



黒石市地中熱・温泉熱利用
ポテンシャル調査事業概要

黒石市

委託業務の目的

総務省「緑の分権改革」推進事業の趣旨

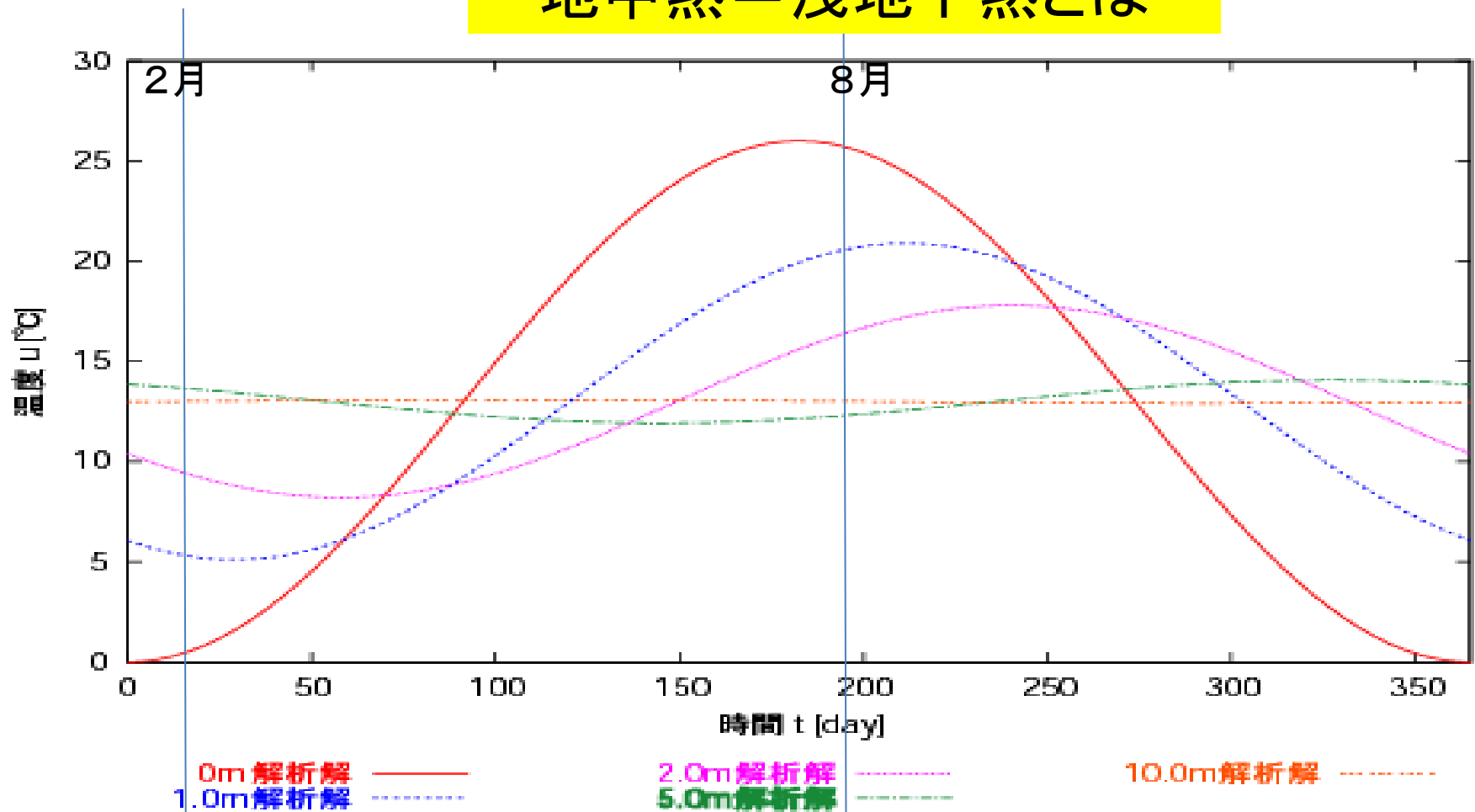
- クリーンエネルギー資源を把握し、最大限活用することにより、
- 地域の活性化を図り、「分散自立型・地産地消型社会」、「地域の自給力と創富力を高める地域主権型社会」を構築する

⇒北日本新エネルギー研究センター基本方針

⇒平成19年度「青森県地中熱利用推進ビジョン」

黒石市の地中熱・温泉熱利用の普及拡大を目指して、サーマルレスポンステストの実施等、黒石市の地中熱・温泉熱のポテンシャルを調査・実証調査を行うことによって、事業終了後の民間活力による自立的・持続的事業展開の基礎を構築する。

地中熱＝浅地下熱とは



- 気温変化に関らず10m以深は、ほぼ13°Cで一定
- 熱は地中をゆっくり伝わる
- 積雪寒冷地においては、融雪・暖房等への利用は有効な役割を果たす

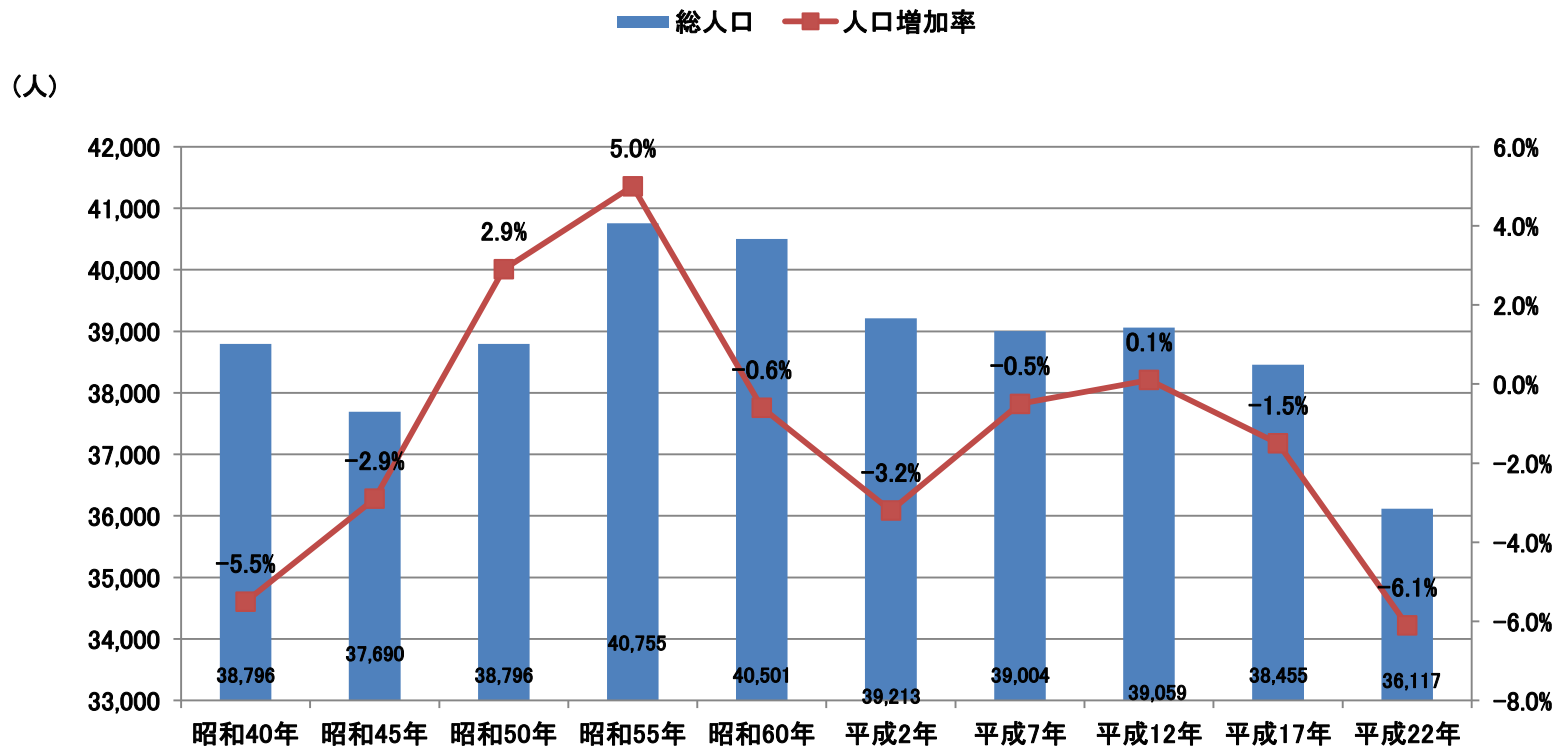
黒石市の地域特性

- 気候は日本海型気候に属し、三方が山に囲まれた盆地型の気象である。
- 年間平均気温は9.9℃、冬季は偏西風が強く寒冷で、特別豪雪地帯に指定されている。
- 昭和40年には半数を占めていた第一次産業は年々減少し、平成17年には17.3%となっている。
- 青森県全体と比較すると、第一次産業と第二次産業の比率は黒石市が上回っている。
- 総農家数は年々減少しているが、専業農家は横ばいで推移

黒石市人口

- ・ 黒石市の人口は、昭和45年以降著しく増加したが、昭和55年をピークに減少傾向へ転じた。
- ・ 近年は大きな変動はみられなかったが、平成22年には-6.1%と大幅に減少した。
- ・ 人口の増減にかかわらず1世帯当たりの人口は減少している。

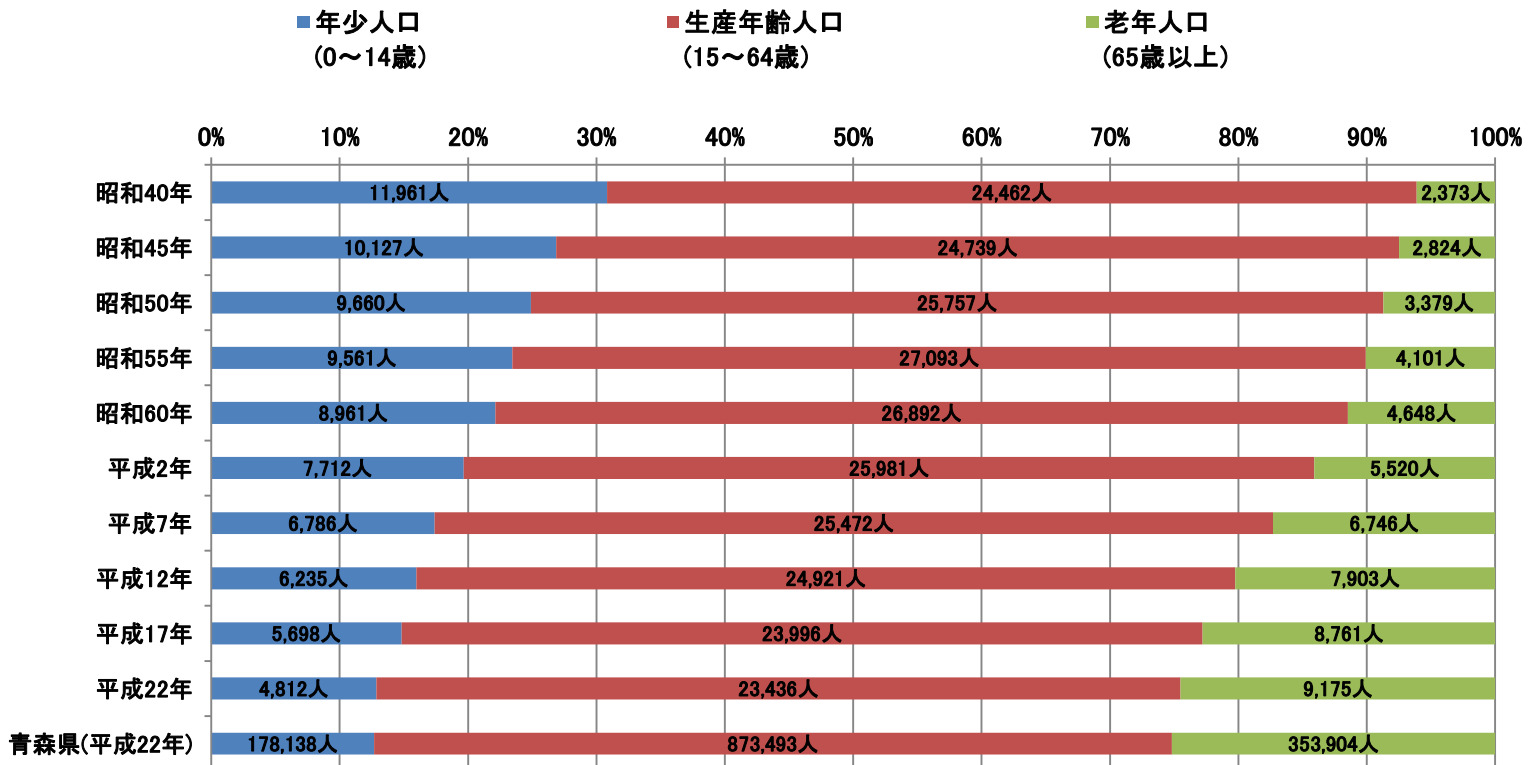
黒石市 総人口と人口増加率の推移



人口比率

- ・ 平成7年以降、少子高齢化の傾向が顕著に表れている。
- ・ 昭和40年と平成22年の人口比率を比較すると、年少人口は半減、老年人口は4倍近い値となっている。
- ・ 青森県全体と比較すると、老年人口の割合がわずかに下回っている。(平成22年)

