

第 52 回試錐研究会プログラム

日 時 : 平成 26 年 3 月 6 日 (木) 13:20~17:30 (受付開始 12:50)

場 所 : 札幌サンプラザ 2 階「金枝の間」

(札幌市北区北 24 条西 5 丁目 Tel. 011-758-3111)

主 催 : 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所

協 賛 : 北海道地質調査業協会 / 社団法人全国さく井協会北海道支部

後 援 : 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部 / 一般社団法人 資源・素材学会北海道支部

北海道地域産業技術連携推進会議

13:20 開会

■ 開会の挨拶(13:20 ~ 13:30)

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所
所長 黒沢 邦彦

■ 特別講演(13:30 ~ 15:30)

13:30 ~ 14:30 東日本大震災後の地熱市場復活と地熱研究の将来展望

国立大学法人 弘前大学 北日本新エネルギー研究所
所長・教授 村岡 洋文

14:30 ~ 15:30 北海道における地熱開発調査の現状と課題

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部
企画調整部長 秋田 藤夫

休憩(15:30 ~ 15:45)

■ 一般講演(15:45 ~ 17:15)

15:45 ~ 16:15 孔内傾斜計計測による地中変位認定までの流れと不良データ防止の重要事項

応用地質(株) 工務本部 ジオテクニカルセンター 専任職 千葉 伸一

16:15 ~ 16:45 温泉排湯及び地中熱利用ヒートポンプ設備の事例紹介

(株)アリガプランニング 省エネ推進室長 小田井 俊一

16:45 ~ 17:15 プラスチック製熱交換器による温泉熱回収システム

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場 研究主任 白土 博康

■ 閉会の挨拶(17:15 ~ 17:25)

北海道地質調査業協会
理事長 千葉 新次

17:30 閉会

18:00 ~ 意見交換会

目次

■ 特別講演

東日本大震災後の地熱市場復活と地熱研究の将来展望	01
--------------------------------	----

国立大学法人 弘前大学 北日本新エネルギー研究所
所長・教授 村岡 洋文

北海道における地熱開発調査の現状と課題	13
---------------------------	----

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部
企画調整部長 秋田 藤夫

■ 一般講演

孔内傾斜計計測による地中変位認定までの流れと不良データ防止の重要事項	23
--	----

応用地質（株）工務本部 ジオテクニカルセンター
専任職 千葉 伸一

温泉排湯及び地中熱利用ヒートポンプ設備の事例紹介	33
--------------------------------	----

(株) アリガプランニング
省エネ推進室長 小田井俊一

プラスチック製熱交換器による温泉熱回収システム	45
-------------------------------	----

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場
研究主任 白土 博康

特別講演

東日本大震災後の地熱市場復活と地熱研究の将来展望 01

国立大学法人 弘前大学 北日本新エネルギー研究所
所長・教授 村岡 洋文

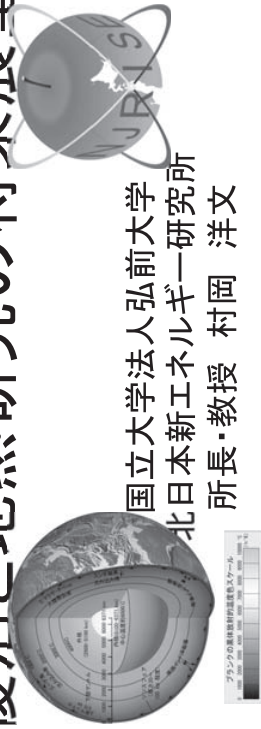
北海道における地熱開発調査の現状と課題 13

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部
企画調整部長 秋田 藤夫

地方独立行政法人 北海道立総合
研究機構 地質研究所 主催
第52回試錐研究会

平成26年3月6日
札幌サンプラザ2F
『金枝の間』

東日本大震災後の地熱市場 復活と地熱研究の将来展望

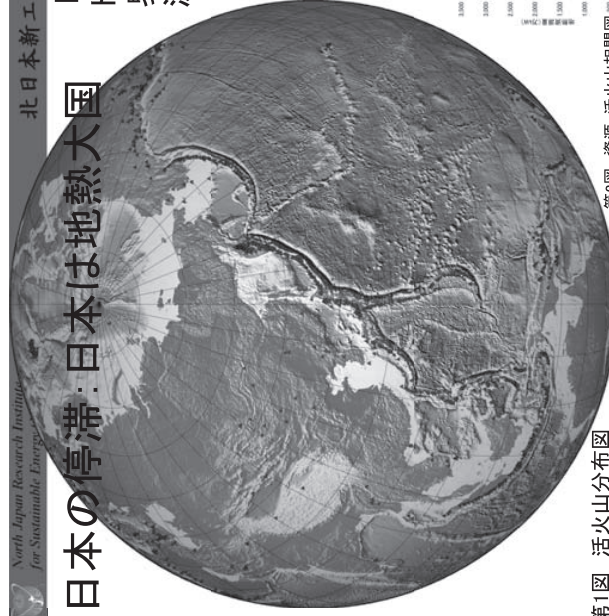


国立大学法人弘前大学
北日本新エネルギー研究所
所長・教授 村岡 洋文

話の骨子

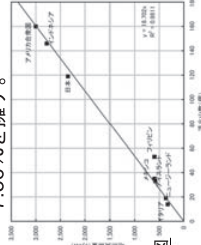
- 前半部：地熱市場復活への流れ
 - 日本の地熱市場の失われた15年
 - 世界の地熱発電開発の状況
 - 日本の地熱発電開発の障壁
 - 東日本大震災後の5つの政策的な動き
- 後半部：地熱研究と将来展望
 - 温泉発電
 - カスケード利用
 - 涵養地熱系 (EGS) 発電
 - 地熱発電はどこまで担えるか
 - 北日本地熱立国論
- まとめ

日本の停滞：日本は地熱大國 日本は米国・インドネシアと並ぶ世界の三大地熱資源大國である。



地形はLindquist et al. (2004)による。活火山はSmithsonian Institutetによる。Wessel and Smith (1995)のGMTソフトにより作図。

わが国は国土の面積が世界の陸域の0.25%に過ぎないが、世界の活火山の7.56%を擁す。



第1図 活火山分布図



2010年度末のわが国の地熱発電所は17地点、認可出力は合計540.09MWである。

2010年度末(平成22年度) 地熱発電の運転状況(運転量)

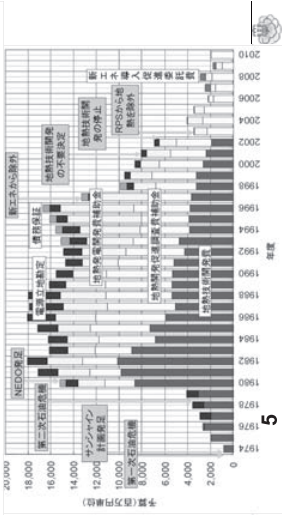
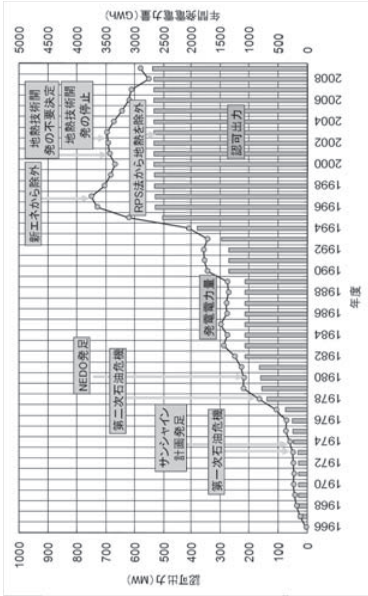
発電所名 (企業名)	稼働率 (%)	発電出力 (MW)	発電量 (GWh)	稼働率 (%)	発電出力 (MW)	発電量 (GWh)
森 (住友電力)	50.000	50.000	100.747	16.000	90.17	71.9
徳川 (東北電力)	60.000	50.000	304.124	43.700	69.2	79.5
秋川 (東北電力)	50.000	23.000	86.473	15.100	93.4	74.4
鹿沼川 (東北電力)	50.000	50.000	144.266	30.000	92.6	81.1
鹿沼川 (東北電力)	50.000	30.000	132.248	19.000	97.7	77.0
上の野 (東北電力)	28.000	25.000	47.800	24.400	35.5	22.0
奥野 (東北電力)	20.000	15.000	81.289	11.200	94.4	61.0
八丈島 (東北電力)	65.000	65.000	222.732	44.200	82.2	67.2
八丈島 (東北電力)	3.000	3.000	11.791	2.410	71.0	54.7
八丈島 (東北電力)	55.000	55.000	338.307	48.700	82.1	72.6
八丈島 (東北電力)	2.000	2.000	12.853	1.800	82.2	69.2
八丈島 (東北電力)	27.500	27.500	213.996	27.300	94.8	69.5
八丈島 (東北電力)	30.000	30.000	239.692	25.000	100.0	99.0
八丈島 (東北電力)	30.000	30.000	143.032	21.600	94.2	75.9
八丈島 (東北電力)	10.000	9.000	96.232	7.000	95.6	88.0
八丈島 (東北電力)	1.900	1.900	7.862	1.300	95.9	90.2
八丈島 (東北電力)	2.000	990	7.666	990	93.4	89.9
八丈島 (東北電力)	100	100	107	43	87.4	79.2
計	162.100	140.000	1,602.274	400.200	74.4	156.1

火力原子力発電技術協会 (2011)

日本の地熱開発の失われた15年

わが国の地熱発電開発は、最近15年間、停滞し続けている(上図)。これは地熱政策の後退と予算の激減を反映している(下図)。

図 日本の地熱発電設備容量と地熱政策予算の推移の比較(両図ともに、火力原子力発電技術協会, 2010)による。



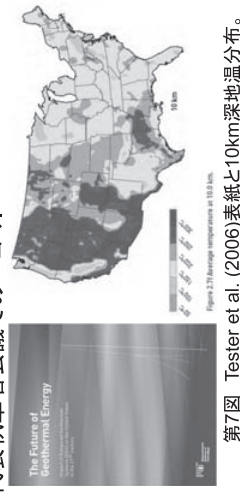
世界の地熱開発動向

- いま世界の先進諸国では、再生可能エネルギーへの劇的なパラダイム転換が進んでいる。
- その中で、地熱発電は立役者の一つである。
- そのため、世界の地熱資源国では地熱発電開発が急増しており、その代表として、米国、インドネシア、アイスランドを紹介する。
- 加えて、最近の特筆すべき傾向は火山や高温地熱資源に乏しい諸国までが地熱発電の開発に努力し始めたことであり、その代表として、オーストラリア、ドイツを紹介する。
- 次いで、世界の地熱発電開発動向をまとめる。
- エネルギー輸入依存度が最も高く、世界の三大地熱資源大国である日本こそ、このエネルギーパラダイム転換や地熱発電開発を必要としているが、皮肉にも最も遅れた現状を紹介する。

世界をリードする米国



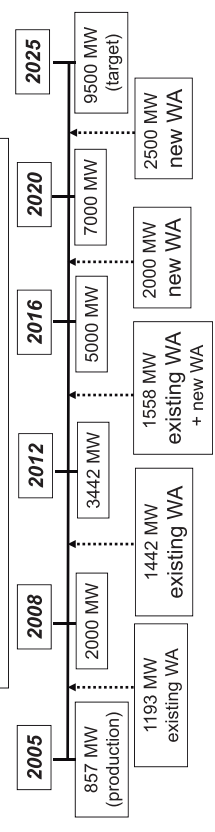
第6図 Jefferson W. Tester (2009年1月29日撮影)。マサチューセッツ工科大学の化学工学の教授。18名の著者をリードして、下記の“The Future of Geothermal Energy” 358p.を2006年に上梓。
左写真は2009年1月26日～1月30日に、ブラジル、サン・ジョゼ・ドス・カンポスで開催されたIPCC再生可能エネルギー特別報告書の第1回代表執筆者会議での一コマ。



第7図 Tester et al. (2006)表紙と10km深地温分布。

目覚めたインドネシア

インドネシア 地熱発電ロードマップ2005-2025



2005年に地熱発電ロードマップが策定された。これにより、2025年に9500MWという地熱発電開発目標が設定された。これは大きな目標のようにみえるが、2025年時点における地熱発電のシェアは一次エネルギーの5%に過ぎない。つまり、この目標は、需要の伸びが大きいため、地熱も相応に伸びなければならぬという切実なニーズを表している。その後、2010年からの第二次クラッシュ計画では5年以内に4000MWの増設が策定され、これはさらに急ピッチの計画となっている。

地熱ユートピア・アイスランド

人口わずか32万人のアイスランドは驚異の地熱立国であり、2009年に一次エネルギーの85%を再生可能エネルギーで、同66%を地熱エネルギーで賄っており、世界最先端の再生可能エネルギー立国である (Kettilsson, 2010; 第5図)。

注目すべき地熱エネルギー利用は地熱直接利用であり、2009年現在、全家庭の90%に地熱水を給湯し、地熱暖房を実現している。地熱発電開発も、2009年にHellsheiðiの増設で575MWに近づきつつあり、すでに日本を抜いている。大陸科学掘削計画の一環で2008年からKrafla地域を深度4-5kmまで掘削し、超臨界流体発電を目指す (第7図)。



第5図 アイスランド地熱地図。

Installed capacity in power station				
	2007	2006	%	
Hydro	1,758	74.4	1,182	68.8
Geothermal	405	20.5	432	24.0
Total	2,263	100.0	1,617	100.0

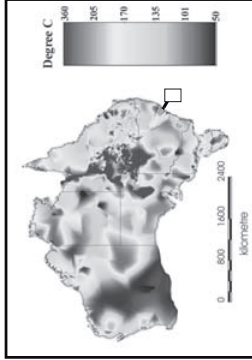
Electricity production				
	2007	2006	%	
Hydro	8,394	76.1	7,289	73.8
Geothermal	3,579	29.9	2,631	26.5
Total	11,973	100.0	9,920	100.0

第7図 IDDP掘削計画。

地熱開発ラッシュに沸くオーストラリア

いまだ、0.2MWの地熱発電設備しかもないオーストラリアにEGS発電開発ラッシュの大異変が起きている。発端は日本の花崗岩の10倍も放射性元素を含む花崗岩地帯の高い地温勾配にある (第8図)。

先頭を走っているのはGeodynamics社であり、Cooper盆地に4.2-4.4km深の坑井を3坑掘削し、温度250°Cに達しており、2009年初頭には1MWの水パナラーによるパイロット発電を目指している。連邦政府は2007年に、100百万AU\$以上の各種地熱RD&D予算を投入しているが、さらに掘削実証予算50百万AU\$の投入を開始する。現在、40社が地熱ライセンスを取得し、2008年10月6日にはニュージーランドに匹敵する26.5万km²の地域が地熱ライセンス地域として開放された (第9図)。バブル的であり、試練は今後だが、これは将来への投資に他ならない。

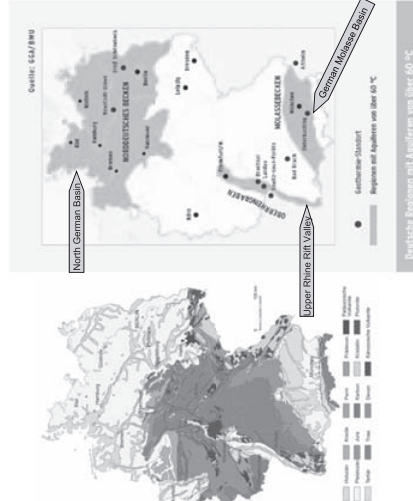


第8図 深度5 km地温 (Someville et al., 1994)。



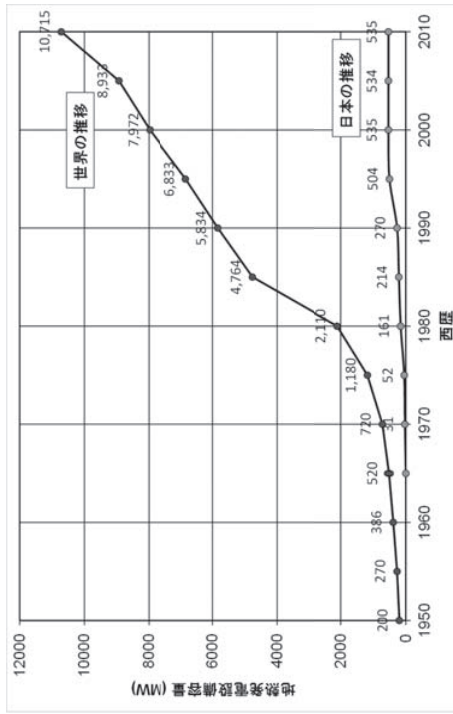
地球環境先進国ドイツ

ドイツには火山性熱水系もなければ、放射性元素に富んだ花崗岩体もなく、温度異常はないに等しい。それにもかかわらず、ドイツは浸透率の比較的高い北部堆積盆地、ライン地溝帯、アルプス北部モラッセ堆積帯など、小さいながら5つの地熱発電所を稼働させている (第10図)。Neustadt-Gleweが0.23MW、Landauが2.5MW、Unterhachingが3.5MWである。このうち、2007年11月から運転を開始したLandau (ランキンサイクル) と Unterhaching (カーリーナサイクル; 第11図) はそれぞれ、深度3.3 kmと3.4 kmまで掘削しても、熱水温度が150 °Cと120 °Cに過ぎない。



第10図 ドイツの地熱開発地域 (Wissing, 2007)。

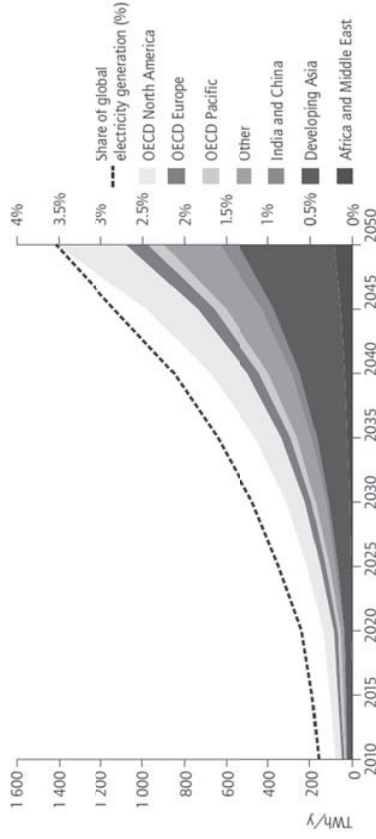
世界の地熱開発動向



地球温暖化・最終石油危機の中、世界の地熱発電量は着実に伸びている (Bertani, 2010)。

IEA地熱ロードマップ

Figure 8: Roadmap vision of geothermal power production by region (TWh/y)



