

青森県地中熱・温泉熱利用 ポテンシャル調査事業概要

青森県

委託業務の目的

総務省「緑の分権改革」推進事業の趣旨

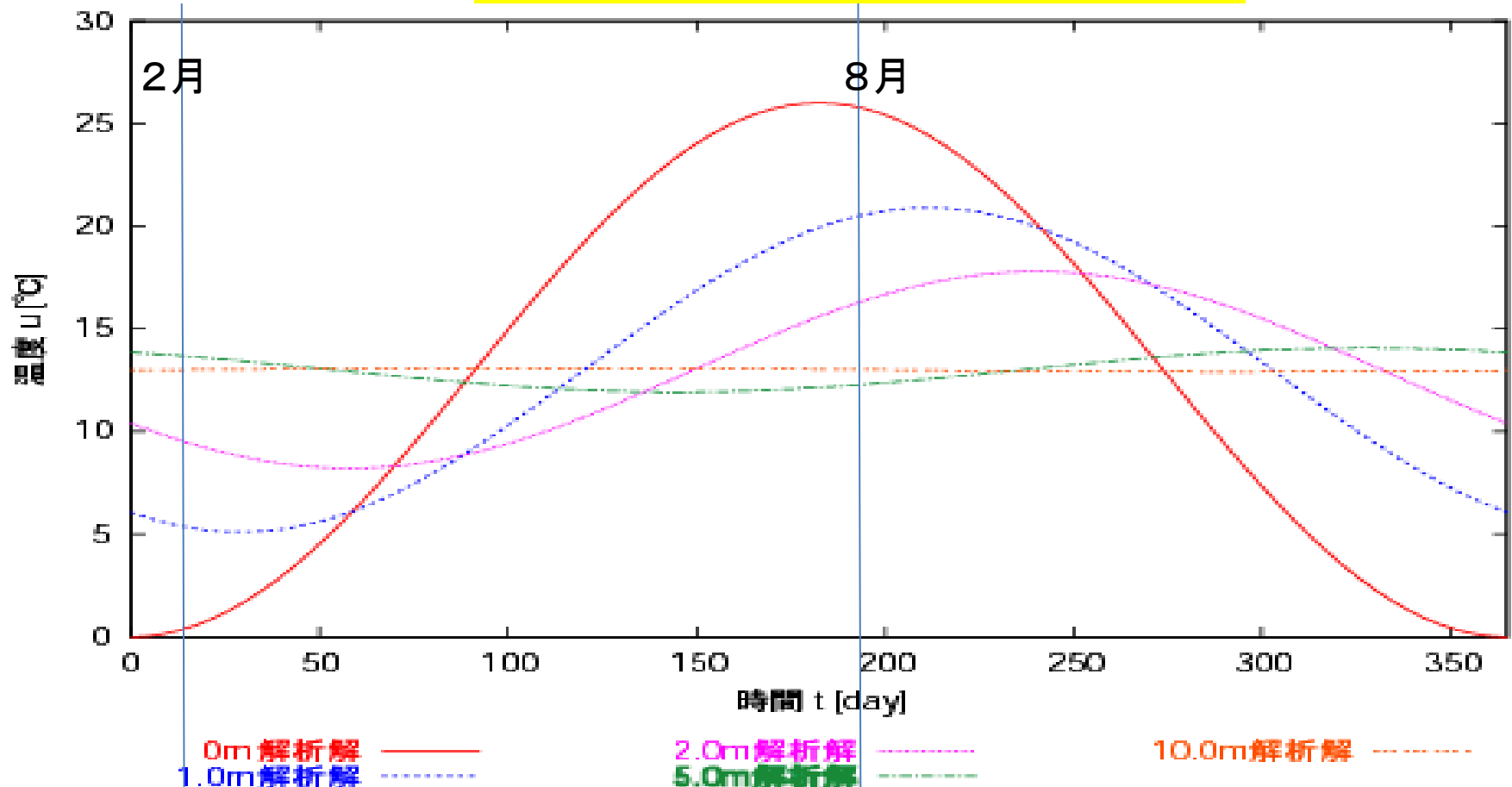
- クリーンエネルギー資源を把握し、最大限活用することにより、
- 地域の活性化を図り、「分散自立型・地産地消型社会」、「地域の自給力と創富力を高める地域主権型社会」を構築する

⇒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」

青森県の地中熱・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、青森県の地中熱・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。

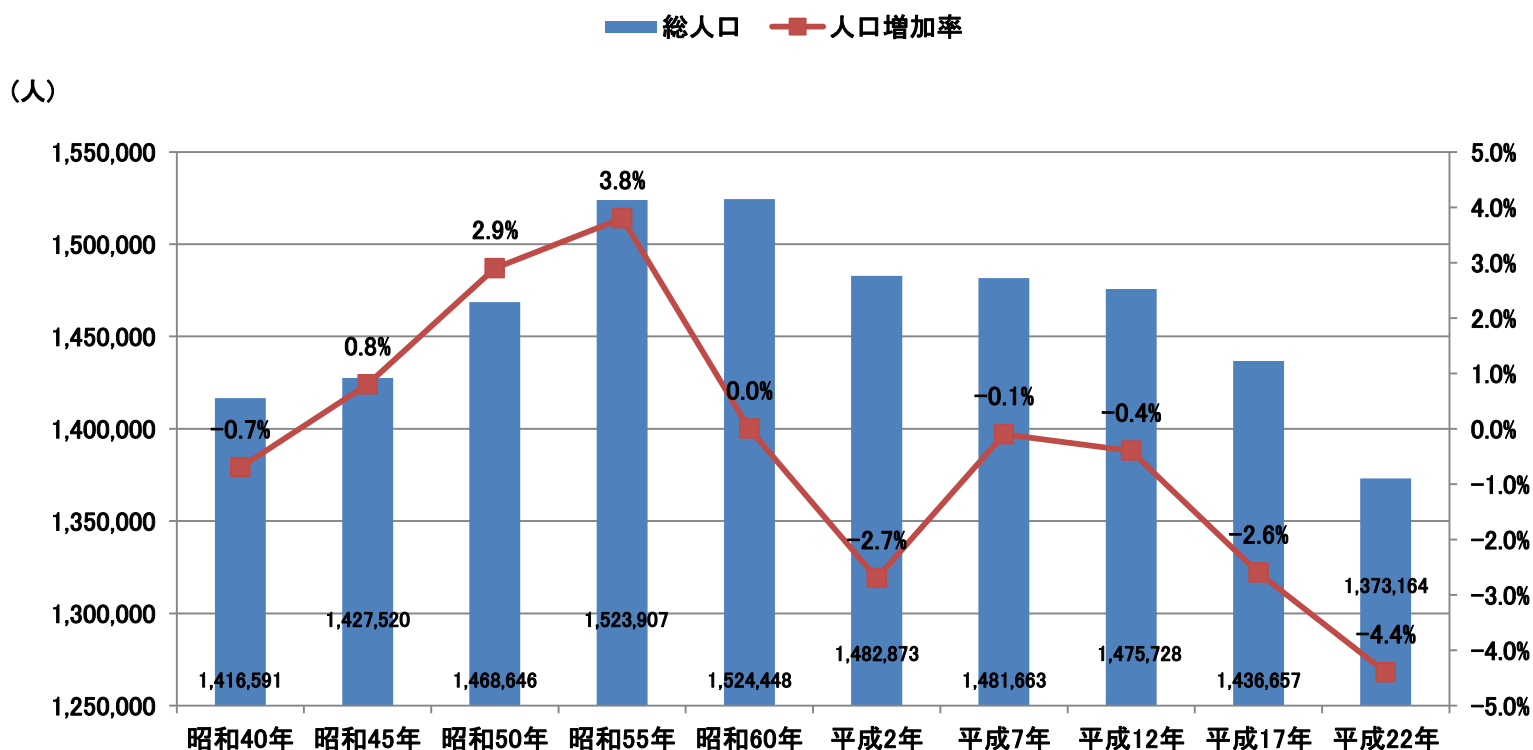
青森県の地域特性

- 積雪寒冷地
 - ⇒ エネルギー(石油)多消費地
- 止まらない若年・壮年人口流出
 - ⇒ 進む高齢化
- 中小企業の伸び悩み
 - ⇒ 雇用の場の喪失
- 第一次産業衰退
 - ⇒ 食糧の安全保障の危機