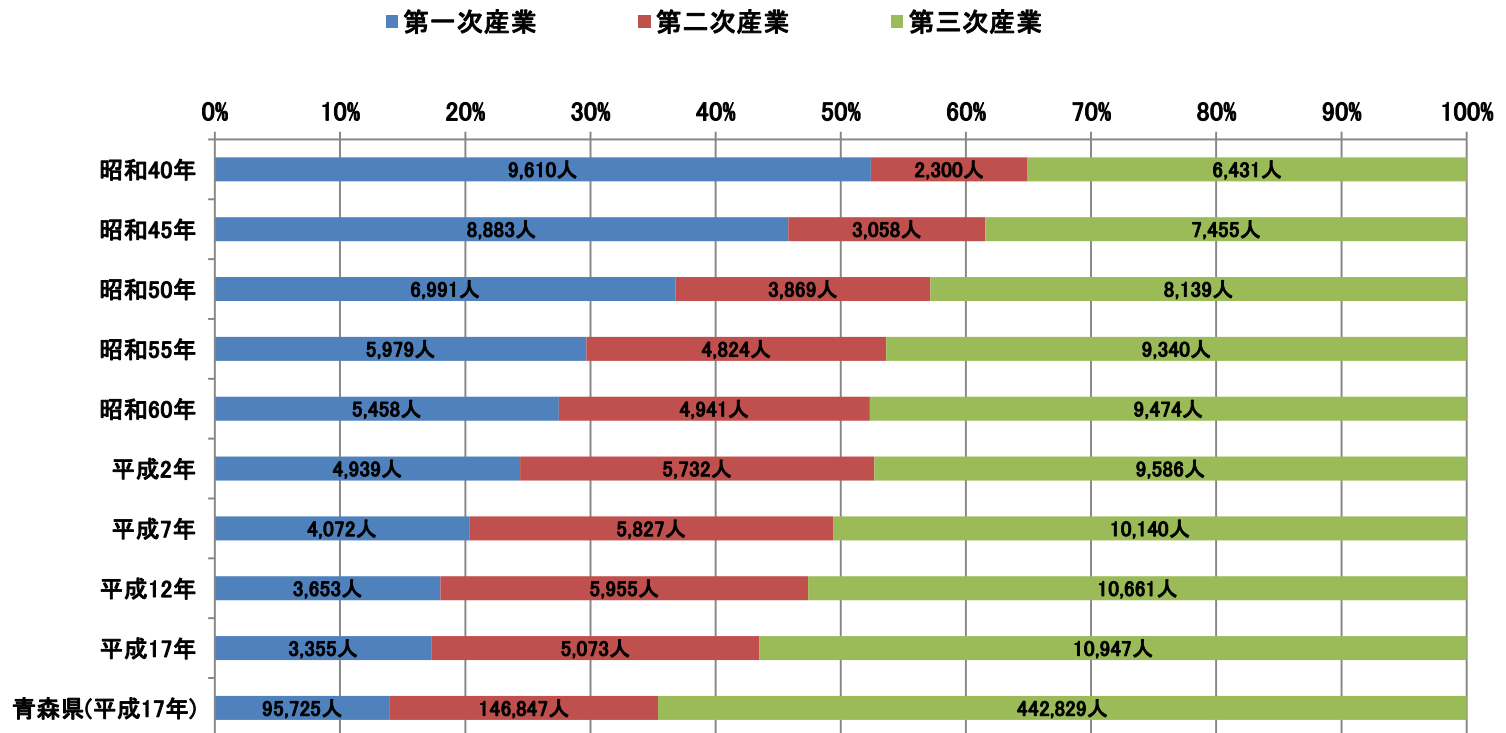
黒石市 年齢3区分別人口比率の推移



産業構造

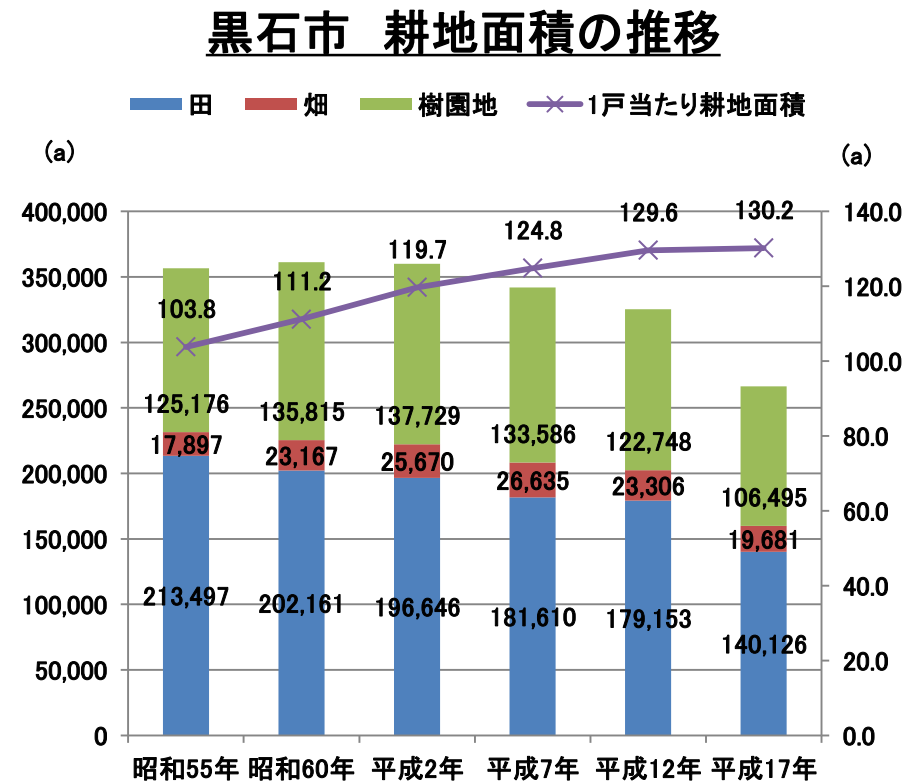
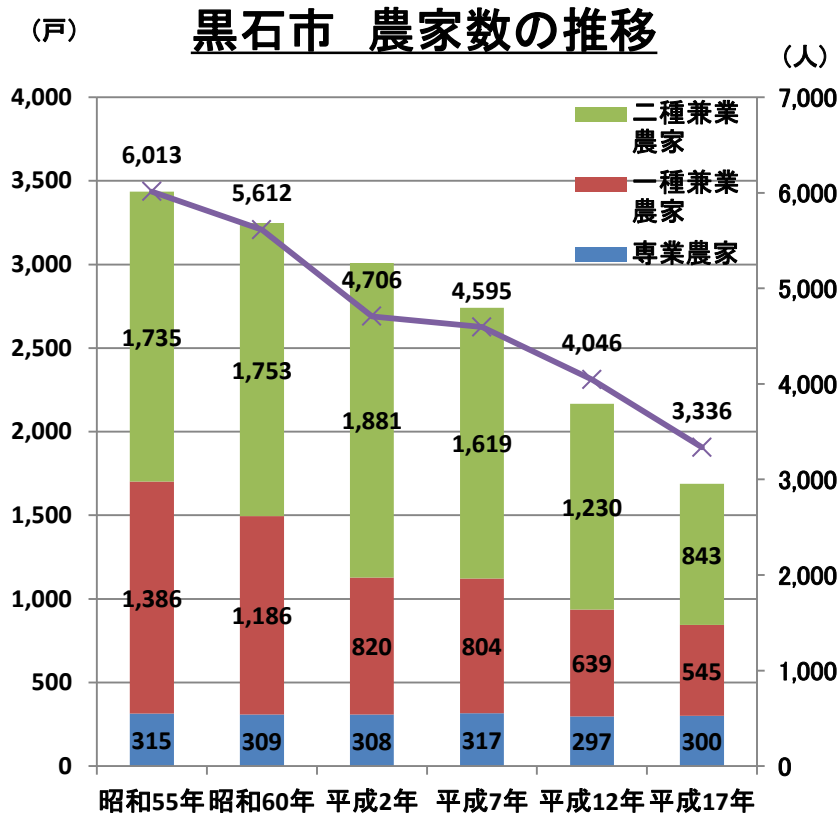
- ・ 昭和40年には半数を占めていた第一次産業は年々減少し、平成17年には17.3%となっている。
- ・ 第二次産業は、平成12年をピークに減少に転じた。第三次産業は増加傾向にあり、平成7年以降は比率が50%以上となっている。
- ・ 青森県全体と比較すると、第一次産業と第二次産業の比率は黒石市が上回っている。

黒石市 産業別就業者比率の推移



黒石市の農業

- ・ 黒石市の農業総農家数は年々減少しているが、専業農家は横ばいで推移している。
- ・ 農業就業人口は、農家数の推移に伴って減少し、平成17年には、3,346人と昭和55年の半数程度となっている。
- ・ 経営耕地面積は、総面積が昭和60年以降減少している。
- ・ 耕作面積は増加し続けており、平成17年は130.2aとなっている。