このロードマップでは、2050年に全世界で電力需要の3.5%を地熱発電で賄う大変挑戦的なシナリオが提案されている(IEA, 2011 Technology Roadmap on Geothermal Heat and Power)。

日本の地熱開発の障壁

- 日本の地熱開発の障壁は5つある
- 一つ目の障壁は、ほとんどの活火山が国立公園とされ、150°C以上の浅部熱水系資源の82%が開発規制されていることである
- 二つ目の障壁は2008年3月現在、国内に28,090あるといわれる温泉との摩擦の問題である
- 三つ目の障壁は国立公園法、温泉法、森林法、電気事業法、環境アセス法等々、縦割りの許認可制度である。このため、わが国では地熱発電の探査から開発までに15~25年も掛かっている
- 四つ目の障壁は、これら3つを総合した結果として、地熱発電開発の初期コストが大きいことである
- 五つ目の障壁は、これらはほぼ全て社会的・制度的要因であり、強力な政策的支援があれば、克服されることであるが、そのような政策的支援が得られないことである

3.11でエネルギー政策が変わった

- 福島第一原子力発電所の炉心メルトダウン、複合放射能汚染、いわれなき福島難民などによって、原子力発電はその巨大なリスクを最悪の形で露呈した
- これによって、一挙に自然エネルギーが見直された
- とくに、地熱発電は自然エネルギーの中で唯一の安定電源という点でも、東日本に資源が豊富という点でも、注目されることとなった
- これに伴い、「自然公園開発規制の緩和」、「全量固定価格買取制度」、「地熱資源開発調査支援」、「地熱地上設備開発支援」、「地熱開発理解促進支援」といった5つの政策的支援が進められている

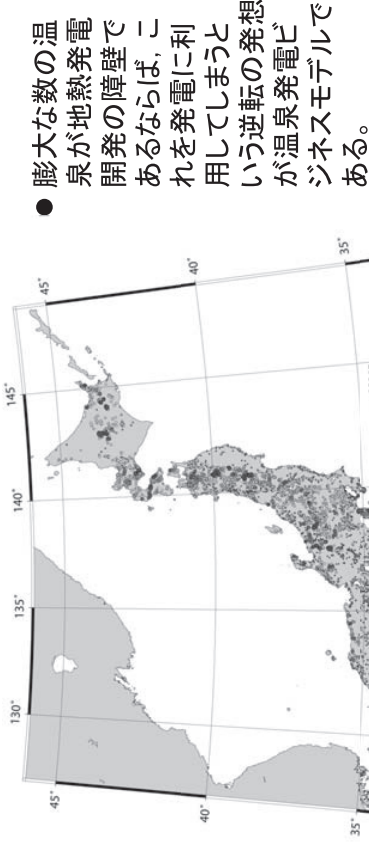
自然公園開発規制緩和の動き



2012年3月12日(月)
読売新聞

3月21日環境省がついに特別地域第2種・第3種の規制緩和を決定

温泉発電ビジネスモデル



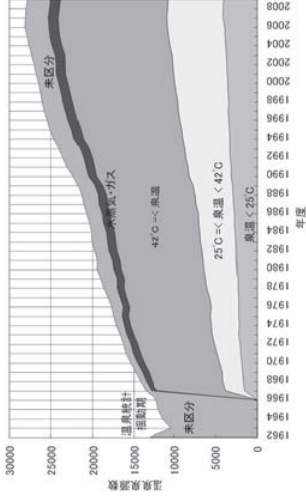
- 膨大な数の温泉が地熱発電開発の障壁であるならば、これを発電に利用してしまうという逆転の発想が温泉発電ビジネスモデルにある。

第2図 7,203個の泉温分布 (村岡ほか, 2007)

※本図は概算し、泉温と泉に依存する
弘前大学

温泉発電ビジネスモデル

しかし、高温温泉は高いエネルギー準位をもつにもかかわらず、わが国では浴用利用のみに用いられるため、むしろ、その浴用適温化に苦慮している。



第3図 1962～2005年度まで、温泉市場は非常にダイナミックであり、常に増え続けるかのようであった(環境省, 2009)。しかし、温泉も需給関係に支配されていたようだ。

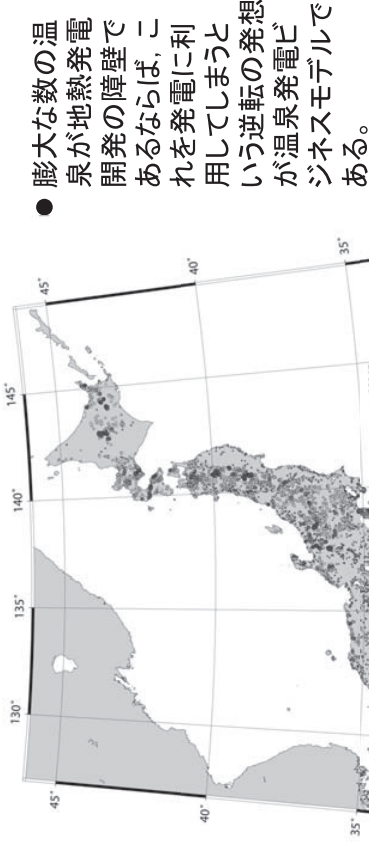
Establishing a Global Identity, Creating with the Community
Hirotsuki University

第4図 その典型が成分を薄めな
いまま、人力でお湯を冷却する草
津の湯もみである (GERD提供)



※本図は概算し、泉温と泉に依存する
弘前大学

温泉発電ビジネスモデル



- 膨大な数の温泉が地熱発電開発の障壁であるならば、これを発電に利用してしまうという逆転の発想が温泉発電ビジネスモデルにある。

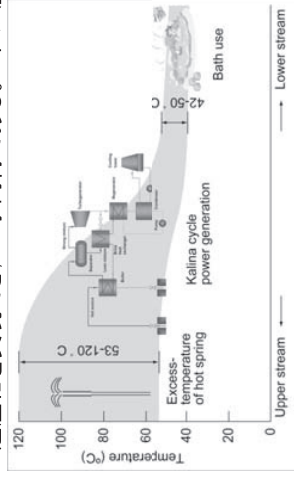
第2図 7,203個の泉温分布 (村岡ほか, 2007)

※本図は概算し、泉温と泉に依存する
弘前大学

温泉発電ビジネスモデル

解決策

浴利用の上流側、竹製冷却機でなく、小型カリナサイクル発電を導入すれば、カリナサイクル発電のΔT下限の53°Cという温度が、浴用利用への橋渡しに好適の温度である。これによって、発電ができる上に、成分を薄めないまま、浴用適温化を実現でき、一挙両得である。これが温泉発電ビジネスモデルである。



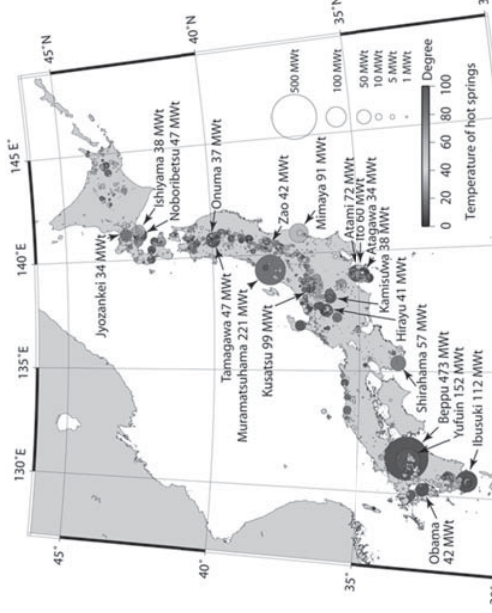
第8図 カリナサイクル発電の最低発電温度 (大里, 2003; 村岡, 2007)

第7図 温泉発電概念図 (村岡, 2007)

※本図は概算し、泉温と泉に依存する
弘前大学

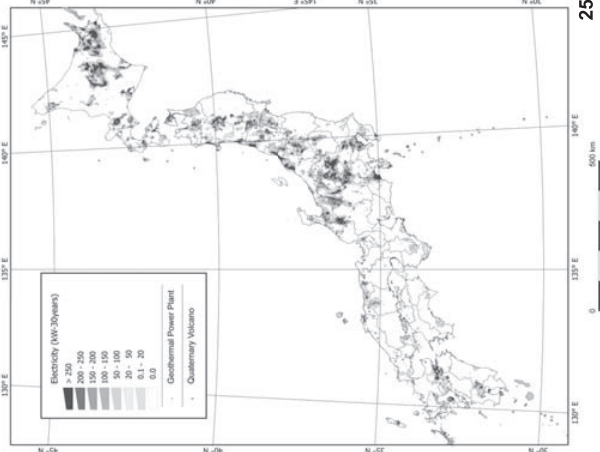
市場規模評価

- 先ず掘削なしに、現在廃棄されている温泉水を想定。
- 50kWカリナサイクル発電システムを想定。
- 泉温・湧出量の関係から30kW未満の温泉は無視。
- その結果、統計的には1591個の温泉が適用対象となり、72.3万kWの市場規模が見積られた。



第9図 主要な適用対象温泉の分布

※本図は概算し、泉温と泉に依存する
弘前大学

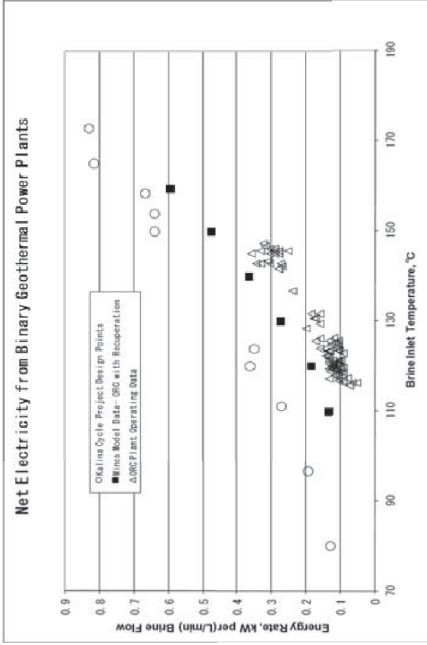


市場規模評価

- 次に掘削を許した場合を想定。
- これは資源量評価の容積法にもとづき、(基盤岩より上位の)新第三系・第四系中を対象。
- この範囲で、温度が53°C以上120°C未満に該当する熱水系資源量を評価。
- 120°C以上は蒸気フラッシュ発電やランキンサイクル発電の領域として除外。
- その結果、国土の22.2%が対象となっており、全国展開が可能となり、833万kWの市場規模が見積られた。

第10図 53-120°C熱水系資源分布

50kW級温泉発電システム



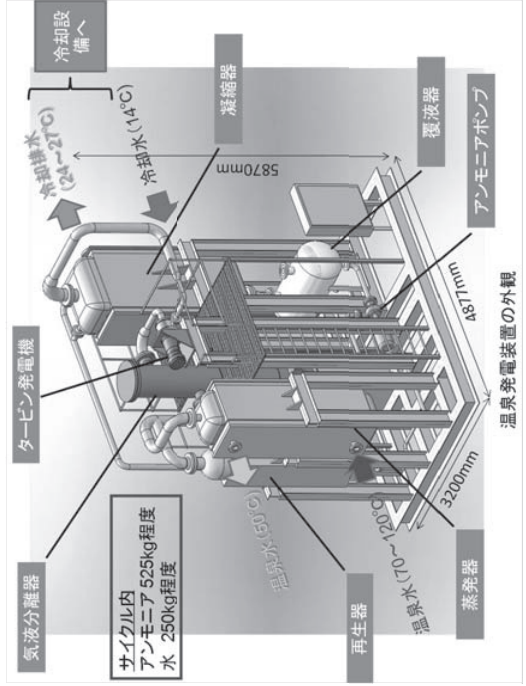
第12図 単位流量当たり熱効率のカーナサイクルとランキンサイクルの比較(大里, 2005)

50kW級温泉発電システム

第1表 50kW級温泉エコジョエネシステムの基本仕様(大里, 2010)

開発仕様項目	空冷式	水冷式
温泉水流量, kg/s	8.104	8.104
温泉水入口温度/出口温度, °C	85 / 50	85 / 50
冷却媒体温度(年平均), °C	14	14
入力熱量, kW	1,187.48	1,187.48
出口熱量, kW	1,122.45	1,118.18
タービン降下熱量, kW	68.53	72.94
タービン仕事量, kW	65.11	69.29
フィードポンプ消費電力, kW	4.67	4.85
発電端電力, kW	60.43	64.44
冷却系統消費電力, kW	10.44	4.79
送電端電力, kW	50.00	59.66
熱効率, %	4.21	5.02
単位温泉水消費量, kg/kW-h	583.5	489.0
単位電力消費量, watt h/kg	171	2.04

← 85°Cの温泉水ならば、407 L/分の熱源熱水が必要であるが、98°Cならば、276 L/分であり(大里, 2010)。



Goal

第14図
50kW級温泉エコジョエネシステム
完成予想図
(村岡・大里, 2010)

50kW級温泉発電システム



新潟県松之山温泉の鷹の湯3号源泉実験サイト
(2011年11月24日村岡撮影)

新潟県松之山温泉において2011年12月16日
から実証試験運転を始めた50kWカーリーナサ
イクル(大里、2012による)



Establishing a Global Identity, Creating with the Community
Hirosaki University

常葉に発掘し、地熱と熱に発電する
弘前大学



温泉発電の技術的課題：温泉沈殿物

- スケール(温泉沈殿物)問題は、温泉発電の熱交換器の目詰まりの原因となり、きわめて深刻のように思われる
- 下記の奥飛騨温泉のある温泉では、源泉の井戸がわずか2週間で閉塞する



図 奥飛騨温泉のある源泉の炭酸塩沈殿物

常葉に発掘し、地熱と熱に発電する
Hirosaki University

弘前大学

温泉発電の技術的課題：温泉沈殿物

- しかし、こうなると、スケール(温泉沈殿物)問題は、温泉自体の維持管理の問題であるため、ここではスケール防止剤を井戸の底まで注入している
- つまり、スケール(温泉沈殿物)問題は、温泉自体の維持管理にとつて、深刻な問題のため、すでに温泉の側で、解決済みであることが多いことが判明した

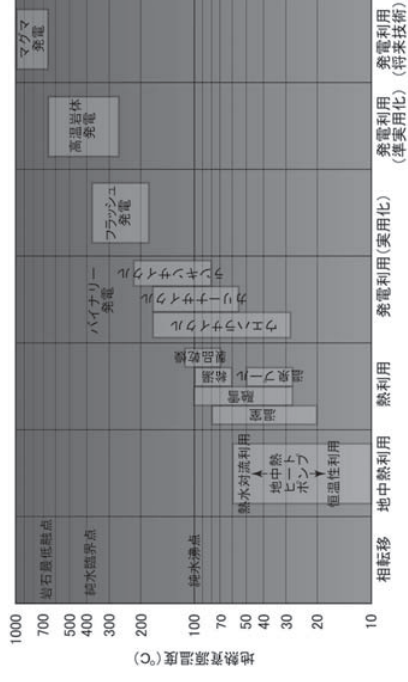


図 奥飛騨温泉のある源泉の井戸

Establishing a Global Identity, Creating with the Community
Hirosaki University

常葉に発掘し、地熱と熱に発電する
弘前大学

地熱はカスケード利用が可能



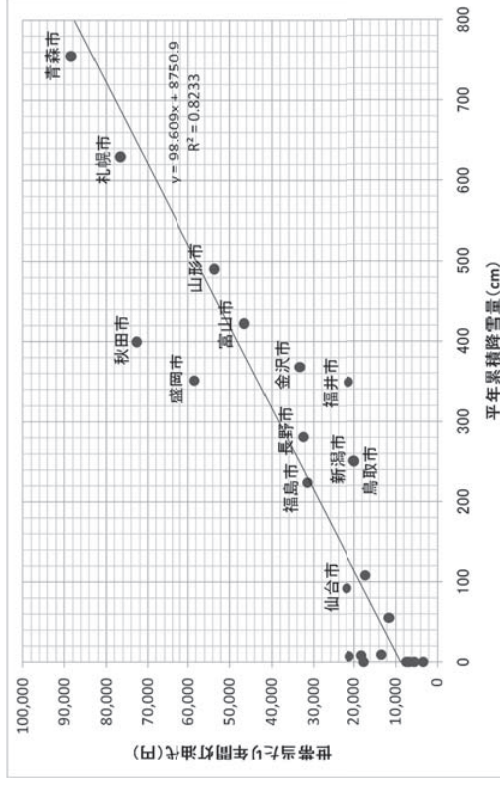
地熱資源の利用方法

地熱は発電だけでなく、直接熱利用が可能であり、温度ごとに幅広い利用が可能である。たとえば、地中の恒温性を利用した地中熱ヒートポンプの冷暖房システムが米国では90万台も普及し、その貢献は地熱発電を凌駕している

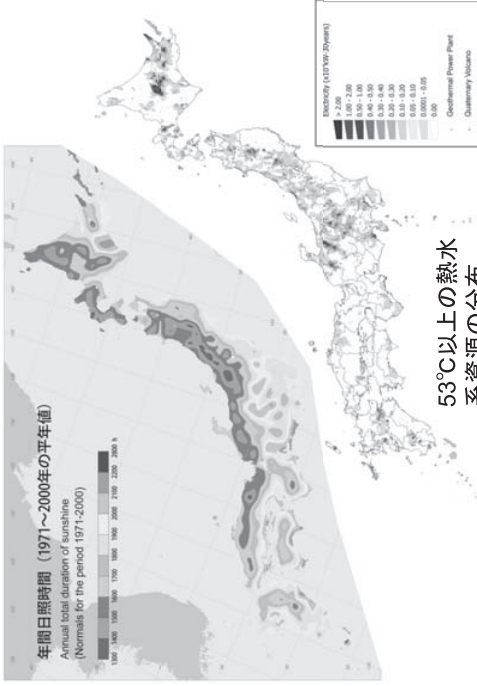
Establishing a Global Identity, Creating with the Community
Hirosaki University