青森県の人口

- ・ 昭和60年をピークに減少傾向にあり、平成22年には-4.4%と大幅に減少した。

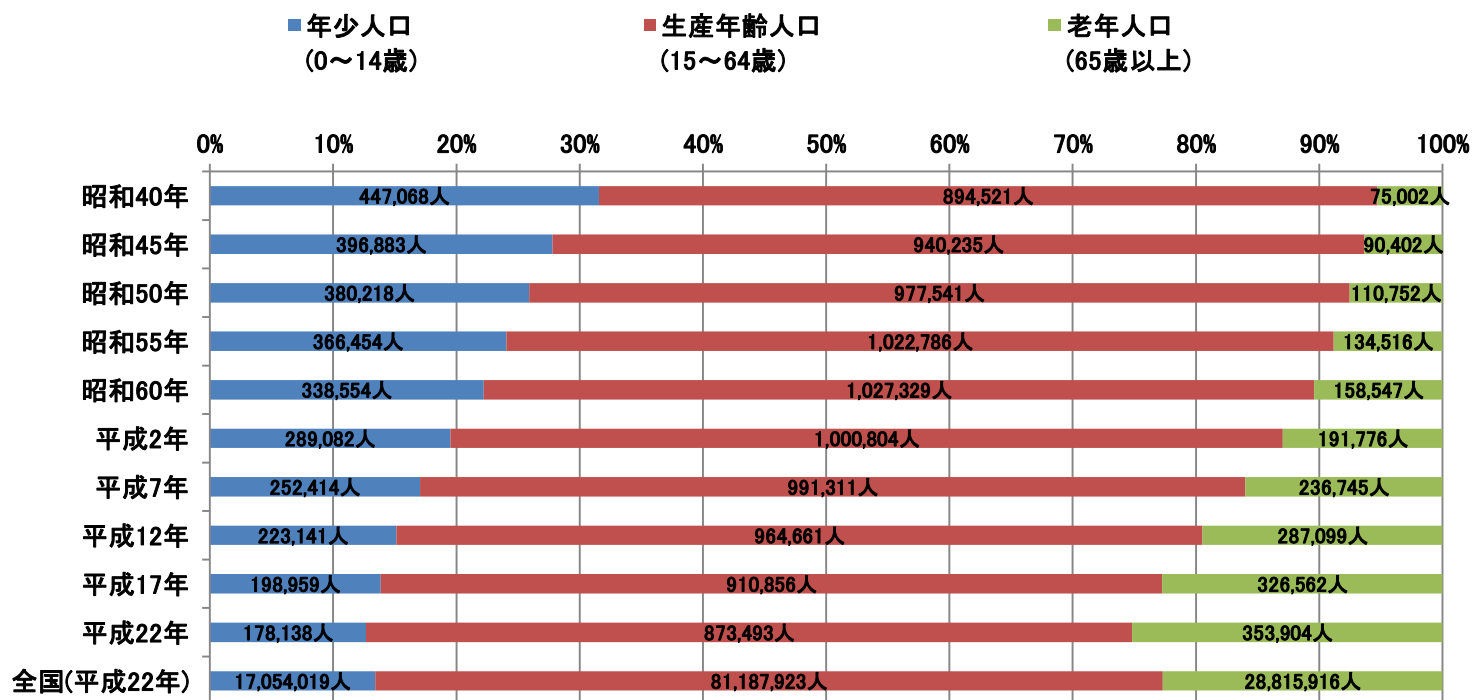
青森県 総人口と人口増加率の推移



青森県の人口構成

- ・少子高齢化の傾向が顕著に表れている。
- ・国全体と比較すると、老年人口の割合が上回っている。(平成22年)
- ・青森県の年齢3区分別人口の推移を見ると、平成7年には年少人口と老年人口がほぼ同率、それ以降逆転し、少子高齢化の傾向が顕著に表れている。

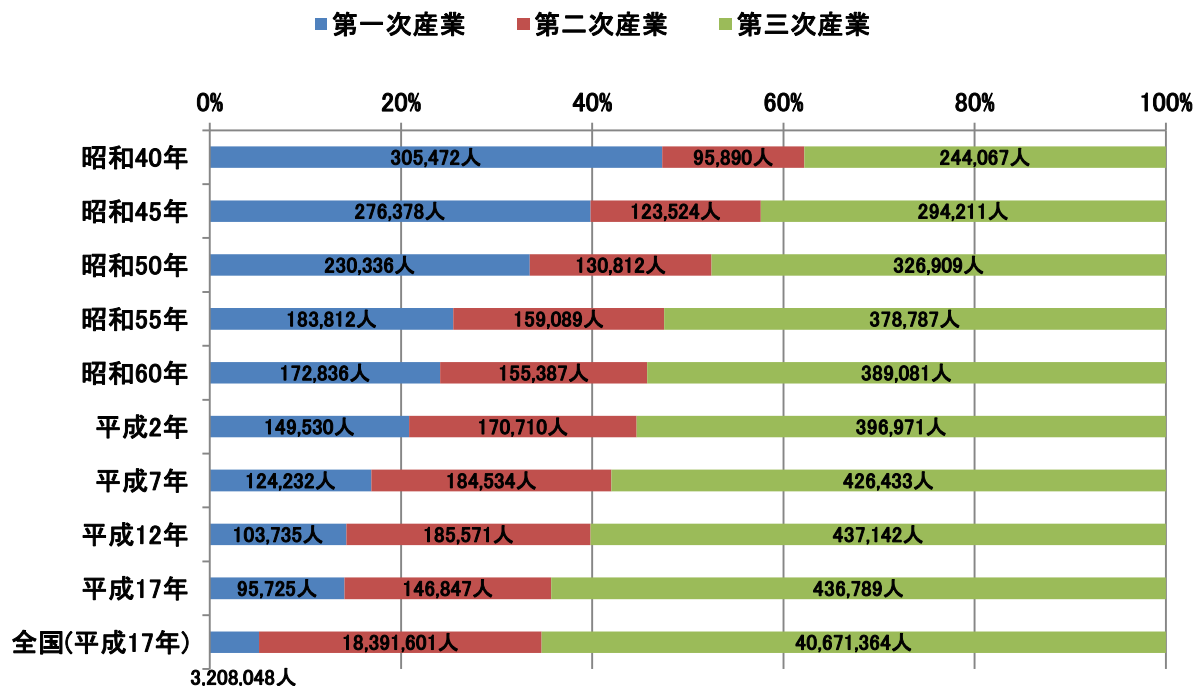
青森県 年齢3区分別人口比率の推移



青森県の産業構造

- ・ 第一次産業は年々減少し、平成17年には約14%と昭和40年の40%
- ・ 第二次産業は、建設業と製造業の就業者数の増加により比率が高まっているが、平成12年をピークに減少に転じた。

