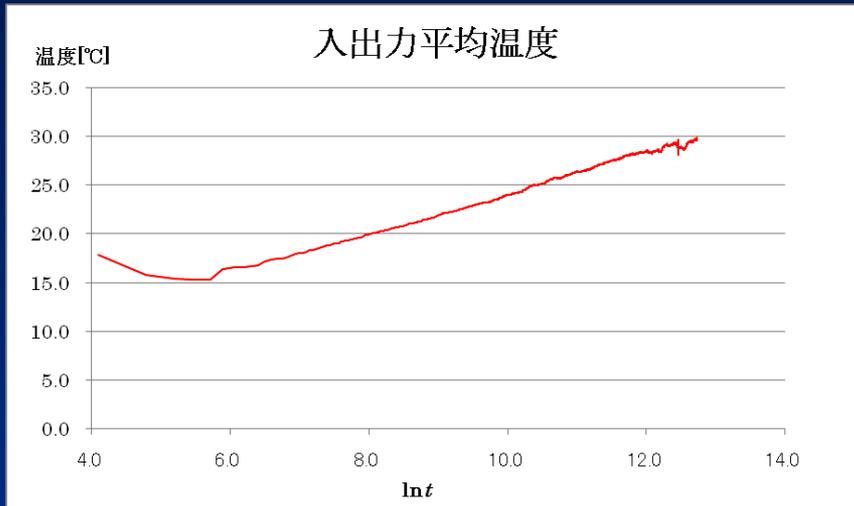


サーマルレスポンス試験状況

- 加熱機器 電気ボイラー 1φ200V×2KW×3
循環ポンプ・膨張タンク
- データロガー グラフテックGL800
- 流量測定 電磁式小型流量計 SP-564
- 温度測定 白金測温抵抗体 PT100Ω
- 消費電力 電流・電圧測定



5・サーマルレスポンス試験（2） [試験結果と解析]



試験開始	2010年10月23日	9時57分
試験終了	2010年10月27日	7時53分
加熱時間	計94時間	
平均出力	q 4,482 [W]	

有効熱伝導率の解析

① 式 $T = m \cdot \ln t + b$

② 式 $\lambda = q / 4\pi \cdot m$

T : 入出平均温度 [°C]

q : 加えた熱量 [W]

b と m は定数

λ : 熱伝導率 [W/m・K]

t : 時間 [s]

$\ln t$ は時間の対数

図のグラフは、時間 t を直線近似したときの傾き m を最小二乗法を使って求めると2.0[K]でした。熱伝導率 λ は、出力した熱量と①式の傾き m によって②の係式で求められ、土壌熱伝導率は以下の値となりました。

$\lambda = 2.2$ [W/m・K] (80m 1本あたり)

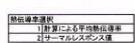
5・サーマルレスポンス試験(3) [地中熱交換器の計算]

地中熱交換器計算書

件名 上野保育園改築(保体施設)工事 (80m1本当たり)

層No.	標高 [m]	層厚 [m]	深度 [m]	水位 [m]	土質区分	土質子一貫試験(ED2.0より)	数値種類	熱伝達率 [W/m ² ·K]	有効層厚 [m]	d-k [DW/K]
1	0.00									
2	-3.20	3.20	3.20	3.2		01 粘土(軟弱)	3	0.90	3.2	2.9
3	-13.80	10.60	13.80			35 砂礫(粗和)	3	1.80	10.6	19.1
4	-14.70	0.90	14.70			35 砂礫(粗和)	3	1.80	0.9	1.6
5	-18.80	4.10	18.80			32 砂(粗和)	3	5.02	4.1	20.6
6	-22.00	3.20	22.00			52 粘土(硬層)	3	2.22	3.2	7.1
7	-23.80	1.80	23.80			32 砂(粗和)	3	5.02	1.8	9.0
8	-34.30	10.50	34.30			35 砂礫(粗和)	3	1.80	10.5	18.8
9	-46.00	11.70	46.00			52 粘土(硬層)	3	2.22	11.7	26.0
10	-51.80	5.80	51.80			32 砂(粗和)	3	5.02	5.8	29.1
11	-66.50	4.70	66.50			52 粘土(硬層)	3	2.22	4.7	10.4
12	-57.10	0.60	57.10			32 砂(粗和)	3	5.02	0.6	3.0
13	-60.00	2.90	60.00			35 砂礫(粗和)	3	1.80	2.9	5.2
14	-47.50	7.50	67.00			52 粘土(硬層)	3	2.22	7.5	16.7
15	-68.00	0.30	68.00			35 砂礫(粗和)	3	1.80	0.5	0.9
16	-69.70	1.70	69.70			52 粘土(硬層)	3	2.22	1.7	3.8
17	-73.00	3.30	73.00			35 砂礫(粗和)	3	1.80	3.3	5.9
18	-80.00	7.00	80.00			52 粘土(硬層)	3	2.22	7.0	15.5
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
								合計	80.0	198.9

項目	記号	数値	単位	備考
標準層厚	H	80	m	
地中熱交換器長さ	L	80	m	
地中熱交換器径	φ	1	m	
地中熱交換器間隔	S	80	m	
地中熱交換器埋深	Z	2.45	W/m ² ·K	1.5 d-k/10
サーマルレスポンス係数	λ	2.20	W/m ² ·K	
埋設間隔	φ	2	m	サーマルレスポンス係数
地下水位高さ	W	3.2	m	地下水位1.0
凍害土層厚	F	2.20	W/m ² ·K	
地中熱交換器埋設深	L	0.42	W/m ² ·K	
地中熱交換器埋設深	L	1	mm	シングルスチューブ
地中熱交換器埋設深	L	24	mm	有積
地中熱交換器埋設深	L	3.5	mm	
地中熱交換器埋設深	L	2	mm	
管径	φ	43.0	mm	パイプ外径(φ42.75×4)
地中熱交換器埋設深	L	12.0	mm	
地中熱交換器埋設深	L	15.0	mm	
土壌層厚	L	5000	mm	



項目	記号	数値	単位	備考
土壌層厚	F2	12	°C	
ヒーティング前水入口温度	T1	3	°C	地中熱交換器埋設入口
ヒーティング前水出口温度	T2	-1	°C	地中熱交換器埋設出口
地中熱交換器水入口温度	T3	7	°C	
地中熱交換器水出口温度	T4	2	°C	
循環平均水入口温度	T5	9	°C	
循環平均水出口温度	T6	0.5	°C	
地中熱交換器埋設深	L	2.45	°C	
埋設深	L	5.3	°C	下記より
地中熱交換器埋設深	L	27.54	°C	φ=2.45×(LNG+E)/(φ+2)E+E×λ/(NG+E)×(R/λ+T)
埋設深	L	506	W/m	
取得可能熱量/m	Qh	55.08	W/m	地中熱交換器埋設深より(W/m)
取得可能熱量	Qh	4488	W/hrs	
ヒーティング取得可能熱量	Qh	4.41	kWh	
ヒーティングヒーティング係数COP	COPh	3.40		送水温度=41°C/9-8°C
可能ヒーティング取得可能熱量	Qh	6.24	kWh	Qh=Qh×COPh/(COPh-1)

項目	記号	数値	単位	備考
土壌層厚	F2	14	°C	
ヒーティング前水入口温度	T1	10	°C	
ヒーティング前水出口温度	T2	35	°C	
地中熱交換器水入口温度	T3	20	°C	
地中熱交換器水出口温度	T4	15	°C	
循環平均水入口温度	T5	25	°C	
循環平均水出口温度	T6	30	°C	
地中熱交換器埋設深	L	32.5	°C	
埋設深	L	30.3	°C	
埋設深	L	46.31	W/m	
埋設深	L	506	W/m	
取得可能熱量/m	Qh	89.8	W/m	地中熱交換器埋設深より(W/m)
取得可能熱量	Qh	7419	W/hrs	
ヒーティング取得可能熱量	Qh	7.41	kWh	
ヒーティングヒーティング係数COP	COPh	4.10		送水14-7°C/17-10°C
可能ヒーティング取得可能熱量	Qh	9.88	kWh	Qh=Qh×COPh/(COPh-1)

※計算書は土質データを基に作成した。場合の計算となっております。

80m1本当たりの地中熱交換器の計算

- ① 土壌データ
 - 土壌データによる平均土壌熱伝達率
2.45 [W/m・K]
 - サーマルレスポンス値による土壌熱伝達率
2.20 [W/m・K]
- ② 加熱時ヒートポンプ
 - 24時間運転取得可能熱量
27.54 [W/m]
 - 可能ピーク時加熱能力
6.24 [KW]
- ③ 冷却時ヒートポンプ
 - 24時間運転取得可能熱量
46.31 [W/m]
 - 可能ピーク時冷却能力
5.96 [KW]

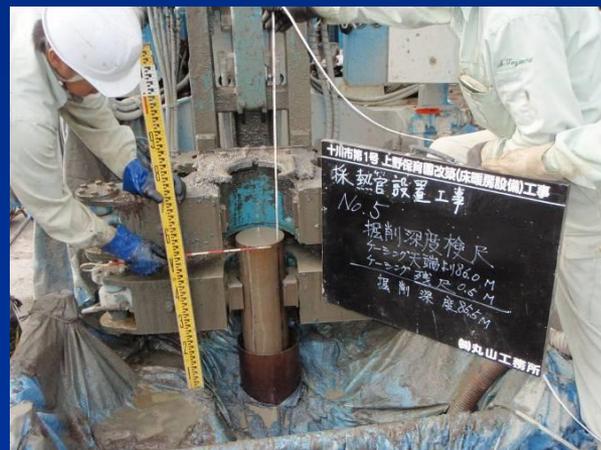
6・施工状況(1) [縦型地中熱交換器]



ホール掘削状況



環境省現地確認



掘削深確認

6・施工状況(2) [縦型地中熱交換器]



採熱管 シングルUチューブ



採熱管挿入状況



採熱管折返し部



完了



採熱管挿入状況

6・施工状況(3) [縦型地中熱交換器]



探熱管ヘッダー



探熱渡り配管 PE100-25A



埋設表示シート



砂巻養生

6・施工状況(5) [床暖房設備]



床暖パネル施工状況



床下施工状況



床暖パネル施工完了

7・利用者の声

- 冬期間にお休みする園児がとて少なくなりました。
- 保護者からも、風邪をひかなくなったと好評です。
- 事故防止のために、保育園の中は一年中裸足ですが、真冬でもとても暖かく、元気に、楽しく過ごしています。
- 地域の方々も、地中熱を使って暖房している事に、とても関心をもってくれています。避難所にも指定されている事もあり、様々な行事の時に体感できる様にしています。



2011.02.04撮影



ありがとうございました。

豪雪地域における省エネ植物工場の 地中熱利用システム

地中熱利用普及セミナー in 十日町

平成25年10月8日

発表:菱機工業株式会社 渡邊 祐一郎
株式会社拓越 佐藤 隆





発表項目

[I] 実施プロジェクトの紹介

1. 事業概要及び規模
2. システム概要図
3. 各システムについて
 1. 地中熱ヒートポンプパッケージ
 2. 栽培運営



[I] 実施プロジェクトの紹介

豪雪地での雪氷・地中熱エネルギー利用の 完全人工光型植物工場





1. 事業概要及び規模

雪集積場 16.2m × 8.0m 集積量 約380m³
 使用可能期間 約135日間

栽培コンテナ 9.2m × 2.6m × 3.1m (アルミ断熱パネル)

機械室コンテナ 3.9m × 2.3m × 2.7m (アルミ断熱パネル)

地中熱採熱井戸 150φ × 100m × 2本
 採熱用Uチューブ (100m+50m) × 2組
 採熱量 約6.5kw

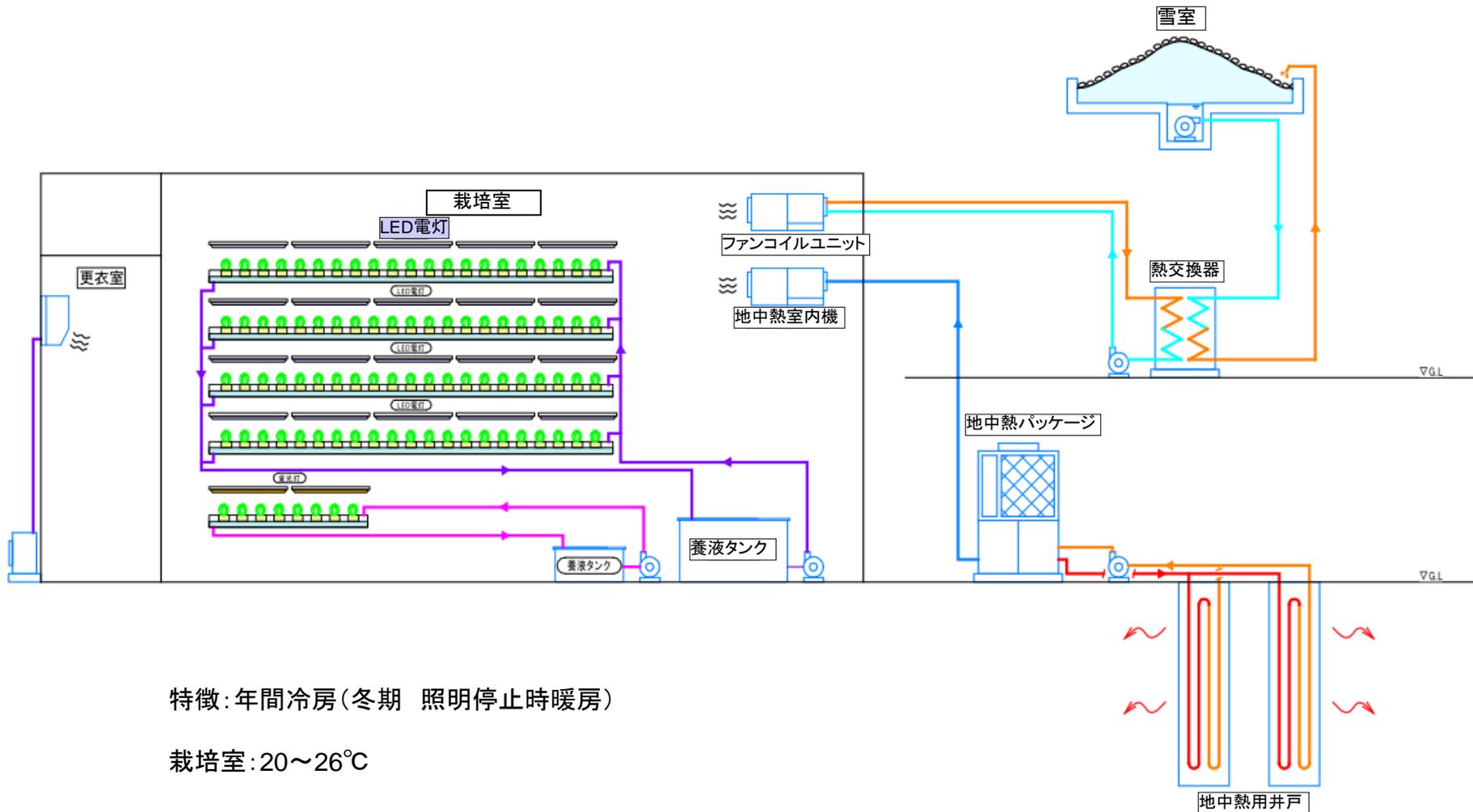
栽培用照明器具 0.6m × 0.6m × 64組 赤・青混合LED照明
 パネル点滅制御採用 (昭和電工製LED採用)

栽培予定野菜 リーフタス
 栽培棚 1.2m × 0.6m × 4列 × 4段 × 2組
 栽培株数 約15,000株/年





2. システム概要図



特徴:年間冷房(冬期 照明停止時暖房)

栽培室:20~26°C



3. 各システムについて

1) 地中熱利用ヒートポンプパッケージ

- ・ 雪氷利用期間（12月～8月）以外の期間（9月～11月）の冷房利用
- ・ 冬期の照明停止時の暖房利用
- ・ 地中熱採熱用井戸を掘削し熱媒水を循環する
- ・ 循環水はヒートポンプ熱源機にて冷媒と熱交換しコテナ内設置の放熱器に供給する
- ・ 放熱器にて室内空気を循環する事でコテナ内温度を一定若しくは植物の要求する温度帯に維持管理する
(本機器は冷暖房可能であり冬季室内状況によっては暖房運転も行い室内環境維持を行う)
- ・ 熱源機は空冷ヒートポンプパッケージの改造型となるためCOPの比較では一般的なヒートポンプパッケージの概ね3.3に対して5.0程度と約1.5倍となり環境面の他に省エネ性にも優れているシステムと言える



地中熱交換器設置工事

- ソニックドリルにより、所定の深さまで掘削後 Uチューブを挿入(地下水は汲み上げない)