弘前大学

将来の地熱総合利用に向けて



地熱資源は豪雪地帯に多い



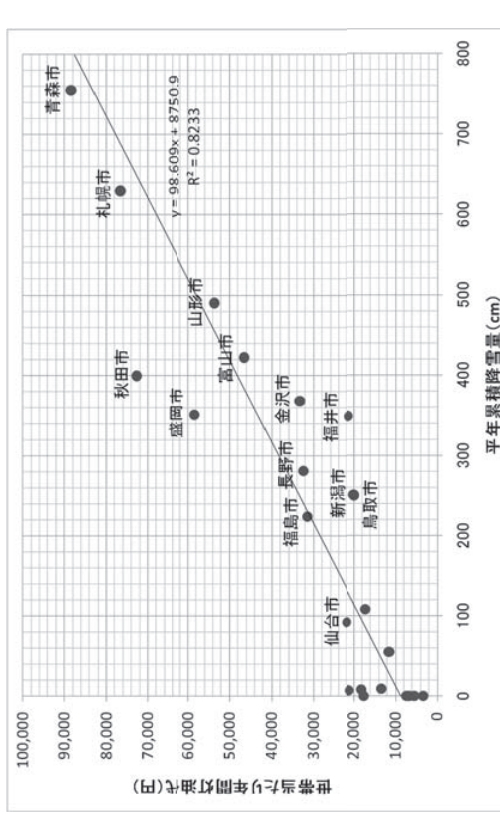
53°C以上の地熱
系資源の分布

熱水系資源は年間日照時間の短い中山間地や裏日本に多く、疲弊する地方が多い。

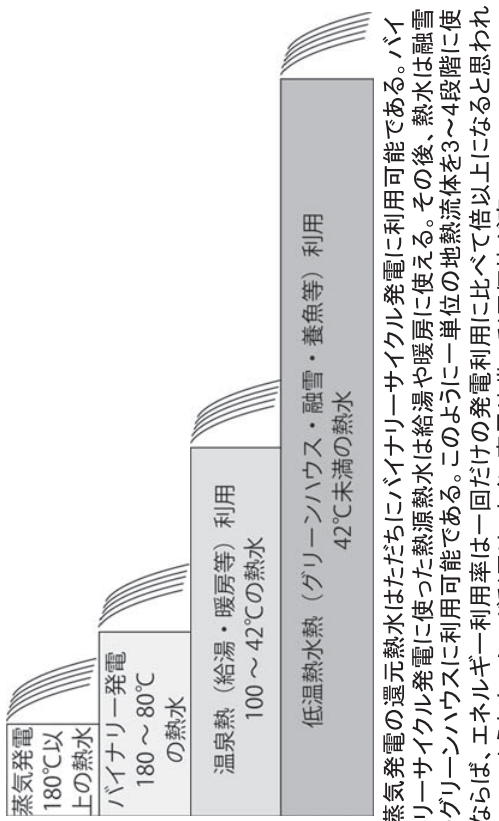
つまり、太陽光発電との棲み分けが可能であるとともに、その開発がグリーンエネルギーの中で最も地方の疲弊を救う潜在能力をもつ。

図 資源エネルギー庁・地熱発電に関する研究会(2009)中間報告による

地熱はカスケード利用案



地熱はカスケード利用案



地熱カスケード利用の勧め

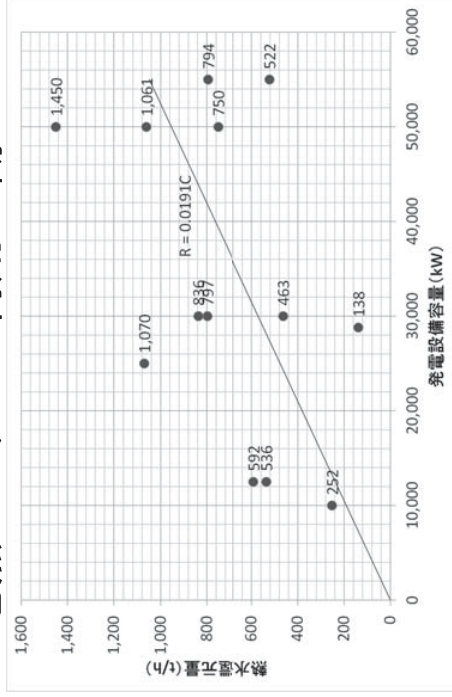


図 わが国の主要地熱発電所の発電設備容量と熱水還元量との関係(日本地熱調査会, 2000). ただし、乾燥蒸気型および希釈還元式地熱発電所を除く

地熱カスケード利用の勧め

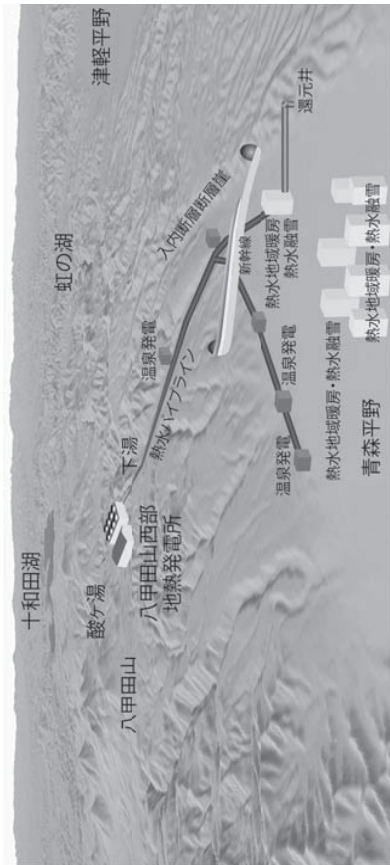
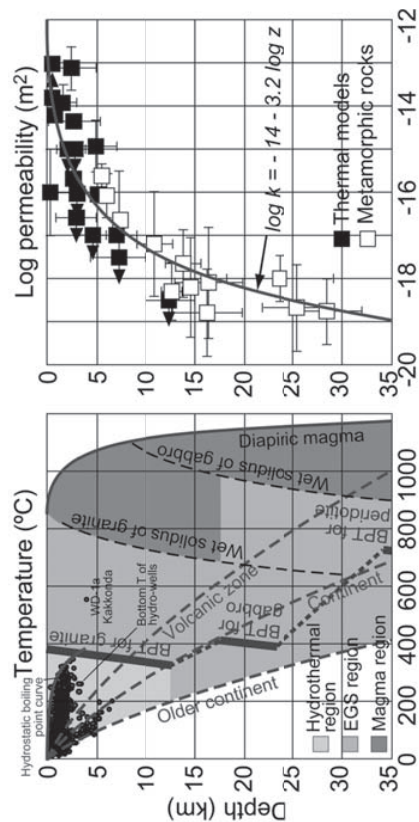


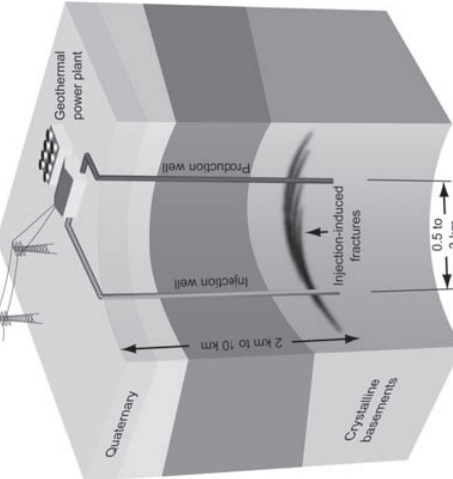
図 青森市における地熱カスケード利用の概念図(村岡ほか, 作図)

EGS発電の将来的意義



Muraoka (2011, in press)

涵養地熱系(EGS)発電



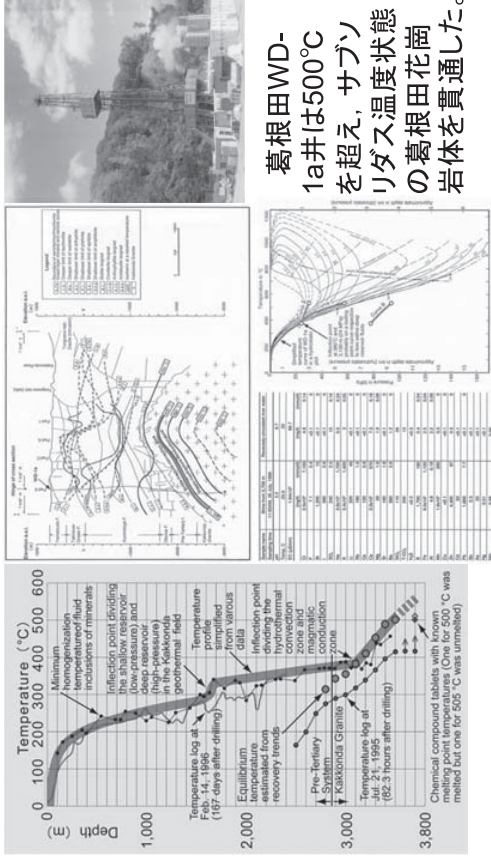
EGS発電の概念 (Mock et al., 1997; Tester et al., 2006から再描画)。

- 涵養地熱システムとは EnhancedまたはEngineered Geothermal Systemの訳であり、以下、この概念による発電をEGS発電と呼ぶ。
- EGS発電は高温岩体発電の発展形ながら、もっと意味が拡張されている(中尾, 2007)。
- 最近の米国, 欧州, オーストラリアの地熱研究開発の中心的課題はこのEGS発電である。
- EGS発電の最近の火付け役は米国エネルギー省予算によってまとめられたTester et al. (2006)である。

EGSの2つの障壁

多数の国においてEGSプロジェクトが現在、実証または実験段階にある。EGS実現の鍵は受け入れ可能な速度かつ受け入れ可能な抑制流量で、長時間生産を維持し得る十分な容積をもった多数の貯留層を造成し、維持することにある。他方、注入水損失と誘発地震リスクの管理が課題である (Goldstein, B., G. Hiriart, R. Bertani, C. Bromley, L. Gutiérrez-Negrin, E. Huenges, H. Muraoka, A. Ragnarsson, J. Tester, V. Zui, 2011: Geothermal Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.401-436)。

これまでの実績1

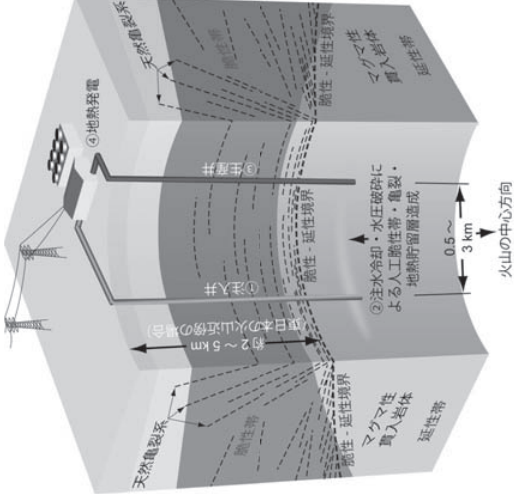


Muraoka et al. (1998)

※本図は複製し、掲載元または関係する
弘前大学

Establishing a Global Identity Creating with the Community
Hirotsuki University

延性帯EGS—JBBBPの提案



延性帯EGS—JBBBPの提案
(詳しくは村岡・浅沼・伊藤(2013)地学雑誌, 122(2), 343-362. をダウンロードされたい)

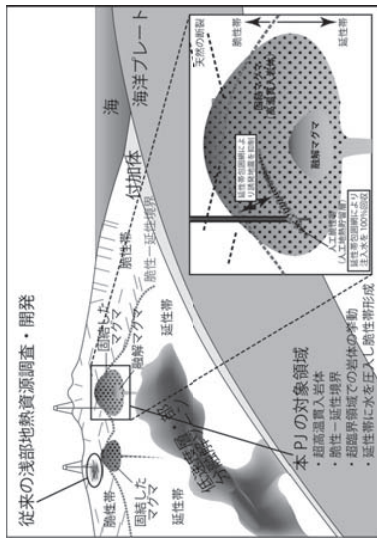
Establishing a Global Identity Creating with the Community
Hirotsuki University

※本図は複製し、掲載元または関係する
弘前大学

研究目標

従来の高温岩体発電方式には2つの致命的ネックがあった。1つは天然断層系が卓越する地殻条件下では注水率の回収率が30%程度に留まり、膨大な注水補充が必要となる点である。いま1つは地殻への水の注入が間隙水圧を上昇させ、誘発地震を引き起こす点である。

本研究では岩手県葛根田地熱地域など、東北地方の500°C前後の延性帯に科学掘削を実施し、水を注入し、延性帯中に孤立人工断層系を造成することによって、これら2つの問題を一挙に解決する東日本発の地熱発電方式を実証する。この発電方式は採算掘削深度に依存するものの、従来型熱水系資源量よりはるかに多量の新しい伝導型熱資源の開拓を約束する。



Establishing a Global Identity Creating with the Community
Hirotsuki University

※本図は複製し、掲載元または関係する
弘前大学

地熱発電は主力電源になり得るか

- ロシア・コラ半島に掘削された世界最深の坑井SG-3でも、深度12 kmに過ぎず、地球の半径の0.2%に達したに過ぎない。
- 掘削技術や掘削コストの問題さえクリアすれば、深くなるほど、地下温度は上昇するため、地熱資源量は無尽蔵に近い。

地熱発電は主力電源になり得るか

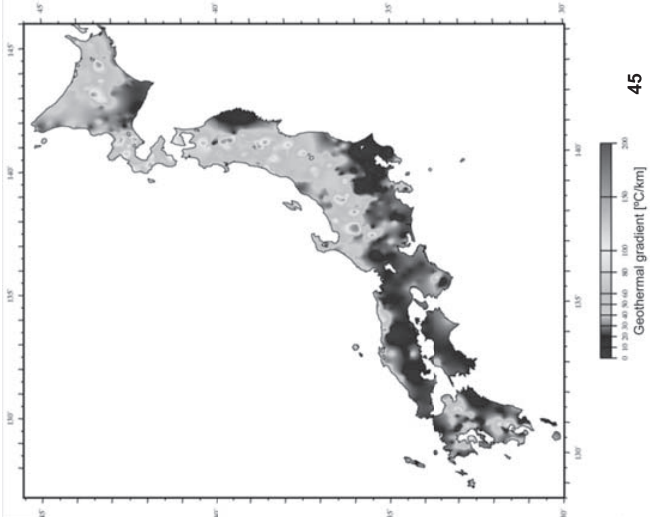
地熱資源の種類	技術レベル・普及条件	発電設備容量 (kW×30年)	日本の総電力設備容量2.4億kWに対する供給能力 (%)	下限深度	発電効率
浅部高温熱水系資源 (>150 °C)	現在技術・規制緩和で開発可能	2347 万kW	9.80	概ね3 km	0.4
浅部中温熱水系資源 (150-120 °C)	現在技術・規制緩和で開発可能	106 万kW	0.44	概ね3 km	0.2
浅部低温熱水系資源 (120-53 °C)	現在技術・規制緩和で開発可能	833 万kW	3.50	概ね3 km	0.0731
深部EGS発電資源	比較的近い将来技術	7700 万kW	32.10	概ね5 km	0.4
マagma発電資源	未来技術	7.48 億kW	311.70	10 km	0.4

Establishing a Global Identity Creating with the Community
Hirotsuki University

※本図は複製し、掲載元または関係する
弘前大学

北日本には豊富な地熱資源がある

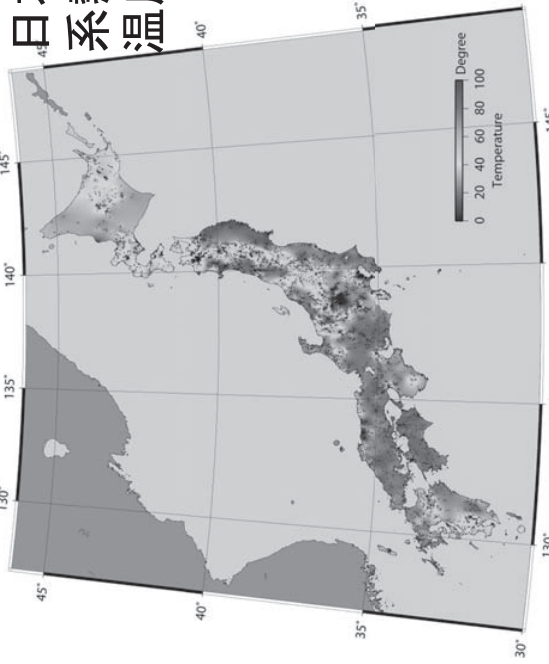
左図は日本の地温勾配図である(矢野ほか、1999)。これは日本の地下温度構造を表していると言っよい。この図からみると、地熱資源は北日本と九州に2分されるもの、北日本の方がより大きな地熱地帯と云うことができる。



45 Geothermal gradient [°C/km]

日本の熱水系熱水湧出温度マップ

7203個の温泉
 泉源データから
 作成(村岡,
 2007)。



46 Establishing a Global Identity, Creating with the Community Hirotsaki University

北日本地熱立国論

- 北日本は火山地帯であり、豊富な地熱資源に恵まれている
- 地熱発電は全国においては主要電源になり得ないが、北日本においては十分に主要電源になり得る
- しかも、北日本の生命線は暖房であるから、地熱発電の膨大な還元熱水を暖房や融雪に利用できる
- つまり、北日本にはアイスランドのように地熱ユートピアをつくることができる
- 地熱資源を主要電源や地域暖房や道路融雪など、徹底的に利用すれば、これは同時に、地方の一大産業構築になる
- これが北日本地熱立国論である