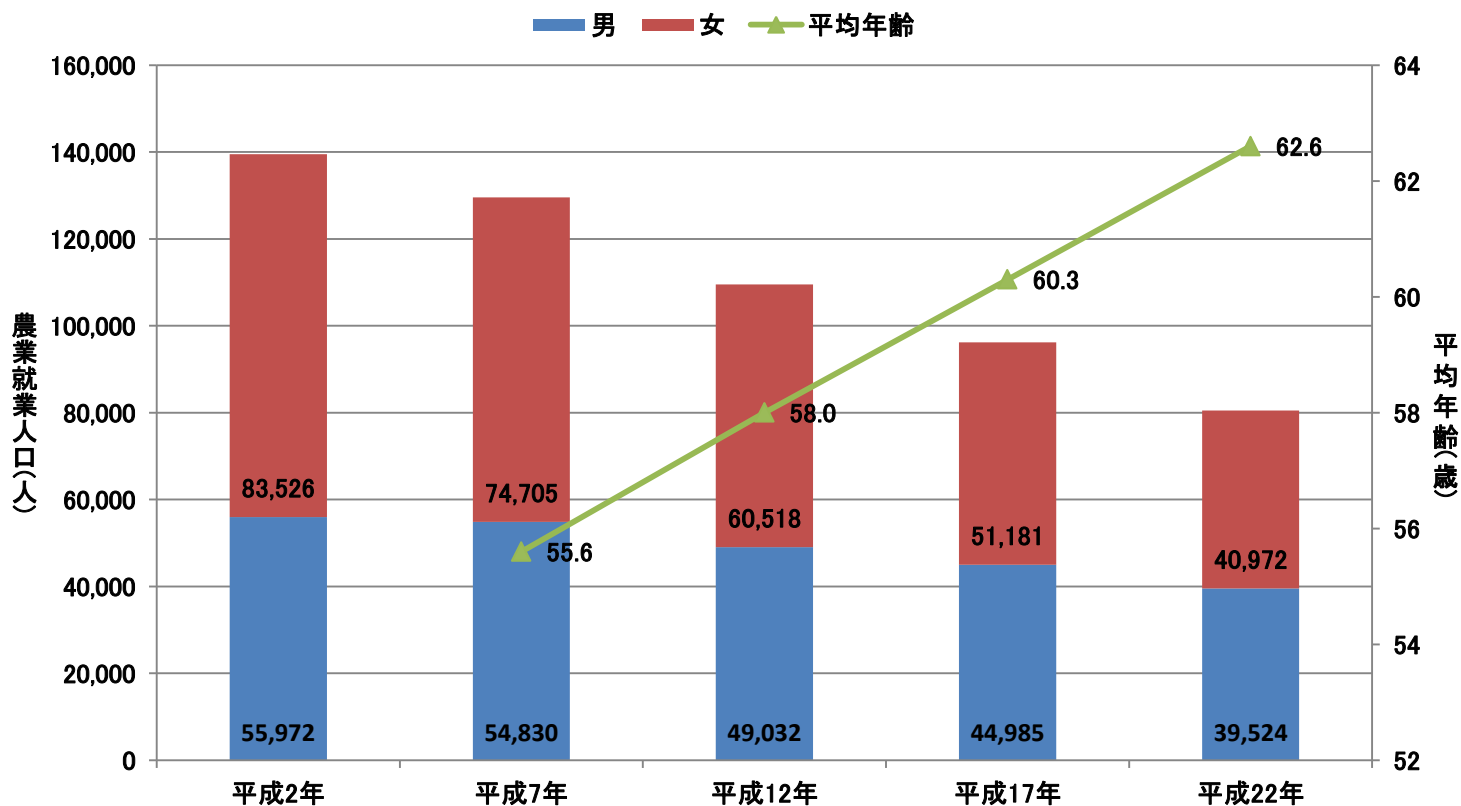
青森県 産業別就業者比率の推移



青森県の農業

このままでいくと平成45年には農業消滅 ⇒ 自然エネルギー利用農業の拡大必要

農業就業人口及び平均年齢の推移

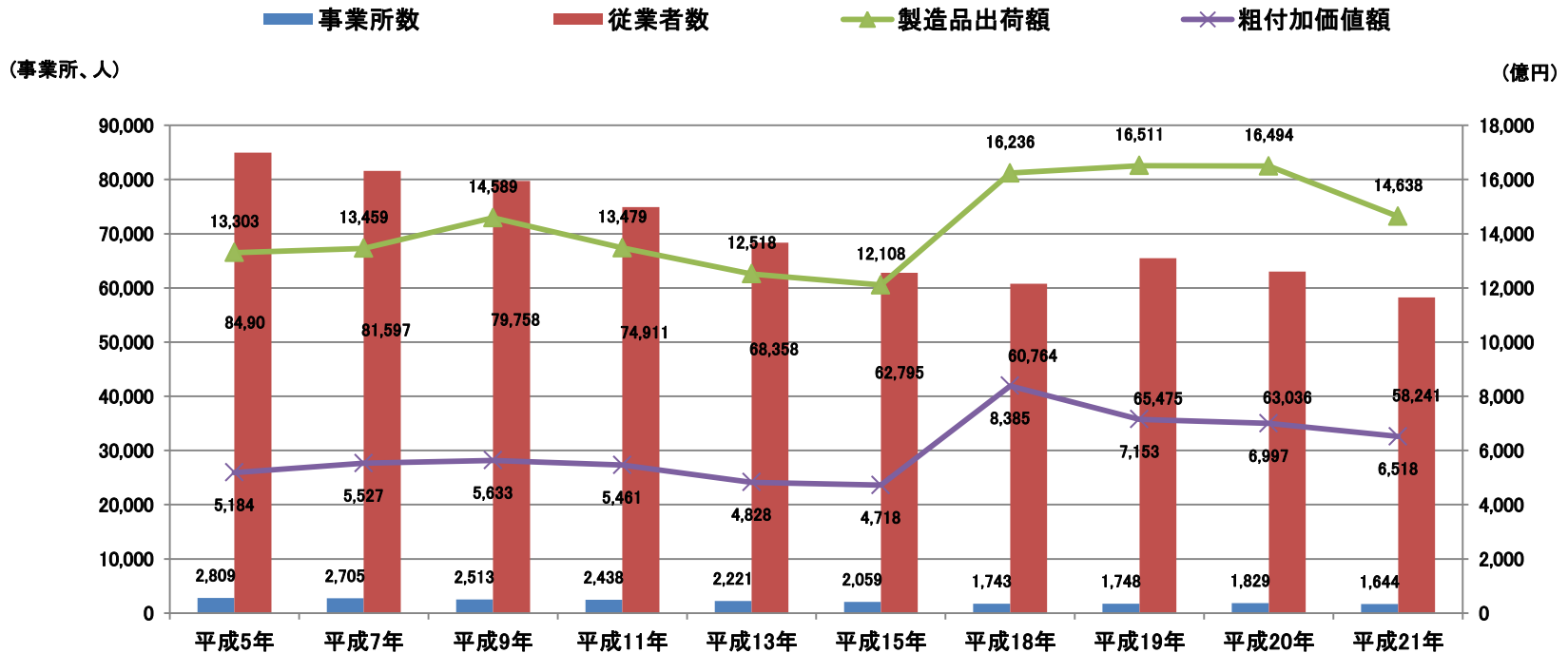


青森県の工業

リーマンショック以降

従業者数・製造品出荷額等・粗付加価値額は、2年連続の減少。

青森県 工業の推移



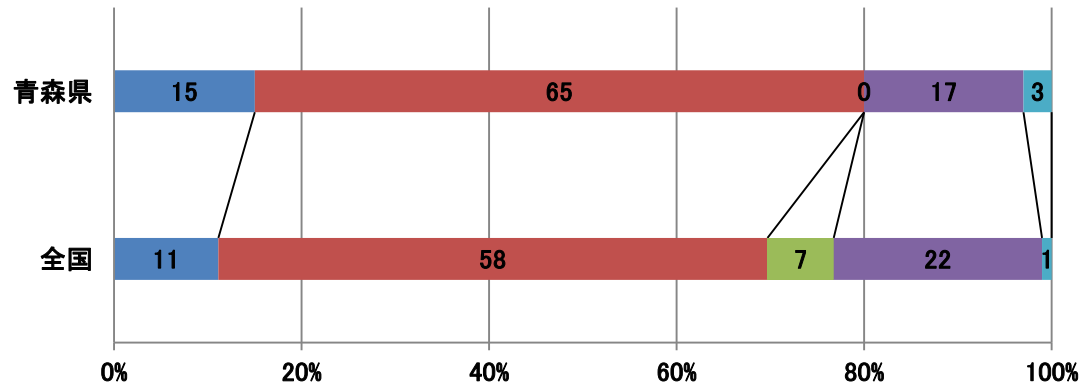
青森県のエネルギー消費

積雪寒冷地ゆえに化石燃料の消費量が多い。

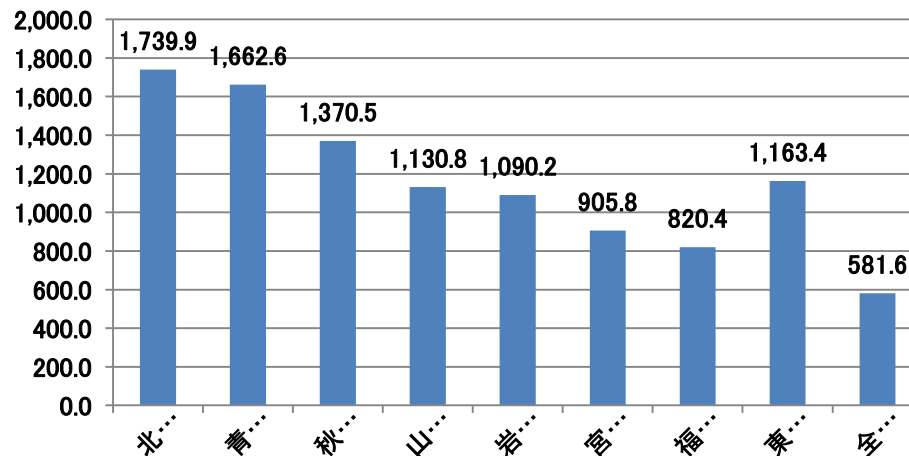
⇒地中熱利用による融雪・暖房の必要性大

青森県エネルギー消費構成(2003年)

■石炭 ■石油 ■天然ガス ■電力 ■新エネルギー等



平成18年度灯油使用量 (ℓ/世帯/年)

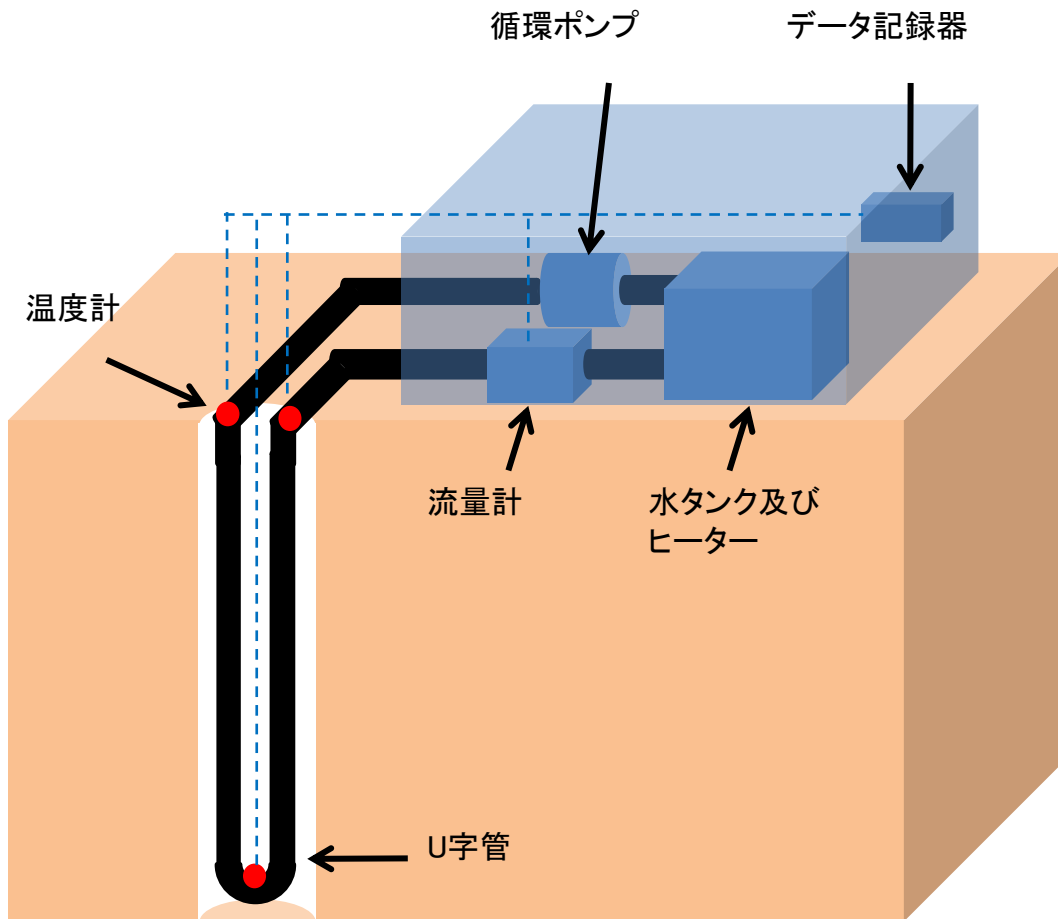


地中熱の利用の意義

- 地中熱はヒートポンプを使わないでも雪を溶かす能力がある。
- 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。
- 石油利用融雪や暖房またビニールハウス栽培において、灯油・重油の高騰が、住民・農家を圧迫している。
- 地中熱はCO₂を排出しない。