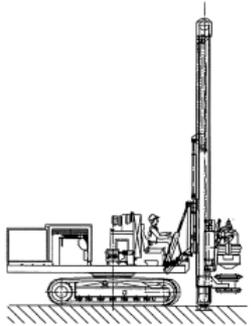


高密度ポリエチレン管

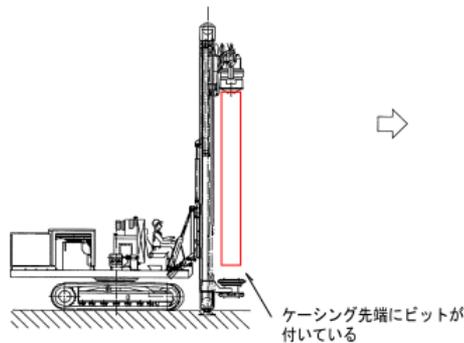


ソニックドリル工法によるさく井手順図

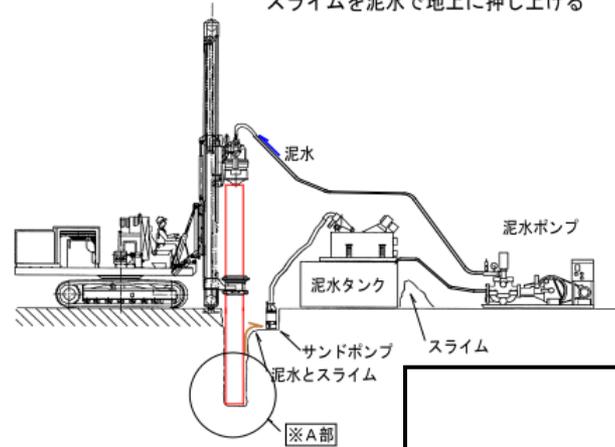
1. 機械設置



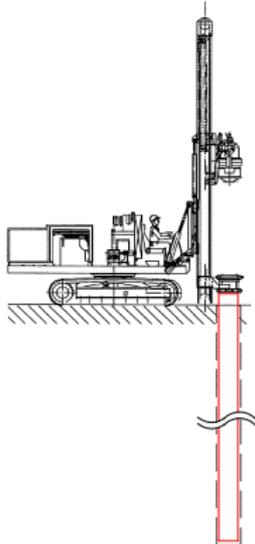
2. ビット及び削孔ケーシング（ロッド）の取付け



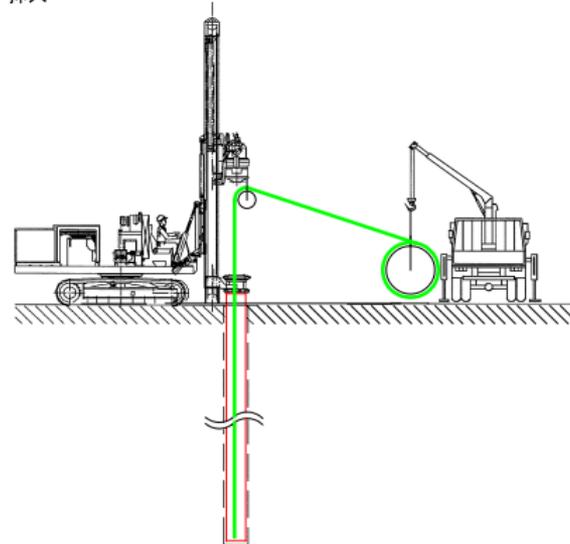
3. ビット付きケーシング（ロッド）で波動により地中を掘削しスライムを泥水で地上に押し上げる



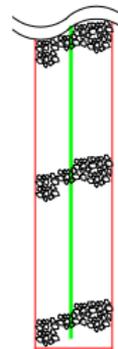
4. 削孔完了



5. ケーシング内にUチューブを挿入

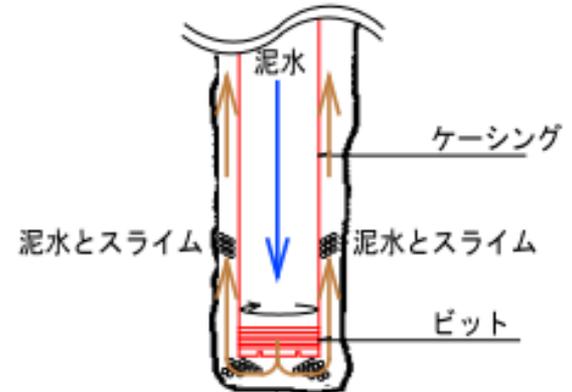


6. ケーシング内に砂利を充填し完了



A部拡大図

ビット付きケーシング（ロッド）に連続的に回転、振動を与えることにより地中を掘削し、掘削排土（スライム）はケーシングに送水される泥水によって地上に押し上げられる





ボアホール掘削工程

- 掘削が容易な地域(地層)での施行例
- 100mのボアホールが実質3日で完了

	作業内容
1日目	資機材搬入・設置 掘削(0~30m)
2日目	掘削(30~100m) 採熱管(Uチューブ)挿入 砂利充填・抜管(100~70m)
3日目	砂利充填・抜管(70~0m) 泥水処理・資機材撤去



掘削工事

短時間で100m級深度の掘削が可能な
ロータリーバイブレーション式掘削工法を採用



掘削ロッド(ビット)



掘削状況



掘削状況



Uチューブ挿入



砂利充填



完成

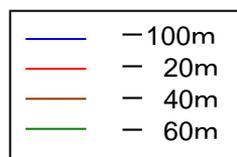
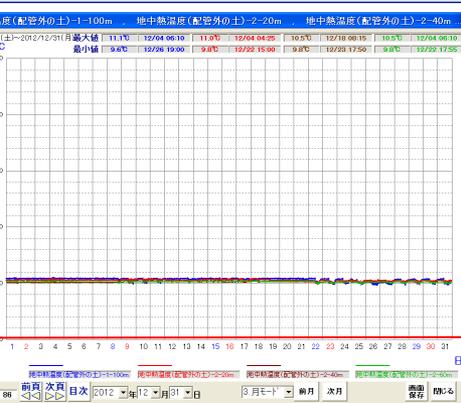
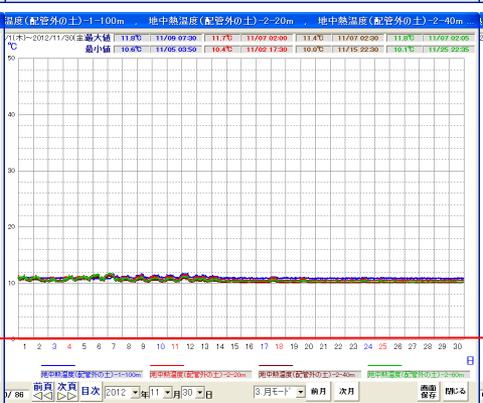
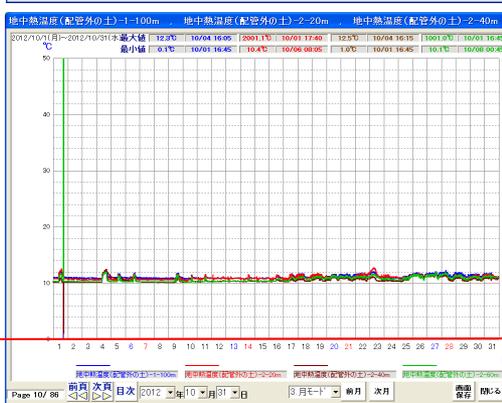
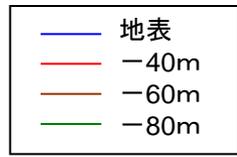
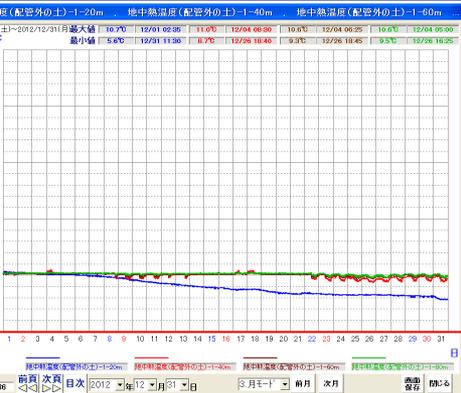
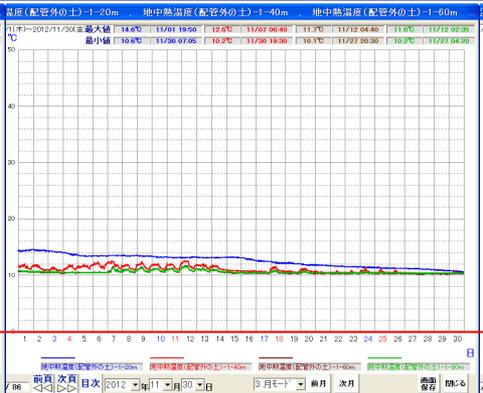
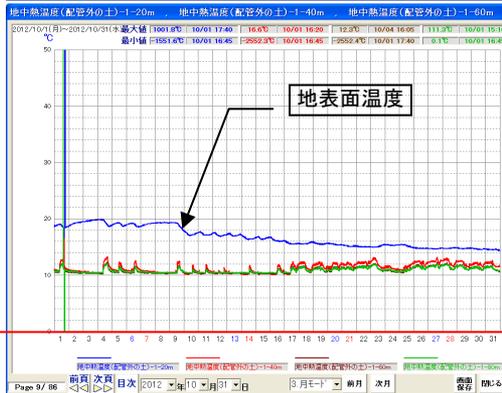
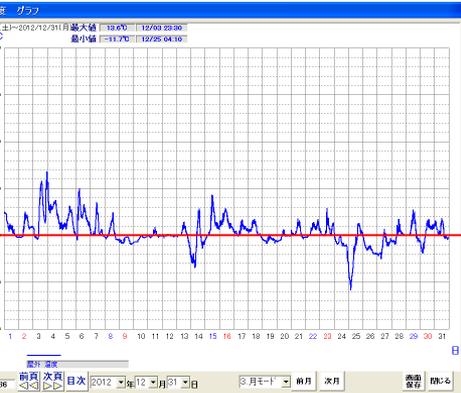
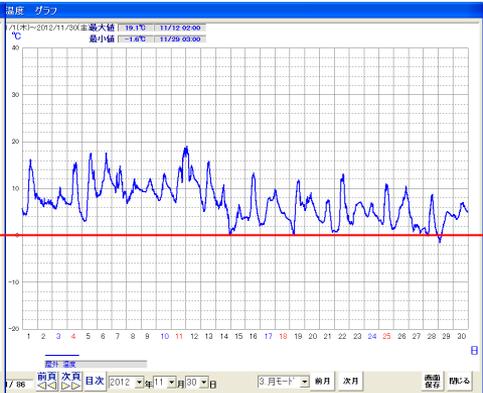
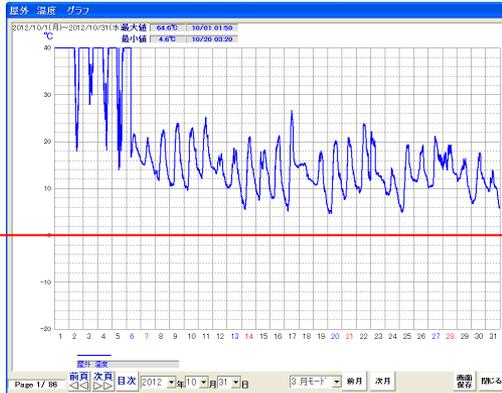