黒石市の課題

- 急激に進む人口減少、高齢化

若者の人口流出

- 農業の衰退

就業人口減少、高齢化、経営耕地面積の減少

若者が希望をもって働ける農業の復権

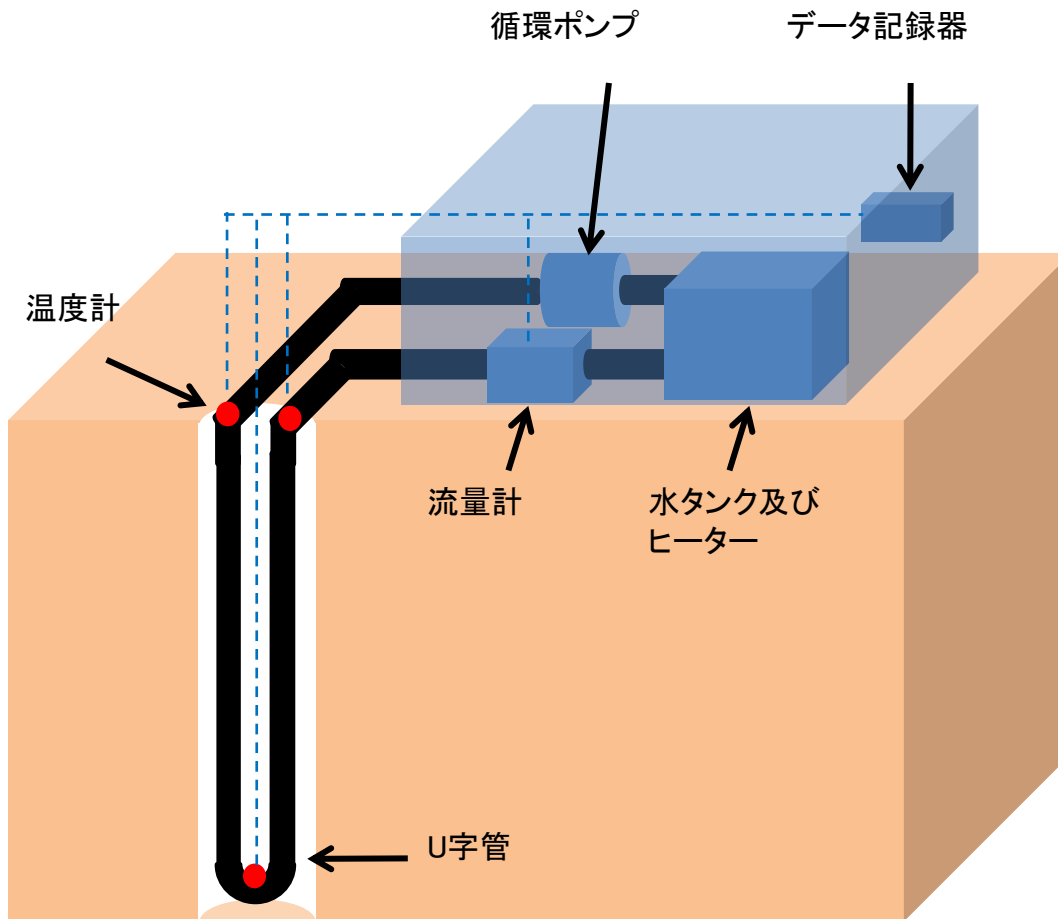
→ 地中熱利用による農業の第6次産業化

黒石市における地中熱利用の意義

- 夏におけるヒートポンプによる冷房、冬における暖房においては、一般に利用されている空気熱交換による方式と比べて、夏では外気の30度に対して13度、冬では外気のマイナス温度に対して13度の熱源が使えるので、ランニングコストは大幅に有利となる。
- 農業では、ビニールハウス栽培において、暖房にかかる重油の高騰が農家を圧迫して生産量を増やしたくても増やせない状況にある。このハウス暖房費の克服が可能である。
- 付加価値の高い農業生産物としては、夏における冷涼栽培の農業生産物が挙げられる。南方の暑い地方と比べて、冷涼な気候の青森県で冷涼を好むイチゴは高い値段で売れ、商品作物として新しい産業創成が大いに見込まれる。暖房に引き換え、冷房はヒートポンプでのみ可能で、その際冷熱による熱交換がきわめて有効であり、ランニングコストが低くてすむ。大気より20度近く低い地中熱の利用は生産コストを大幅に下げることが可能とする。

⇒ **新産業創造の可能性大**

サーマルレスポンス試験



測定時間

- 熱水の循環データ採取
48時間
- 温度回復データ採取
48時間(循環不要)

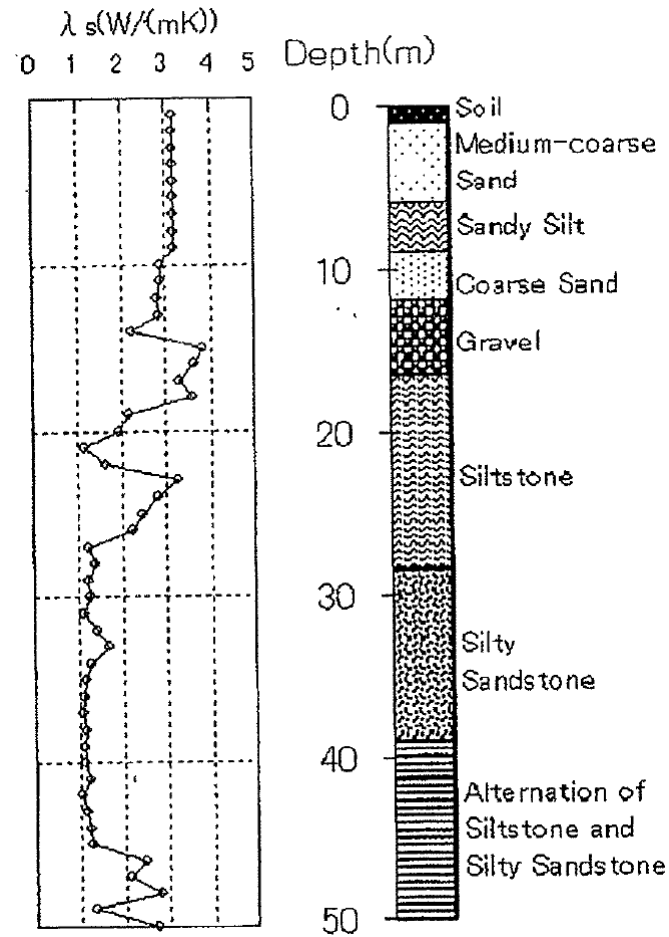
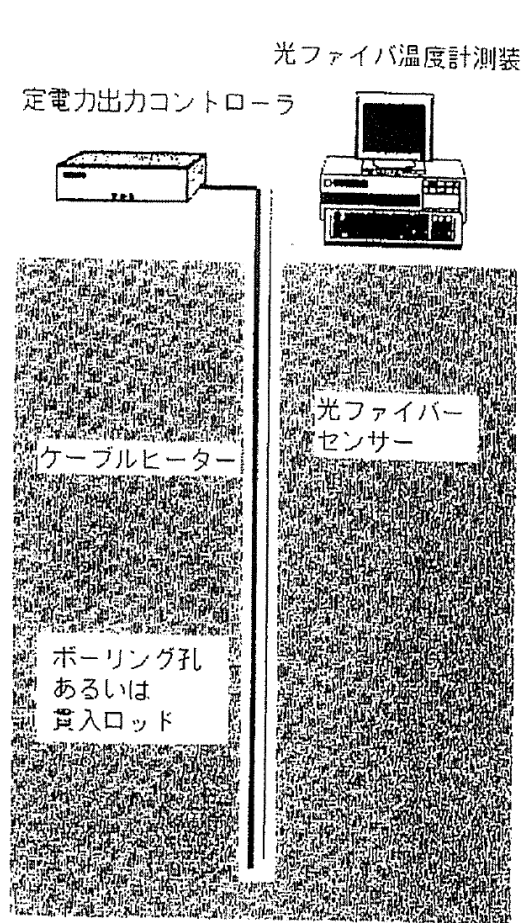
加熱用ヒーター

50mUチューブ 3kW

10m鋼管杭 1kW

光ファイバー温度計測装置

温度の深度分布を計測⇒深度ごとの有効熱伝導率を推定 ⇒地中熱の低コストで最適な利用



有効熱伝導率の推定結果(藤井2006)

サーマルレスポンステスト地点の選定・実施方針

帯水層での鋼管杭方式(10メートル)が可能(柔らかい地盤)地域

比較的安価に地中熱を採取出来る可能性があるとして、北日本新エネルギー研究所がすでに開発した鋼管杭方式による10m深さの帯水層での調査地点を25地点

掘削及び計測は弘星テクノ株式会社担当

帯水層でのU字型熱交換井方式(ボーリングあるいはヒートポンプ必要)地域

50m深さのボーリングによる調査地点を15地点

掘削及び計測は大泉開発株式会社担当

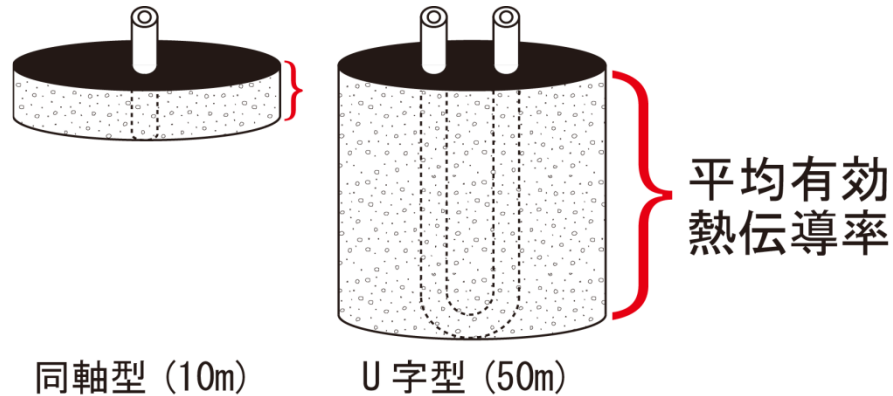
地点の選定方針

- 住宅地の都市部分だけでなく、農業、漁業、牧畜業等の地域を含めて県内くまなくばらまく。
- 農業利用、漁業利用、畜産利用、融雪利用、暖房利用など、それぞれの地域の特徴及び産業活性化を想定した調査

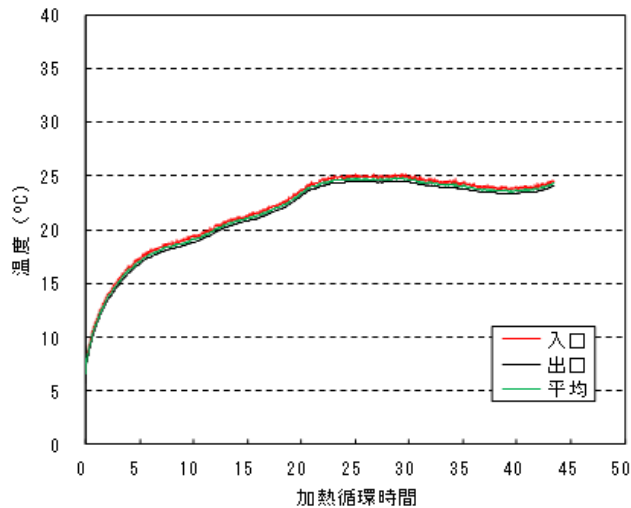
サーマルレスポン試験結果の解析

測定値：測定地点地層の、全深さの平均有効熱伝導率
解析法：線源理論に基づく作図法

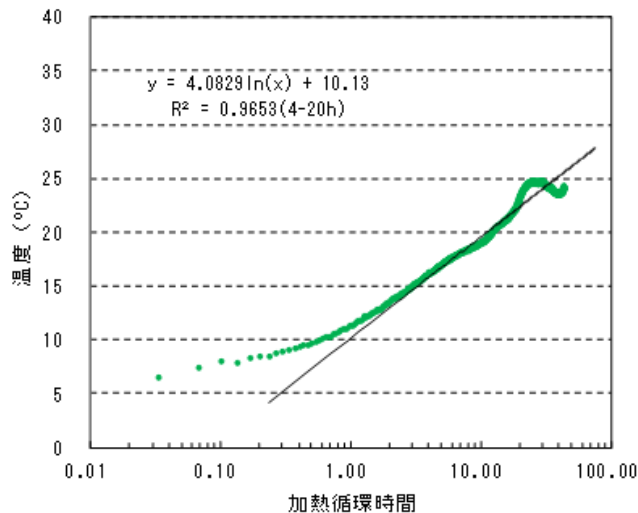
$$T_f = \frac{Q}{4\pi\lambda H} \left(\ln \left(\frac{4\alpha t}{r_o^2} \right) - \gamma \right) + \frac{QR_b}{H} + T_o$$