⇒ **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)

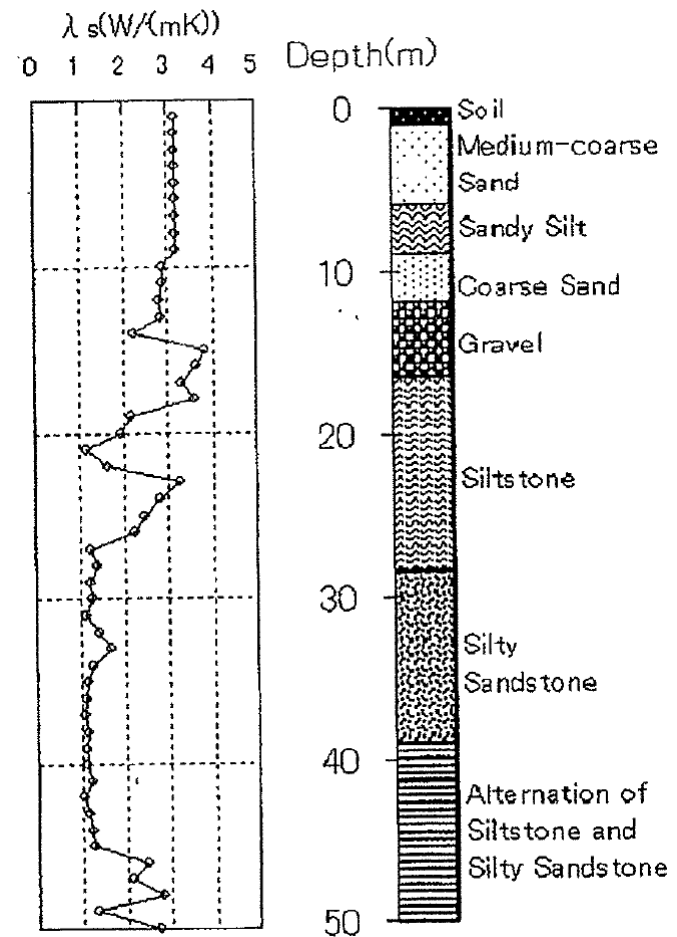
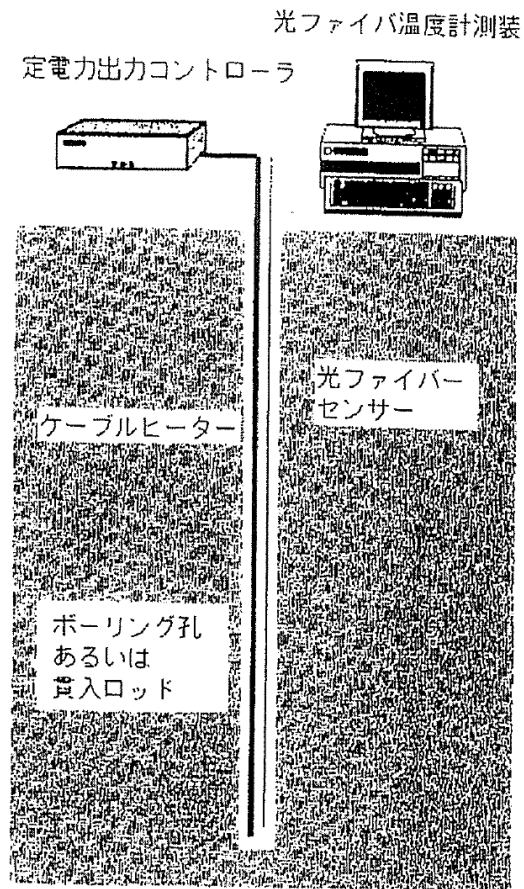
加熱用ヒーター

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

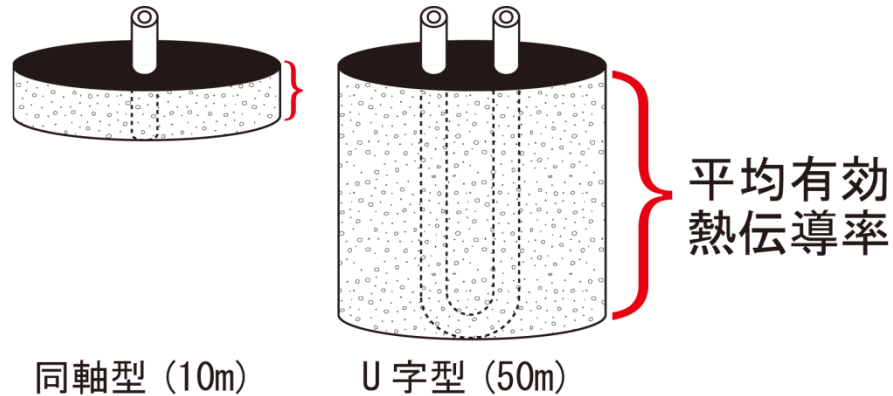
地点の選定方針

- 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

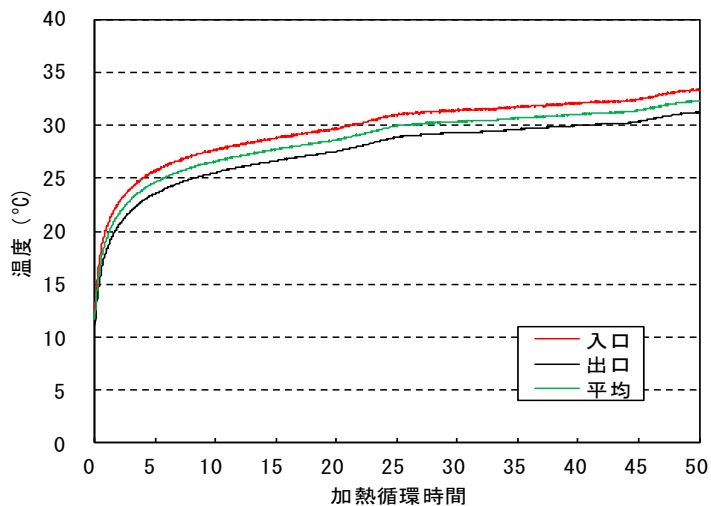
サーマルレスポンス試験結果の解析

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

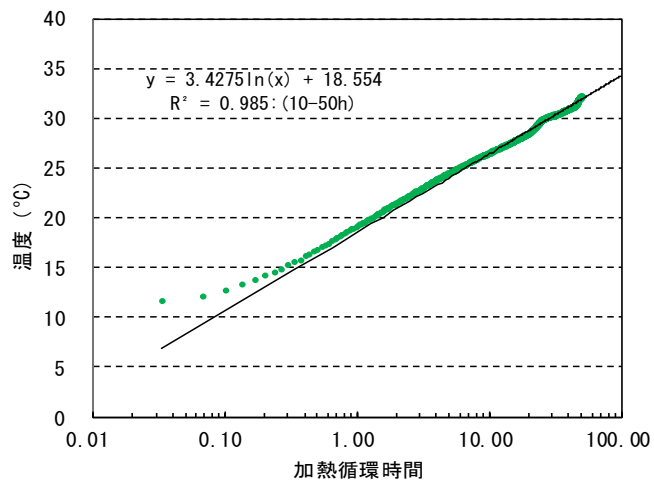
$$T_f = \frac{Q}{4\pi\lambda H} \left(\ln \left(\frac{4\alpha t}{r_o^2} \right) - \gamma \right) + \frac{QR_b}{H} + T_o$$