地中熱温度変化

赤ライン: 0°C

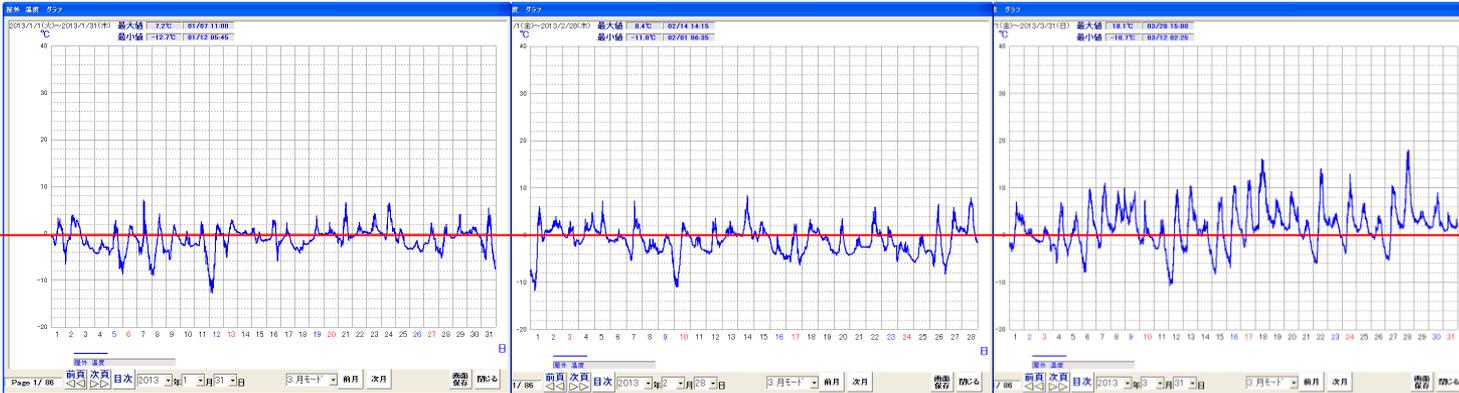
屋外



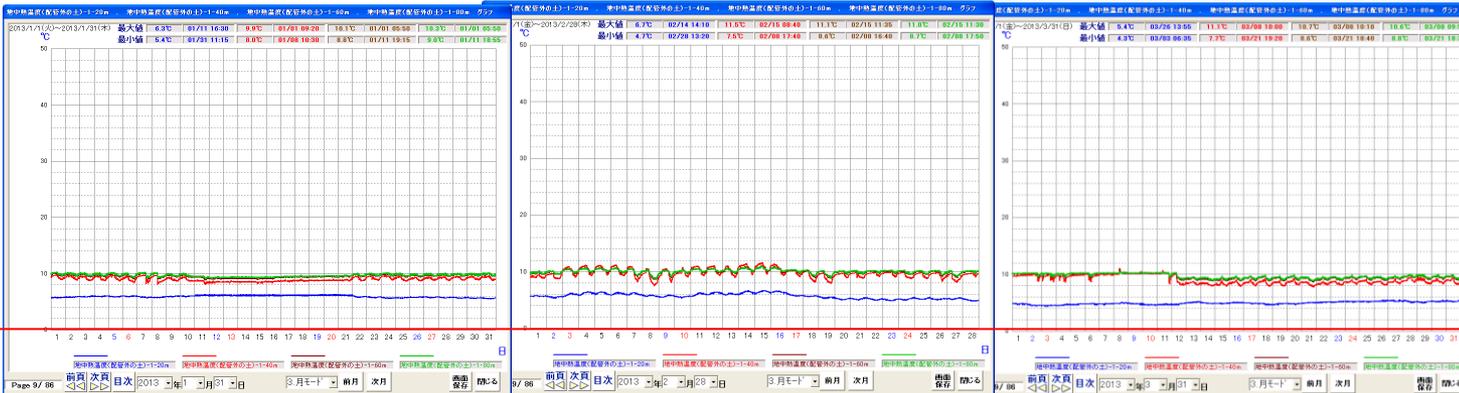


地中熱温度変化

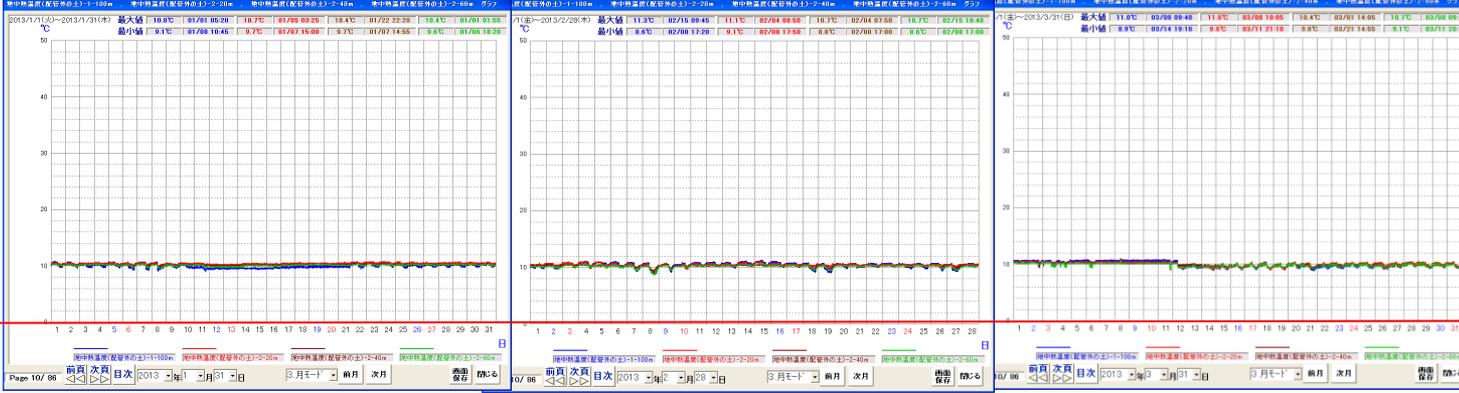
赤ライン: 0°C



屋外



— 地表
— -40m
— -60m
— -80m



— -100m
— -20m
— -40m
— -60m



地中熱温度変化

赤ライン: 0°C



屋外

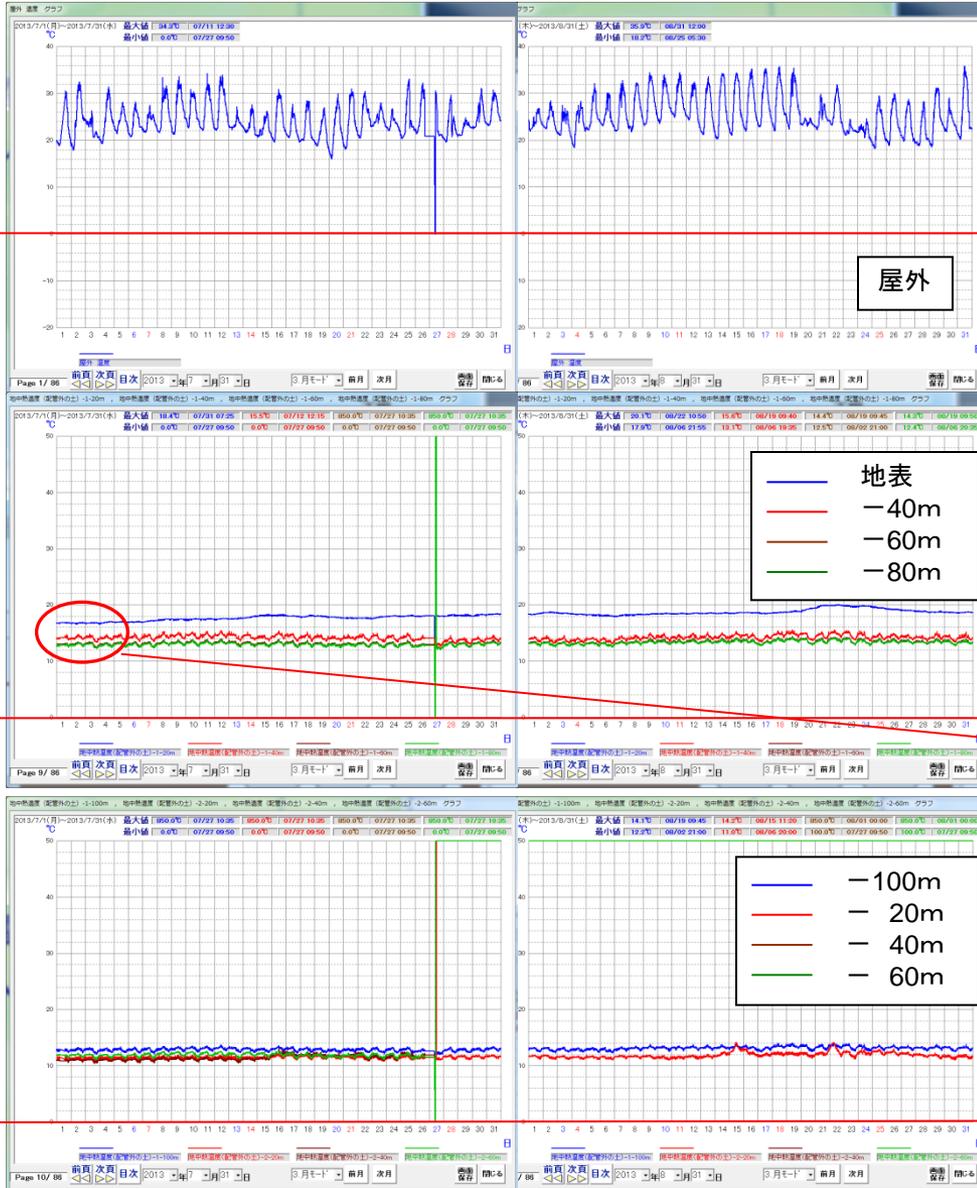
- 地表
- -40m
- -60m
- -80m

- -100m
- - 20m
- - 40m
- - 60m



地中熱温度変化

赤ライン: 0°C



高性能・高密度ポリエチレン
優れた耐久性・耐衝撃性・耐薬品性をもった材料 (RE100) を使用しています。

JIS規格準拠サイズ
水道用2種管の規格に準拠しており、国内汎用の継手が使用できます。

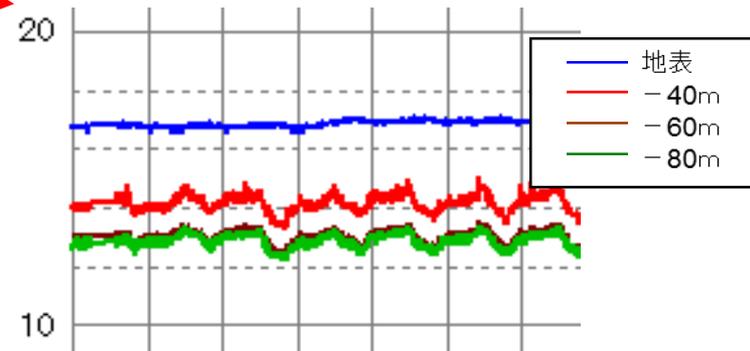
継手は安心のソケット接合
パイプとU字継手の接合はソケット式融着の面接合、高い信頼性を発揮します。

片側平面形状
片側が平滑になっているため、2組を同時挿入しやすくなっています。

地中熱専用設計のU字部
採熱孔への挿入がしやすいコンパクト設計です。

2組挿入時

●パイプには、1mピッチで長さが印字されているので、埋設された長さわかります。 m表示





3. 各システムについて

2) 栽培・運営



スノーレタス

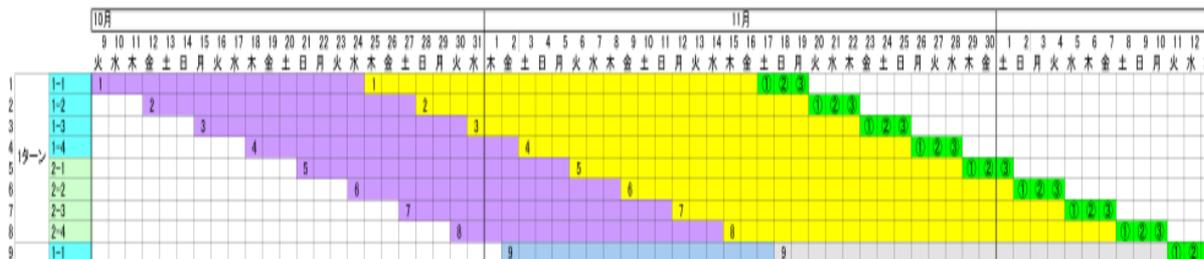
生産者：佐々木農園
 住所：南魚沼市浦佐6366-1
 TEL：025-777-2192
 生産地：新潟県南魚沼市浦佐
 水耕栽培（完全人工光型植物工場）
 栽培企画：菱機工業（株）

スノーレタス

生産者：佐々木農園
 生産地：新潟県南魚沼市浦佐
 水耕栽培
 （完全人工光型植物工場）
 栽培企画：菱機工業（株）

栽培計画

播種（発芽まで5日目で暗闇15日間）、育苗（発芽後量光灯にて密植13日間計18日と想定）
 定植・生産（収穫へ至るに移植23日と想定）
 合計18+23=41日と想定



収穫量
 42株/日 × 365日/年
 = 15,330株/年

魚沼基幹病院（仮称）の 地下水熱利用について

豊富な地下水を病院のエネルギー源に

平成25年10月

新潟県土木部都市局営繕課

工事概要・建築概要

名称	魚沼基幹病院(仮称)
所在地	南魚沼市浦佐4115番地ほか
建築主	新潟県
設計監理	山下設計・総合設備設計 設計共同体
施工(建築)	大成・中越興業・丸山工務所特定共同企業体
(電気)	ユアテック・小島・石崎特定共同企業体
(衛生)	朝日・日新設備・三協設備特定共同企業体
(空調)	新菱・高菱・コイデン特定共同企業体
延床面積	33,549.31m ²
構造・規模	鉄筋コンクリート造 (病院棟:免震構造 センター棟:耐震構造) 地上9階
病床数	454床(一般400床、精神50床、感染症4床)
工期	平成24年3月から平成27年3月(外構は別途)