まとめ

- 世界第3位の地熱資源大国日本の地熱市場は15年間も停滞した
- しかし、東日本大震災を契機に地熱が見直され、固定価格買取制度や規制緩和が加速し始め、一挙に地熱市場が復活しつつある
- 寒冷地での地熱利用には、すでにアイスランドのような模範的な先進事例が存在する
- 平成25年度にJOGMEC「地熱資源開発調査事業費助成金交付事業」が20件採択され、地方経産局「地熱開発理促進事業」が42件採択され、これには、温泉組合が多数進出しており、流れが完全に変わっている
- 地熱への新規企業の参入が急増し、地熱地域の獲得競争が急増していることから、いまや、地熱開発市場は完全に復活したようにみえる
- 北日本は安心安全な高齢者社会のためにも、地域産業構築のためにも、エネルギーインフラに大幅に地熱を取り入れられるべきであろう

北海道における地熱開発調査の現状と課題

秋田藤夫（北海道立総合研究機構）

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第1原子力発電所の事故は、我が国のエネルギー施策を根本的に見直す大きな契機となり、原発への依存度を低くするため、エネルギー源のベストミックスが模索されることになった。その将来像として、再生可能エネルギーの比率を高めることが求められている。中でも地熱発電は、季節や天候等による変動が少なく高稼働率なベース電源としての役割を担うことが期待されている。そして、2011年8月には再生可能エネルギー特別措置法が成立し、2012年7月1日からは再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度が始まった。このような背景のもと、環境省により温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの導入が促進されるよう、地熱発電の開発のための掘削等を対象とした温泉資源の保護に関するガイドラインが策定された（環境省、2012）。それを踏まえ、国立・国定公園内における地熱発電開発の取扱いについての規制緩和策が示された。これらを含むいくつかの規制緩和策と同時に、地熱発電開発に係る調査等への公的な支援事業〔例えば、資源エネルギー庁（2013）；JOGMEC（2013）等〕を強化するなど、地熱発電開発の推進に資する数々の施策が展開されている。こうした国レベルでの地熱発電開発に係る各種施策等の進展に伴い、地熱資源のポテンシャルが高いとされている北海道でも多く

の地域で温泉発電を含む地熱発電開発に係る検討・調査が行われている。本講演では、北海道内における地熱開発調査の現状と課題について述べる。

2. 地熱開発調査の経過

北海道の地熱開発は1965年頃までは、古くからの温泉地を中心に浴用目的の温泉開発を主体として進められていた。北海道において本格的に地熱開発を目的として調査・研究が開始されたのは1966年からである（酒匂、1998）。北海道立地下資源調査所（現地質研究所）は地熱水の多目的利用も含む地熱開発を目指して、鹿部、白水沢、熊石、北湯沢、登別、十勝川上流、羅臼、弟子屈、阿寒等の多くの地域で順次調査を実施した。それらの成果を踏まえて、1976年から1980年にかけて北海道における地熱・温泉資源に係る網羅的な資料集として北海道の地熱・温泉総覧シリーズを刊行した。その後、北海道の地熱・温泉総覧補遺版、地熱・温泉ボーリングデータ集、北海道地温勾配図等の各種報告・資料集・主題図等が随時とりまとめられている。

一方、国では1947年頃から地質調査所により地熱開発地域選定に関する研究が開始された。国として地熱発電を目指した組織的な地熱調査が始まったのは、第1次オイルショック後の1973年からである（川村、1992）。新エネルギー源の開発を目的としたサンシャイン計画の発足により、全国的な

地熱資源量を把握するための基礎調査が行われた。これらの調査は全国地熱基礎調査，地熱開発精密調査，地熱開発基礎調査として1973～1979年にかけて実施された。1980年には新エネルギー総合開発機構（NEDO）が設立され，それまでの概査の質を更に向上させた地熱開発促進調査や広域的な地熱資源賦存量の把握を目的とした全国地熱資源総合調査が行われた。同時に地熱開発に係る様々な要素技術の研究（例えば，断裂型貯留層探査法開発，貯留層変動探査法開発等々）も実施された。地熱開発促進調査の事業予算は1982年をピークにそれ以降は徐々に減少しながら2011年まで継続された。

1973年から始まった全国規模の地熱調査を大まかに分類し，そのうち北海道で実施されたものをまとめると以下のようなになる。

◎全国地熱基礎調査（1973～1975年：5地域，実施：地質調査所）

豊羽・定山溪，支笏・洞爺，駒ヶ岳北部，駒ヶ岳南部，十勝川上流

◎地熱開発精密調査（1974～1977年：4地域，実施：資源エネルギー庁）

豊羽・定山溪，支笏・洞爺，駒ヶ岳北部，駒ヶ岳南部

◎地熱開発基礎調査（1976～1979年：5地域，実施：資源エネルギー庁）

壮瞥，大成・熊石，太平山，愛山溪，アトサヌプリ

◎地熱開発促進調査（1980～2011年：18地域，実施：NEDO）

地熱開発促進調査はそれまでの基礎調査，精密調査の結果を踏まえ，地熱資源ポテン

シャルが高いと推定された阿寒，上川，登別，豊羽，弟子屈西部等を含む道内の18地域で実施された。これらの中には国立公園第2種，第3種特別地域，普通地域や国定公園も含まれる。

◎全国地熱資源総合調査—広域熱水流動系調査—（1980～1990年，実施：NEDO）

第1次調査（1980～1983年：日本列島全域），第2次調査（1984～1986年：ニセコ地域），第3次調査（1987～1990年：十勝地域）

2007～2009年にかけて北海道での調査は実施されなかったが2010年になり奥尻，武佐岳，豊羽で促進調査が再開された。しかし，当時の民主党政権の事業仕分けにより2011年には調査が中断された。その後，東日本大震災に伴う原発事故により地熱調査が再開されることとなった。

北海道における地熱発電は1982年に道南の濁川地区の森地熱発電所で開始された。濁川地区では，1972年頃から地熱調査が始まり，およそ10年の歳月をかけて発電所が建設された。しかし，森地熱発電所の建設以降，北海道では未だ新たな発電所は建設されていない。一方，地熱開発の一つとしての温泉開発は広域かつ持続的に行われている。北海道における温泉開発の進展は，石油代替エネルギーとしての開発利用を目的として1980年から開始された北海道庁による市町村振興補助金制度が大きな役割を果たした。補助対象となったものは1980～2004年の167源泉で，この数は，同時期の市町村による温泉ボーリングの60%を占めている。これにより古くからの既存温泉地以外の多くの地域でボーリングによる新

規の温泉開発が進展した。加えて、地熱資源ポテンシャルの低い地域も含めた広域的な地下深部の地質や水理状況に関する情報が蓄積された。

以上述べた国及び地方自治体を中心に推進された地熱調査や開発により得られた各種データは、北海道内における地熱資源の賦存状況の全体像を捉えるうえでの貴重な基礎資料となっている。また、これらの調査及び開発を通じて得られた各種データは、その後北海道内の自治体や民間によって進められている温泉開発を中心とした地熱開発のための有用な資料として活用されている。一連の地熱調査により地熱資源ポテンシャルの高い地域の抽出は行われたが、新たな発電所の建設につながっていないのは、本州と同様地熱発電開発に係るいくつかの課題（例えば、発電コスト、自然公園問題、温泉との共生等）があったためである。しかし、2011年に発生した東日本大震災に伴う原発事故は、地熱開発を取り巻く環境を大きく変えた。先に述べたように原発事故に伴い再生可能エネルギー開発への関心が高まる中、地熱発電や温泉熱の有効利用推進のための各種規制緩和や調査開発に係る事業費の一部を国が支援する仕組みの整備により、北海道内においても多くの地域で地熱開発の検討・調査が行われている。

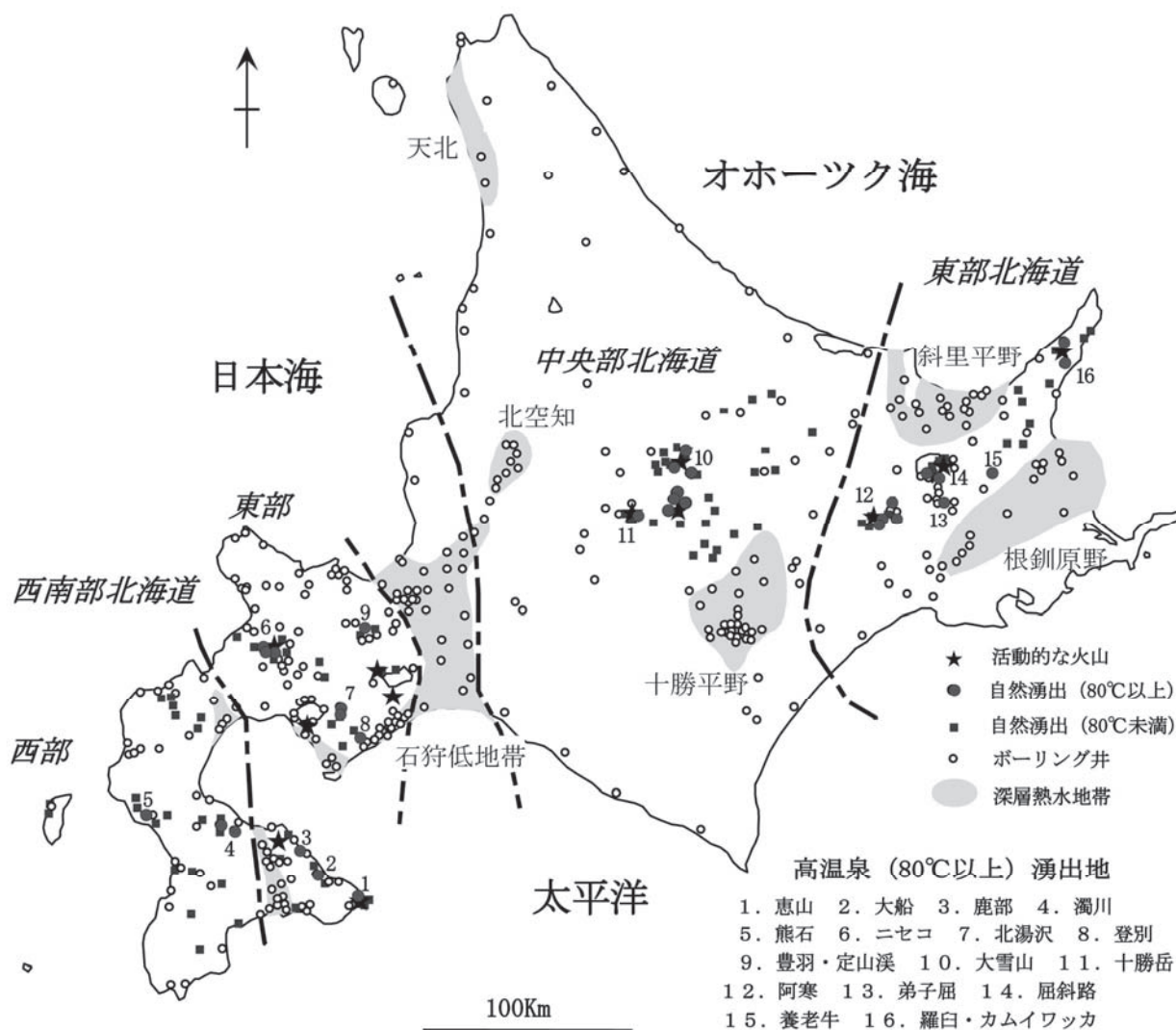
3. 北海道の地熱・温泉資源の概要

北海道には活動を続ける火山とともに数多くの噴気帯や高温泉の湧出が見られるなど、地熱資源に恵まれている。地球上の活火山の総数は約 1,550 と言われているが、

その中でも我が国の活火山は 108 に及ぶ。一方、国土の面積の 23%を占める北海道（北方領土を含む）には 29 個の火山があり、全国の 27%に相当する（内閣府，2010）。

北海道における地熱・温泉資源の分布概要を第 1 図に示す。高温（80℃<）の温泉湧出地は、石狩低地帯を境にして、大まかに東部は知床から摩周・屈斜路・阿寒へ連なる地域、中央部は大雪・十勝地域、そして西南部に分けられる。西南部は、比較的狭い範囲に地熱・温泉兆候地が数多くあり、豊羽・定山溪、支笏・洞爺・登別、ニセコ、熊石、濁川、奥尻、鹿部、恵山等に高温の温泉湧出地が点在している。これらの地熱・温泉兆候地は、現在も活発に活動を続ける第四紀火山とその周辺部に分布する。一方、平野部には非火山性の深層熱水と呼ばれるやや温度の低い（60℃>）温泉の賦存域が広がっている。それらは十勝平野をはじめ、根釧原野、斜里平野、石狩平野を中心とする石狩低地帯、少し規模は小さくなるが空知北部、函館平野などがあげられる。これらの地域では、近年のボーリング技術の進歩や水中モーターポンプの性能向上を背景に深度 1,000m を超える大深度掘削が行われ、それまで温泉のなかった所にも次々と新たな温泉が誕生している。

地熱資源ポテンシャルは、第 2 図に示す地温勾配図により明瞭に示される。知床、摩周・屈斜路・阿寒、大雪・十勝地域、西南部はほぼ全域が高地温勾配域となっている。西南部は、特に豊羽・定山溪・余市岳、支笏・洞爺・登別、ニセコ、そして鹿部から濁川・熊石・大成・奥尻へ連なるゾーンが高地温勾配域となっている。



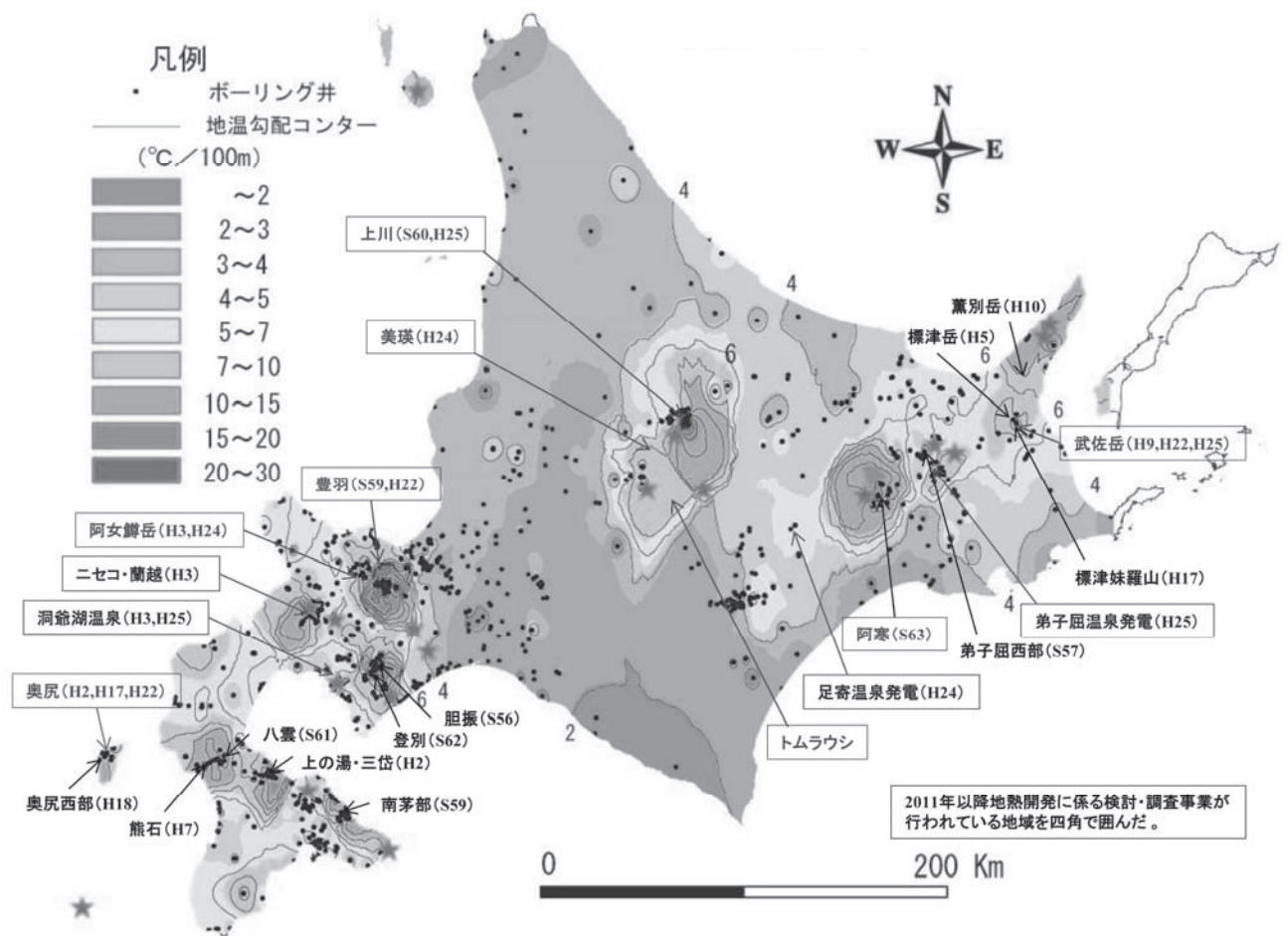
第1図 北海道における地熱・温泉資源分布概要

大久保ほか(1998)は、北海道の地温勾配図に基づき地下温度構造を推定している。それによると地温勾配図の中で高地温勾配域として抽出された知床、阿寒、大雪・十勝、豊羽・定山溪・余市岳、登別、ニセコ、濁川、鹿部・恵山、熊石・大成等では地表下3Km深で300℃以上になり、200℃等温面は2Km以浅に分布するという結果が得られている。

1980年代から1990年代にかけて行われたNEDOの地熱開発促進調査に基づき推定

された北海道の地熱資源の賦存量は、全国の約4割弱とされている(宮崎ほか,1991)。日本全体での潜在的な資源量から推定された発電可能量が2000万KW以上とされていることから、北海道は800万KW程度の発電量が期待される。

2013年現在の北海道の地熱発電の定格出力は森地熱発電所の2.5万KWであることから、潜在発電可能量の0.3%程度にすぎない。この定格出力は、我が国の地熱発電の定格出力の約4.9%にあたる。