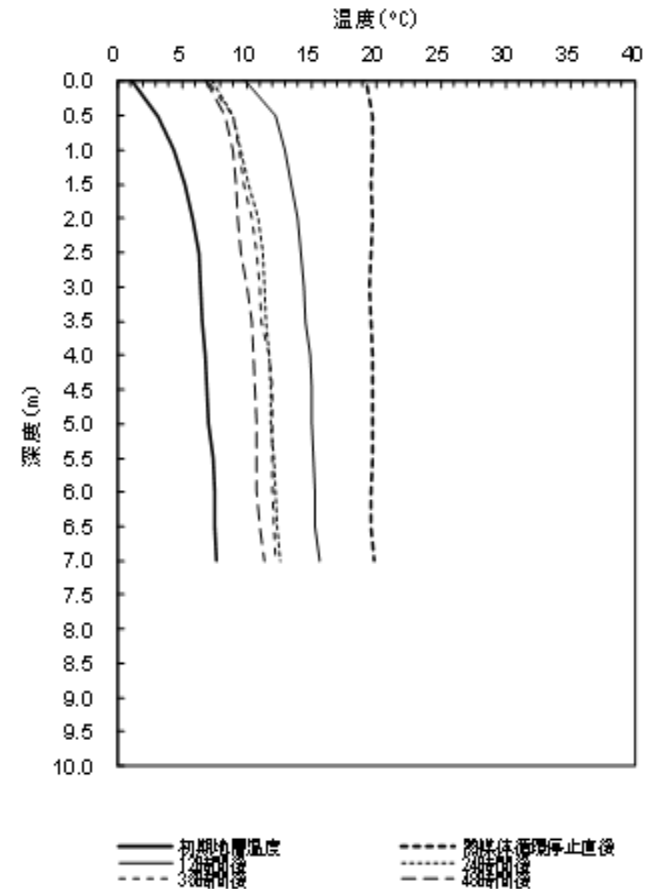
サーマルレスポンス試験結果例 イチゴハウス



熱交換井入口出口における熱循環媒体温度の経時変化



熱交換井における熱循環媒体平均温度と加熱循環時間の片対数プロット

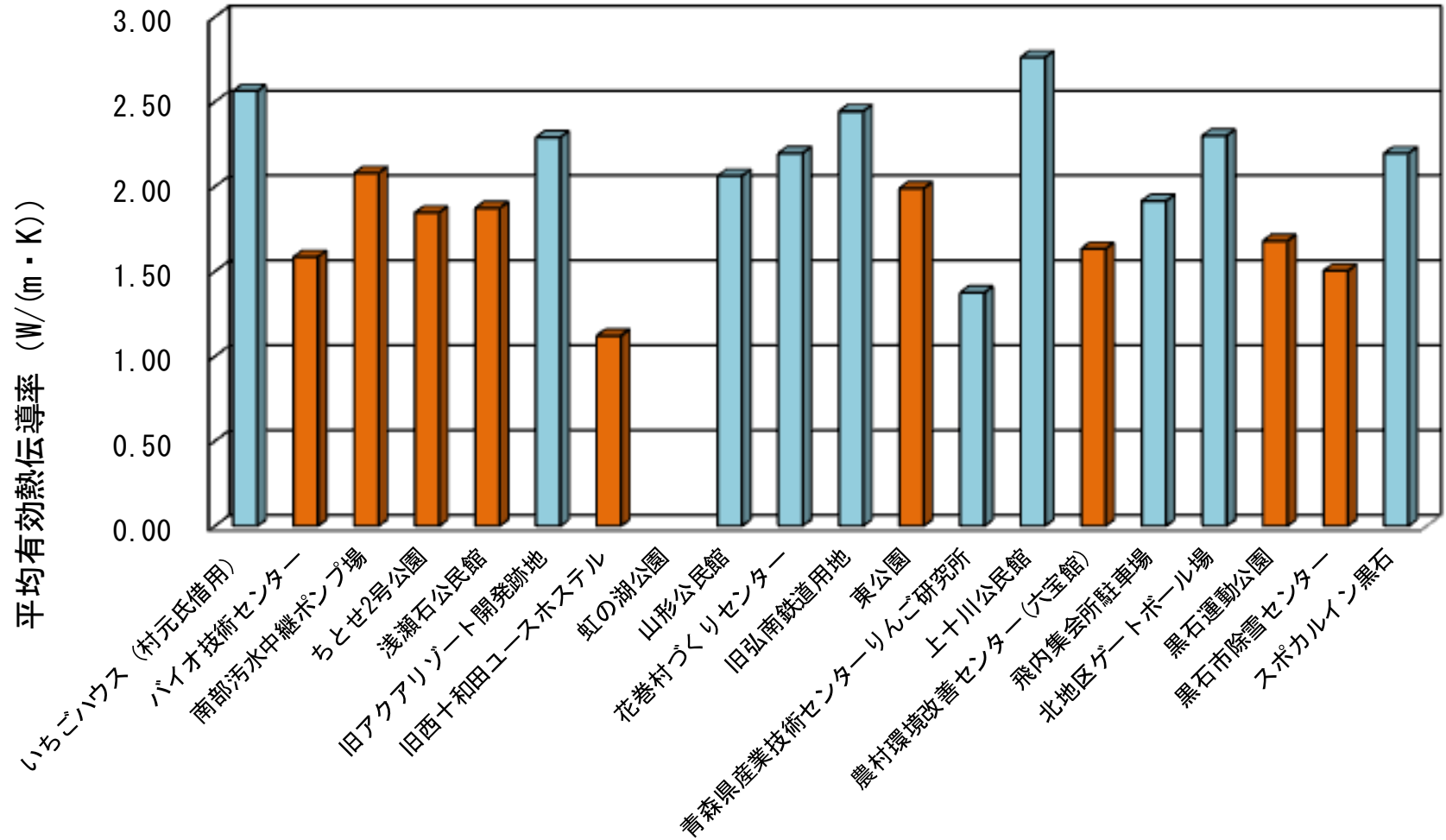


加熱循環終了後の熱交換井内における循環媒体温度の深度分布の経時変化

黒石市19地点における平均有効熱伝導率の解析結果

	勾配 (自然対数)	勾配 (常用対数)	平均地中熱交換量 (kW)	熱交換井長 (m)	断熱材 (m)	単位深度あたり 平均地中熱交換量 (W/m)	平均有効熱伝導率 (W/(m・K))
1 いちごハウス (村元氏借用)	4.0829	9.4029	0.79	7.0	1	131.7	2.56
2 バイオ技術センター	3.0703	7.0709	3.0	50	1	61.2	1.58
3 南部汚水中継ポンプ場	2.3404	5.3899	3.0	50	1	61.2	2.08
4 ちとせ2号公園	2.6359	6.0705	3.0	50	1	61.2	1.85
5 浅瀬石公民館	2.5979	5.9830	3.0	50	1	61.2	1.87
6 旧アクアリゾート開発跡地	3.0321	6.9829	0.76	9.7	1	87.4	2.29
7 旧西十和田ユースホテル	3.4363	7.9138	0.92	20	1	48.4	1.12
8 虹の湖公園		0.0000		50	1		
9 山形公民館	4.2829	9.8635	1.0	10	1	111.1	2.06
10 花巻村づくりセンター	2.8552	6.5755	0.71	10	1	78.9	2.20
11 旧弘南鉄道用地	4.4874	10.3345	1.2	9.7	1	137.9	2.44
12 東公園	2.4460	5.6331	3.0	50	1	61.2	1.99
13 青森県産業技術センターりんご研究所	4.8812	11.2414	0.76	10	1	84.4	1.37
14 上十川公民館	2.6273	6.0507	0.73	9.0	1	91.3	2.76
15 農村環境改善センター(六宝館)	2.9796	6.8620	3.0	50	1	61.2	1.63
16 飛内集会所駐車場	3.5045	8.0709	0.76	10	1	84.4	1.91
17 北地区ゲートボール場	3.1489	7.2519	0.82	10	1	91.1	2.30
18 黒石運動公園	2.8979	6.6739	3.0	50	1	61.2	1.68
19 黒石市除雪センター	3.2371	7.4550	3.0	50	1	61.2	1.50
20 スポカルイン黒石	2.7350	6.2987	0.68	10	1	75.6	2.20

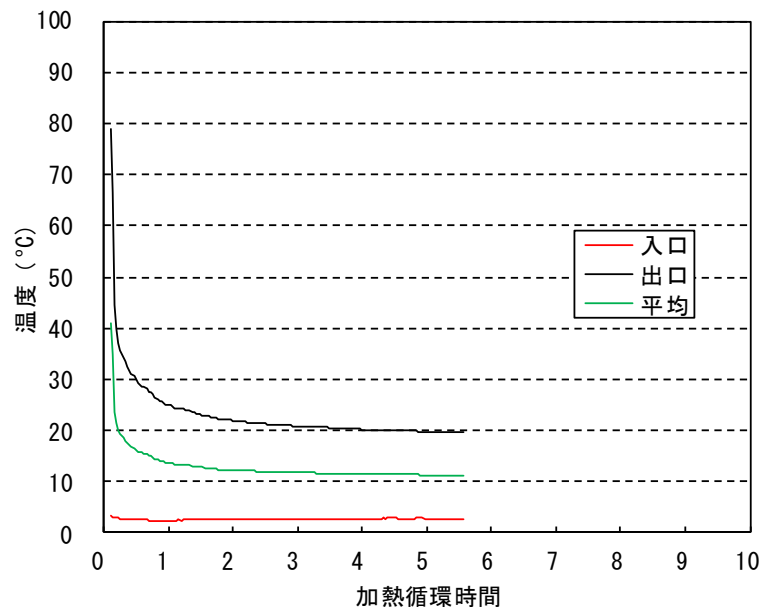
黒石市19地点における平均有効熱伝導率



(青色:同軸型地中熱交換井(鋼管製), 赤色:U字型地中熱交換井(高密度ポリエチレン製))

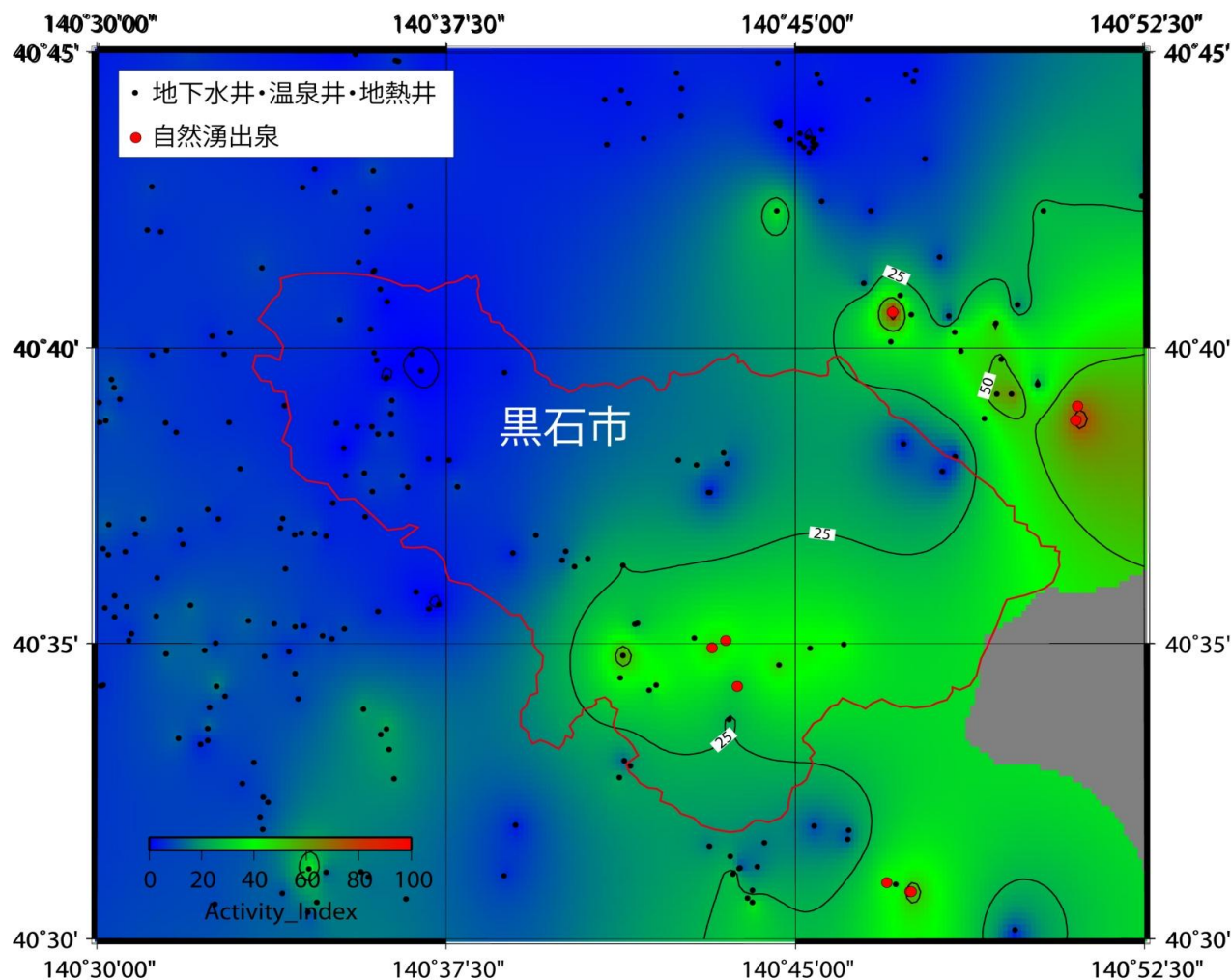
虹の湖公園の高温地中熱

- 虹の湖公園は、地下の温度が非常に高温であり、他の地点で実施してきた加熱型のサーマルレスポンス試験は実施できなかった。そのため、冷却型サーマルレスポンス試験（2-3°Cの水を注入）を実施した。