施工進捗状況



H24.6末



H24.8末



H24.10末



H24.12末

施工進捗状況



H25.2末



H25.4末



H25.6末



H25.9末

地下水熱利用導入の背景

地球温暖化 ⇒ CO₂削減

環境問題への意識の高まり ⇒ エコ、クールビズ、ウォームビズ

東日本大震災 ⇒ 節電意識の高まり

原発事故 ⇒ 原発に依存しない社会、クリーンエネルギーへの転換

地域特性

南魚沼市浦佐地区は、八海山をはじめとする美しい山々が見渡せる土地であり、雪解け水が水無川、魚野川に流れ込み、大地を潤しています。

このため、良質な地下水が豊富にあります。



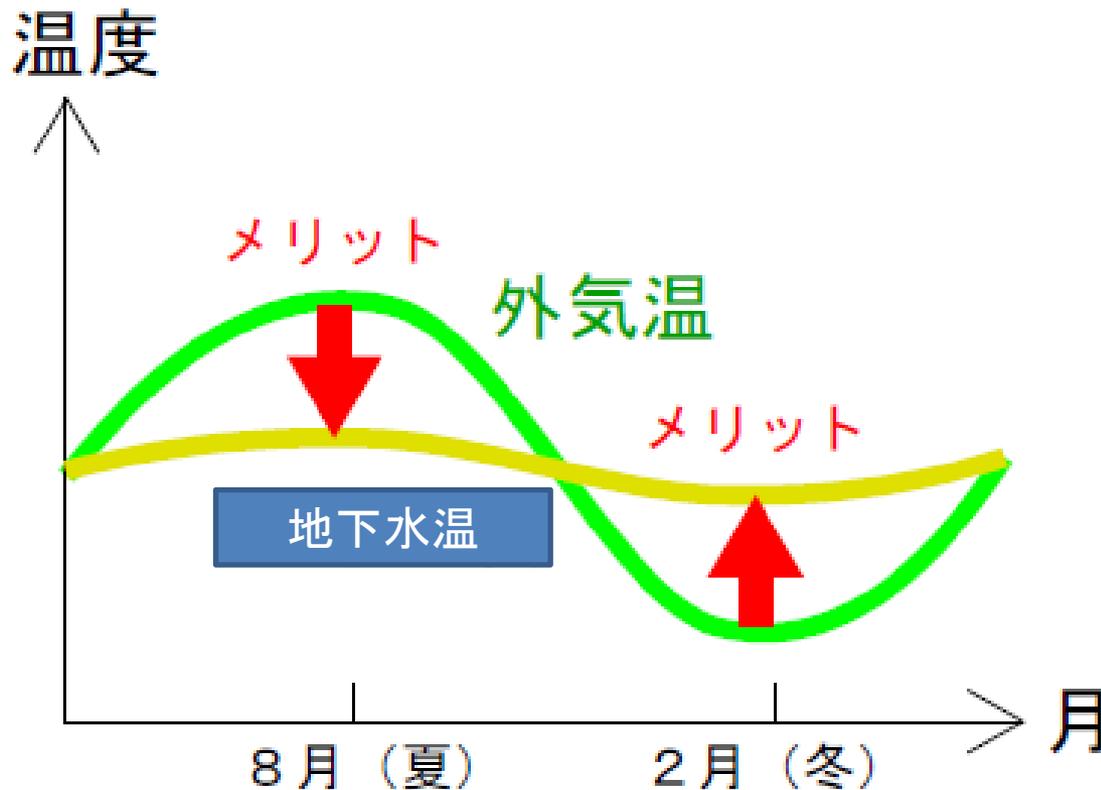
魚野川



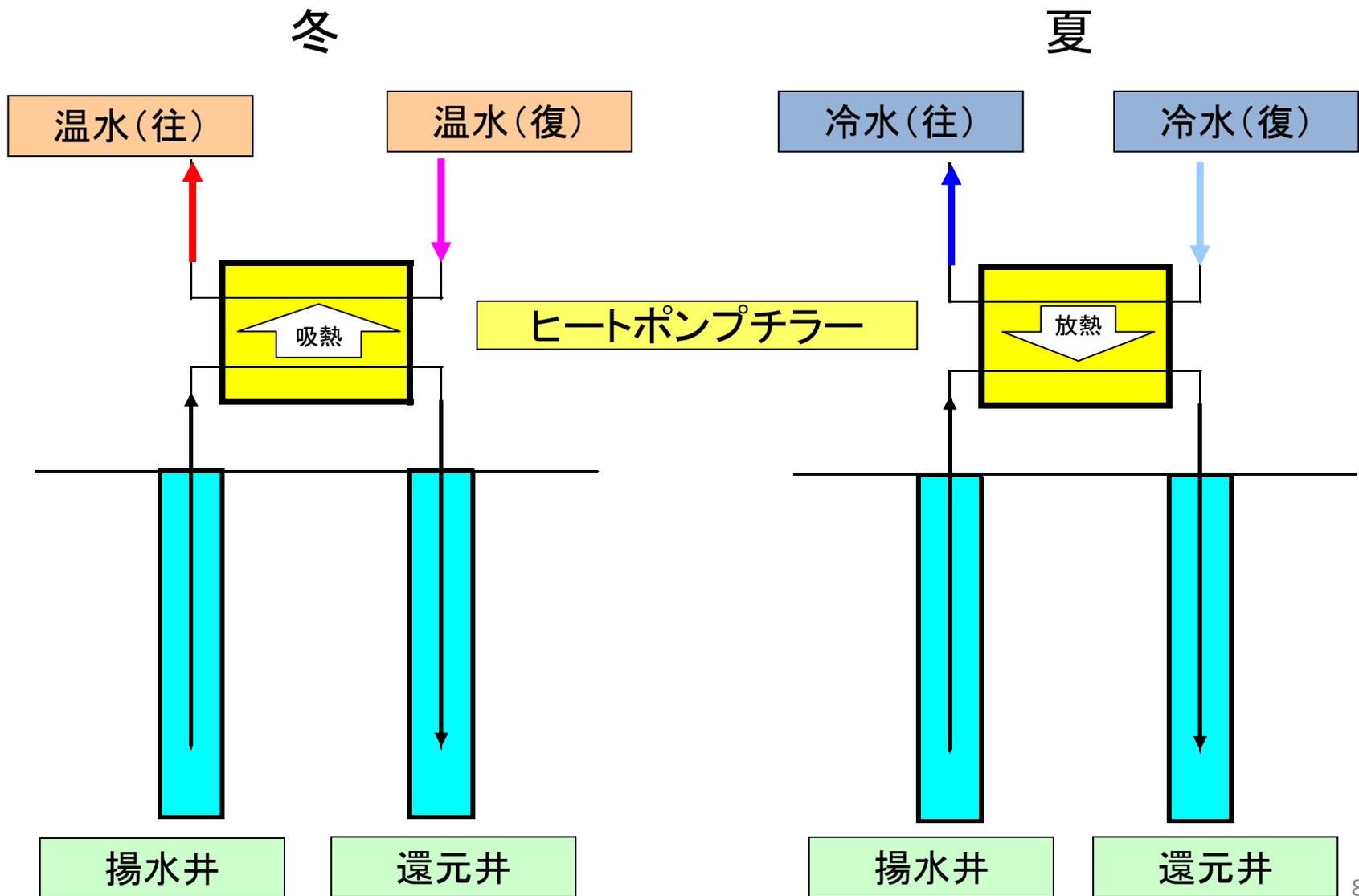
八海山

地下水熱利用のメリット

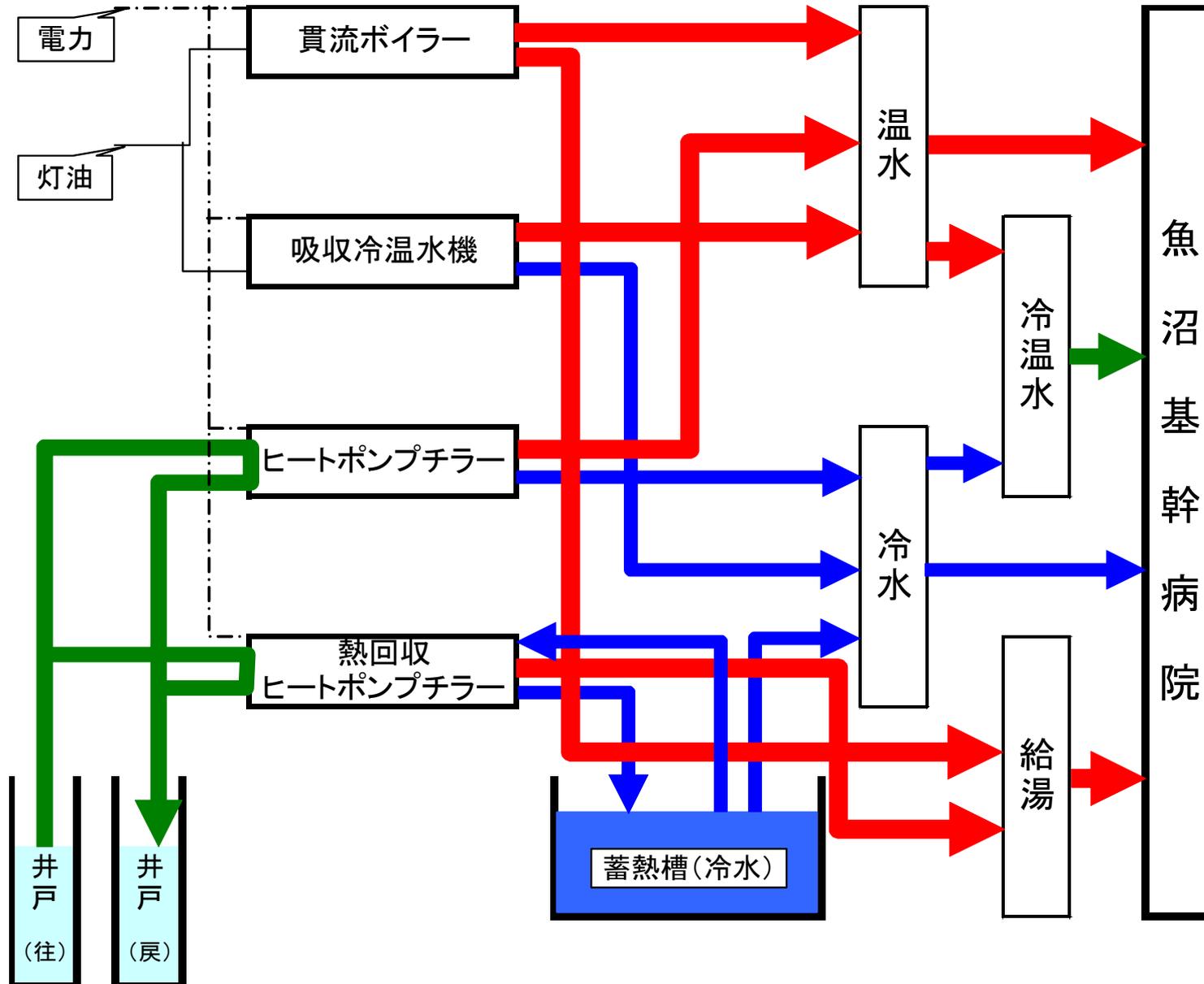
地下水は、外気と比べ、冬暖かく、夏冷たく、年間を通じて水温が約10°C程度（浦佐地区）と安定しているため、効率の良い空調用熱源として利用でき、省エネになります。



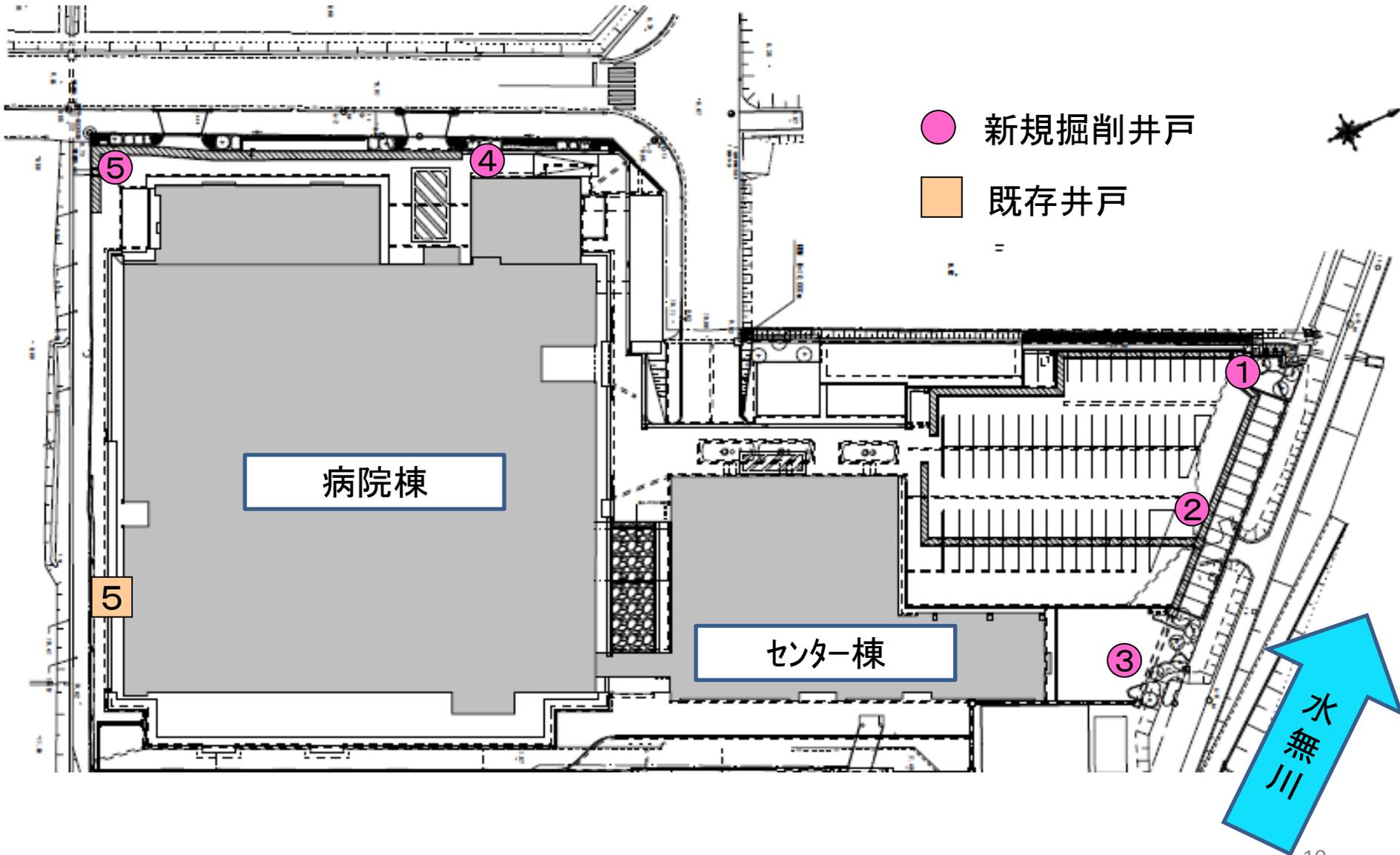
地下水熱利用の概念図



熱源フロー



井戸配置図



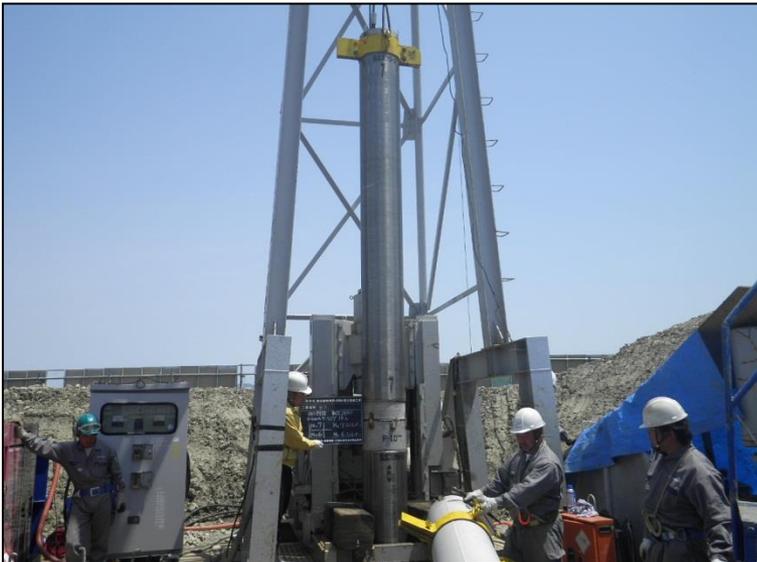
井戸掘削状況



機材搬入・組立



ビット挿入・削井作業



ケーシング管挿入

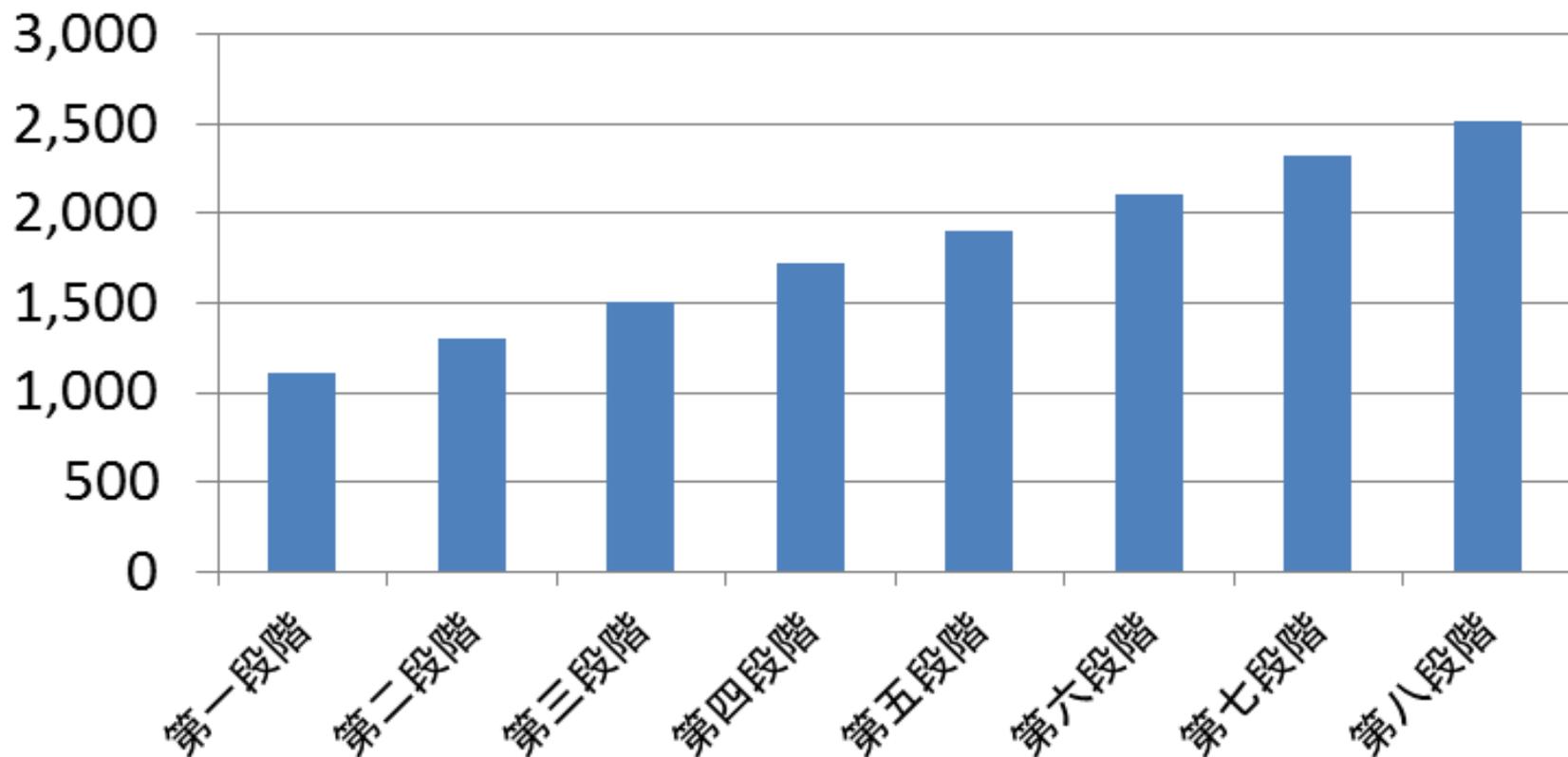


試験用ポンプ挿入

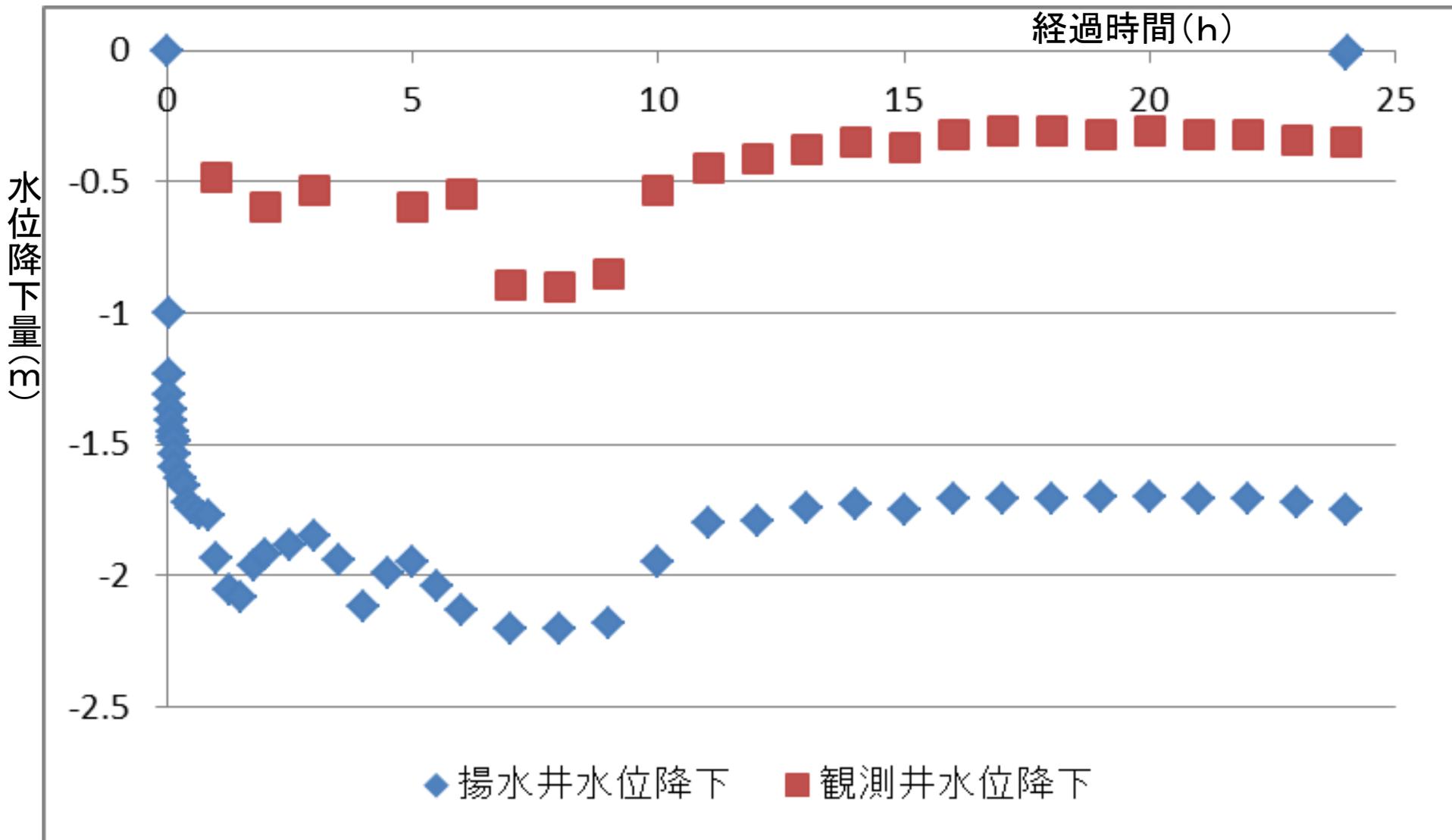
段階揚水試驗結果

揚水量

揚水量(L/分)