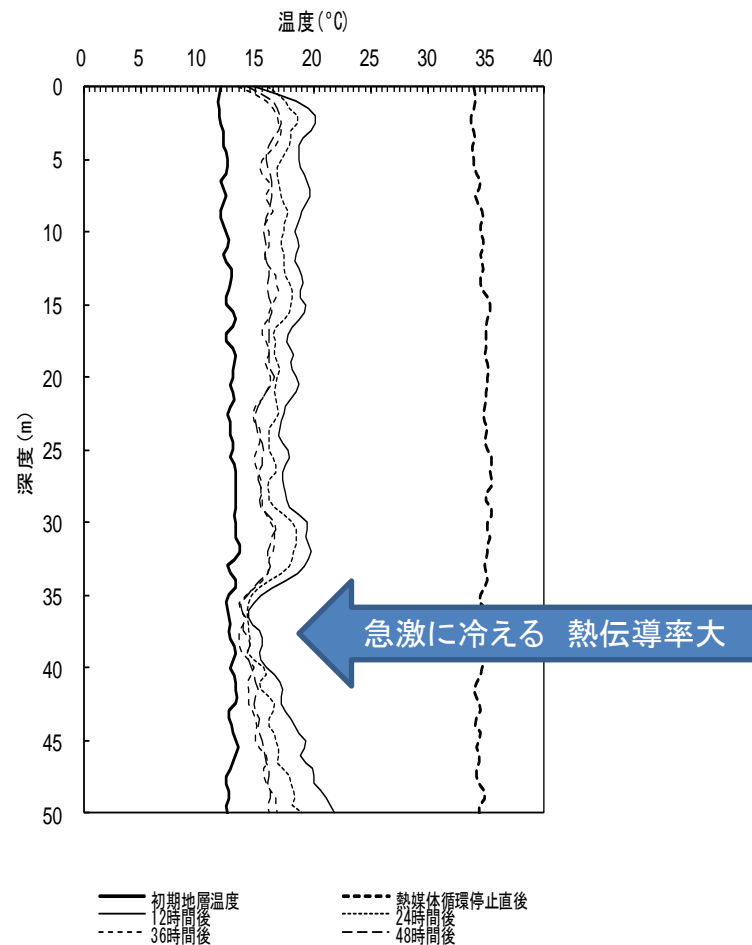
サーマルレスポンス試験結果例 八戸市



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

青森県40市町村における平均有効熱伝導率の解析結果

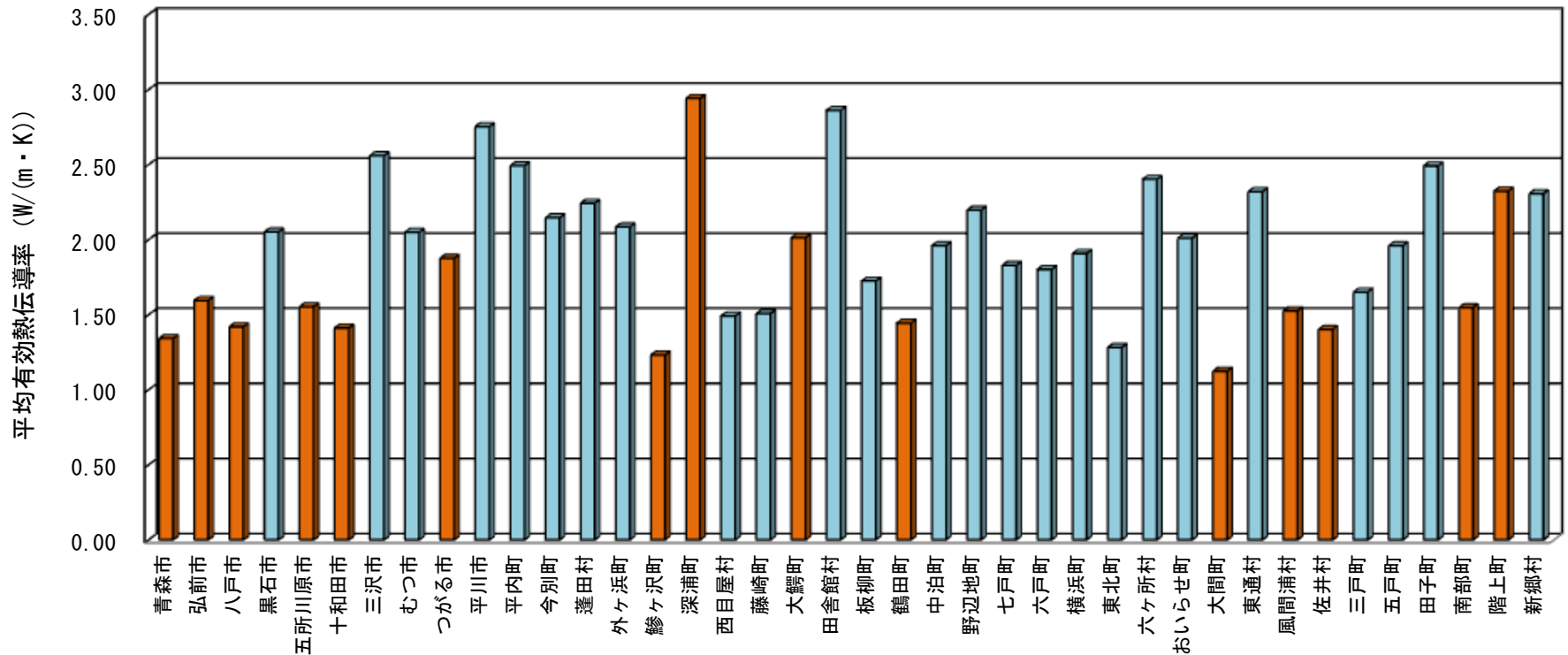
No.	地点	勾配 (自然対数)	勾配 (常用対数)	平均地中熱交換量 (kW)	熱交換井長 (m)	断熱材 (m)	単位深度あたり 平均地中熱交換量 (W/m)	平均有効熱伝導率 (W/(m・K))
1	青森市	3.6255	8.3495	3.0	50	1	61.2	1.34
2	弘前市	3.0506	7.0255	3.0	50	1	61.2	1.59
3	八戸市	3.4275	7.8936	3.0	50	1	61.2	1.42
4	黒石市	3.5286	8.1264	0.82	10	1	91.1	2.05
5	五所川原市	3.1326	7.2144	3.0	50	1	61.2	1.55
6	十和田市	3.4473	7.9392	3.0	50	1	61.2	1.41
7	三沢市	2.6216	6.0375	0.76	10	1	84.4	2.56
8	むつ市	3.2309	7.4408	0.75	10	1	83.3	2.05
9	つがる市	2.5945	5.9751	3.0	50	1	61.2	1.88
10	平川市	2.6294	6.0555	0.82	10	1	91.1	2.75
11	平内町	2.5147	5.7914	0.71	10	1	78.9	2.49
12	今別町	2.9211	6.7273	0.71	10	1	78.9	2.15
13	蓬田村	2.8343	6.5274	0.72	10	1	80.0	2.24
14	外ヶ浜町	3.2611	7.5103	0.77	10	1	85.6	2.08
15	鱒ヶ沢町	3.9508	9.0987	3.0	50	1	61.2	1.23
16	深浦町	2.0783	4.7863	3.0	40	1	76.9	2.94
17	西目屋村	4.4394	10.2239	0.75	10	1	83.3	1.49
18	藤崎町	4.2783	9.8529	0.73	10	1	81.1	1.51
19	大鰐町	2.4160	5.5640	3.0	50	1	61.2	2.01
20	田舎館村	2.1903	5.0443	0.71	10	1	78.9	2.86
21	板柳町	3.2259	7.4292	0.63	10	1	70.0	1.72
22	鶴田町	3.2567	7.5002	2.9	50	1	59.2	1.44
23	中泊町	3.2891	7.5748	0.73	10	1	81.1	1.96
24	野辺地町	3.1354	7.2208	0.78	10	1	86.7	2.20
25	七戸町	3.1398	7.2310	0.65	10	1	72.2	1.83
26	六戸町	3.3318	7.6731	0.68	10	1	75.6	1.80
27	横浜町	4.1140	9.4745	0.81	9.2	1	98.8	1.91
28	東北町	4.9622	11.4279	0.72	10	1	80.0	1.28
29	六ヶ所村	2.7195	6.2630	0.74	10	1	82.2	2.40
30	おいらせ町	3.5576	8.1932	0.81	10	1	90.0	2.01
31	大間町	4.3297	9.9713	3.0	50	1	61.2	1.12
32	東通村	3.0624	7.0527	0.76	9.5	1	89.4	2.32
33	風間浦村	3.1887	7.3436	3.0	50	1	61.2	1.53
34	佐井村	3.4726	7.9974	3.0	50	1	61.2	1.40
35	三戸町	4.2785	9.8534	0.80	10	1	88.9	1.65
36	五戸町	3.5144	8.0937	0.78	10	1	86.7	1.96
37	田子町	2.8703	6.6103	0.81	10	1	90.0	2.49
38	南部町	3.1456	7.2443	3.0	50	1	61.2	1.55
39	階上町	2.0937	4.8218	3.0	50	1	61.2	2.32
40	新郷村	2.6796	6.1711	0.70	10	1	77.8	2.31

有効熱伝導率解析結果

3.0W/(m・K)を超える値は認められなかった。

平均値は1.92W/(m・K)で、最大値は深浦町の2.94W/(m・K)、最小値は大間町の1.12W/(m・K)