黒石市の活動度指数(100に近いほど温度的に活発)マップ

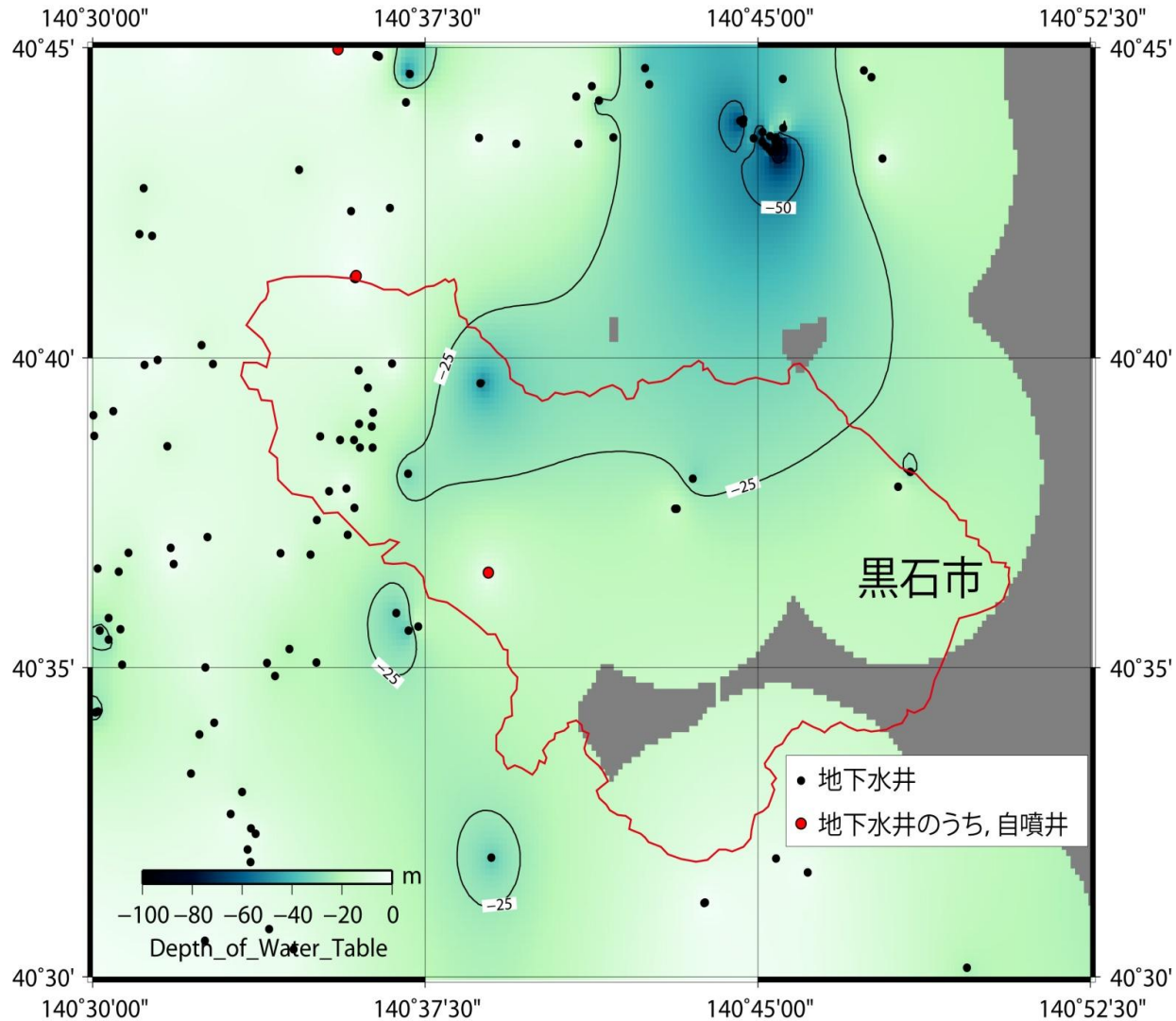
活動度指数が25を超えるような中高温地熱資源の分布域が、自然湧出泉の位置と一致



黒石市地下水の自然水位マップ

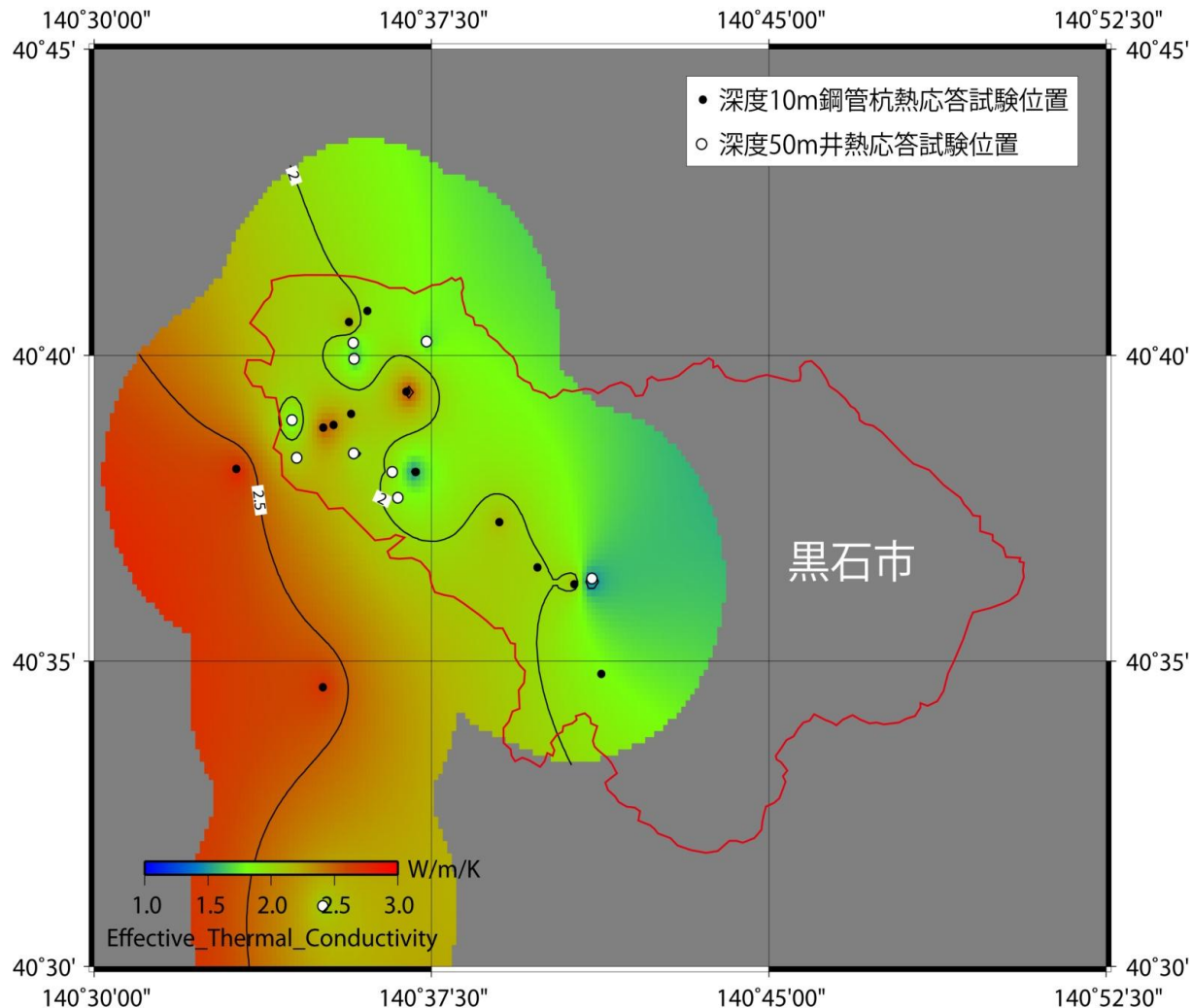
地下水位が浅いと、熱交換に有利

北八甲田山の西縁を画す下湯撓曲帯に沿って、
地下水位が-25mを超えるような地下水位の深い地帯が南北にわたって広く発達



黒石市の本調査による有効熱伝導率マップ

扇状地の下流側に向かって、また東北脊梁山脈から津軽平野に向かって、高くなる傾向



実証試験1. ヒートポンプレス地中熱利用駐車場実証試験

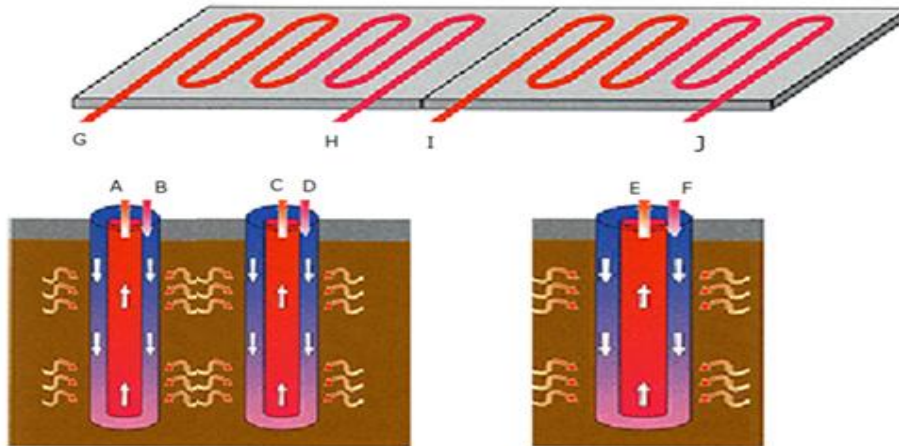
場所：スポカルイン黒石駐車場

時期：2011年2月14日～21日

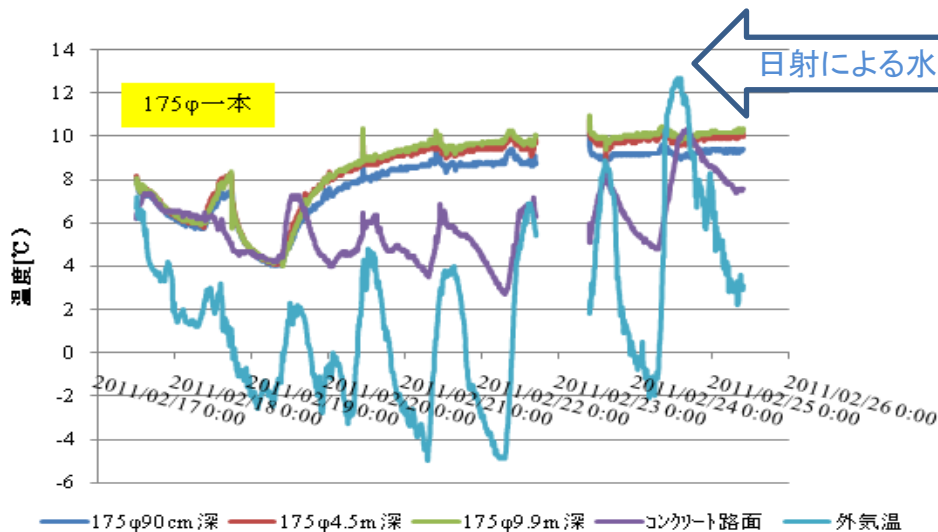
試験融雪システム 採熱管 138φ 10m長鋼管杭1本、190φ 10m長鋼管杭1本
融雪パイプ配管 5㎡分×2