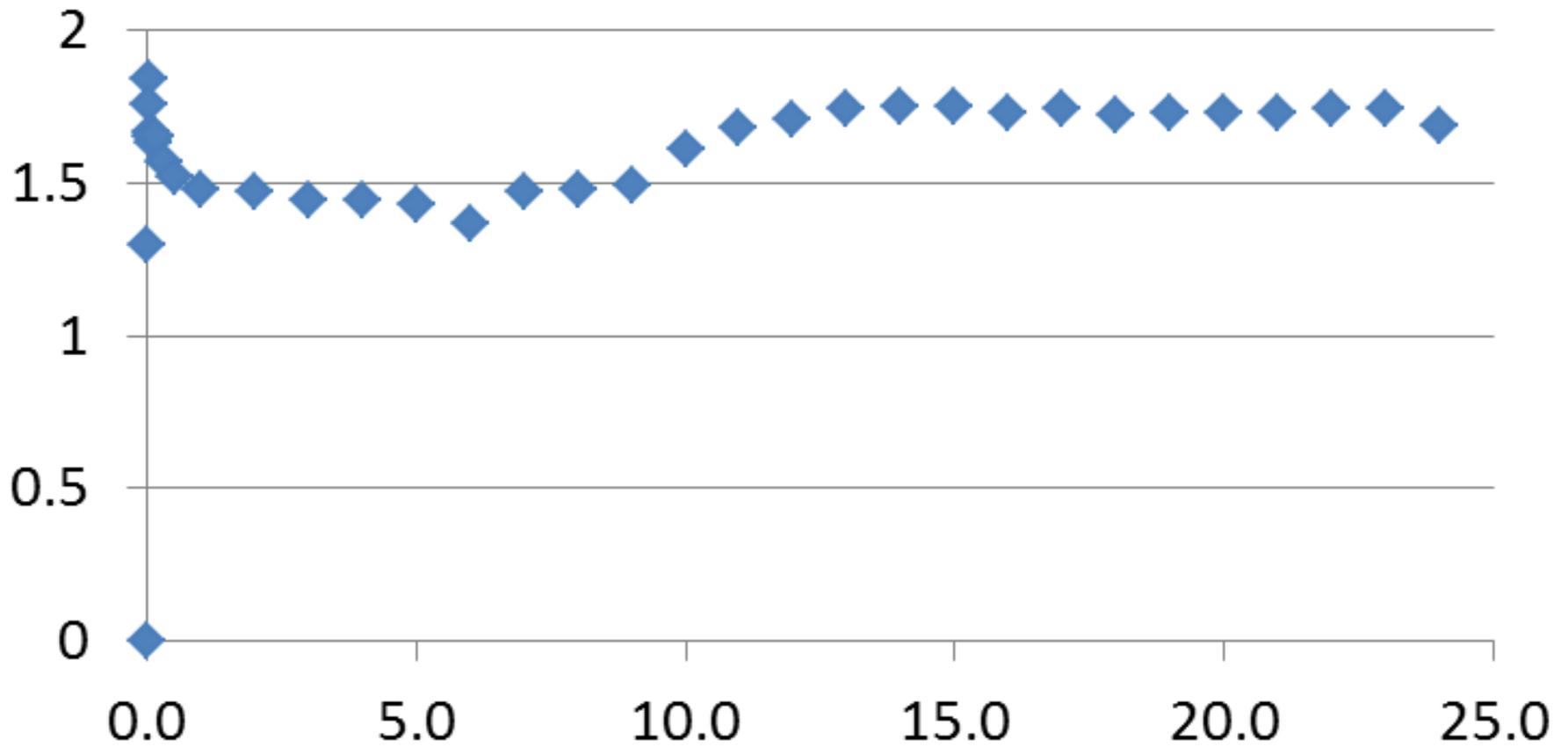
連續揚水試驗·回復試驗結果



還元試驗結果

水位上昇

水位上昇量(m)

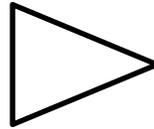


經過時間(h)

省エネルギー効果

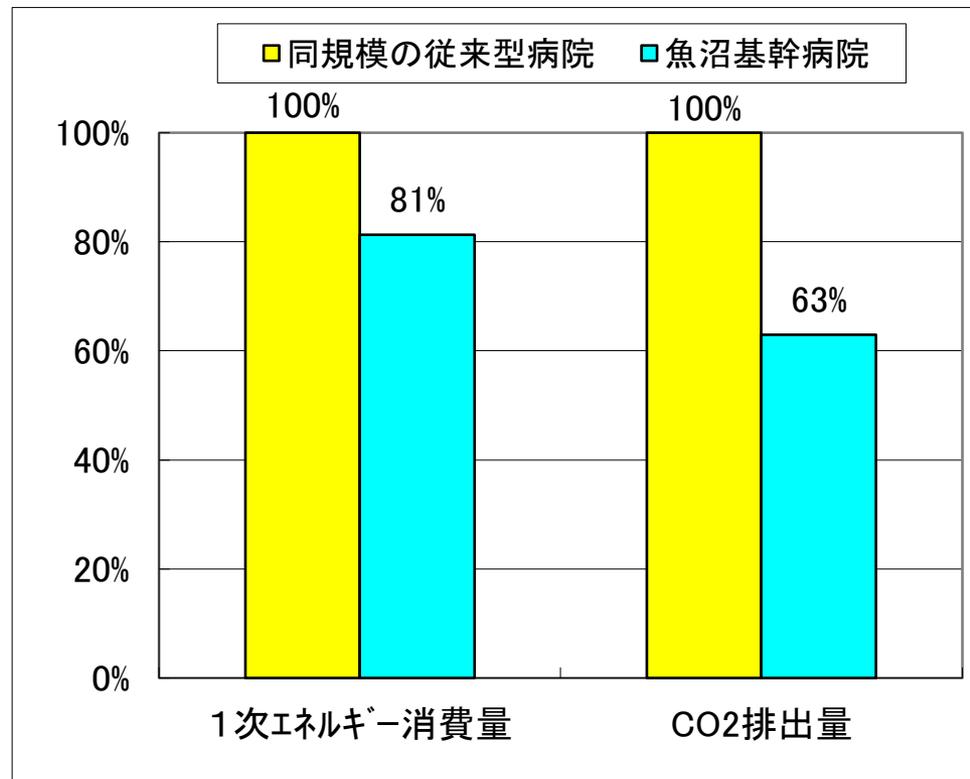
同規模の従来型病院

- 蒸気ボイラー
- 吸収式冷温水機



魚沼基幹病院

- 井水熱ヒートポンプチラー
- 熱回収ヒートポンプチラー
- 吸収式冷温水機
- 水熱源ヒートポンプパッケージ
- ビル用マルチ



(財)省エネルギーセンター「原単位管理ツールver5.01」による試算結果

竣工イメージ



地中熱利用に必要な地盤情報 について

NGH 新潟県地中熱利用研究会

内 容

地中熱交換器の設置方法

必要な地盤情報

地中熱ヒートポンプシステム

地下水を利用するかどうかで方式が分かれる。

地中熱
ヒートポンプ
システム

地下水
揚水

なし

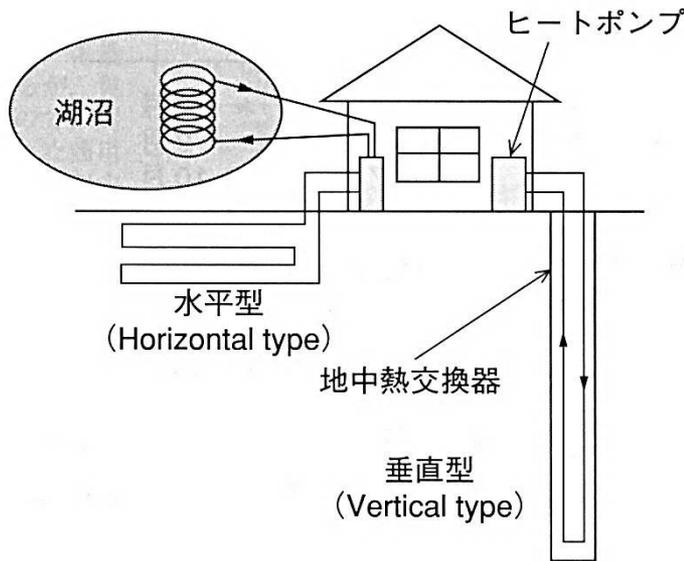
クローズドループ

垂直型

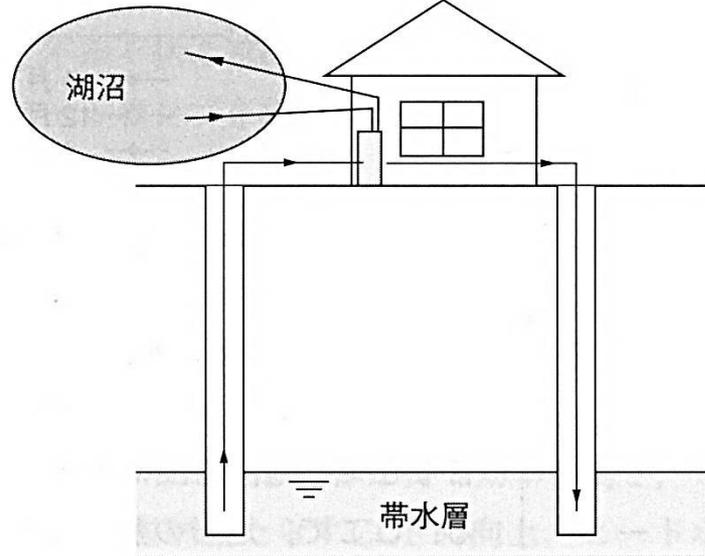
水平型

あり

オープンループ



クローズドループ方式

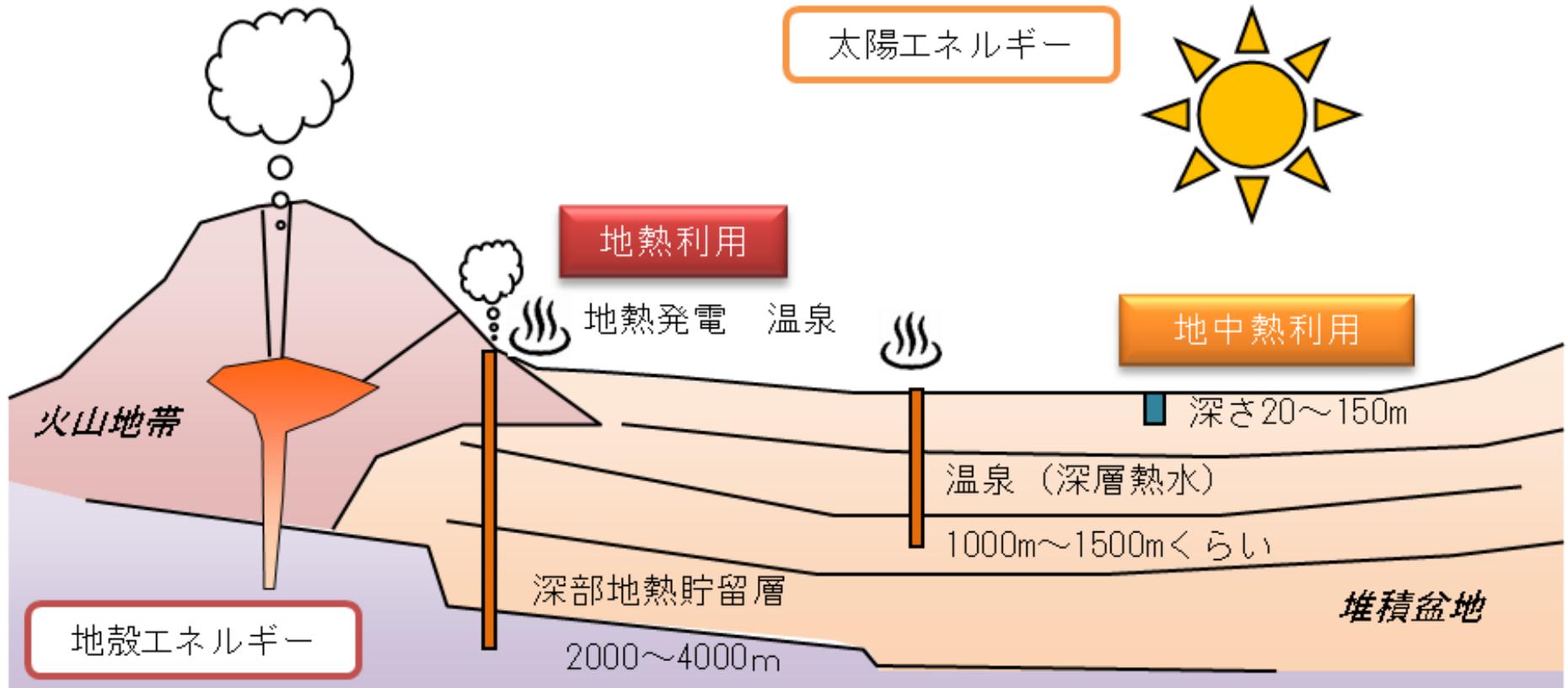


オープンループ方式

図:「地中熱ヒートポンプシステム」(オーム社)より

地中熱利用の深さ

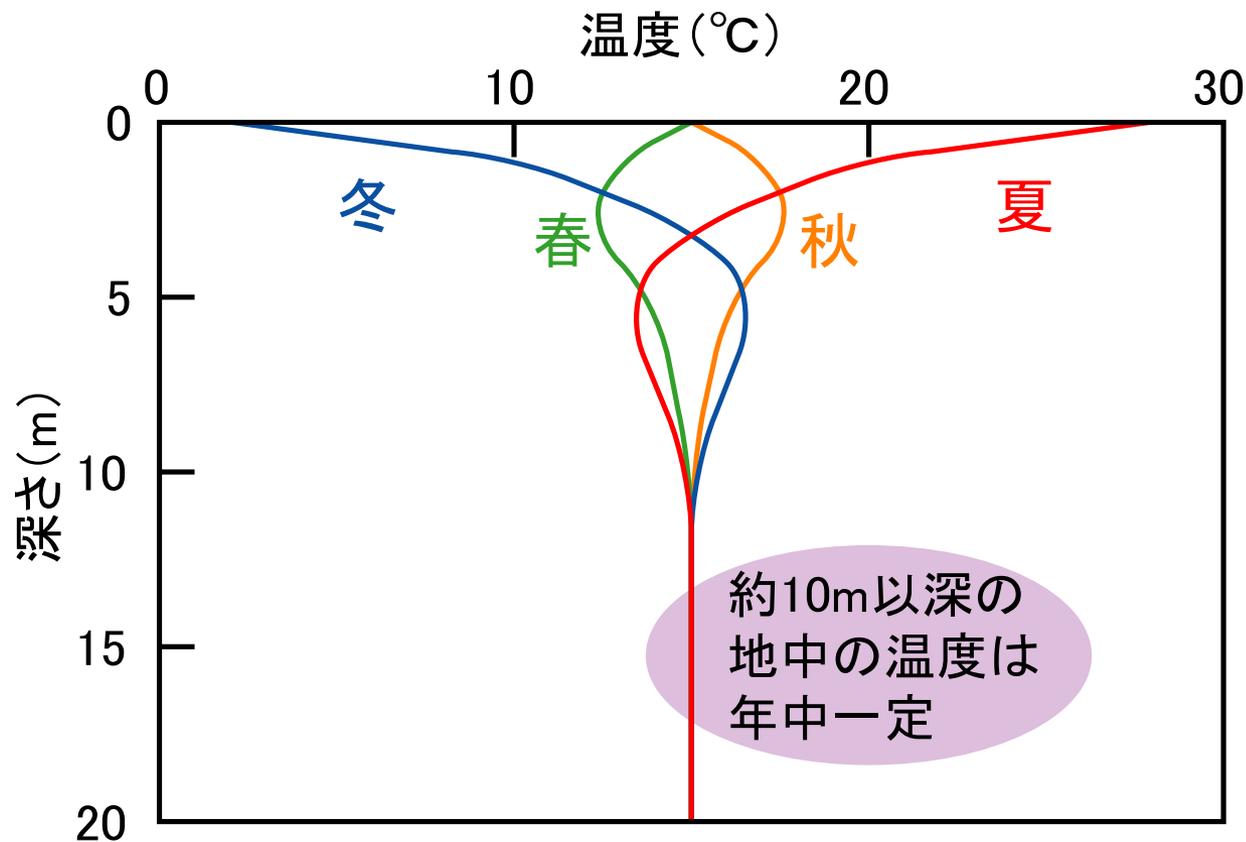
クローズドループ方式では、深度200m程度までの地中熱を地中熱交換器により採熱する。