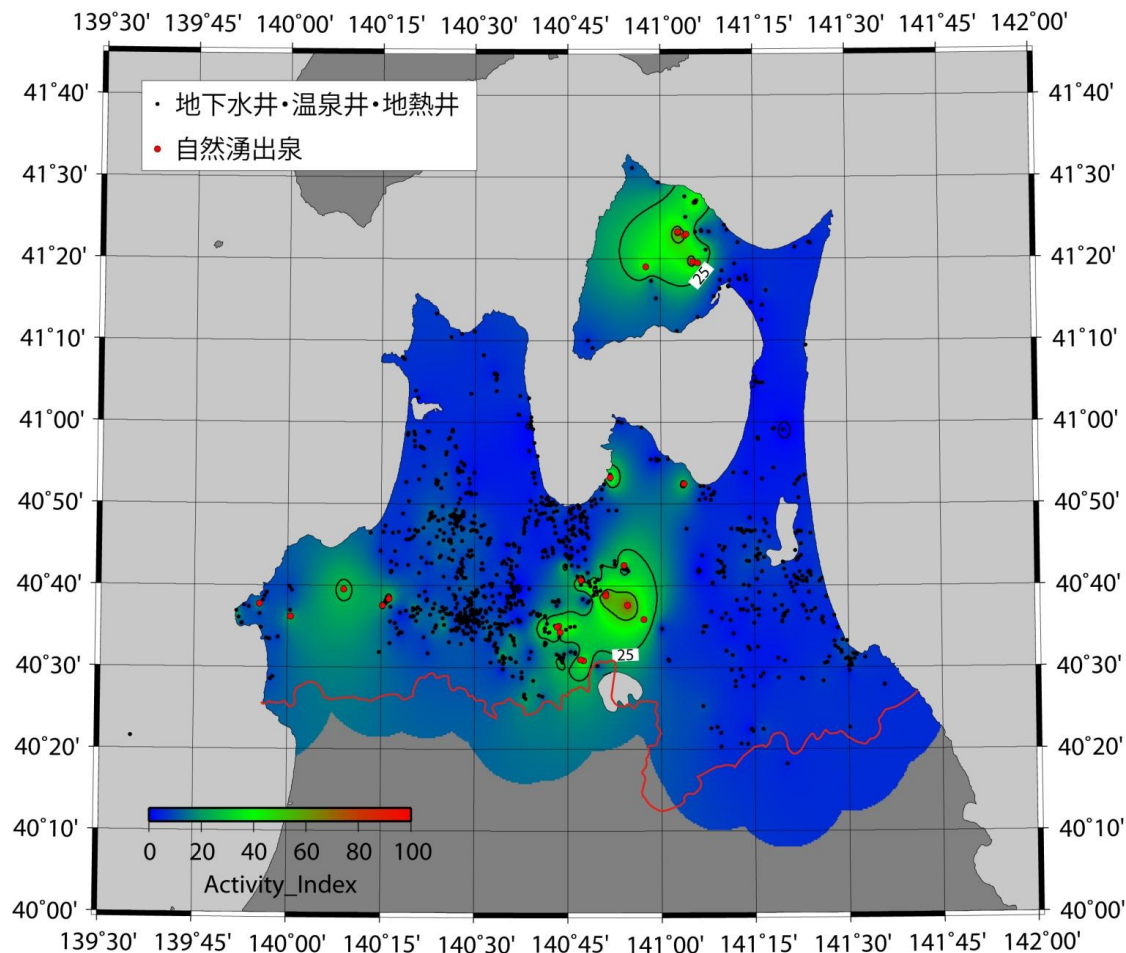
青森県40市町村における平均有効熱伝導率



(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))