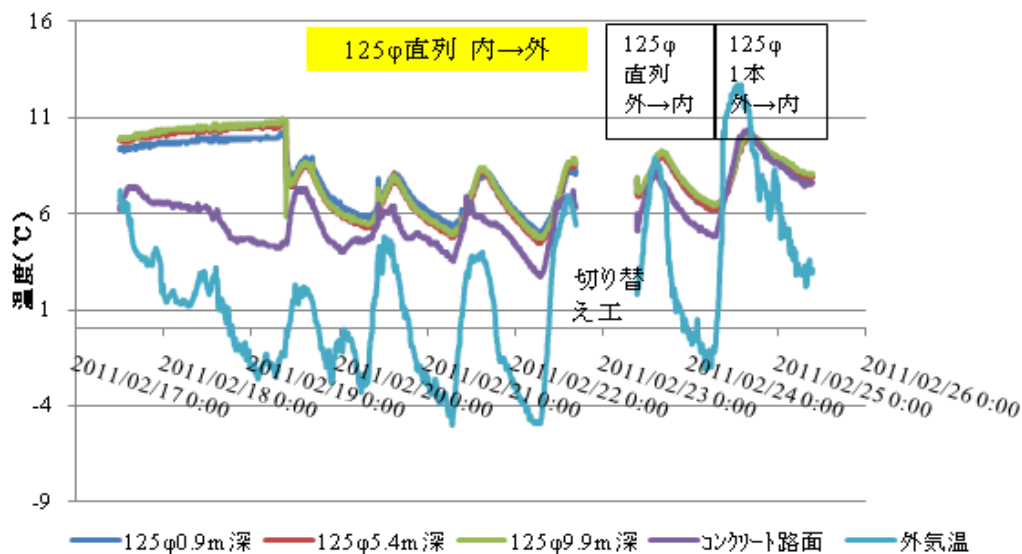
実験テーマ
鋼管太さによる違い
循環方向による違い
直列・並列接続の違い



循環水温度の時間変化

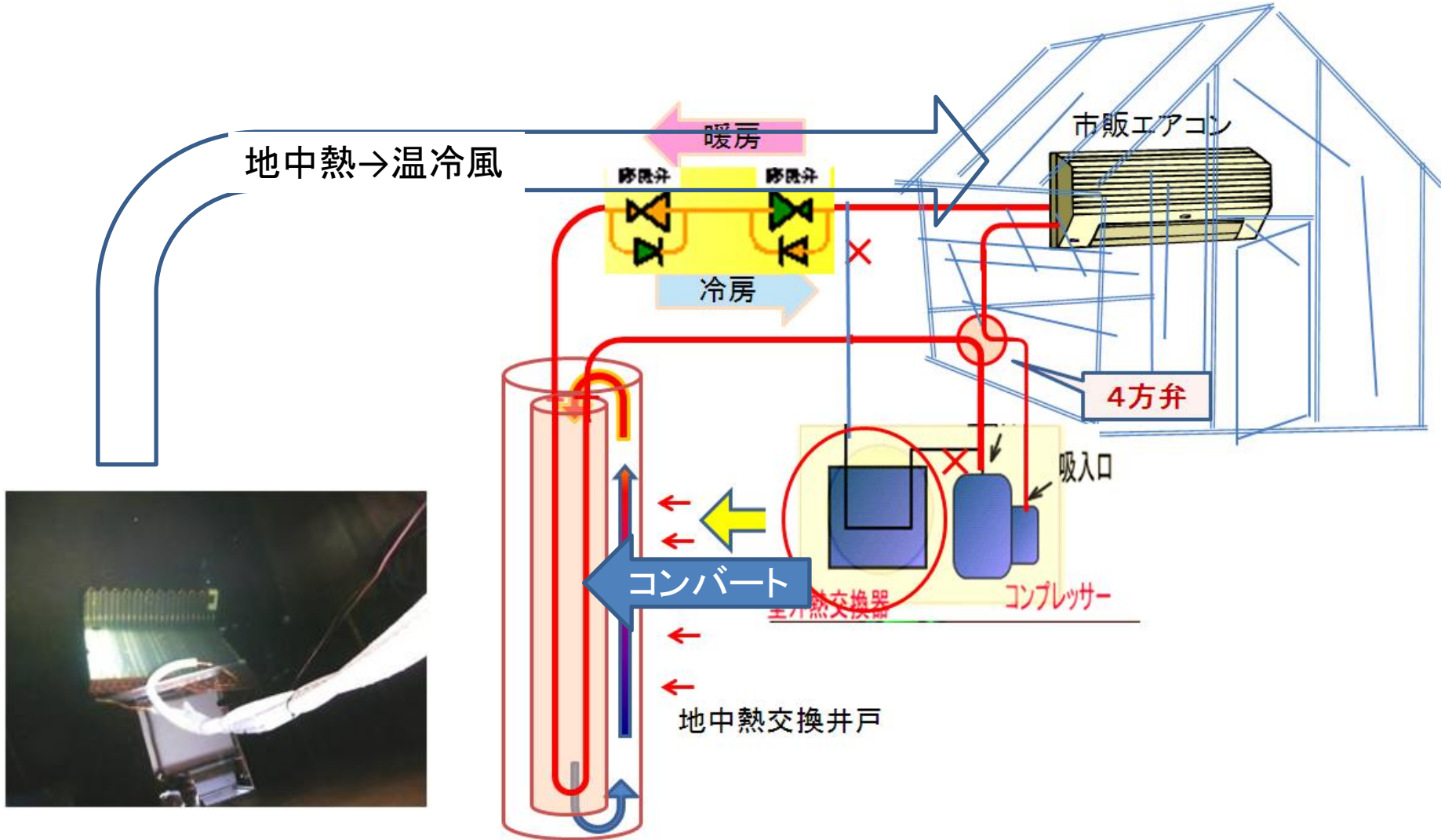


鋼管太さによる違い、
 循環方向による違い、
 直列・並列接続の違いについて
 どれも大きな差は見られなかった。
 ⇒ 鋼管の熱伝導が大きく、地上付近の断熱性能による影響と考えられる。今後鋼管場合には縦方向の熱移動を考慮して断熱性を高めることがきわめて重要であることが分かった。



実証試験2.

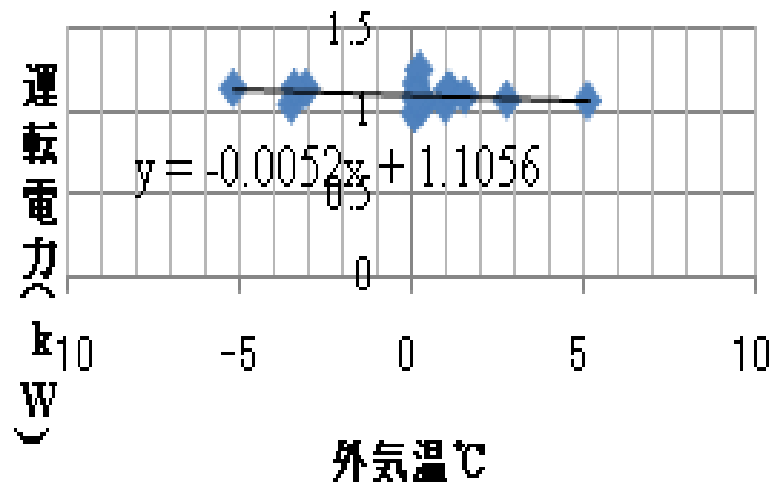
地中熱利用低価格コンバートヒートポンプ実証実験



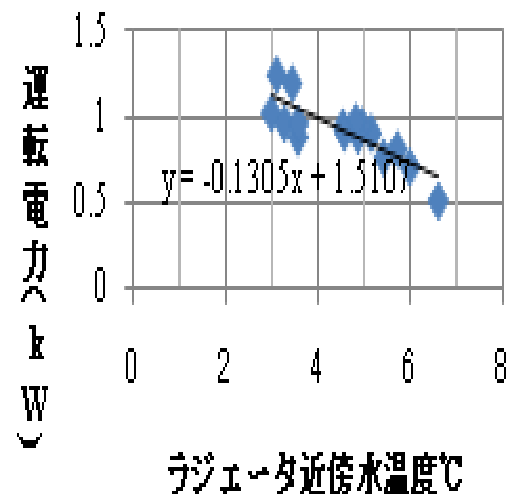
地中熱交換→温冷風ヒートポンプ

電力→地中熱6°Cで空気熱交換の1/3 8°Cで1/2

空気熱交換



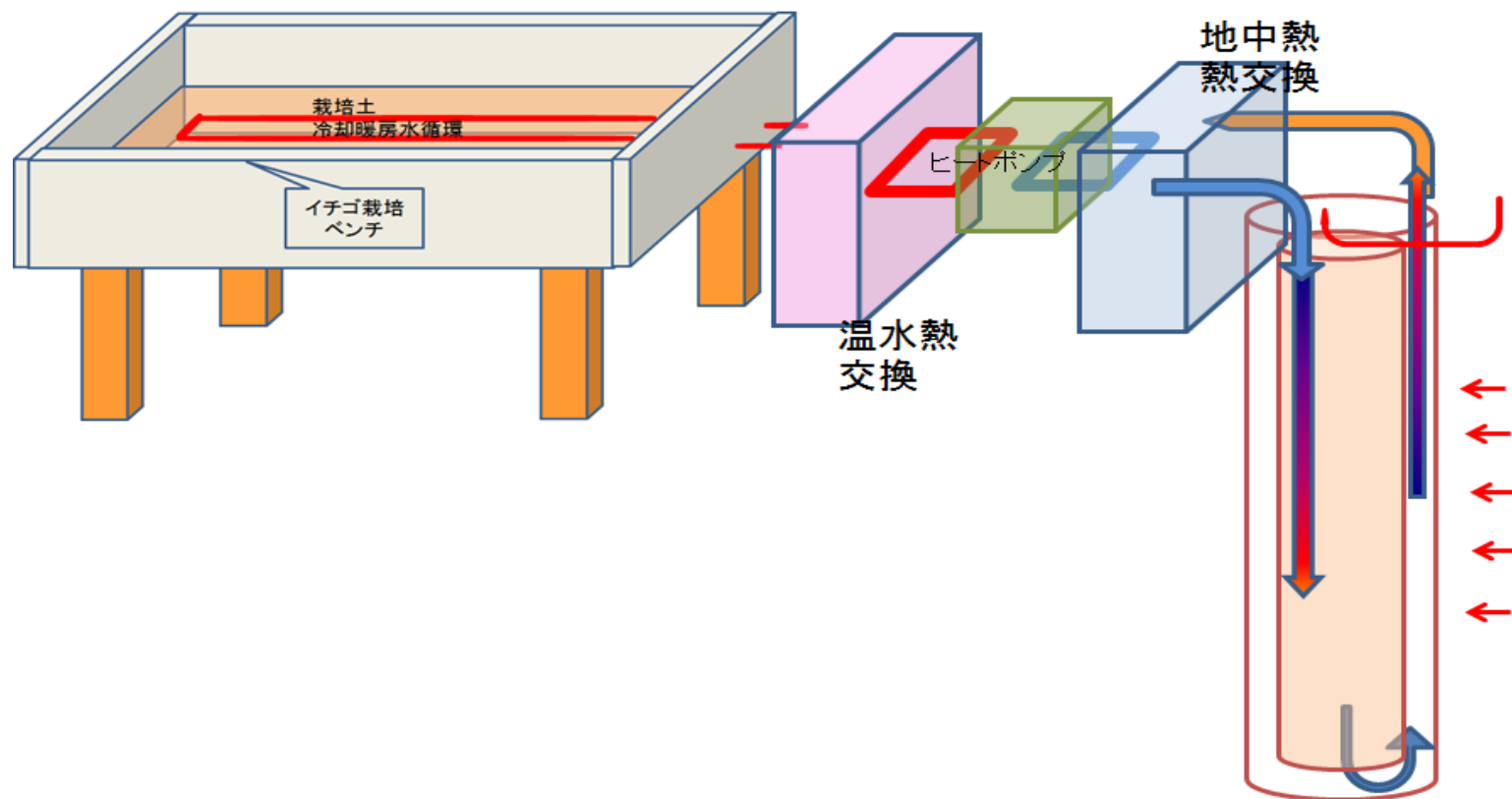
水熱交換



実証試験.