地中熱エネルギーと地熱エネルギーのイメージ

地中温度の年変化

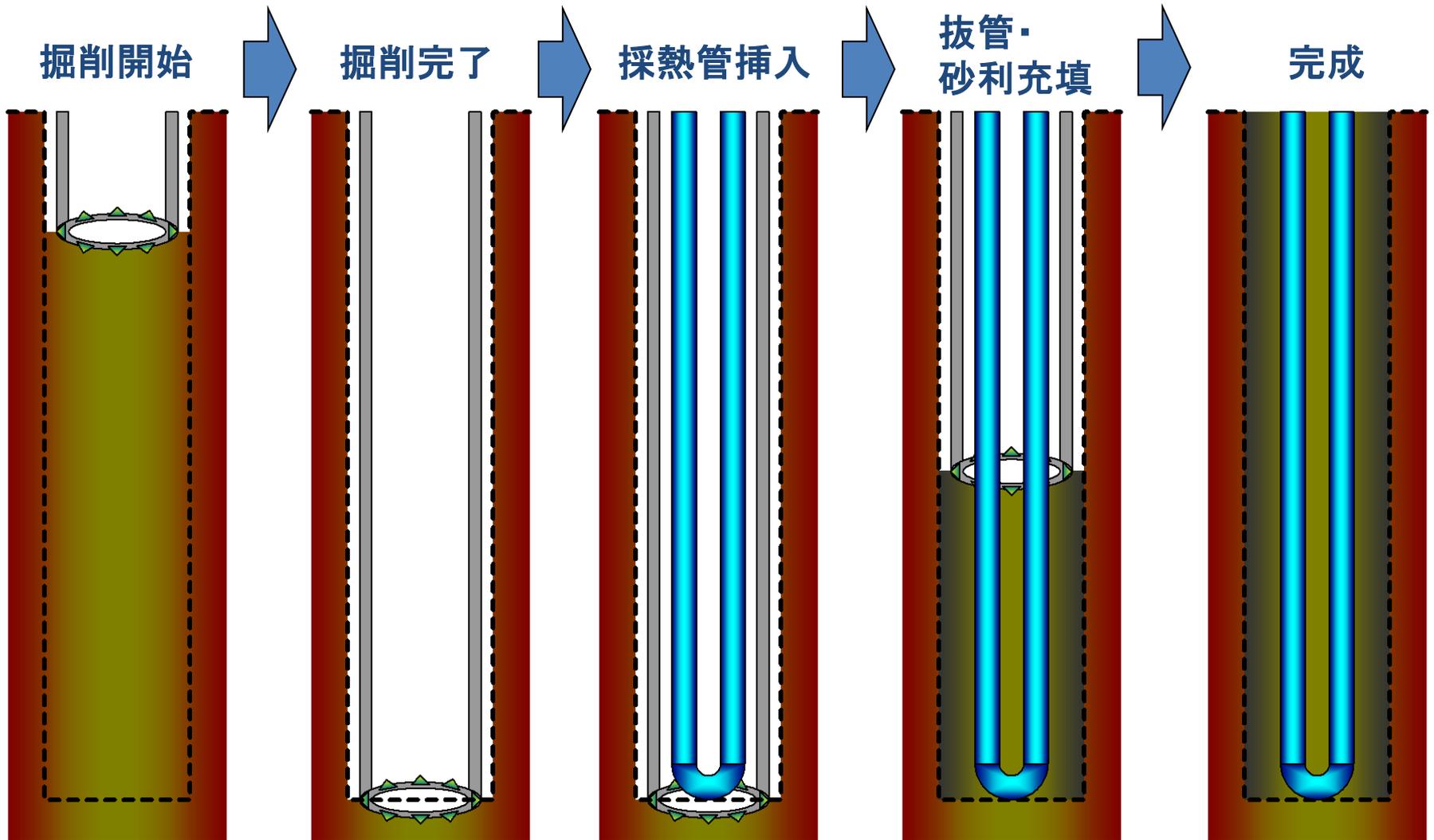
深さ10m程度までは地中温度が安定しないので、
地中熱交換器は深さ100m前後まで設置されることが多い。



地中温度の垂直変化

地中熱交換器の設置手順

ボーリングを行い採熱管(Uチューブ)を挿入する。



手順① 掘さく(ボーリング)

掘削コスト低減のため、出来るだけ短期間で掘削できるボーリングマシンが選定される。掘削は100mで2日程度。



高速振動掘削機(ソニックドリル)



リングビット(φ179mm)



掘削ロッド(長さ3m)

手順② Uチューブ挿入

Uチューブに水を注入し、さらに錘を取り付け、掘削ロッド内に挿入していく。準備から挿入完了まで1時間程度。



錘(棒内)の取り付け作業



Uチューブの挿入作業※

※写真は、W-Uチューブ(黒いパイプ)と、温度計測管(青いパイプ)の挿入状況

手順③ 砂利挿入

ボーリング孔に、砂利(もしくは珪砂)を充填する。



充填砂利



充填状況

手順④ 設置完了

ケーシングロッドを抜き、最後に水圧試験によりUチューブの破損がないことを確認して、設置完了となる。



抜管作業



熱交換器の設置完了



水圧試験

さて、どのくらい採熱できるのだろうか？

地盤情報整備の重要性

採熱量は地盤の熱特性や地下水状況などにより異なる。
ここで、熱負荷に対するバランスが崩れると、設備が過大になったり、過小になったりする。

不確定要素多い

熱負荷

採熱量

【必要となる熱負荷情報】

- ◆空調・給湯必要熱量
- ◆融雪必要熱量
- ◆運転時間
 - ・日運転
 - ・季間運転

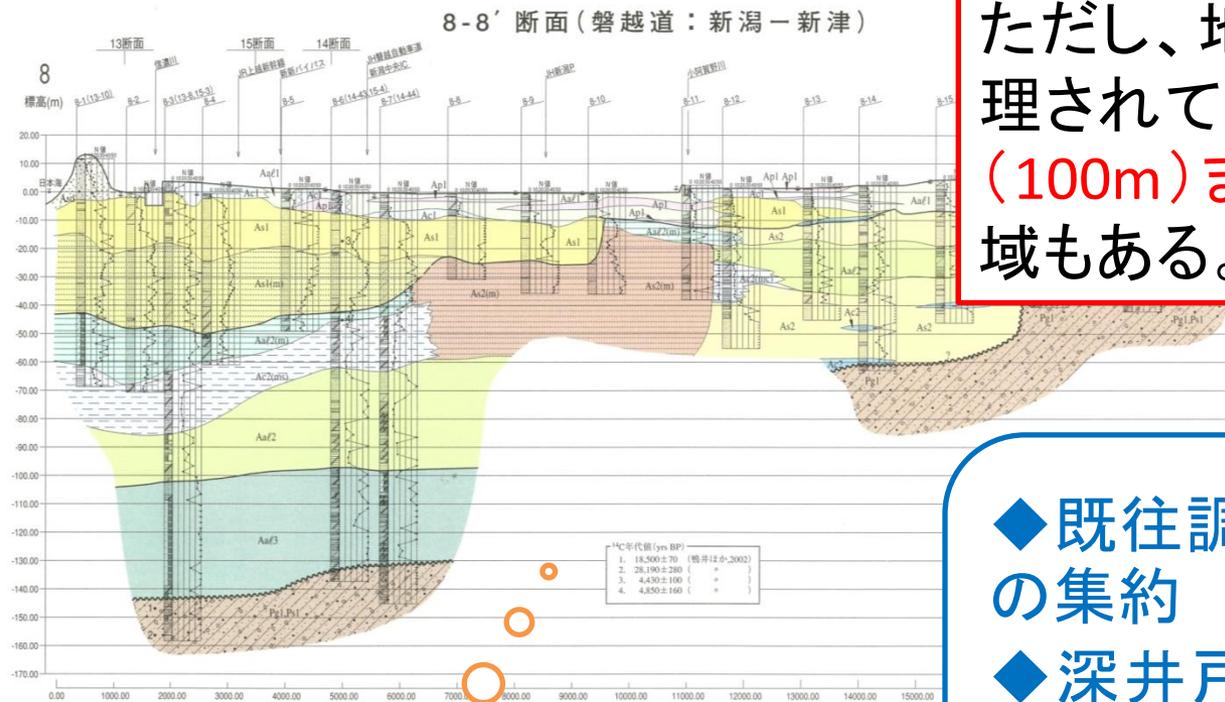
比較的決めやすい

【必要となる地盤情報】

- ◆地質断面図・地質図
- ◆地盤の温度
 - ・地域的偏り
 - ・季節変化
- ◆地盤の有効熱伝導率
 - ・地層の比熱
 - ・地層の密度
 - +
 - ・地下水の動き
(流動変化、水位変化)

地質断面図の整備状況

新潟県内では、地質図、地質断面図、水理地質断面図は良く整備されている。



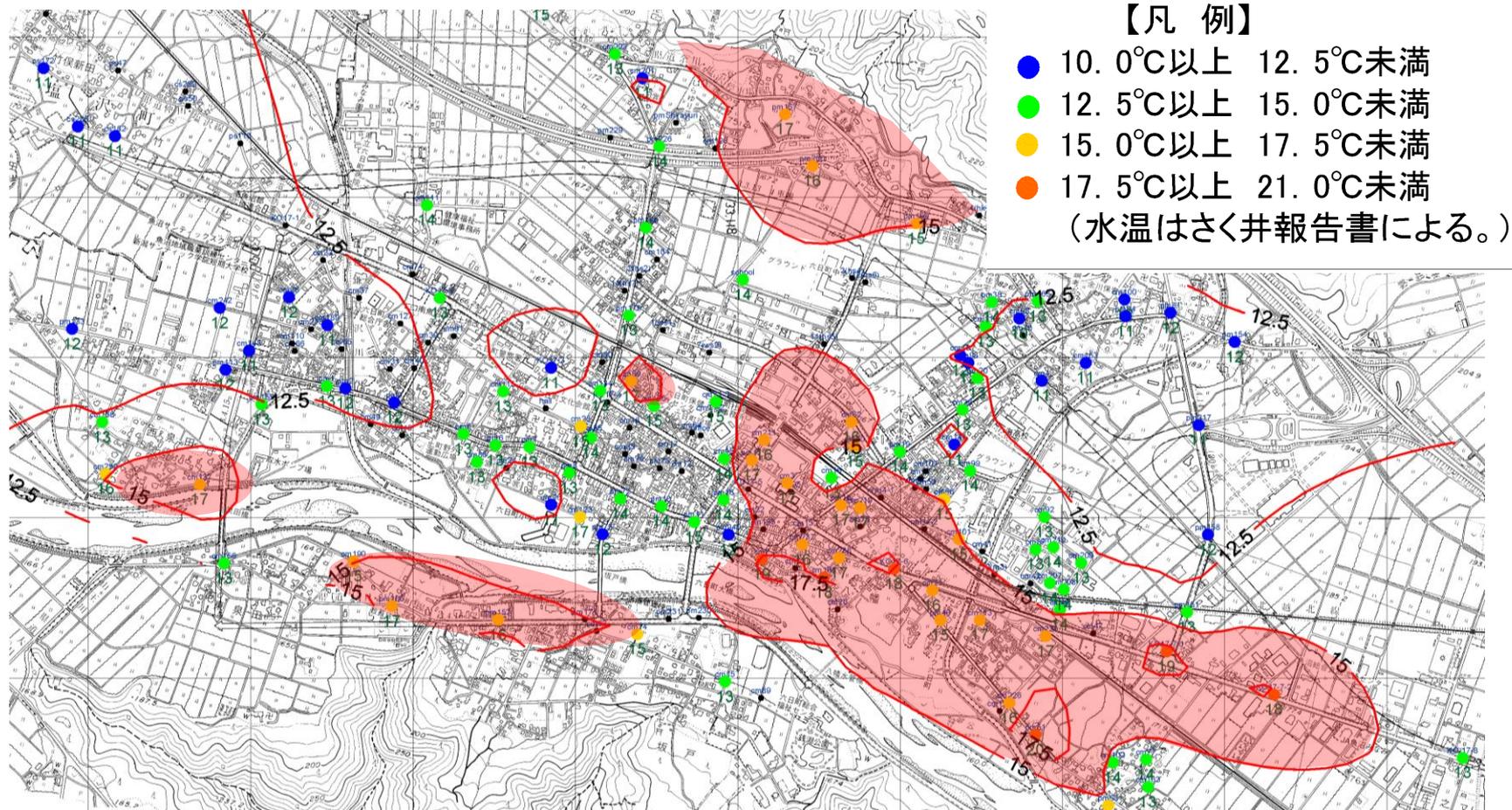
ただし、地中熱利用の観点で整理されていないので、**採熱深度(100m)までの地質が不明な地域もある。**

深部の情報
がない

- ◆ 既往調査の水理地質断面図の集約
- ◆ 深井戸(消雪井戸)データの利用による、深度100m程度までの水理地質断面図の整備

地盤の温度(地域的偏り)

六日町盆地では、狭い範囲で11~20℃と変化している
(さく井記録の整理結果)。

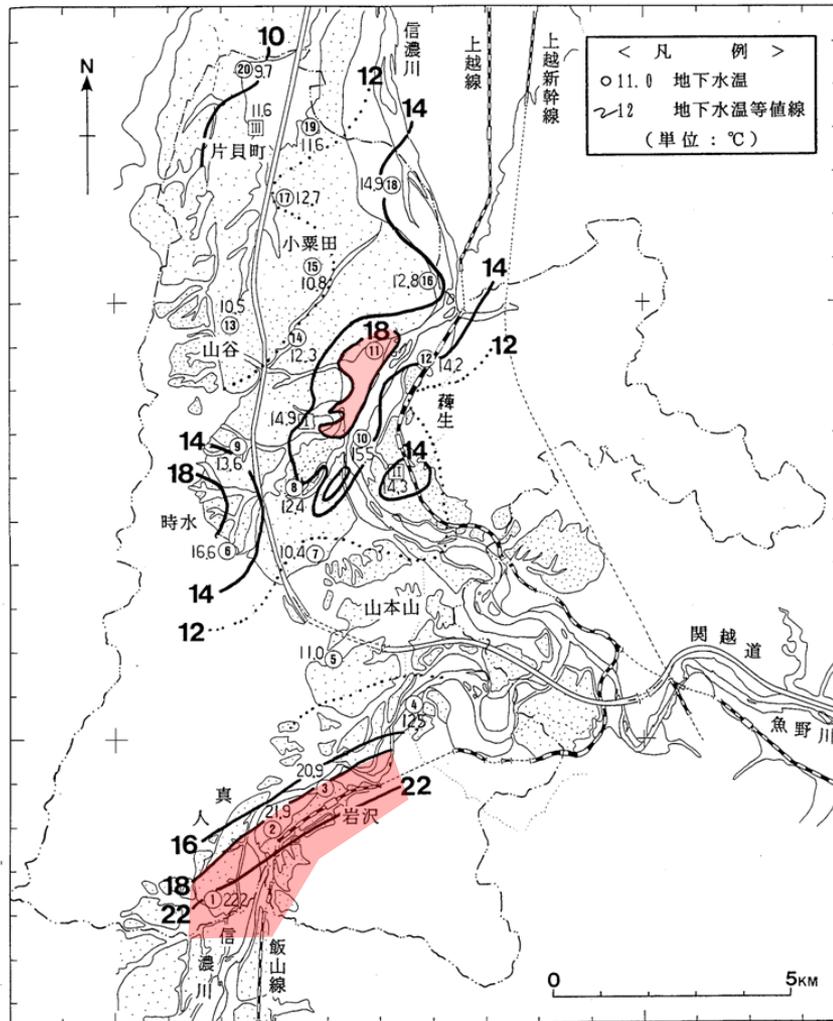


六日町の地下水温分布

(図:平成18年度新潟県南魚沼市における地盤沈下低減対策検討調査報告書 平成19年3月 新潟県南魚沼市、環境省委託業務)

地盤の温度(地域的偏り)

小千谷市でも、**地下水温が10~22℃**と大きな偏りがある
(冬期測定結果)。



小千谷市の地下水温

システム設計において、「地中温度は一般的にその地域の年平均気温+2℃と考えてよい」とされているが※、**地域の地下水温の偏りに注意する。**



- ◆ さく井記録(揚水試験)記録の地下水温情報の収集整理
- ◆ 地下水温度(地中温度)の実測

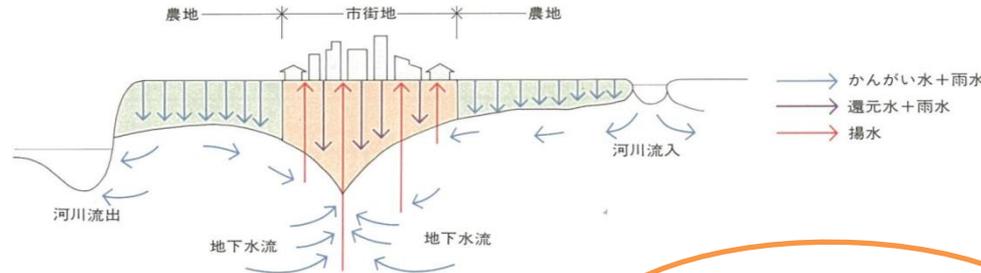
(図:新潟県小千谷地域地下水利用適正化調査(水理解析編)報告書
平成6年3月 通産省関東通産局)

※「地中熱ヒートポンプシステム」(平成19年オーム社、p.89)

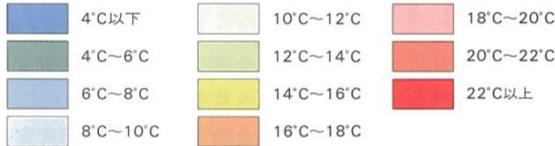
地盤の温度(季節変化)