青森県の活動度指数(100に近いほど温度的に活発)マップ

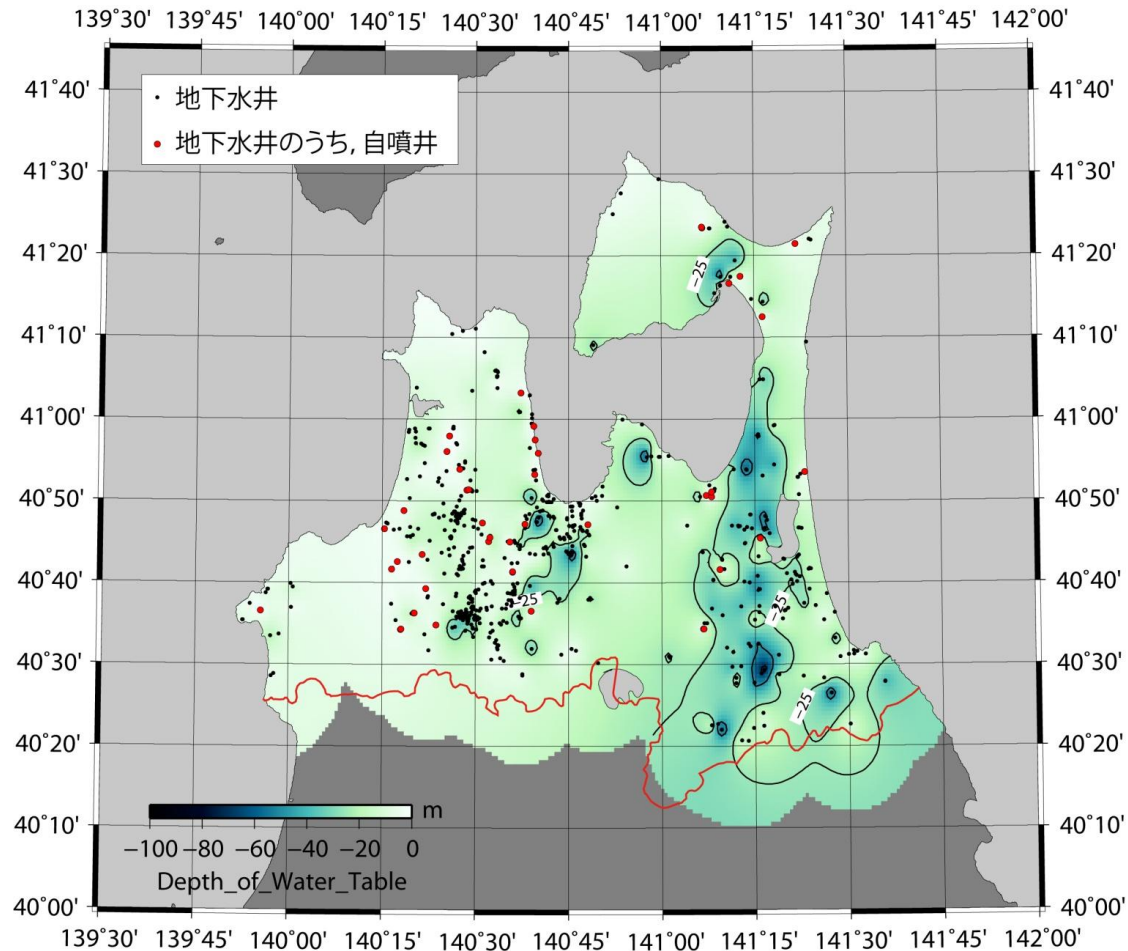
青森県の特徴は広範な中低温地熱資源の存在



地下水の自然水位マップ

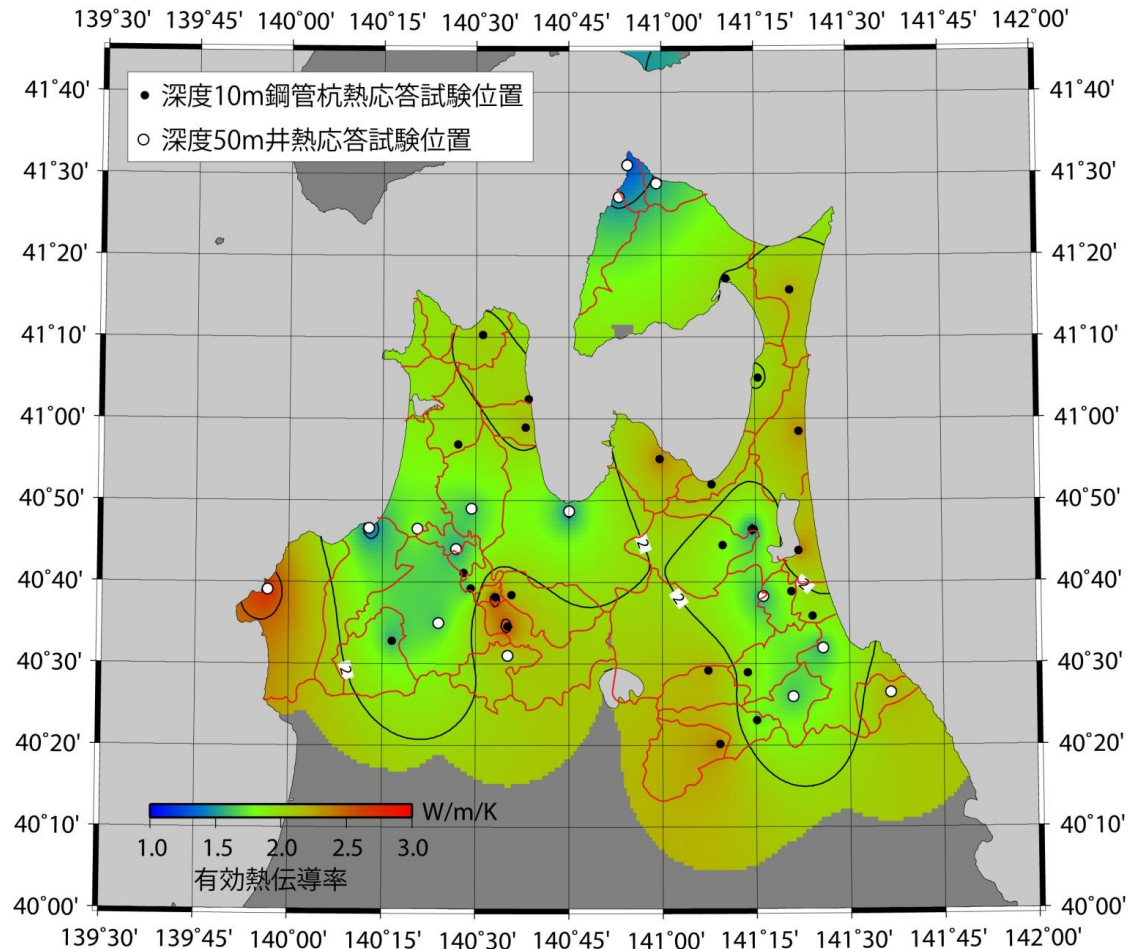
地下水水位が浅いと、熱交換に有利

- 北上低地帯に、地下水水位の深い地帯が南北にわたって広く発達



青森県の本調査による有効熱伝導率マップ

- 大間地域、北上低地帯、津軽平野で低い傾向
- 粗粒堆積物の多い扇状地では高く、細粒堆積物の多い沖積平野では低い



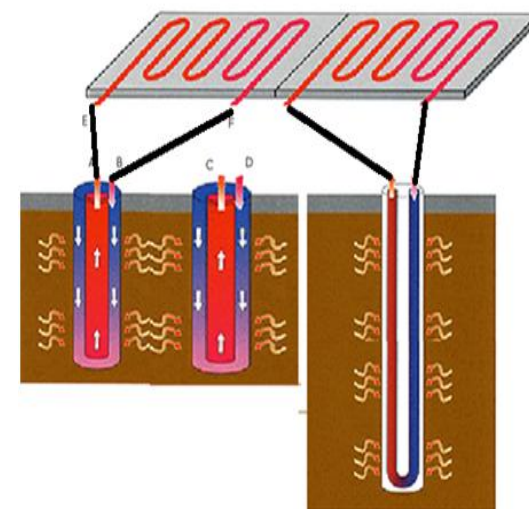
実証試験1. 歩道融雪

場所: 青い森セントラルパーク

時期: 2011年2月14日~21日

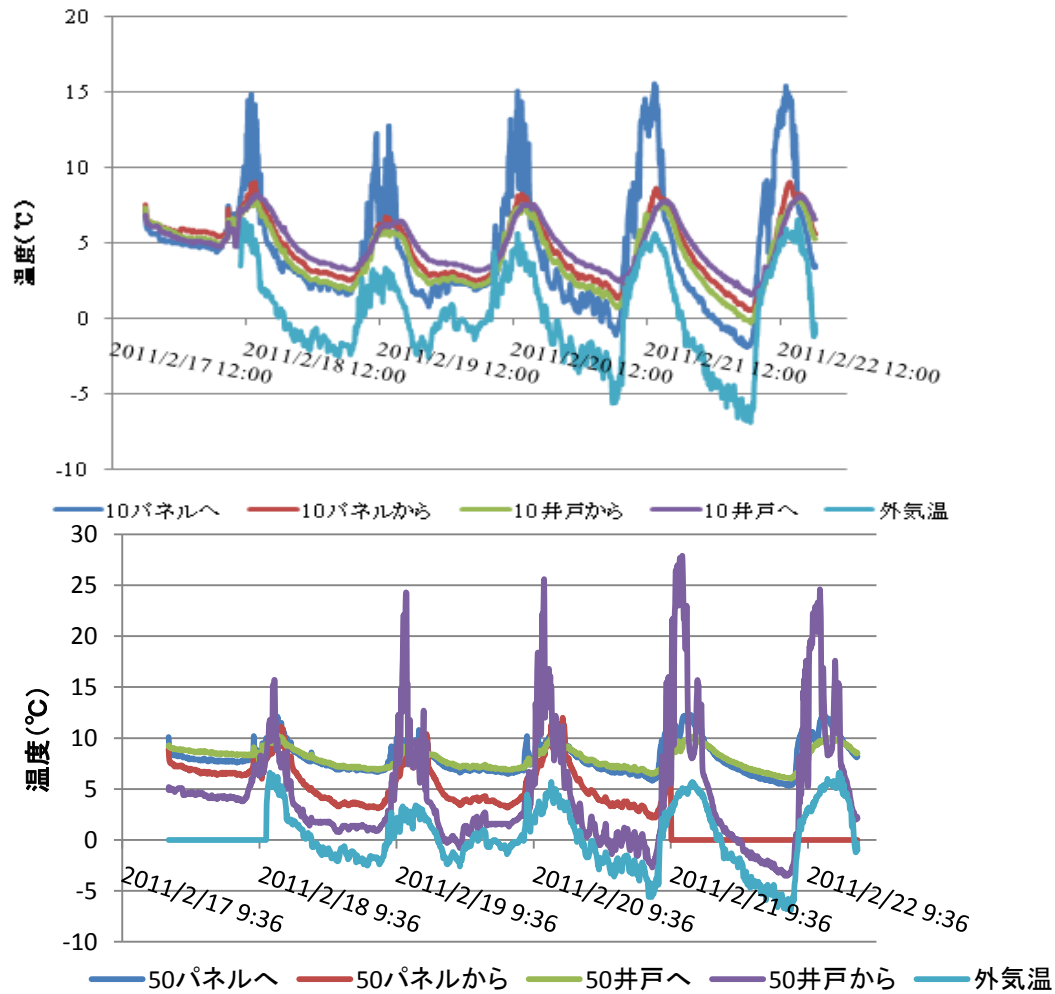
試験融雪システム : 採熱管 138mmφ 10m長 鋼管杭 1本
190mmφ 10m長 鋼管杭1本
50mU字管 一本

融雪パイプ配管: 5m²分×2

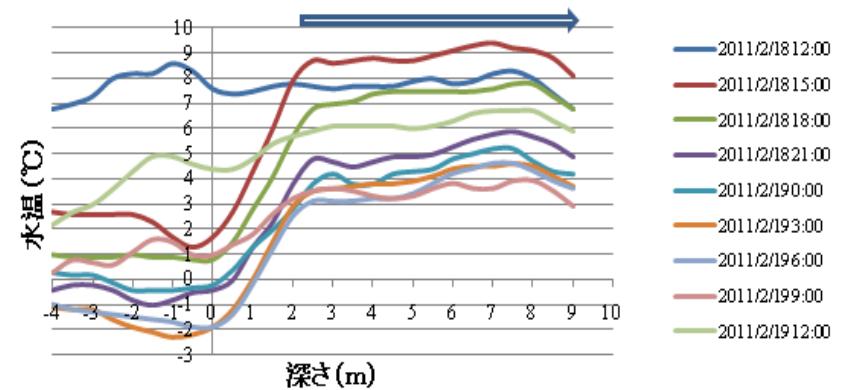
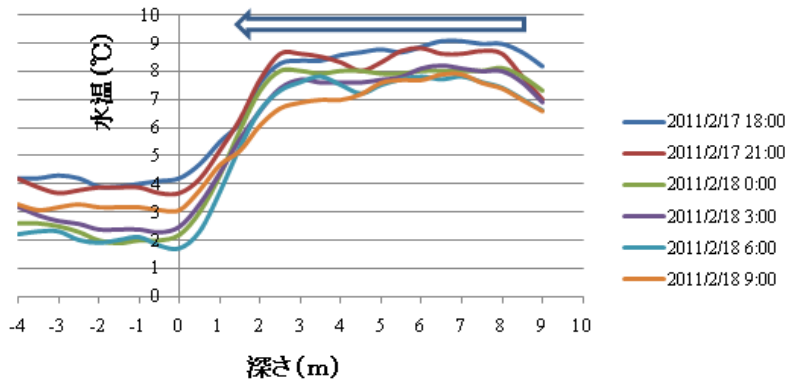


循環水温度の時間変化

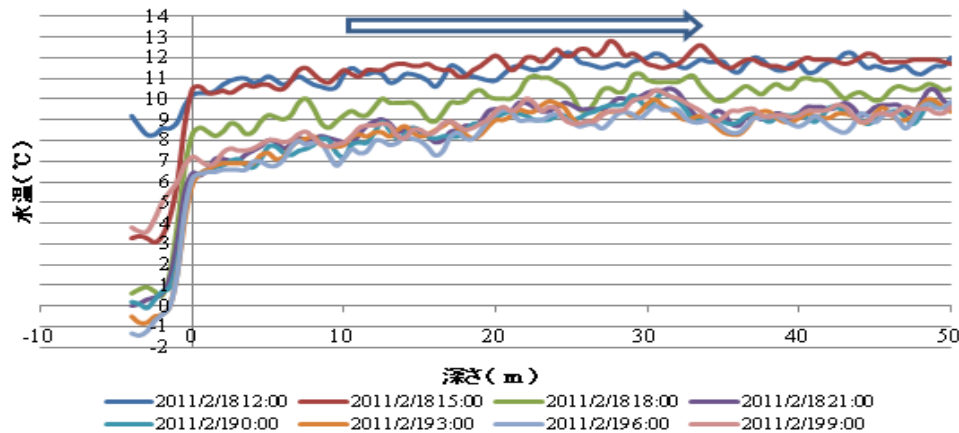
熱交換井戸と融雪パネル間の移動における熱損失が、特に10m鋼管杭井戸で大きい。
⇒ 断熱性向上が必要