第2図 北海道の地温勾配図及び地熱発電開発に係る検討・調査が行われている地域

北海道において地熱開発の一つとしての温泉開発は持続的に進展してきた。環境省の平成23年度の都道府県別温泉利用統計データによると、北海道における温泉湧出量は毎分24万リットルで、全国のほぼ9%に達する(環境省, 2013)。地質研究所では2007年に道内の温泉利用源泉のほぼ全てを対象に、浴用利用も含めた各種施設について現地調査に基づきその実態を整理している(鈴木ほか, 2008)。それによると2007年時点の源泉総数は2,252ヶ所とされており、利用源泉はその内の約7割で、約88%がボーリングによる源泉とされている。地熱直接利用については暖房、給湯、農水産

利用、プール、融雪など多目的に利用されている。施設数は事業所等が522箇所、一般家庭の暖房利用が1572箇所である。設備容量は88.8MW、石油代替量は65ML/年、稼働率の平均は0.62である。以上述べたように、北海道において温泉は、観光産業を主体とした浴用利用はもとより、積雪寒冷地という条件もあり多目的に熱利用が行われており、地域の社会・経済基盤として重要な役割を担っている。

4. 地熱発電開発調査の現状

2011年以降、北海道における地熱発電開発に係る検討・調査が行われている地域の

概要について述べる。2013年現在、地熱発電を目指している地域としては、豊羽をはじめとして、阿女鱒岳、白水沢、武佐岳、トムラウシ、阿寒、奥尻の計7ヶ所が、温泉発電・熱利用については洞爺湖温泉のほか、弟子屈、足寄、ニセコ・蘭越の計4ヶ所が挙げられる。

第2図にはこれまでNEDOの地熱開発促進調査が行われた地域と現在地熱調査が検討・実施されている地域（四角で囲んだ地域）を示した。各地域で括弧内に記載している年度は調査が開始された年で、複数回実施されている地域もある。第1表にはそれぞれの地域で目標としている発電規模、自然公園等の周辺環境、これまでの調査経過、検討・調査の進展状況、周辺温泉地との関係、周辺温泉のモニタリング状況、地元自治体、国の支援事業の活用状況等を示した。

豊羽は2011年のNEDOの地熱開発促進調査から引き続き調査が進められている。同地域は約8Km離れた地点に北海道を代表する温泉地である定山溪温泉が位置しており、温泉側からは温泉への影響の懸念が示されている。温泉のモニタリング調査は事業者により2010年から行われているが、温泉保護地域でもあることから、以前から北海道庁によるモニタリング調査が実施されている。調査結果については、札幌市の町づくり協議会などの場等で定期的に説明がなされている。

阿女鱒岳は豊羽から北西に約7Kmの地点に位置する。同地域は過去にNEDOの地熱開発促進調査が行われており、2012年には地表調査、2013年には調査井の掘削が行われた。周辺温泉のモニタリング調査は、約4.5Kmの距離に位置するリゾート施設の源泉で行われている。

	地域	規模(目標)	周辺環境	経緯	現状 (開発調査事業)	周辺温泉地 (調査地点までの距離)	周辺温泉地 温泉湧出量 (L/分)	温泉モニタリング等	地元自治体	備考
地熱 発電	豊羽	40MW	国有林	NEDO調査S59~61、H22	地表調査H22~ 調査井掘削H23~ モニタリング調査H22~	定山溪温泉(8Km) 小金湯温泉(13Km)	10,000 50	定山溪温泉:モニタリング 調査(事業者、北海道)	札幌市	資源開発調査事業
	阿女鱒岳	30MW	国有林	NEDO調査H3~6	地質調査H23~、 調査井掘削H25	定山溪温泉(19Km) キロロリゾート(4.5Km) 朝里川温泉(15Km)	10,000 25 430	キロロリゾート:モニタリン グ調査(事業者)	赤井川村	資源開発調査事業
	白水沢	30~40MW	国立公園 (特別、1種、2種、3 種) 国有林	地下資源調査S43~47 NEDO調査S60~62	地表調査H25	層雲峡温泉(8Km) 雲山溪温泉(8Km)	1,700 105	-	上川町	資源開発調査事業 理解促進事業
	武佐岳	15MW	国有林	NEDO調査H0~11、H22	調査井掘削H25~	川北温泉(1Km)	310	川北温泉:モニタリング調 査(事業者)	標津町	資源開発調査事業 理解促進事業
	トムラウシ	数十MW	国立公園(2種、3種)	NEDO調査S59~H1	-	トムラウシ温泉 ヌブトムラウシ温泉 (3~5Km)	300 400	トムラウシ温泉:資源量 調査(地質研:短期モニタ リング)	新得町	-
	阿寒町	150MW	国立公園(3種) 国有林	NEDO調査S63~H2	-	阿寒湖温泉(7Km) 雄阿寒温泉(8.5Km) 雌阿寒温泉(8Km) 湯の涌温泉(8Km)	3,500 600 2,000 -	阿寒湖温泉:モニタリング 調査(北海道、地質研)、 雌阿寒温泉:モニタリング 調査(地質研)	釧路市 足寄町	-
	奥尻島 (バイナリー)	500KW	国有林、民有地	NEDO調査H2~4、H17~ 19	-	幌内温泉・神威臨温泉 (3~4Km)	370	-	奥尻町	理解促進事業
	美瑛町	10MW	民有地	調査データ無し	地表調査H24 その後調査中止	白金温泉(11Km) 天人峽温泉(8.5Km)	1,400 500	白金温泉:モニタリング調 査(地質研)	美瑛町	資源開発調査事業
温泉 発電・ 熱利 用	洞爺湖温泉	50KW	国有林、民有地	地質研調査S57~	調査井掘削H25	洞爺湖温泉・社管温泉	3,300	事業者、地質研及び北海 道が長期モニタリング	洞爺湖町	資源開発調査事業 理解促進事業
	弟子屈	100KW	民有地	地下資源調査S57~59 NEDO調査S60~62	発電開始予定H26	弟子屈・鐘別温泉(2Km)	4,000	-	弟子屈町	理解促進事業
	足寄町	100KW	国有林、民有地	-	地表調査H24	足寄町内温泉	1,070	-	足寄町	資源開発調査事業 理解促進事業
	ニセコ・蘭越	-	国有林、民有地	NEDO調査S59~H1	-	ニセコ地域は約10カ所 の温泉地が点在	8,600	-	ニセコ町 蘭越町	理解促進事業

資源開発調査事業:平成25年度地熱資源開発調査事業費助成金交付事業(JOGMEC)

理解促進事業:平成25年度地熱開発理解促進関連事業補助金(資源エネルギー庁・札幌経済局)

第1表 北海道における地熱発電開発の検討・調査が行われている地域

白水沢は大雪山国立公園に位置し、過去に北海道立地下資源調査所や NEDO による調査が実施されている。特に、1968～1972 年にかけて北海道立地下資源調査所によって行われた調査では、深度 140～1,000m の 5 本の調査井が掘削され、その内 1 本から約 30t/h の加熱蒸気が噴出した。この結果を受けて発電所の建設が計画されたが、国立公園問題により中止となった経緯がある（酒匂、1998）。本地域では、2013 年に地表調査が実施された。本地域から約 8Km の地点に層雲峡温泉が位置する。

武佐岳では 2010 年までに NEDO による地熱開発促進調査が 2 度実施された。2013 年から調査が再開され、調査井が掘削された。

その他、トムラウシ、阿寒、奥尻は調査の検討段階である。この中で、トムラウシと阿寒は NEDO による促進調査などから地熱資源ポテンシャルが高い地域とされているが、国立公園内に位置していることから環境との共生が大きな課題とされている。特に、阿寒は約 7 Km の距離に阿寒湖温泉が位置しており、温泉への影響や阿寒湖に生育する国の特別天然記念物であるマリモへの影響も懸念されている。

奥尻はこれまで NEDO により数回調査が行われており、500KW 級のバイナリー方式による小規模発電を目指している。奥尻は離島のため電力がディーゼル発電によって賄われていることから、地熱発電による電力供給の実現は、環境負荷の小さい地域分散型エネルギー供給システムとして期待が大きい。

美瑛では 2013 年に地表調査が実施されたが、それ以降の調査は行われていない。

以上の調査地域の中で白水沢と武佐岳は地元市町村が情報共有・合意形成の場を組織・運営している。

第 1 表の下段は温泉発電・熱利用を目標している地域である。発電規模は 100KW 以下で発電後の熱水は熱利用するというものである。

洞爺湖温泉は 2000 年に噴火した有珠山の爆裂火口の近傍で 2013 年に調査井が掘削された。この地区では深さ 200m 以浅の温泉帯水層から温泉が汲み上げられ集中管理により温泉供給が行われている。弟子屈は温泉事業者が所有する源泉から湧出する高温熱水を用いて温泉発電を行った後、ハウスでの熱利用を行う計画で、運転開始は 2014 年 1 月の予定である。足寄町は 2013 年に地表調査が行われた。ニセコ・蘭越は温泉発電も含めた熱利用の推進を目的に、まずは地元関係者間の理解を深めるための活動とその仕組み作りを目的とした理解促進事業を行っている。これらの温泉発電・熱利用に係る事業は地元自治体と連携して進められている。

5. 今後の課題

地熱発電開発を推進するうえで、自然公園法や温泉法を始めとした各種規制・制度、温泉との共生、開発期間の長さ、発電コスト、資源の偏在性、開発リスク等々が課題として挙げられる。2011 年以降、国による固定価格買い取り制度、各種規制緩和や調査・開発費の支援強化等が行われており、地熱発電開発を進めるうえでの環境は徐々に整ってきている。

現在、地熱開発を目指して調査・検討が

進められている白水沢，トムラウシ，阿寒地域は国立公園内に位置する．2012年以降の規制緩和で，国立・国定公園内での地熱発電については景観保全等に特別な配慮を要する地域であることを踏まえ，自然環境の保全と地熱開発の調和が十分に図られる優良事例を検証しつつ，実施することが求められている．現時点で，国立公園内では白水沢の地表調査が開始されたばかりであり，今後個別具体的な検討に入った段階で，地域での情報共有や合意形成を含めどのように進めるかについて様々な議論がなされることが予想される．過去の国立公園第2種，第3種特別地域内での開発事例を参考にしながら北海道の地域特性も十分に考慮した検討が望まれる．

地熱発電開発の温泉への影響については長年論争があり，一朝一夕に解決できる課題ではない．この問題に関しては，科学的なモニタリングデータを関係者間で情報共有しながら議論を進めることが重要である．地熱・温泉現象は判らないことが多いということを前提に，常に資源状況のモニタリングをしながら調査開発を進めるべきである．また地熱・温泉現象が地域性の非常に強いものであり，画一的な一般論で解決できないことが多いことも理解する必要がある．地域によって課題が異なることを理解したうえで，その地域の状況を踏まえたきめ細かな対応が必要である．そのためには，調整役としての地元自治体の役割が極めて重要と考える．調整役を担う事に消極的な自治体もあるように思われるが，地熱資源が地域の貴重な資源であるという認識のもと積極的な対応が求められる．情報

共有の場・合意形成の場として，地元自治体を中心となって協議会などを組織して議論を進めることも重要と考える．

積雪寒冷地である北海道は，熱需要が大きいいため地熱資源の総合利用を推進するという点で有利な地域である．地熱資源が地域の持つ貴重な再生可能エネルギーという位置付けの中で，発電だけでなく熱エネルギーも無駄なく有効に利活用するための仕組み作りも含めて検討が必要である．

北海道は積雪寒冷地であることから積雪等により冬期間の調査が困難であること，特に地熱資源ポテンシャルの高い地域は，山岳部に位置する場合が多いことから，実質的な調査期間は6月から11月にかけての6ヶ月間程度となる．このことが調査から発電所建設までのリードタイムを伸ばすことに繋がる．リードタイムの短縮のためには，各種規制緩和策を更に進める必要がある．

我が国の地熱発電所の建設は，1999年の八丈島地熱発電所が最後となっている．その後は国の地熱開発に係る予算が減少する中で，調査地域も減少の一途を辿った．このような背景のもと地熱開発に携わる熟練技術者の減少と次世代を担う技術者の育成が課題となっている．地熱開発調査は再開されたが，技術者の確保が追いつかない状況も生じている．このことは，温泉や地下水等も含めた他の地下資源開発分野にも共通する課題ではあるが，技術者・研究者を養成・供給する教育機関の体制も含めて早急な対応策が必要と考える．

6. おわりに

北海道における地熱資源の潜在資源量は我が国の4割弱で豊富とされている。しかし、発電所の建設は未だ1ヶ所のみであり、開発の余地は十分残されていると思われる。今後とも、地熱発電の開発に向けた事業が各地域で継続されるものと考えられる。

冬の長い積雪寒冷地という自然条件と豊富な資源をもとに、北海道の地熱資源の開発利用は、昨今の社会・経済情勢と相まってより大きな価値を付加していく可能性があり、今後とも多様な形で進展するものと思われる。

地熱開発に係る課題が地域毎に異なることを踏まえ、地域づくり、地域再生に資する地熱資源の開発利用の推進を念頭に考えるべきである。地熱開発と地域との共生という課題を解決するためには、閉鎖的な話で終わらせず、より広く意見を聞き、地元の方々の思いを理解したうえで進めるといった地道な取り組みの積み重ねが重要と考える。

参考文献

北海道立地下資源調査所(1991): 地下資源調査所40年のあゆみ. 北海道立地質研究所, 88P.
鈴木隆広・高見雅三・秋田藤夫・藤本和徳・高橋徹哉・柴田智郎・小澤 聡・内野栄治・青柳直樹・中山憲司・佐藤郁夫

(2008) : 温泉資源の多目的利活用に向けた複合解析研究. 北海道立地質研究所調査研究報告. 37, 110p.

JOGMEC(2013) : 平成25年度地熱資源開発調査事業費助成金交付事業.
<http://www.jogmec.go.jp/geothermal/> , JOGMEC.

環境省(2012) : 温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関係). 環境省, 51P.

環境省(2013) : 平成23年度温泉利用状況.

川村政和(1992) : 地熱調査における物理探査の現状と展望. 地質ニュース, 457, 4-15.

宮崎芳範・津 宏治・浦井 稔・高倉伸一・大久保泰邦・小川克郎(1991) : 全国規模地熱資源評価の研究. 地調報告, no. 275, 17-43.

内閣府(2010) : 平成22年度版防災白書.
大久保泰邦・秋田藤夫・田中明子(1998) : 地温勾配図作成と地下温度構造を求める試み—北海道の例—, 日本地熱学会, 20, 1, 15-29.

酒匂純俊(1998) : 地熱に情熱をそそいだ人々(第12話) 北海道立地下資源調査所における地熱調査の展開, 地熱エネルギー, Vol. 23-2, 155-162.

資源エネルギー庁(2013) : 平成25年度地熱開発理解促進関連事業支援補助金.
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/ender/tenddata/>.

一般講演

孔内傾斜計計測による地中変位認定までの流れと 不良データ防止の重要事項	23
--	----

応用地質（株）工務本部 ジオテクニカルセンター
専任職 千葉 伸一

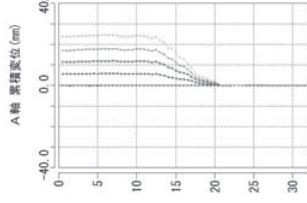
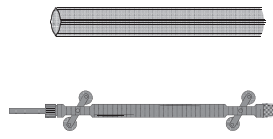
温泉排湯及び地中熱利用ヒートポンプ設備の事例紹介	33
--------------------------------	----

（株）アリガプランニング
省エネ推進室長 小田井俊一

プラスチック製熱交換器による温泉熱回収システム	45
-------------------------------	----

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場
研究主任 白土 博康

孔内傾斜計計測による地中変位認定までの流れと不良データ防止の重要事項



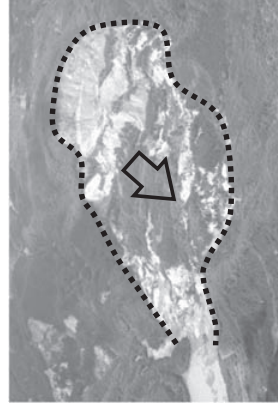
応用地質株式会社
工務本部
千葉 伸一

発表内容

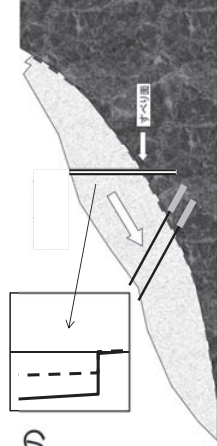
1. はじめに
2. 設置からすべり面認定までの全体の流れ
3. 実務上の課題
 - 3.1 ガイド管設置時
 - 3.2 観測計画時
 - 3.3 すべり面の決定
 - 3.4 観測不能時
 - 3.5 その他不良データ防止の留意点
4. パイプひずみ計との使い分け
 - 4.1 特徴、比較
 - 4.2 使い分けに関する提案
5. まとめ

1. はじめに(孔内傾斜計とは?)