長岡市街地では、消雪用地下水の汲み上げによる河川水の引き込みにより、冬期地下水温の低下がみられる。

図6—長岡平野の地下水流動模式図

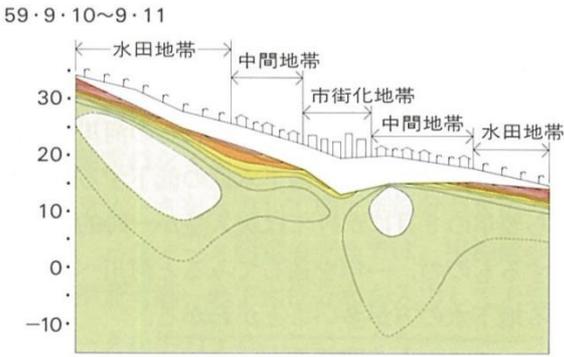


<図9の地下水温度凡例>

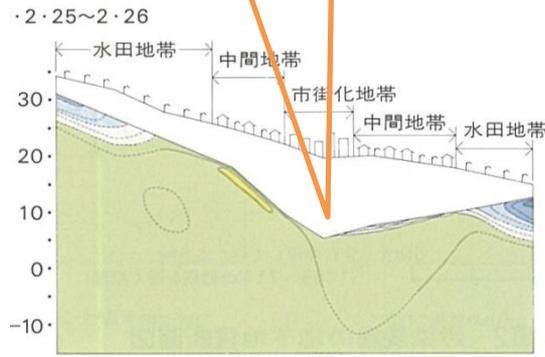


水位も大きく低下している！

地中温度は、「一般に、深さ10mより深い地点の温度は外界の気温変動によらず年間を通じてほぼ一定である。」※とされるが、地下水が大量に揚水される地域では、そのより深層での温度変化にも注意する。



S59.9.10~11



S60.2.25~26

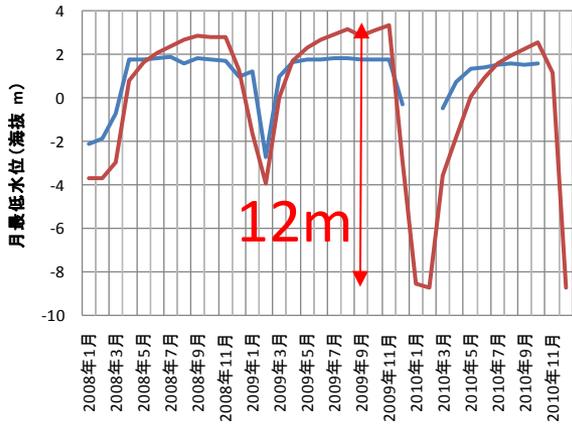
長岡平野の地下水温度鉛直分布図

(図: 藤縄克之「長岡平野における消雪用地下水利用、アーバン久保田27号、1988年)

※「地中熱ヒートポンプシステム」(平成19年オーム社、p.11)

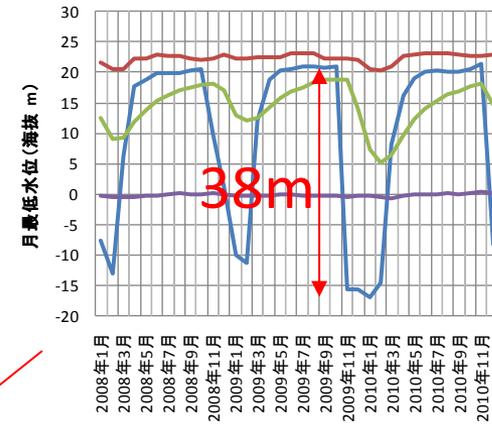
◆地下水水位観測井への温度計設置

冬期地下水位低下状況(県内各地)



柏崎平野

- 柏崎(新橋43m井)
- 柏崎(東部公園120m井)

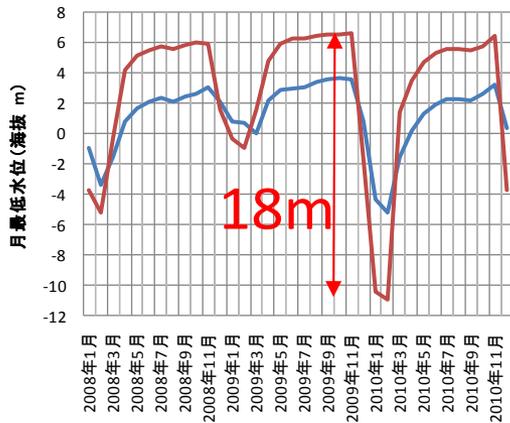


越後平野 (長岡)

- 長岡(日越小97m井)
- 長岡(前川小22m井)
- 長岡(四郎丸小22m井)
- 新潟(黒鳥170m井)

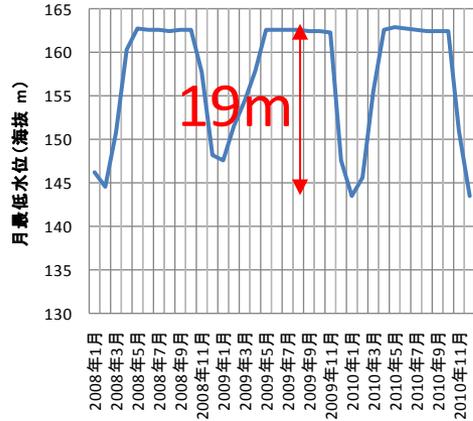
深い帯水層は12月まで水位は回復せず

降雪期直前の12月まで水位は回復せず



高田平野

- 高田G2 (137m井)
- 高田地区館(52m)



魚沼盆地 (南魚沼)

- 南魚沼(河原崎60.5m井)

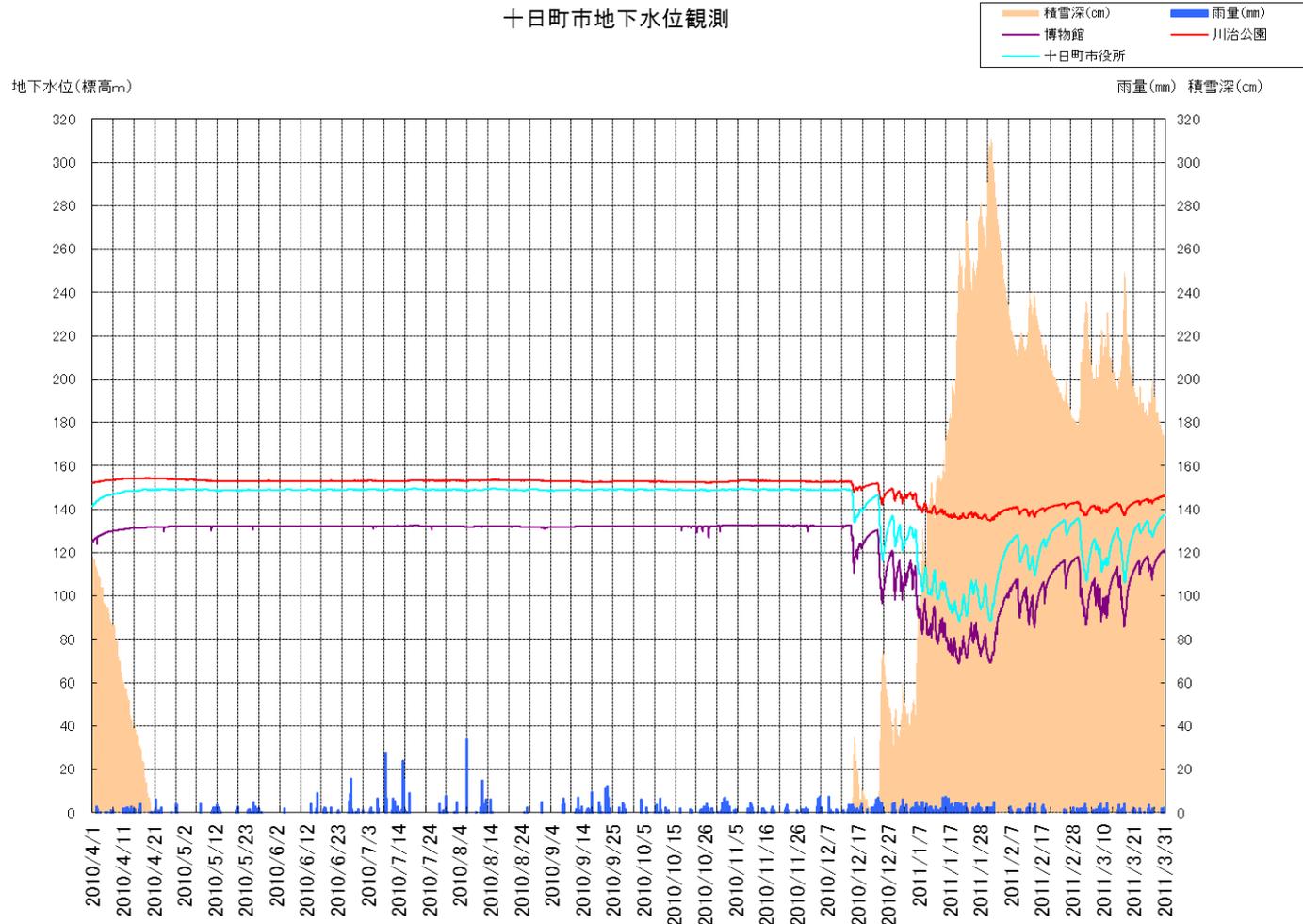
降雪期直前の12月まで水位は回復せず

融雪期には水位が回復し、ピークとなる

(新潟県県民生活・環境部:長岡地区の地盤沈下(35), 新潟平野の地盤沈下, 上越地区の地盤沈下(40)、柏崎地区の地盤沈下(23)平成23年3月 より作成)

冬期地下水位低下状況(十日町)

十日町市内では大雪時に60mも水位低下することがある。



平成22年度 十日町市地下水観測記録 図: データは十日町市地下水対策協議会

面的に見た冬期地下水位低下状況(魚沼市)

降雪時には、市街地で地下水位が大きく低下し(目玉の出現)、**地下水の流動方向も変化している。**

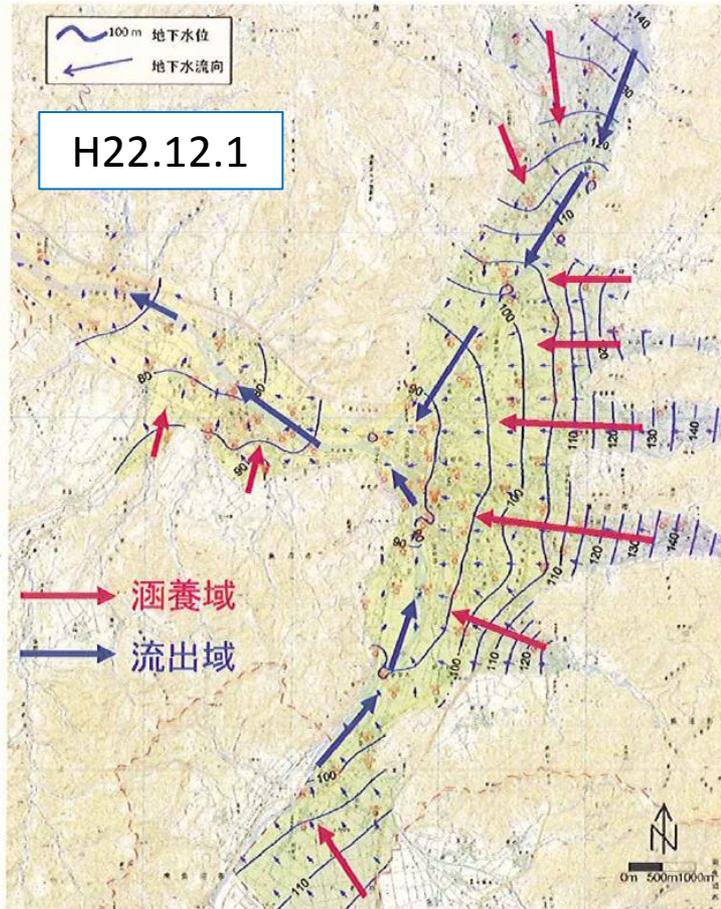


図 3-1 水位標高と河川の涵養・流出の関係 (H22.12.1一斉水位調査実施時)

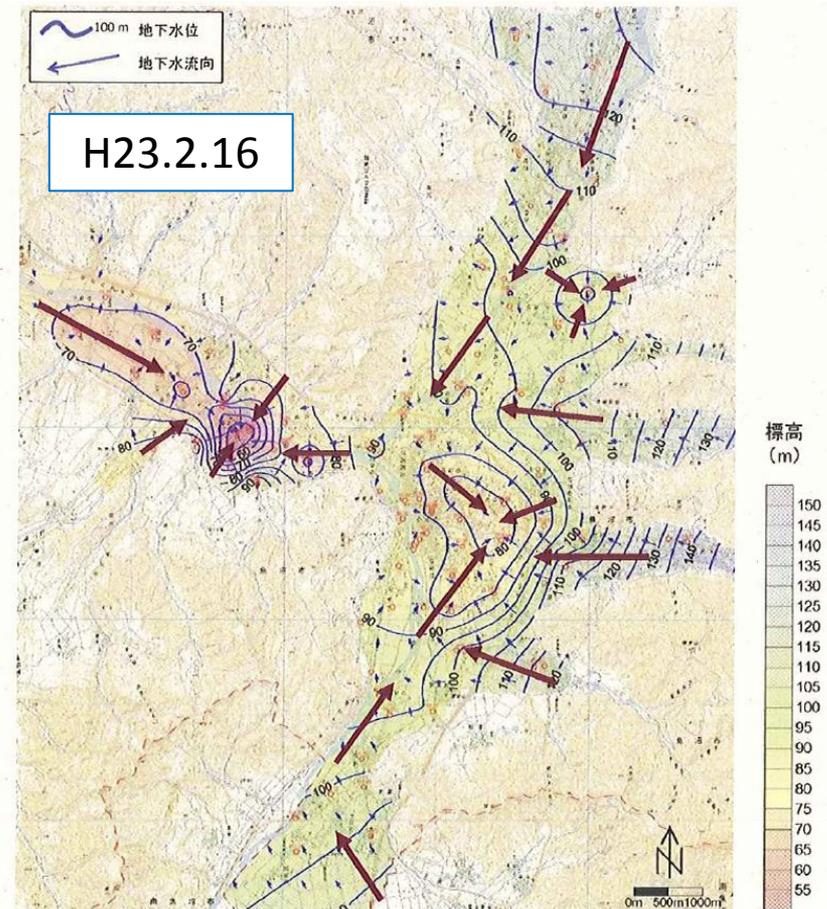


図 3-2 水位標高と河川の涵養・流出の関係 (H23.2.16一斉水位調査実施時)

地下水面図(降雪期前と降雪期)

図: 魚沼市の地下水保全に関する調査報告(魚沼市役所ホームページ)

地盤の見掛け熱伝導率

大幅な地下水位の低下は、採熱性能(地盤の有効熱伝導率)に影響する場合がある。

土壌・岩盤の有効熱伝導率

地質	有効熱伝導率(W/(m・K))	
	飽和	不飽和
砂	1.53	1.19
砂礫	2.0	
シルト	1.44	
粘土	1.27	0.92
火山灰	1.18	0.90
泥炭	1.22	0.88
ローム層	1.0	0.72
岩(重量)	3.1	
岩(軽量)	1.4	
花崗岩	3.5	

表: 地中熱ヒートポンプシステム(オーム社)p.92より

有効熱伝導率は、地層の層相(比熱と密度)と地下水の状態で変化する。

表中の「飽和」は、地下水あり、「不飽和」は地下水がない状態。地下水位が低下し不飽和になると有効熱伝導率が低下する。



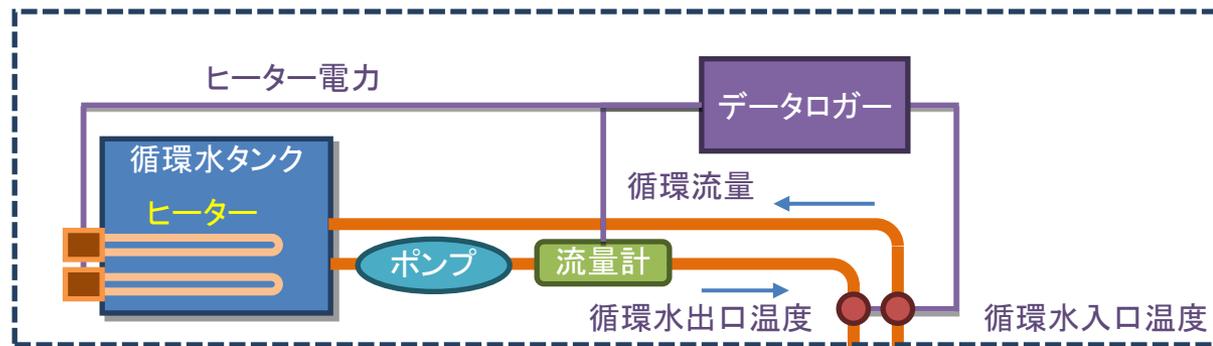
- ◆ 県内地下水位観測データの集約(特に市町村独自観測分)
- ◆ 地下水位変動状況(夏期・冬期)の把握

熱応答試験 (TRT)