地中熱交換→温冷水ヒートポンプイチゴハウス実証実験

苗床温水循環



地中熱交換→温冷水コンバートヒートポンプ

- ・ 市販のエアコンの室外機部分の地中熱利用への改造、
- ・ 室内機部分の温冷水を作り出す改造
- ・ フロンには手間代がかかるし、回収したフロンの破棄は環境保全からいっても好ましいことではないので、フロンを回収しないで済むような方式を開発・製作

温水冷水を作る
熱交換タンク

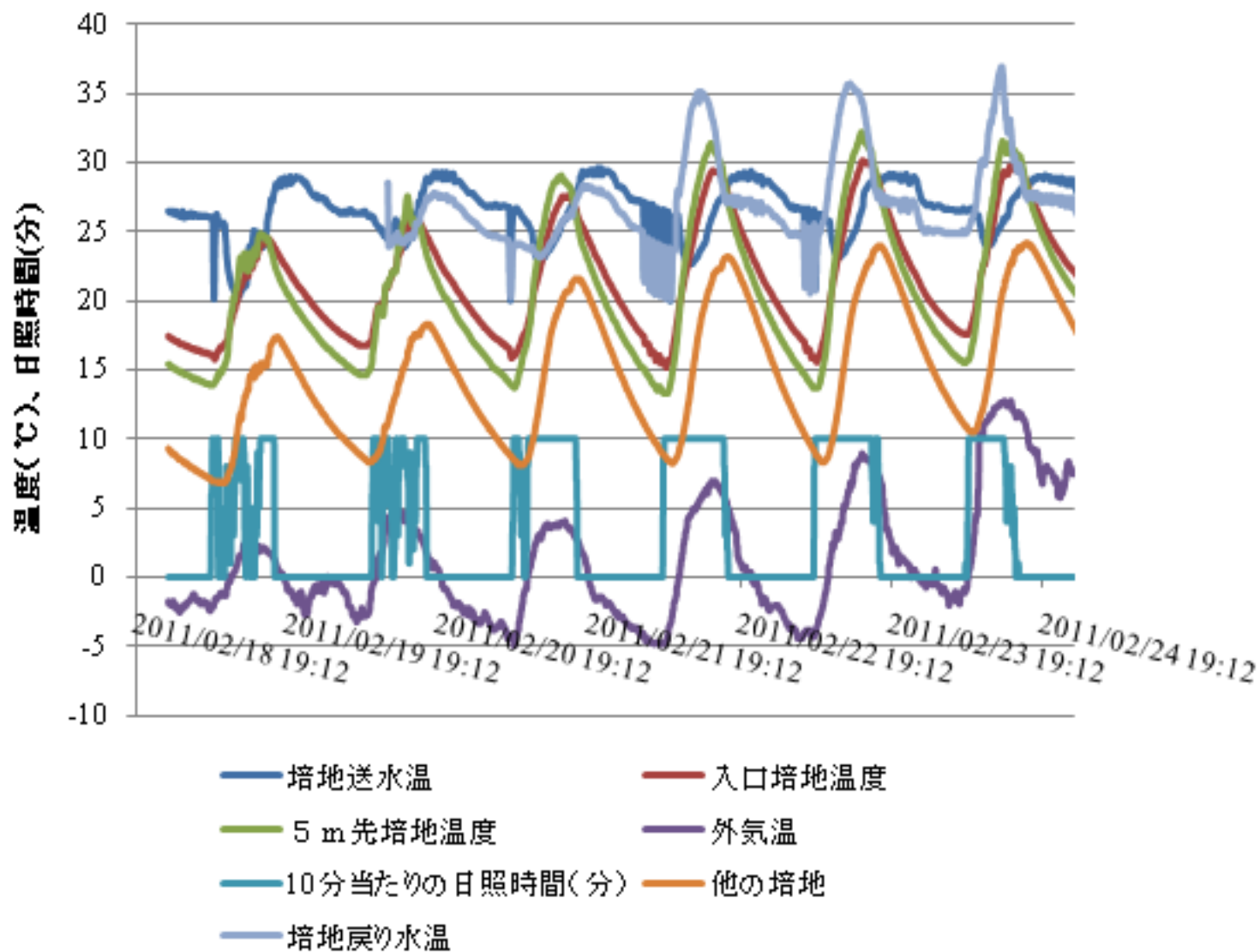
地中熱交換タンク



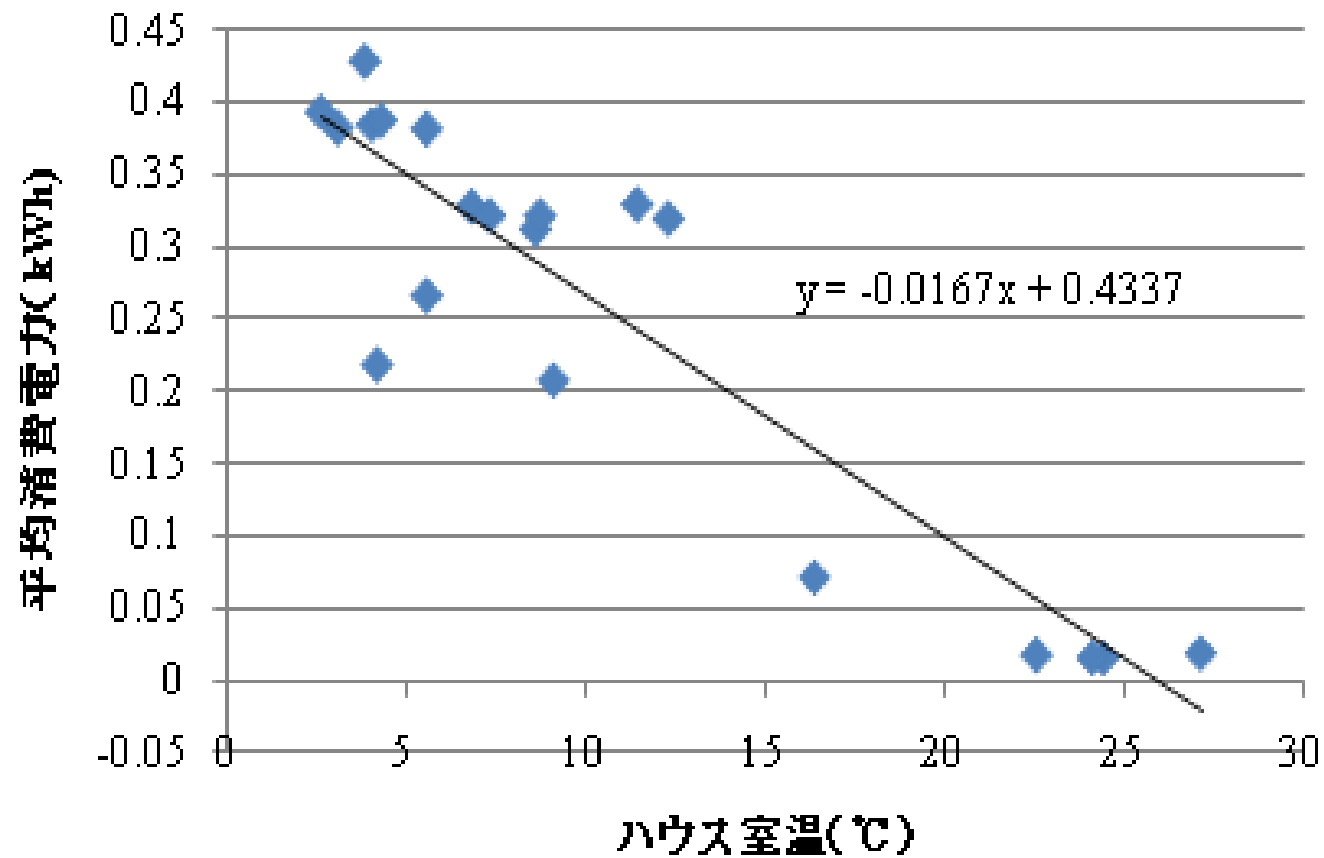
イチゴ栽培ベンチ



栽培循環水温・培地の地温の時間変化



消費電力



コンバートヒートポンプ消費電力評価

- 今回の測定は2月14日から24日までの10日であり、その間の平均1日の消費電力は7.5kWhであった。
- 一方灯油による暖房では、今回のヒートポンプの実験に対応する培地の暖房では、真冬における20日から25日の間でおおよそ40リットルの灯油を使っている。これを単純に比較すると灯油では、 $40\text{リットル} / 22.5\text{日} * 80\text{円} = 142\text{円}$ 。ヒートポンプ電気代は普通料金で、 $7.5\text{kWh} * 20\text{円} = 150\text{円}$ 。
- 今回の実験では、加温は夜間のみで済むので、夜間料金を使えば半分の75円で済み、現在の灯油価格と比較しても十分採算が取れることが分かった。

地熱エネルギー利用 ポテンシャル検討委員会

	氏名	所属
委員長	南條 宏肇	北日本新エネルギー研究所*1 弘星テクノ株式会社ヒートポンプレス融雪装置研究所
委員	坂本 和記	大泉開発株式会社
委員	唐澤 英年	地方独立行政法人青森県産業技術センター
委員	小川 清四郎	弘星テクノ株式会社
委員	原 和彦	弘星テクノ株式会社ヒートポンプレス融雪装置研究所
委員	佐藤 秀明	弘星テクノ株式会社ヒートポンプレス融雪装置研究所
委員	鈴木 志功	津軽みらい農業協同組合 営農経済本部営農部長
委員	村元 清光	津軽みらい農業協同組合 黒石いちご研究会会長
委員	小野 均	株式会社タケナカ 代表取締役社長
委員	村上 靖	黒石市 企画課
委員	村岡 洋文	北日本新エネルギー研究所*1 弘星テクノ株式会社ヒートポンプレス融雪装置研究所
委員	井岡 聖一郎*2	北日本新エネルギー研究所*1
委員	中岡 章	北日本新エネルギー研究所*1