流れの方向と水温深さ分布

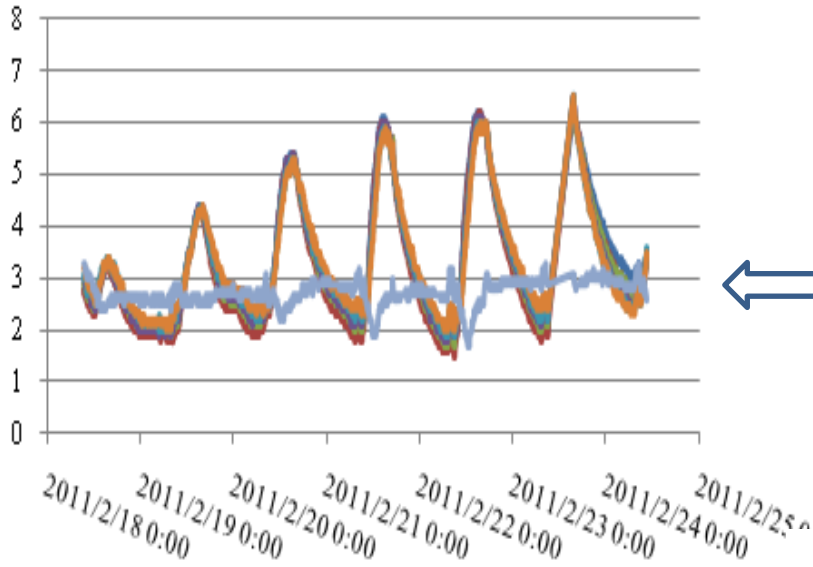


10m井戸 二重管外管上から下へ



50m井戸Uチューブ上から下へ

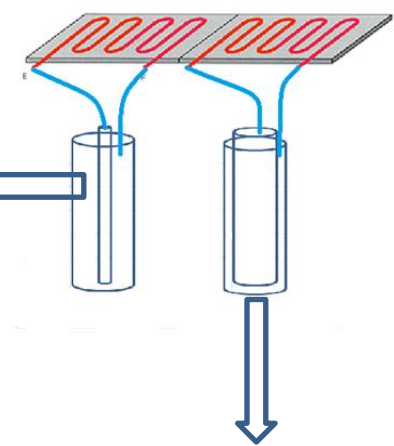
個人住宅におけるヒートポンプレス・ボーリングレス 融雪実証試験



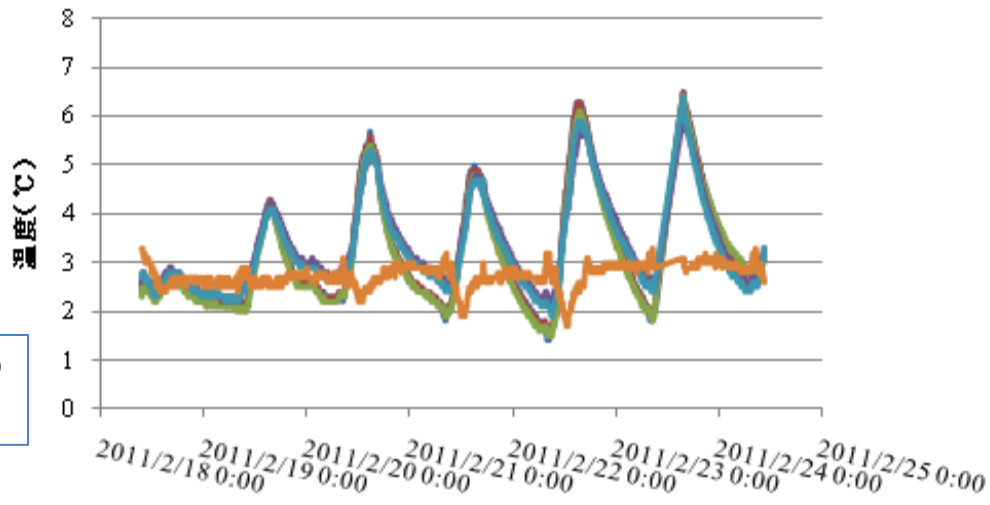
- 細10m
- 細7.5m
- 細5.0m
- 細2.5m
- 細0m
- 細0m戻り
- 2 m 地温0.3m 離

鋼管から30cm離れた深さ2mの地点では、管内の温度変化に対して4時間程度の遅れがある

内管の太さ(40mm及び80mm)による違い



内管太さによる違い、循環方向による違い、にいていずれも余り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。



- 太10m
- 太7.5m
- 太5.0m
- 太2.5m
- 太0m
- 2 m 地温0.3m 離

採熱管上部での熱損失

10m鋼管使用での試験結果

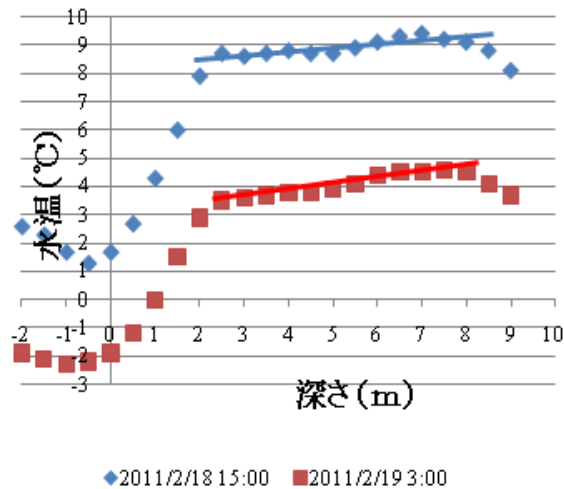
- 鋼管の熱伝導が良く、地上部での低温で熱が奪われている。
- 鋼管の半径が大きく、上部で低温水が貯留
⇒ 上部での断熱性向上の必要性

50m井戸

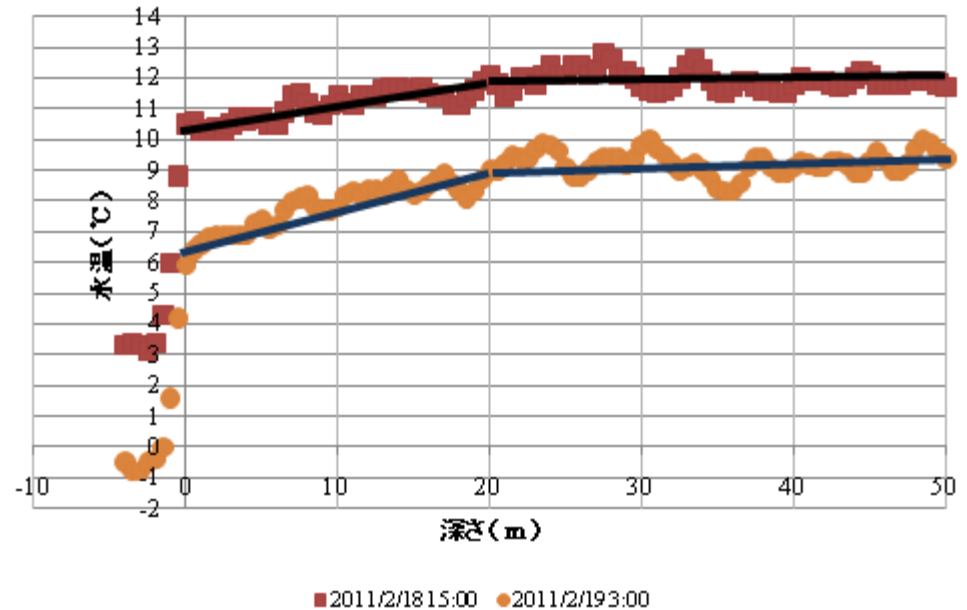
ポリエチレン製のU字パイプを使っているため、熱伝導はさほど大きくなく、管も細いので影響は少ないが、それでも上部での熱損失は無視できない。

採熱効率の評価

10m井戸 二重管外管上から下へ



50m井戸Uチューブ上から下へ



昼で $1.5 \times 5.54 \times 1000 / 60 \times 4.18 = 579W$

夜で $2.1 \times 5.54 \times 1000 / 60 \times 4.18 = 811W$

昼で $2.05 \times 4.3 \times 1000 / 60 \times 4.18 = 614W$

夜で $2.80 \times 4.3 \times 1000 / 60 \times 4.18 = 839W$

10m井戸と50m井戸の能力は長さによらず、さほど変わらない。これは、

- 管の熱伝導率の違い、太さの違いや流量の違いなどである。

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	村岡 洋文	北日本新エネルギー研究所*1
委員	唐澤 英年	青森県産業技術センター理事長
委員	赤平 亮	青森県産業技術センター
委員	坂本 和記	大泉開発株式会社
委員	佐藤 秀明	株式会社タケナカ
委員	高島 勲	秋田大学名誉教授
委員	西澤 肇	NPO青森県太陽光熱利用研究会
委員	原 和彦	芝管工株式会社
委員	三上 亨	NPOグリーンエネルギー青森
委員	山本 潤児	山本プランニング
委員	小川 清四郎	弘星テクノ(日本大学)
委員	太田 均	青森県エネルギー総合対策局
委員	南條 宏肇	北日本新エネルギー研究所*1
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

地域における今後の地熱利用事業展開方針

1. ヒートポンプレス・ボーリングレス融雪事業の展開

- 地中熱利用熱交換井戸 融雪能力、
今回の調査による実証試験から、
10m鋼管杭方式井戸で 夜間802W と求められた。
ただしこれは上部での断熱性を高めることでの条件付きである。
50mボーリング方式井戸では夜間 838Wと求められた。
ランニングコスト： 単に不凍液の循環ポンプの電気代だけで済むので、石油、電気ヒータ利用に
比べて、一桁程度少ない費用で済む。
- ヒートポンプレス+ボーリングレス方式
設置コストは ヒートポンプを使用しないことにより
60-100万円の設置コスト削減、 鋼管杭埋め込みにより 45万円の削減
⇒ 個人住宅でも80万円で駐車場融雪設置可能
- 融雪能力は、地中における帯水層の存在が大きな意味をもっている。また鋼管杭埋め込みでは、井戸の掘削において地層によっては別の対策が必要な場合もあり、費用が異なる。一般的に、地中熱交換のための井戸は掘ってみなければ分からないという問題点を抱えている。
- 今回の青森県40か所での地中熱ポテンシャルのサーマルレスポンステストの結果は、この問題を解決し普及を促進する大きな役割を果たす。
- イニシャル、ランニング両方において低コストである融雪システムは、積雪寒冷地にとって除排雪問題を解決し、地域における新しい形の土木・建築の事業を興し、併せて低炭素化社会の実現に貢献することが期待される。またこのシステムはアジアなどの積雪地域への輸出も可能である。

低価格地中熱利用システムの適用の可能性

1. ロードヒーティング方式による融雪

個人住宅での駐車場、玄関から道路までの通路融雪

コンビニ等の営業用駐車場 融雪

2. 公共利用融雪

冬に屋外でもボール遊び、テニスができる学校校庭・スポーツ施設

歩道(特に交差点、バス停)融雪

3. 雪捨て場

公園などの地下に貯留槽を設置し、貯めた水を地熱で熱交換して雪を溶かす貯留式雪捨て場

4. 低コスト車道融雪

重量車両向け対加重構造による坂道融雪

5. ヒートポンプを組み込んだ低コスト冷房・暖房

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＋低価格コンバートヒートポンプ
(弘前大学が試作機製作実証中:黒石報告参照、
県内企業によるヒートポンプ製作検討中)
- 農業利用(黒石報告参照)、

⇒ 熱交換井掘削については、本実証実験で、
低価格化での展開の可能性を示した。

地中熱利用による新産業創成