- 地下の地盤の変形形状の経時変化を計測することにより、地中変位の深度と変位速度を把握するために使用
- 近年では地すべり対策の分野で使用されることが多い
- 事業はダム、砂防、道路、農地、治山など様々
- 地すべり対策では、調査、対策工の効果判定、維持管理の各段階において使用



荒戸沢地すべり (H20岩手宮城内陸地震)



→ トンネル

周辺地山の挙動

→ 開削

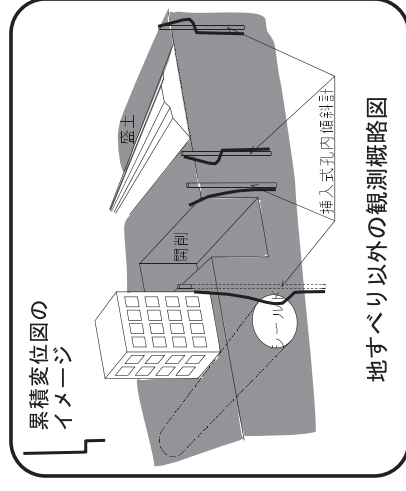
山留め背後地山の挙動

→ 盛土

軟弱地盤の側方流動

→ 構造物

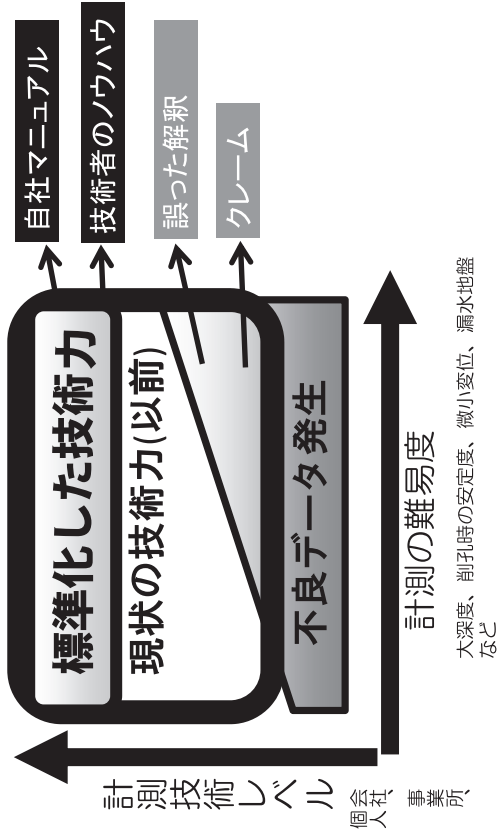
杭、埋立地の護岸等



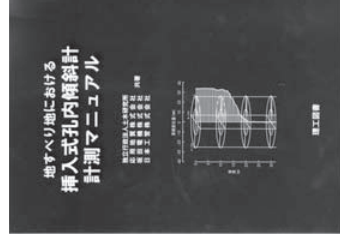
地すべり以外の観測概略図

地すべり以外にも土木の様々な分野で使用される

計測技術の標準化が求められた背景



マニュアルの概要



→ サイズ等 B5判/222ページ
→ 発行 平成22年7月発行
→ 定価 3,360円 (税込み)
→ 著者 (独) 土木研究所
応用地質株式会社 共著
坂田電機株式会社
日本工営株式会社
→ 発行 理工図書

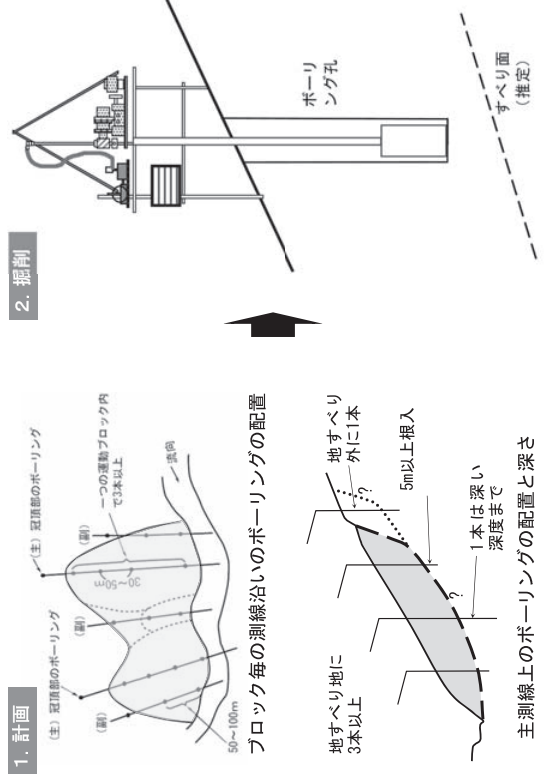


OYO
応用地質株式会社

坂田電機株式会社
SAKATA DENKI CO., LTD.

日本工営株式会社

2. 設置からすべり面認定までの全体の流れ



- ✓ この手順で全て正しい作業が行わると正しい計測データが得られる
- ✓ どこか1つでも正しい作業が行われないと不良データとなる
- ✓ 実務上、課題となることが多い4項目を説明

3. 実務上の課題

- 3.1 ガイド管設置時
 - ・・・ボーリング業務のガイド管設置時
- 3.2 観測計画時
 - ・・・観測業務の開始時
- 3.3 すべり面の決定
 - ・・・解析業務のモデル検討時
- 3.4 観測不能時
 - ・・・観測業務の実施中

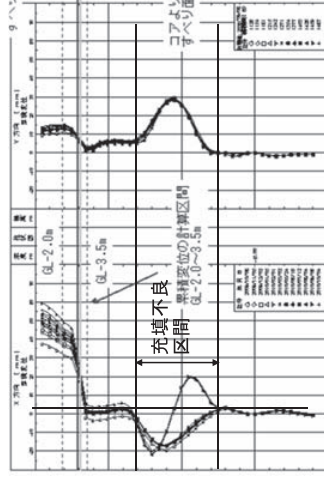
✓ これら4項目が主要な課題(他にもあります)

対処方法



- パッカーを使用
 - ・縫い目がないタイプが良い
 - ・特記仕様書、歩掛あり(土研地すべりチームHP)

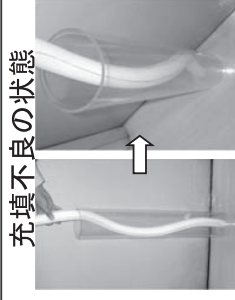
充填不良になってしまった場合



- 充填不良の状況と観測目的に応じて対応を検討
 - ・充填不良区間の上下の差分で変位量を算出
 - ・掘り直し など

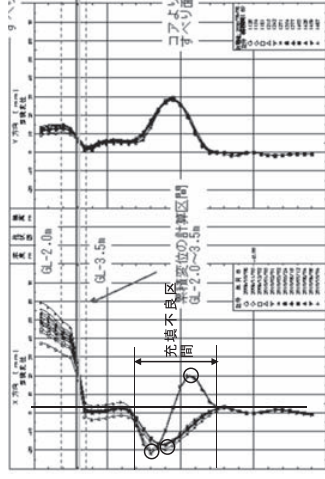
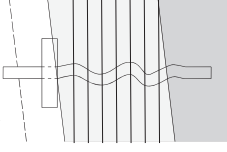
3.1 ガイド管設置時

- ★ 不良データの中で最も多いケース(半数以上)



充填不良の状態

地盤の沈下を反映することもある

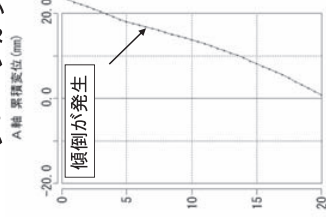


- S字状に曲がった形状のデータとなる

3.2 観測計画時

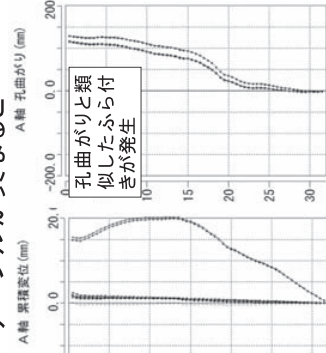
- ★ 年度で観測業者が変わることがある

プロローブが異なると...



→ 機械的な誤差

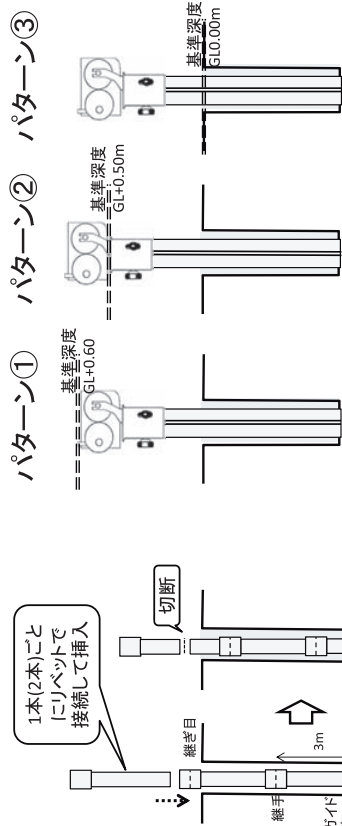
ケーブルが異なると...



→ 測定深度のずれ

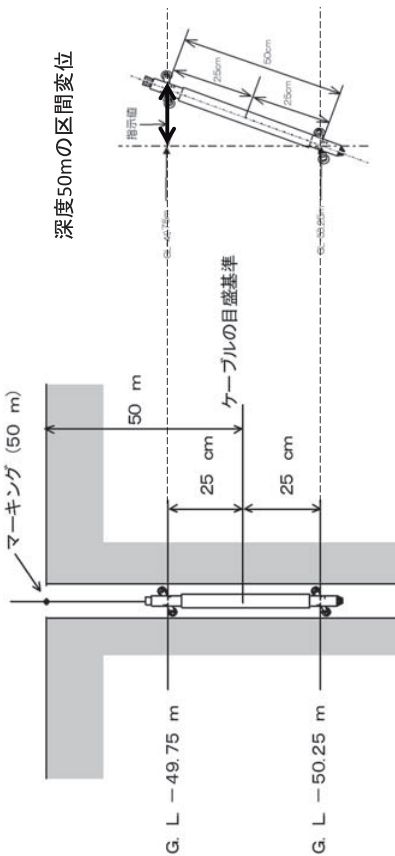
- 同じタイミングで後続の計測器とだぶらせて測定(盛り替え)
- 事業者の方で計測器一式を購入し、業者に貸与

★業者(人)、メーカーによって基準深度の考えが異なる



- パターン③が原則
- 基準深度が変わるとデータが繋がらなくなる

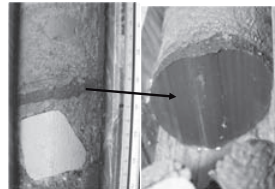
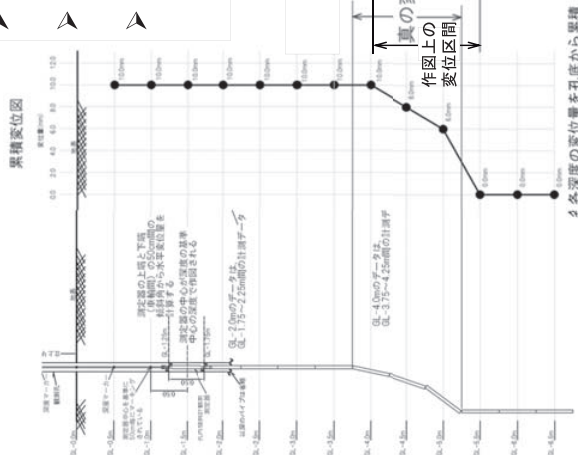
3.3 すべり面決定時



- 深度の基準は測定器の中心(OYO製の場合、他社製は基準が異なるので注意)
- 深度50mの測定結果は、上下0.25m間(深度49.75~50.25m)の変位量を示している。

➢ 観測データから真の変位区間を設定

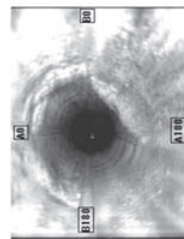
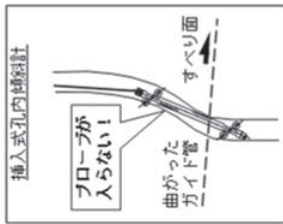
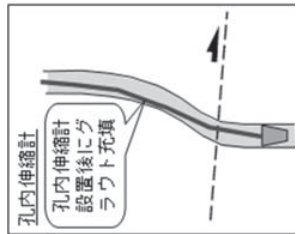
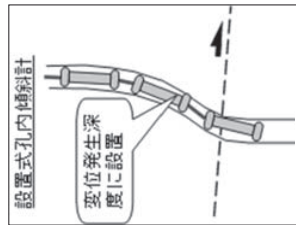
- その中でコア状況から変動深度を選定し「すべり面」と決定
- コア状況から変動深度の判定が困難な場合は、変位区間の下限深度を「すべり面」と決定



変動しているコア状況
価されるコア状況

3.4 観測不能時

- $\Phi 50\text{mm}$ のガイド管では2~4cm/50cmのせん断変位で挿入不能
- 観測目的に応じた対応を検討
- すべり面の把握: 目的達成の場合観測終了
未達成の場合は掘り直し
変動傾向の把握: 設置式や孔内伸縮計に変更

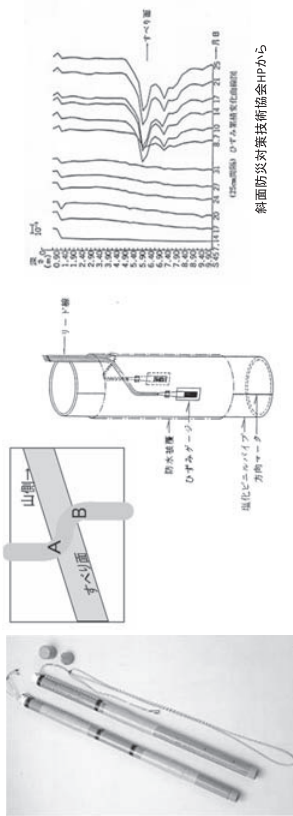


まずは孔内カメラで観察

3.5 その他不良データ防止の留意点

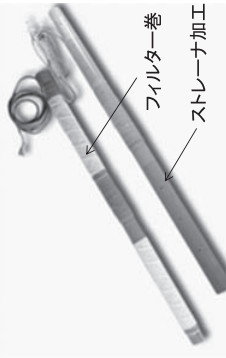


4. パイプひずみ計との使い分け



- パイプひずみ計は、塩ビパイプの変形によって生ずるひずみを電氣的に検出し、すべりの位置や活動状況を測定
- 主に「地すべり」分野で使用され、孔内傾斜計と競合することが多い
- 両者の特徴を整理し、使い分けについて私見を述べる

4.1 特徴、比較



測簡技研北陸HPから

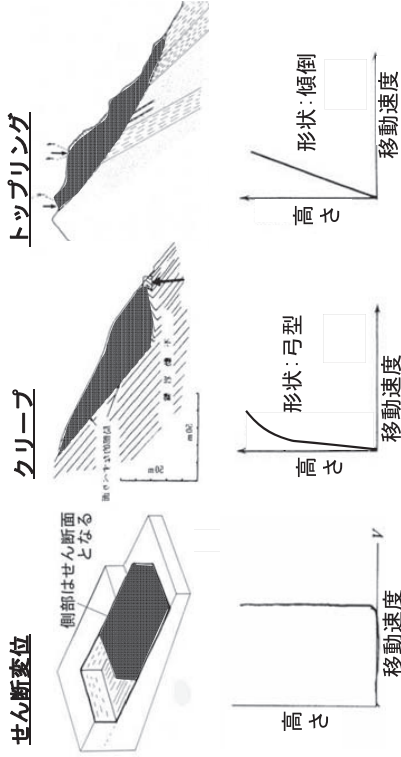
- 塩ビパイプをストレッチ加工して、豆砂利充填することで「水位孔併用」として使用
- 「パイプひずみ計+水位孔併用」が標準仕様の地方(事業)もある

- 孔内傾斜計はグラウト充填をするので水位孔は別孔が必要
- 対抗手段として、穴あきガイド管+豆砂利充填が使用されることもある(これでもいいのか?)

4.1 特徴、比較①

種類	挿入式孔内傾斜計	パイプひずみ計
測定原理	<p>観測孔を隙間なく測定(ラインワイズ方式) 地盤の変位をそのまま定量的に把握可能</p>	<p>塩ビパイプの曲がりを測定 ひずみゲージの取付位置の曲げひずみを定量的に把握</p>
適用	<p>全ての土木分野で適用可能</p> <p>例: 地すべり(せん断変位、クレープ、トッピング)、トンネル、港湾、都市土木・軟弱地盤など</p>	<p>せん断型地すべりのみ(すべり面調査に特化)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">最大の違い!</div>

補足：地すべり変動形態



4.1 特徴、比較②

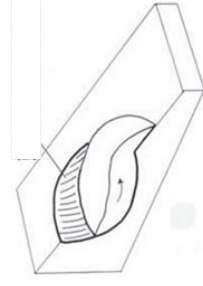
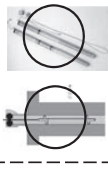
種類	挿入式孔内傾斜計	パイプひずみ計
計測値や精度	A, B軸の変位量(mm) ⇒ 定量的、ラインワイズ方式なので正確、変位量と変位方向	歪み、無次元(1軸・2軸) ⇒ 定性的、ゲージの設置箇所のみ、感度は高い。
計測範囲	せん断変位で2~4cm クリープ変位は倍近く可の場合あり	概ね20000μを超えると断線する(変位量で2~3cm)
特徴	かつては50m以下とされてきたが、近年では150m以上の実績もあり	標準で30m程度(芯外出し、1方向)、国内最大で120m程度
耐用年数	3~5年(便覧)、ガイド管が正常であれば測定可、30年以上の実績あり	1~3年(便覧)。接点の腐食、断線により観測不能になることが多い
自動計測化	可能であるが高価	容易

4.1 特徴、比較③

種類	挿入式孔内傾斜計	パイプひずみ計
実施方法	ストレーナー加工ガイド管、豆砂利詰め	ストレーナー加工塩ビ管、豆砂利詰め
精度	変位・水位とも良くない	ひずみ・水位とも良くない
併用	傾斜計マニュアルで非推奨であるが、地方によっては標準仕様	標準仕様がほとんど。グラウト充填でひずみの計測精度は向上する
費用	0.9	1.0
観測	2.6	1.0
※資料整理	2.0	1.0

※ ひずみ計を1.0とした場合の北海道の事例

4.2 使い分けに関する提案



① 両方適用な現場は？

- 適用
 - ・すべり面調査と挙動監視目的のせん断型地すべり
- 条件
 - ・変動形態がせん断型と解っている
 - ・深度が50mまで
 - ・観測期間が1~3年程度
- 対象
 - ・すべり面の把握と挙動監視が目的の地すべり

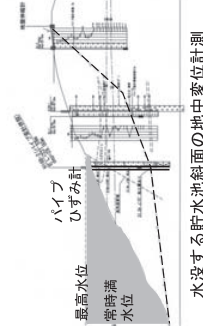
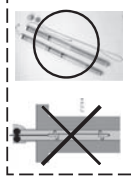
4.2 使い分けに関する提案