地盤の有効熱伝導率は、熱応答試験により求めることができる。これを、**熱需要時期**に合わせ実施する。

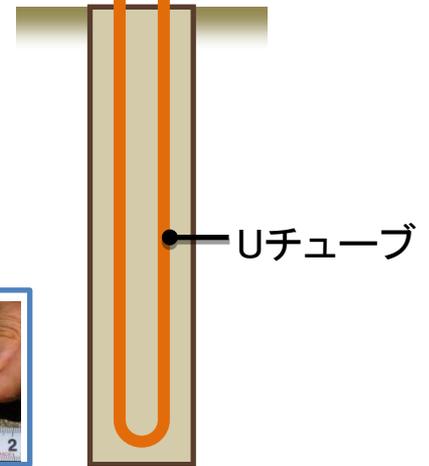


TRT試験機



熱交換器 (W-U) (黒いパイプ)
W-Uでは地表に4本ある。

温度計測管 (青いパイプ)
地中の温度変化を計測 (2mピッチ)



地中熱交換器

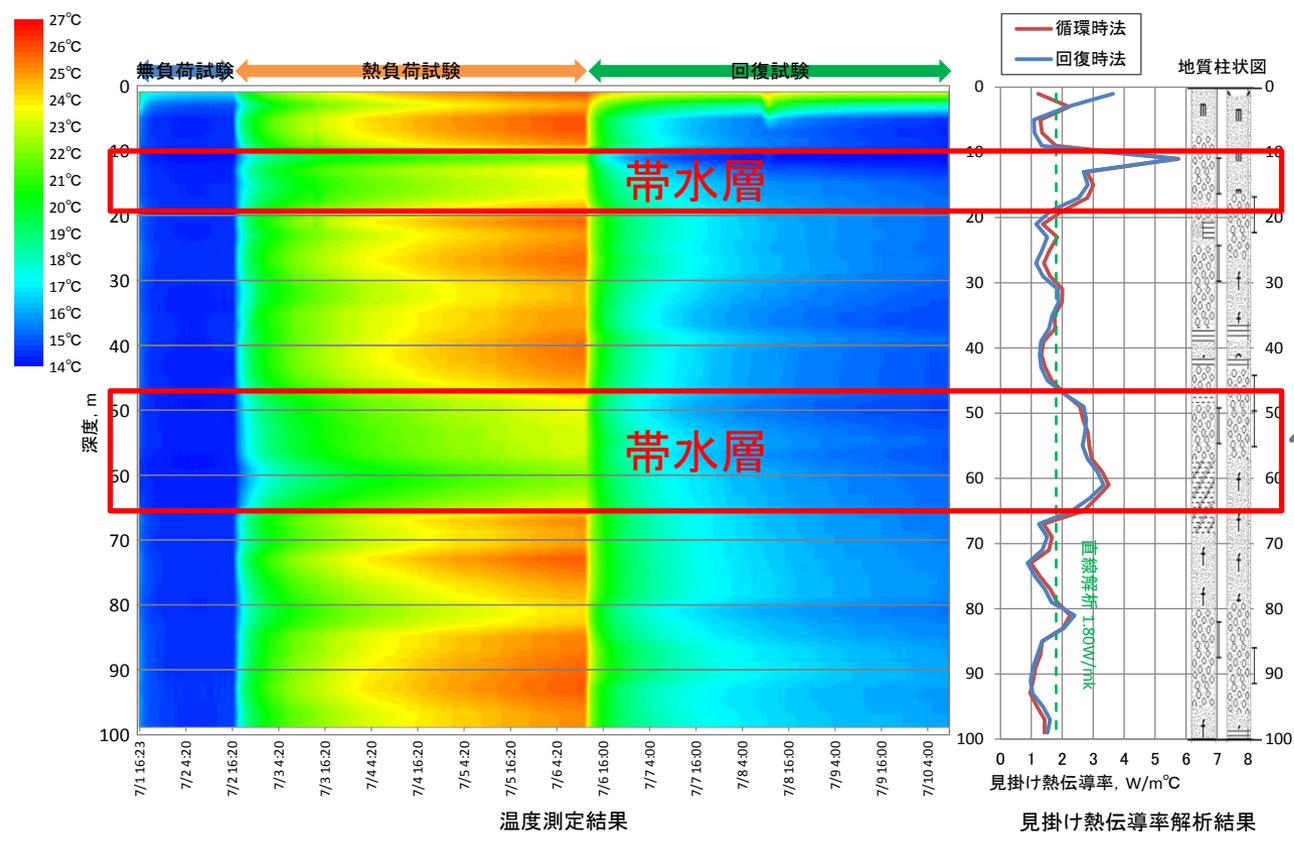
【熱応答試験】

地中に一定負荷を掛けた時の温度応答の変化から、有効熱伝導率と、熱交換器の熱抵抗を求めるもの。



熱応答試験の結果

地下水の流動がある場所では、加熱中の温度上昇は小さく、加熱停止後の温度回復が早い。採熱・放熱に有利となる。



深度別有効熱伝導率解析結果

帯水層では、有効熱伝導率が高い。

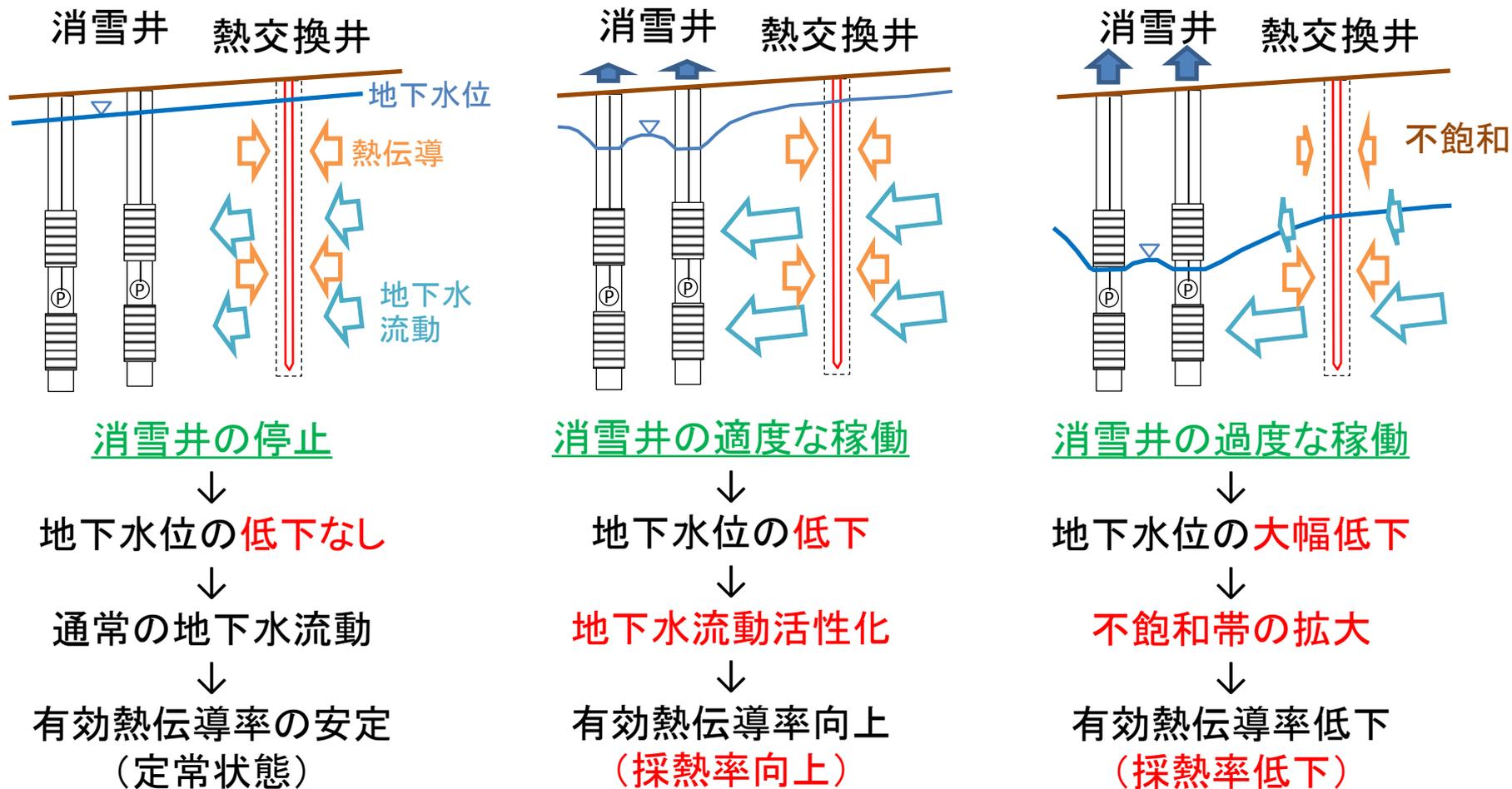


○消雪井戸の揚水により、地下水流動が加速されれば、有効熱伝導率はさらに良くなる。

図：新潟県内での実施例

地下水水位低下と採熱性能の変化

消雪井戸が普及している新潟県ならではの課題



◆ 夏期・冬期の熱応答試験の実施 (一部実施済)

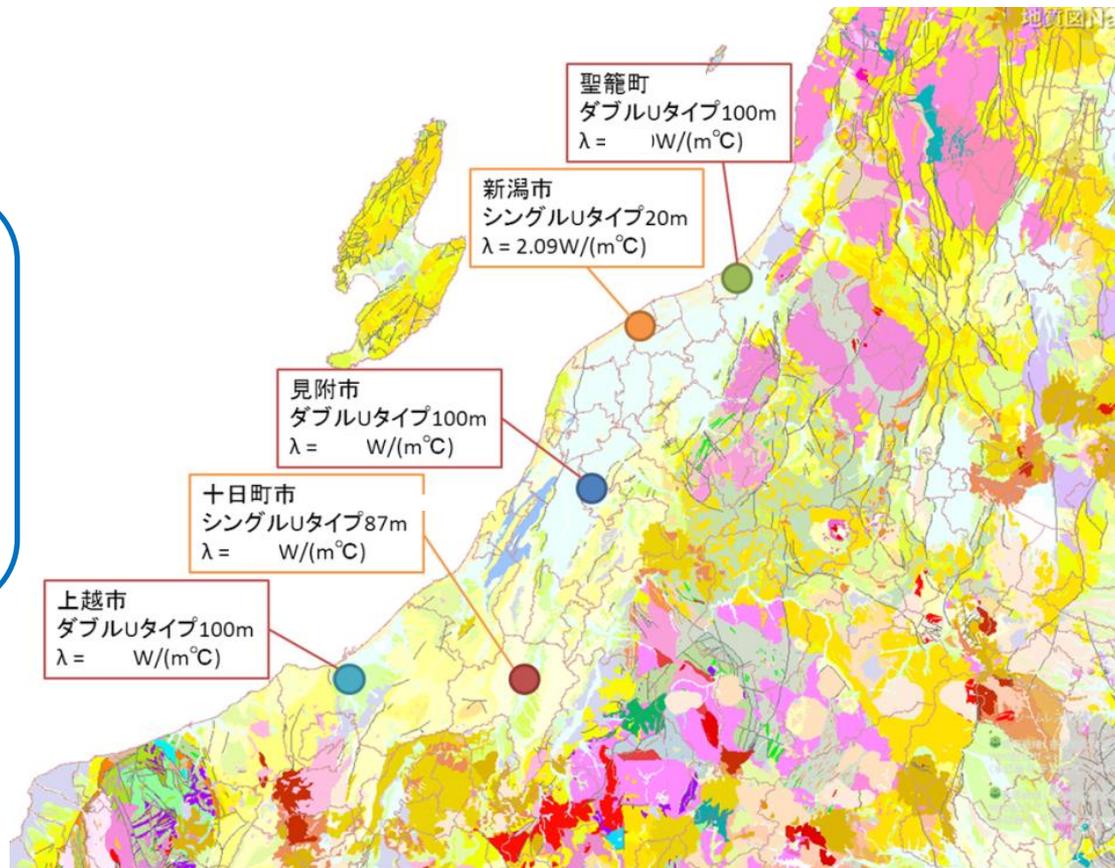
地中熱ポテンシャルマップの整備

新潟県のような消雪用地下水の普及地域では、夏期と冬期で地盤の有効熱伝導率が変化することが予想される。

◆ 夏期・冬期の有効熱伝導率データの蓄積

◆ 有効熱伝導率マップの整備

地中熱利用システム
の最適設計

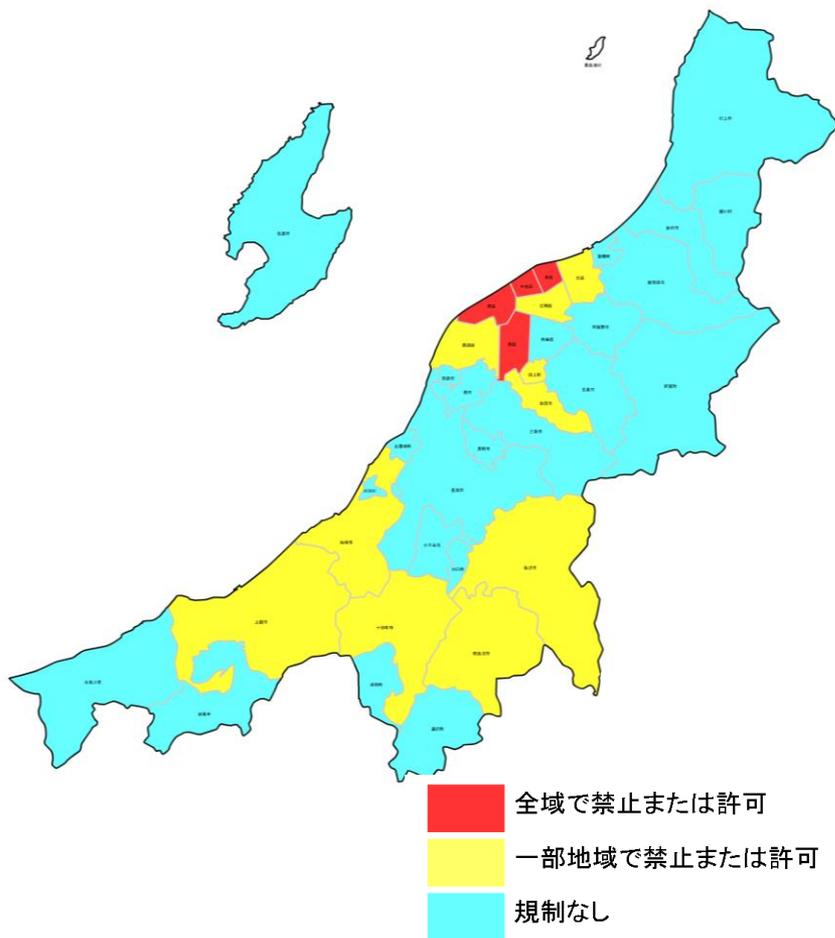


有効熱伝導率マップの整備イメージ

図ベース: 産総研地質図navi

オープンループ方式のための水質調査

地下水規制地域以外では、オープンループ方式も設備検討の対象となる。



新潟県内における地下水採取規制地域

地下水を設備に直接通水する場合は、熱交換器の**腐食、スケール防止**の観点から、一定の水質※を満たす必要がある。



- ◆地下水質調査の実施
- ◆地下水質調査結果の整理
(既往地下水調査報告書、消雪井工事の水質試験記録など)

※冷凍空調器用水質ガイドライン(pH、電気伝導率、塩化物イオン、硫酸イオン、Mアルカリ度、全硬度、カルシウム硬度、イオン状シリカ)

地中熱利用に必要な地盤情報

新潟県における地中熱利用に必要な地盤情報の現状と課題

項目	現状	今後の課題
地質断面図	新潟県内ではほぼ整備されているが、深度100m級のデータが不足している地域もある。	<ul style="list-style-type: none">・既往の水理地質断面図の集約・断面図深度の浅い地域は、消雪用さく井記録で補完
地下水温(分布)	地下水温の地域的偏りの存在は明らかになっているが、その把握は一部に限られている。	<ul style="list-style-type: none">・公共用消雪井戸のさく井記録等から、全県の地下水温マップを作成
地下水温(変動)	地下水温の季節変動はほとんど明らかになっていない。	<ul style="list-style-type: none">・地下水位観測井に温度計を追加するなどし、温度変化を把握
地下水位	県内各地に地下水位観測井があり、点のデータはある。ただし、冬期の地下水位低下範囲など、面的な把握は一部に限られる。	<ul style="list-style-type: none">・県内観測井記録の集約・面的な地下水位の低下状況の把握・効率的な熱交換器設置深度
有効熱伝導率	県内の熱応答試験実施数は少ない。また、冬期の地下水位低下による影響については、一部の把握に留まっている。	<ul style="list-style-type: none">・冬期と夏期にそれぞれ熱応答試験を行う。また、熱応答試験データを蓄積し、公開する。
地下水質	オープンループ方式の場合、一定の水質が要求されるが、その水質データの把握は行われていない。	<ul style="list-style-type: none">・水質試験の実施・さく井工事水質試験データの収集整理

まとめ

- ◆ 深度100mまでの地質断面図の完備
- ◆ 地下水温（地中温度）の地域的偏りの把握
- ◆ 冬期地下水位低下状況と有効熱伝導率に与える影響の把握
- ◆ 各地の有効熱伝導率データの蓄積
- ◆ 地下水質の把握

御清聴ありがとうございました。