「地熱エネルギー利用ポテンシャル検討委員会」

- 第1回

開催日：2010年7月7日 13:30-15:30

北日本新エネルギー研究所 2階会議室

- 第2回

開催日：2010年12月10日 13:30-16:30

北日本新エネルギー研究所 2階会議室

- 第3階

開催日：2011年2月22日 14:30-15:30

北日本新エネルギー研究所 2階会議室

低価格地中熱利用ヒートポンプの可能性

- 空気を熱源としたヒートポンプ

寒冷地では熱交換効率(COP)が悪く、
デフロスト(霜取り)で極端に効率が落ちる。

- 地中熱利用ヒートポンプ

地中の温度は年間を通じて13度程度の一定温度
冷暖房で保持する温度20度との差は夏冬ともに外気温より小さく、
冷暖房での効率はアップする。

- 低価格地中熱利用ヒートポンプの必要性

低価格地中熱交換井戸

10m鋼管杭ねじ込み低価格方式確立

弘前大学開発、青森県地中熱調査事業で

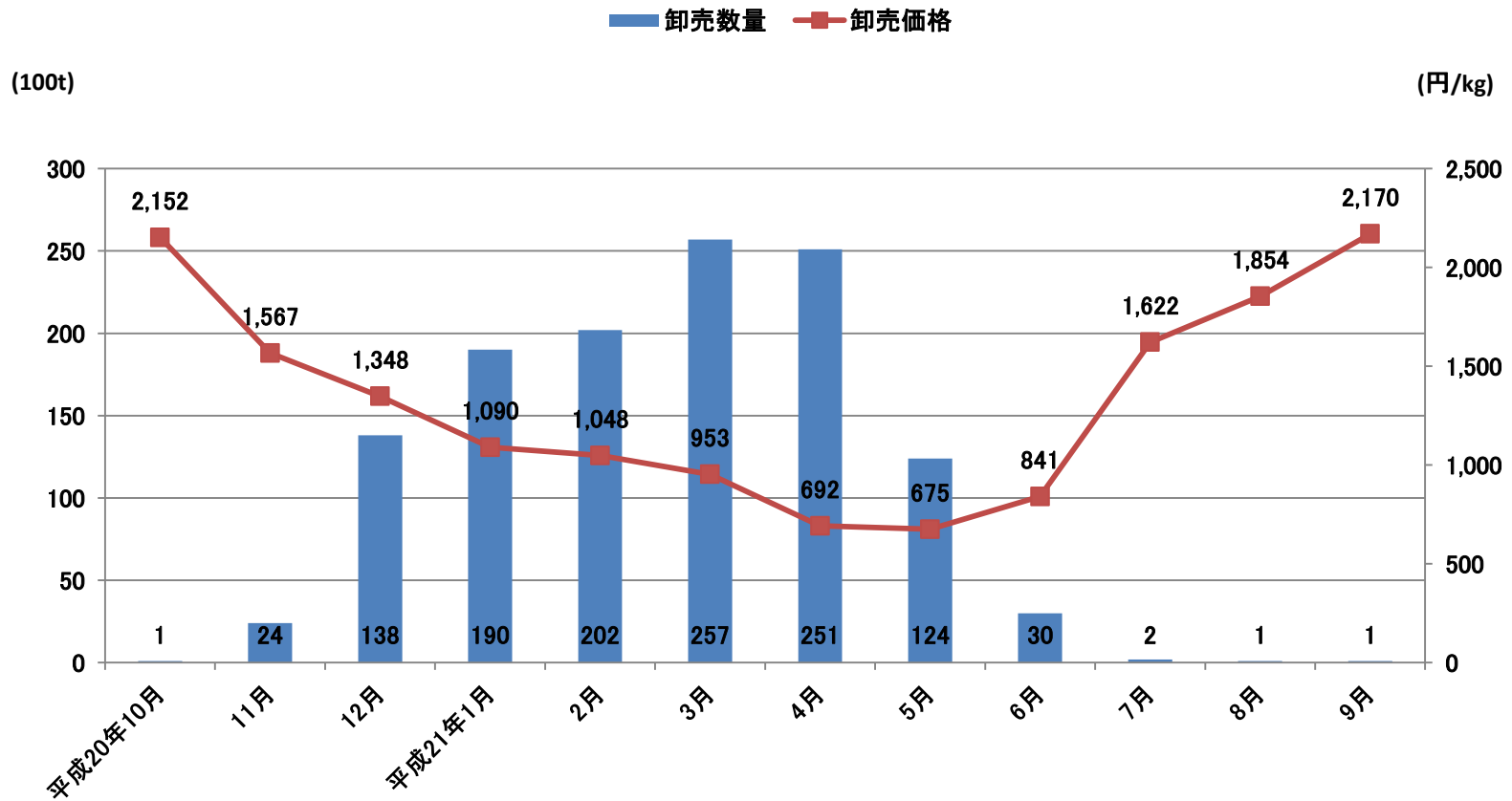
低価格コンバートヒートポンプ

弘前大学がコンバート試作機製作、本調査事業で実証試験

県内企業によるヒートポンプ製作検討中

地中熱利用ヒートポンプによる農業への 利用展開の可能性

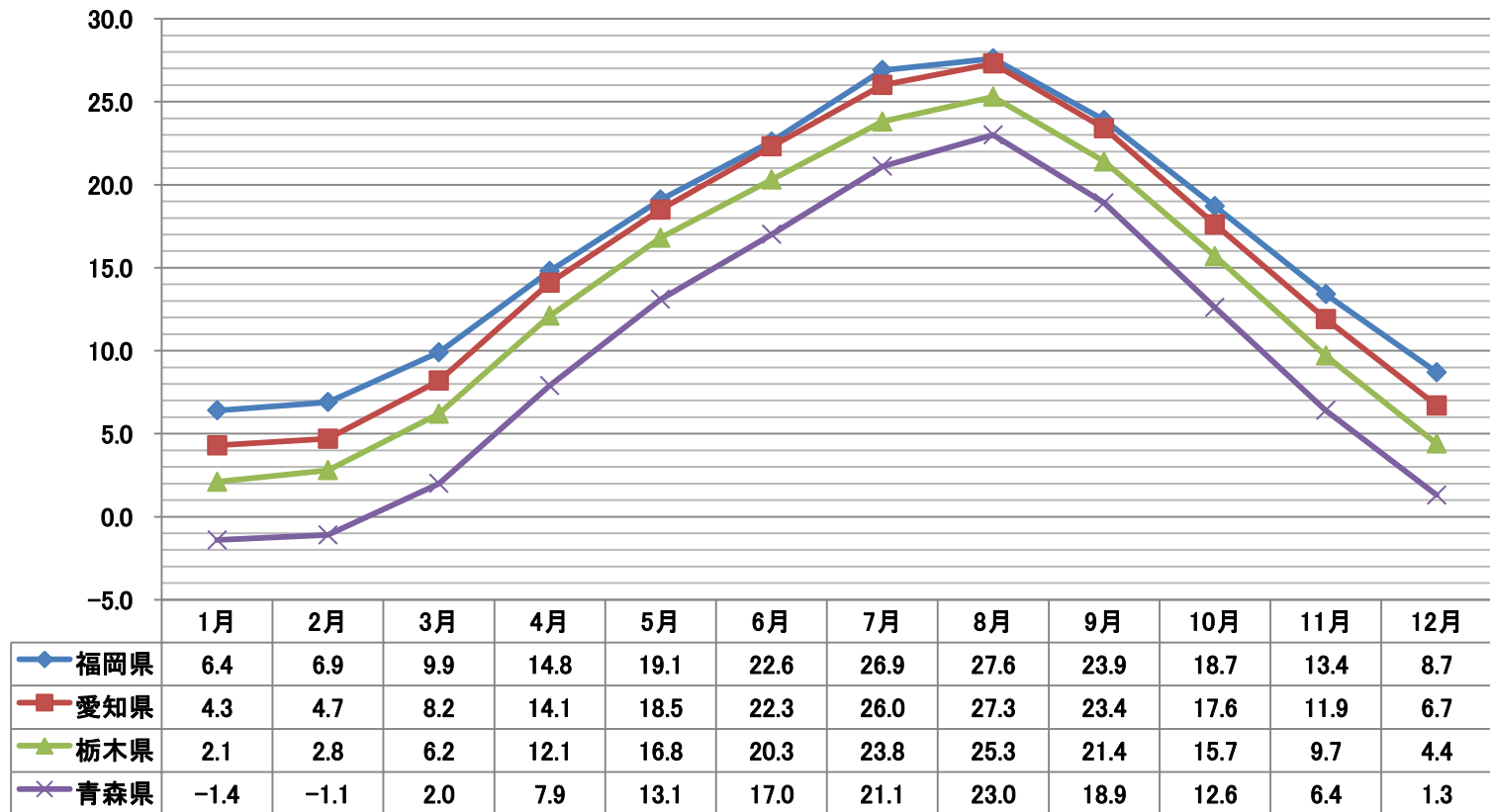
平成21年産いちごの卸売数量と卸売価格の推移



地中熱利用低価格ヒートポンプ夏秋イチゴ栽培の優位性

夏の5°Cの温度差は断然有利、夏は値段も高い

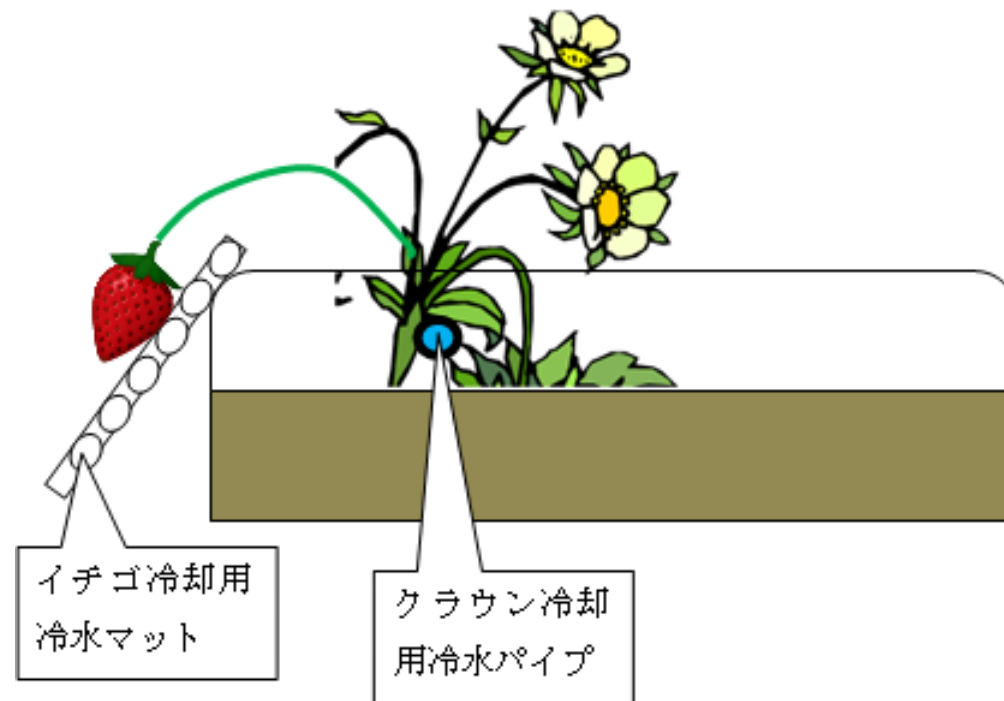
いちご産地と青森県の平均気温の推移



栽培作物に見合った温度管理 → ランニングコスト大幅削減

朝の涼しい3時に電気照明して、目を覚まさせ 朝の11時くらいまでの比較的涼しい間に、低コストで人工的に冷やして花粉の受精をさせる。(温度が高いと花粉は出るが、粘度が足りなくて受精しない。)

イチゴを効率的に低温管理するには、イチゴのクラウンを直接冷水パイプ(15-20℃)接触により冷却、またイチゴを直接冷水マットで接触させて冷やす(20℃)方法がよい。



地中熱による第一次産業の復権

- 地中熱エネルギーの活用
 - 地産(地消)
- 石油基盤からの脱却
 - 発想の転換
- 自然相手 きめ細かいソッシブ対応
 - 地中熱調査の意義
 - グローバル産業の入り込めない領域
 - 地域産業復権＋雇用拡大

地中熱利用による新産業創成