②ひずみ計でなければならぬ現場は？

- 適用
 - ・水没貯水池地すべり
 - ・安価な自動計測が必要な地すべり

- 条件
 - ・変動形態がせん断型と解っている
 - ・深度が50mまで
 - ・観測期間が1～3年程度

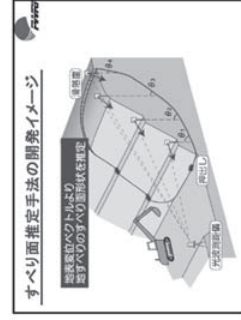
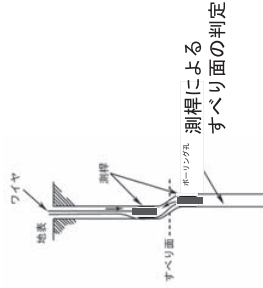
- 対象
 - ・貯水池など水没する現場
 - ・安価で自動観測が必要な地すべり
(高感度のため閾値設定は要検討)



4.2 使い分けに関する提案

④挿入式もひずみ計も不可の現場は？

- 対象
 - ・斜面災害、掘削施工に伴い急い変位が生じた現場
 - ・立入り可の場合：
 - 測桿で深度を把握(ボーリング作業時の監視は必要)
 - ・立入り困難な場合：
 - 変位ベクトルからすべり面を推定

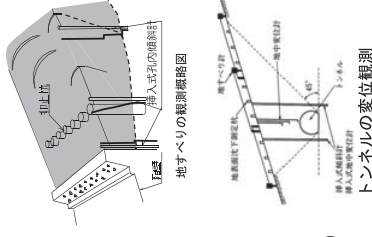
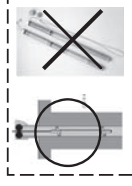


4.2 使い分けに関する提案

③孔内傾斜計でなければならぬ現場は？

- 適用
 - ・土木全般
- 条件
 - ・水没しないこと

- 対象
 - ・深度80m以上深の大深度の調査
 - ・変動形態が分からない初期段階の調査
 - ・クリープ・トッピング形態の地すべりや切土のり面、クリープ主体の土質地盤
 - ・変位が小さく長期観測が必要な地すべり
(道路維持管理段階、砂防・ダム of 概成判定)
 - ・トンネルの変位観測や変形解析



5. まとめ

- 孔内傾斜計は正しい手順で作業が行われると正しい計測データが得られ、1つでも欠けると不良データとなる。
- 実務上①ガイド管設置時、②観測計画時、③すべり面の決定時、④観測不能時の対応が重要。
- 孔内傾斜計とパイプひずみ計は、測定原理が異なる別の計測器。それぞれ特徴があるので使い分けを行う。

参考資料;不良データ防止の留意点

Step1

- ・ガイド管の確実な接続
- ・グラウト充填作業にはパッカーを使用

Step2

- ・30分孔底保持
- ・丁寧な運搬と180°反転測定作業
- ・現場でのデータのチェック

Step3

- ・固有誤差チェック
- ・正しい0点補正
- ・30mより深い場合はねじれ補正

ご清聴ありがとうございました

STEP1. 観測孔の設置

ガイド管の組み立て

→ 充填材の浸入を防ぐため、接続やシール類の巻き付けを行い確実に止水

継ぎ手はめる
継ぎ手を埋めるように押し付ける

引き延ばしながら、リベット部まで巻く

厚く巻きすぎない

止水材

自己融着テープ

保護テープ

継ぎ手の取付け
止水材
自己融着テープ
保護テープ
ガイド管内への充填材流入は発生しやすい事故の一つです

パッカーの使用

パッカー使用
パッカー

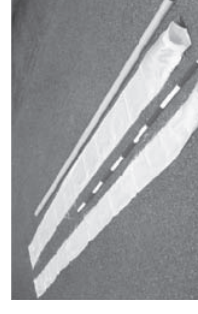
充填材の水分は蒸み出すが、セメントなど固形物はパッカーで押し込まれるためガイド管が密着する。

パッカー不使用
ガイド管
充填材
地下水位
地表
亀裂
水抜き

充填材が亀裂や水みち部分で濡れて、地盤とガイド管との間に隙間が空いて、地盤が徐々に圧縮膨張する。

充填材の水分は蒸み出すが、セメントなど固形物はパッカーで押し込まれるためガイド管が密着する。

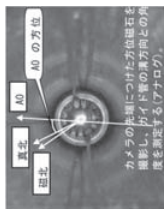
パッカーを用いたガイド管設置



パッカーの例

STEP2. 測定器を正しく取り扱った計測

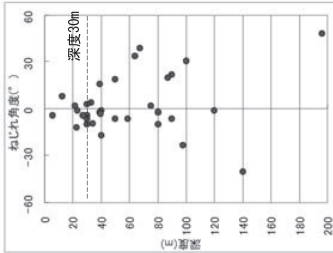
A0方位測定（設置後）



孔内カメラ

カメラの先端につけた方位磁石を撮影し、ガイド管の真方位同との角度を測定する(アナログ)。

孔曲がり測定器



- 十方向一方向どちらにもねじれる
- 深いほどねじれ角度が大き
- 30m以深では10°以上が多い

- ➔ 深度30m以上はガイド管の方位を計測。
- ➔ 補正ソフトでねじれの補正も可能（磁性の影響に注意）。

プローブに衝撃を与やすい状況（運搬時）



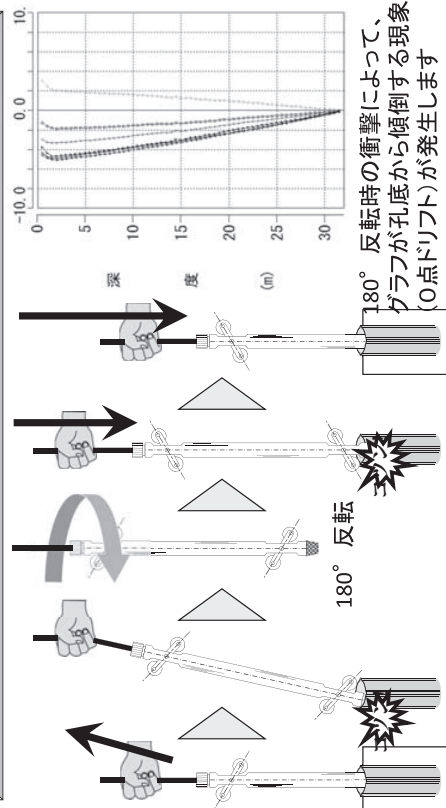
車中



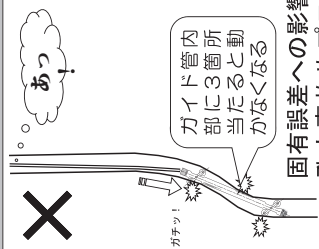
現場内



プローブに衝撃を与えてしまうケース（測定時）

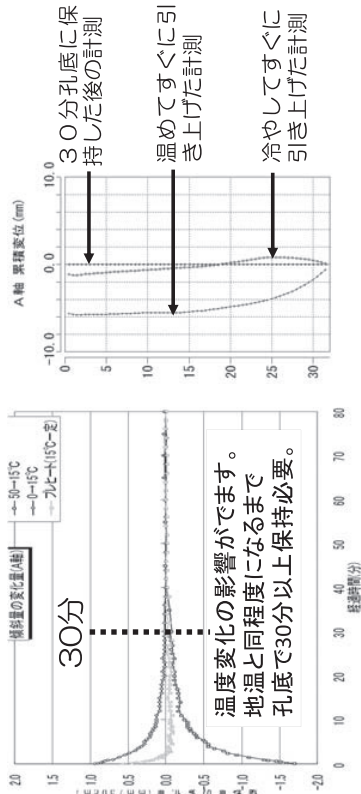


プローブに衝撃を与えない方法（測定時）



固有誤差への影響だけでなく、孔内事故やプローブの破損にもなりかねません

計測中のプローブの温度変化の影響



現場でデータをチェック

→ 現場でロガーやノートPCでデータをチェック
⇒ 測定ミスによる不良データが生じていた場合は再測定



デジタルのテイルト



現場用
ノートPC

メモロガー

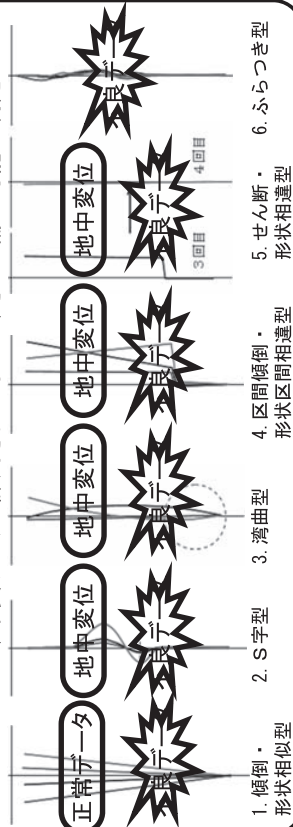
チェック項目

- ① 異常値がないか
- ② 区間ドリフトがないか
- ③ 0点ドリフト量は基準内か
- ④ 固有誤差のばらつきは基準内か

STEP3. 測定結果の正しい検定と補正

グラフの型別の検定の実施

- 1の型は検定により補正可能
- 6の型は補正不可能
- 2～5の型は、検定により正しい地中変位データと不良データを識別
- 2～5の型で、不良データと識別されたものは、さらに補正可能な判定



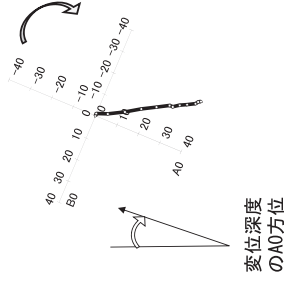
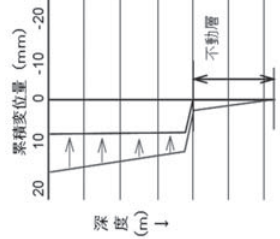
STEP3. 測定結果の正しい検定と補正

不良データの補正

ねじれ補正

1. すべり面位置のみ補正(簡易)
2. 全区間を補正(詳細)

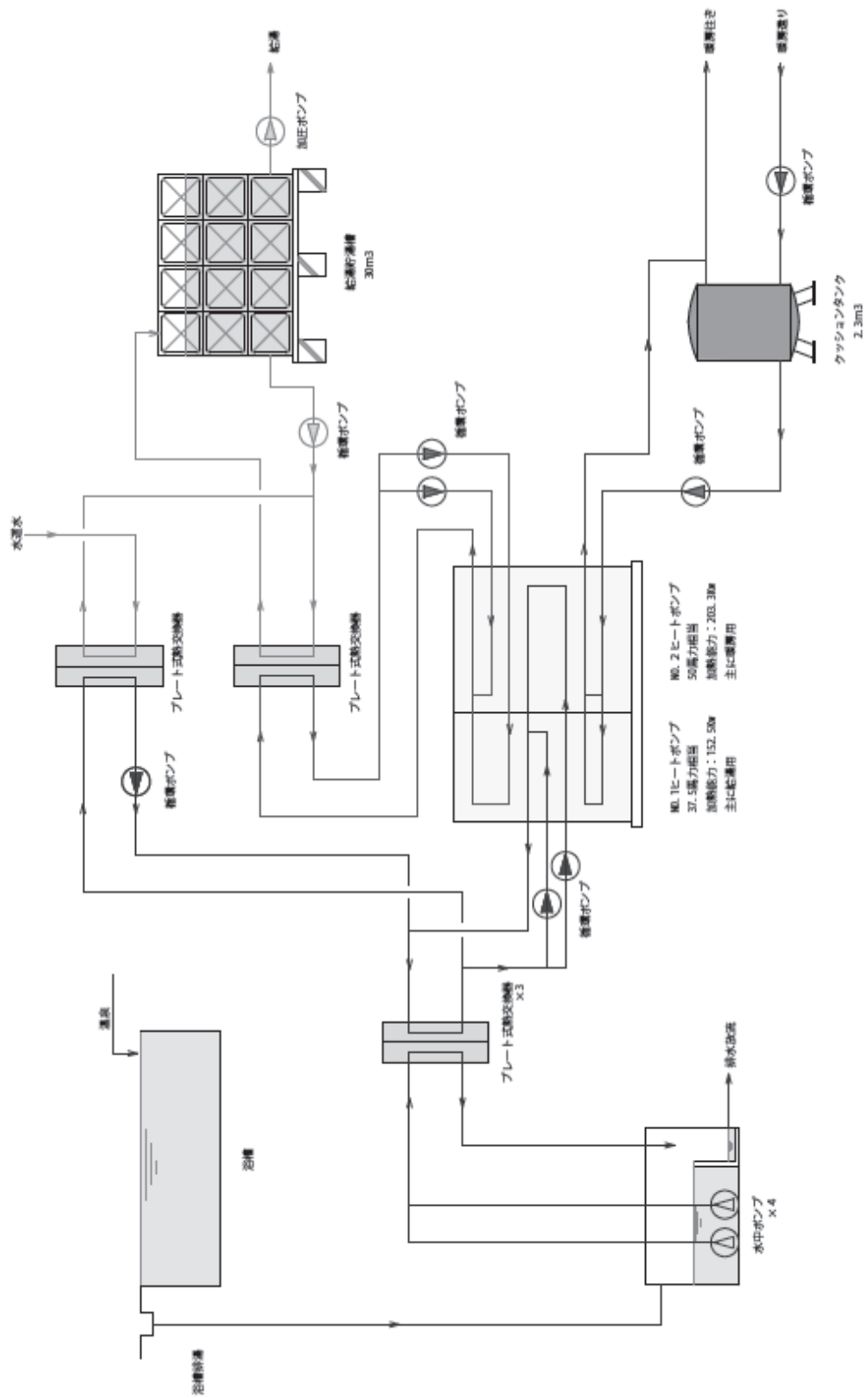
0点補正



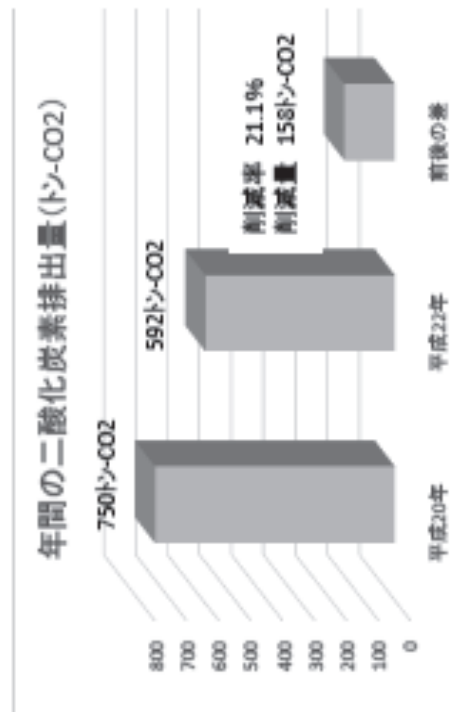
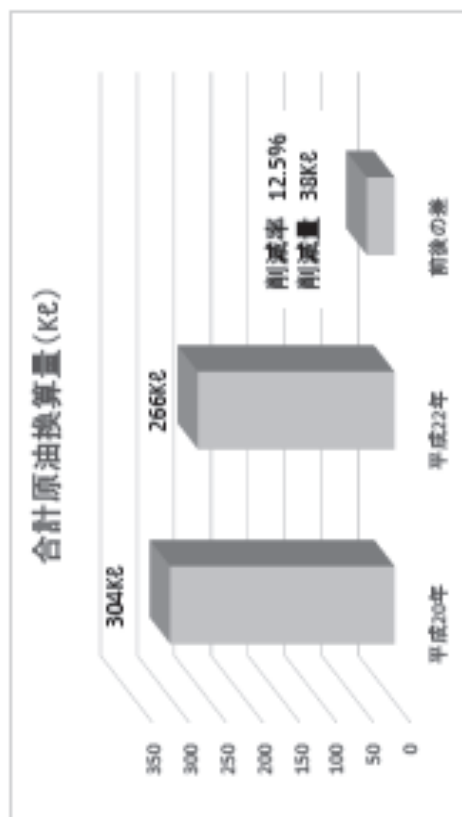
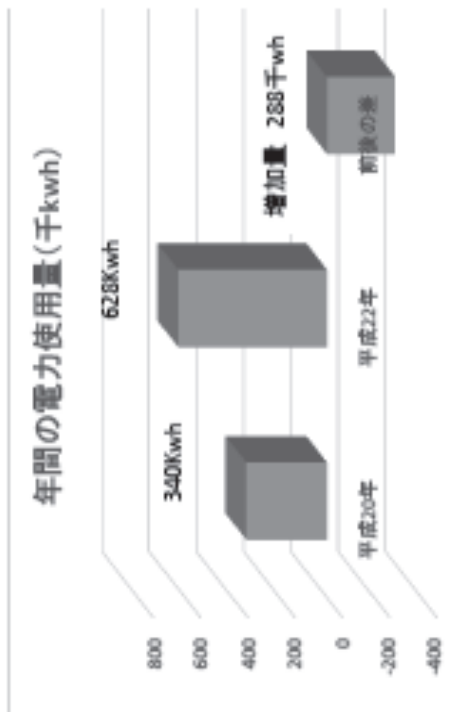
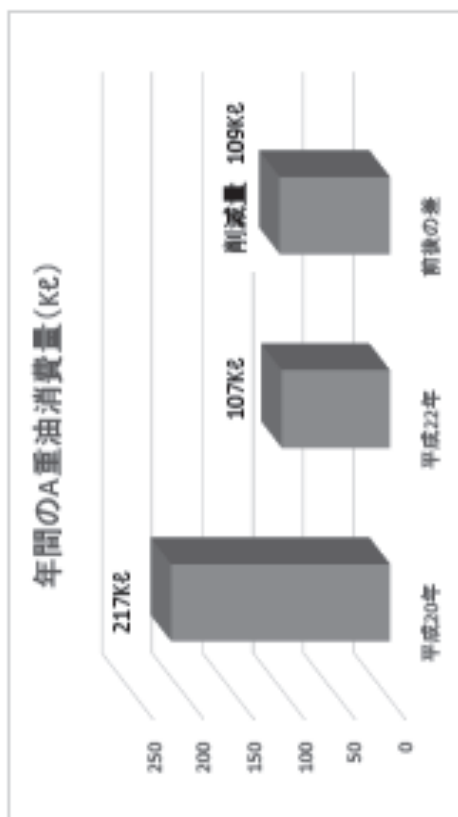
1-1. 白銀荘排湯利用設備の概要

- ①施設名称 吹上温泉保養センター白銀荘
- ②排湯利用設備の実施年度 平成22年度
- ③目的
化石燃料エネルギーから自然エネルギー利用への変換
二酸化炭素排出量の削減
- ④実施概要
当温泉施設では付近で湧き出る豊富な源泉を浴槽へ供給し、浴槽からオーバーフローしたお湯は排水としてそのまま排出し放流していた。
灯油焚き温水ボイラーで行っていた給湯・暖房を、この温泉排湯を熱源に利用したヒートポンプで行う方式に切り替えた。
- ⑤機械設備
給湯用ヒートポンプ 加熱能力：152.5kw、設定温水温度：65℃、3モジュール機による構成、深夜割引電力契約適用
給湯貯湯タンク 耐熱FRP複合板構造、容量：30m³
暖房用ヒートポンプ 加熱能力：203.3kw、設定温水温度：65℃、4モジュール機による構成、業務用一般電力契約適用
暖房クッションタンク SS製縦型、容量：2,300ℓ
温泉水熱交換器 チタン製プレート型
- ⑥その他
・国内クレジット制度認証施設

1-2.白銀荘システムフロー図



1-4. 白銀荘ヒートポンプ設備前後の実績比較



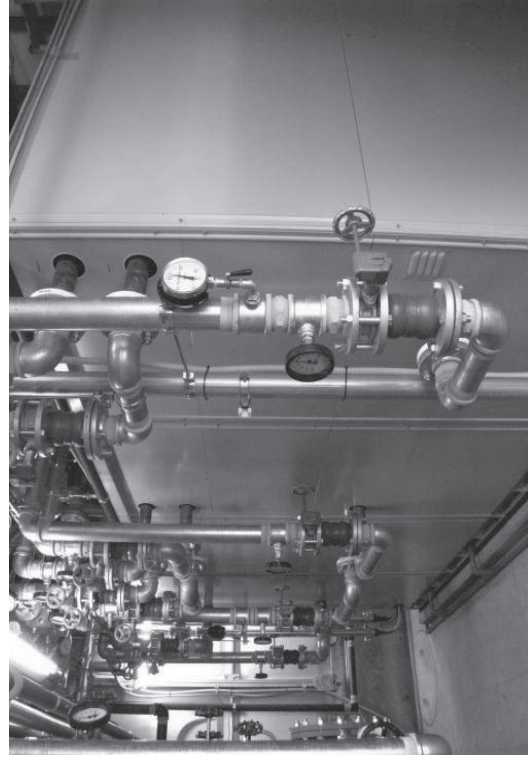
1-4. 白銀荘ヒートポンプ設備写真



排湯槽・温泉排湯熱交換器室外観



ヒートポンプ機械室外観



ヒートポンプ

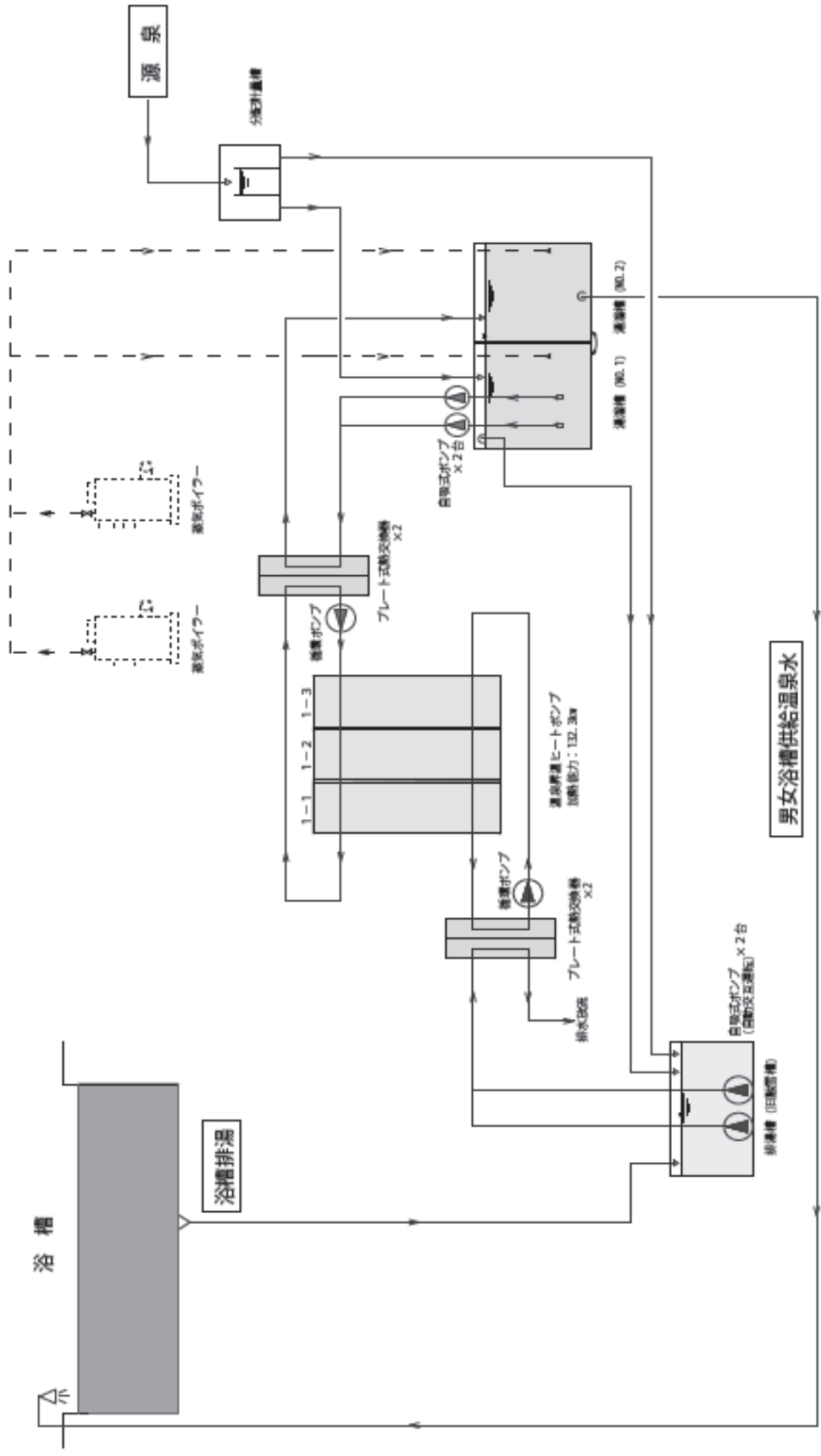


ヒートポンプ制御盤

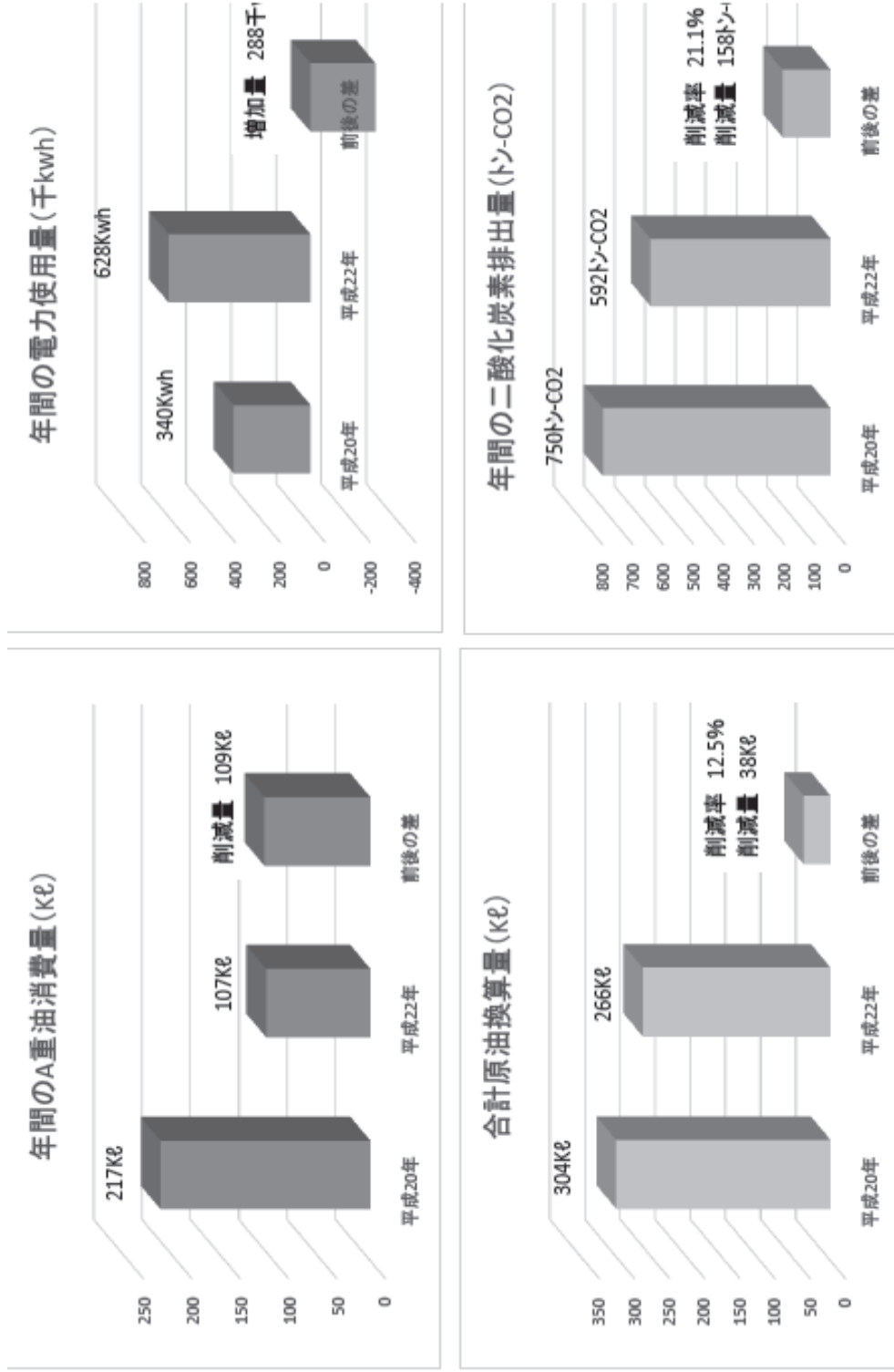
2-1.カミホ口荘排湯利用設備の概要

- ①施設名称 ホテルカミホ口荘
- ②排湯利用設備の実施年度 平成21年度
- ③目的
温泉昇温における省エネルギーコストの実現と二酸化炭素排出の削減
- ④実施概要
当ホテルでは施設の暖房・給湯をA重油焚き温水ボイラーにより、また源泉温度が29°Cと低いため、源泉水を蒸気ボイラーで加熱昇温させてから浴槽に供給していた。温泉排湯ヒートポンプ設備は温泉水の昇温に対して行ったもので、暖房・給湯については従前通りA重油焚き温水ボイラーで行っている。
- ⑤機械設備
温泉昇温ヒートポンプ 加熱能力：132.3kw、設定温水温度：50°C、3モジュール機
による構成、ウイークエンド電力契約
温水熱交換器 チタン製プレート型
分配計量槽 FRP製、三角堰計量
- ⑥その他
 - ・二酸化炭素排出抑制対策補助金交付事業(環境省)
 - ・国内クレジット制度認証施設

2-2.カミホ口荘システムフロー図



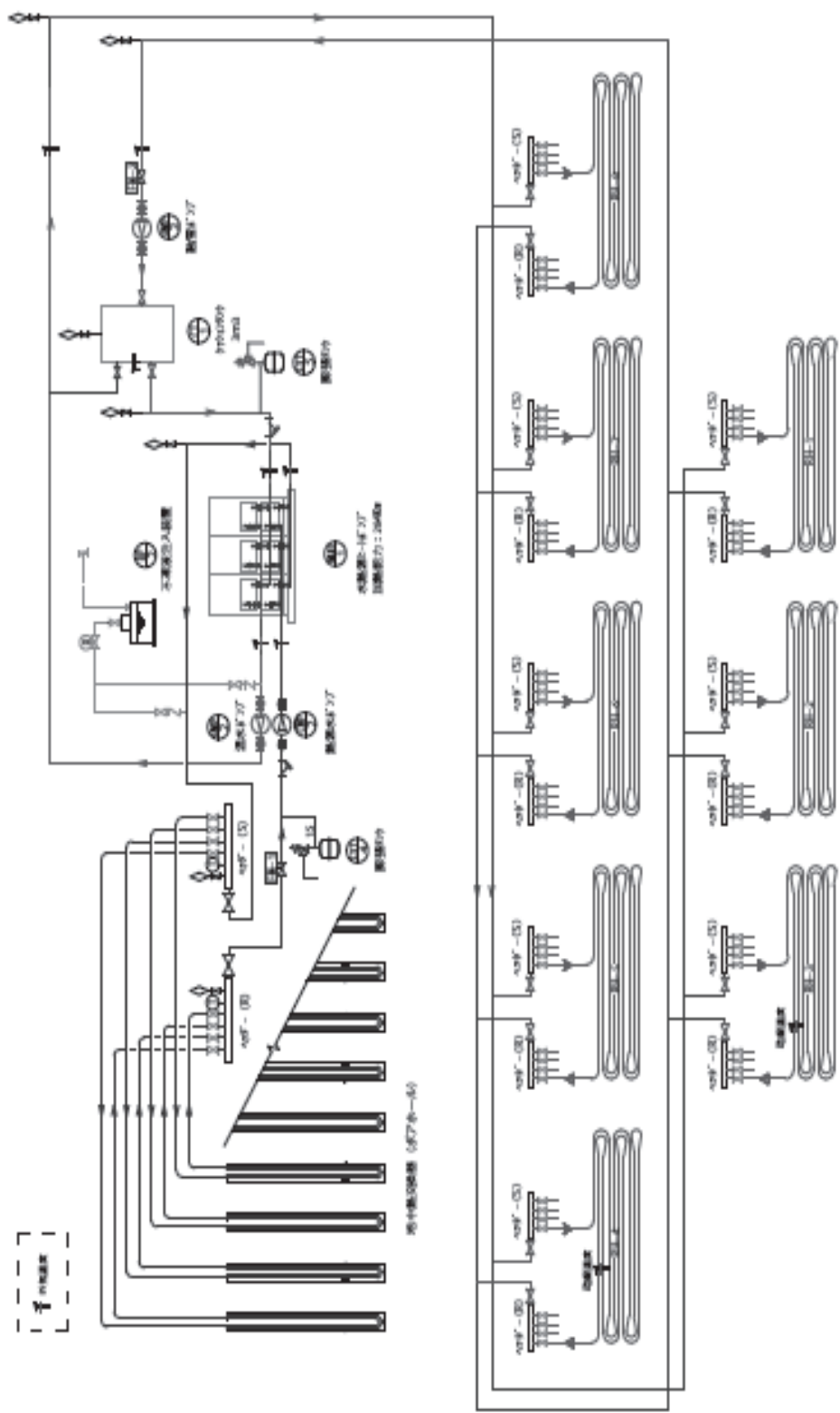
2-3.カミホ口荘ヒートポンプ設備前後の実績比較



3-1. マテック発寒ヤード地中熱設備工事の概要

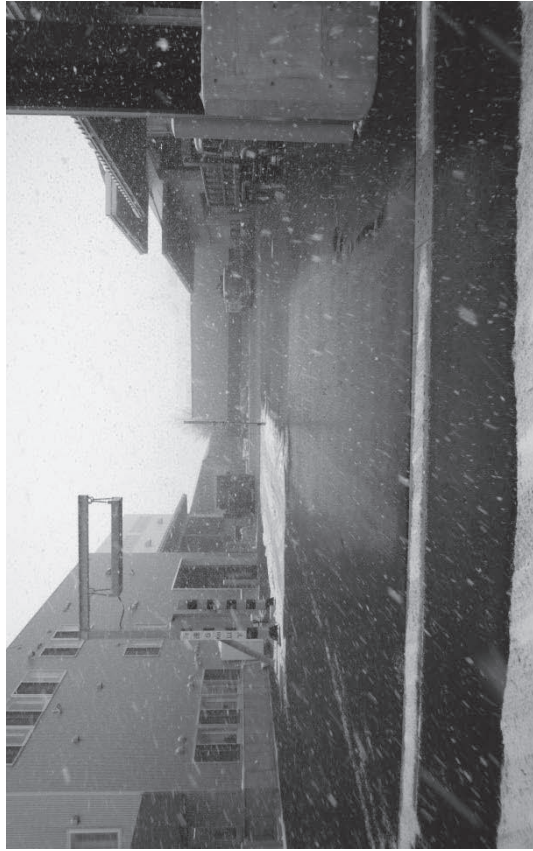
- ①施設名称 マテック発寒ヤード
- ②地中熱ヒートポンプ設備工事の実施年度 平成25年度
- ③目的
地中熱ヒートポンプの採用により、エネルギー消費量の低減と環境負荷の低減を実現する。
- ④実施概要
金属処理棟事務所の冷暖房設備と敷地内路面のロードヒーティングを地中熱ヒートポンプで行う。
- ⑤機械設備
地中熱交換器 事務所冷暖房用ボアホール ダブルUチューブφ25、130m×5本=650m
ロードヒーティング用ボアホール ダブルUチューブφ25、150mを主体に44本、
全長6,470m、
事務所冷暖房用ボアホールとロードヒーティング用ボアホールを合わせた総長は7,120m
冷暖房ヒートポンプ 冷暖房能力:30kw(10kw×3台)、暖房面積:233.6m²
ロードヒーティングヒートポンプ 融雪能力:284.0kw、(熱源水出口温度:0℃、温水出口温度:30℃)、
融雪面積:2,435m²、インバーター運転制御、5モジュール機による構成、
融雪用電力契約(3モジュール機と2モジュール機の交互運転停止時間設定)
ロードヒーティングクッションタンク SS製縦型、容量:3,000ℓ
- ⑥その他
・平成24年度再生可能エネルギー熱利用加速化対策費補助金交付事業

3-2.ロードヒーティングシステムフロー図



3-3.ロードヒーティング状況写真

平成25年12月28日 14:30撮影、翌朝9時までの1日降雪量:5cm



正面ゲートから金属資源棟側



正面ゲートから紙資源棟側



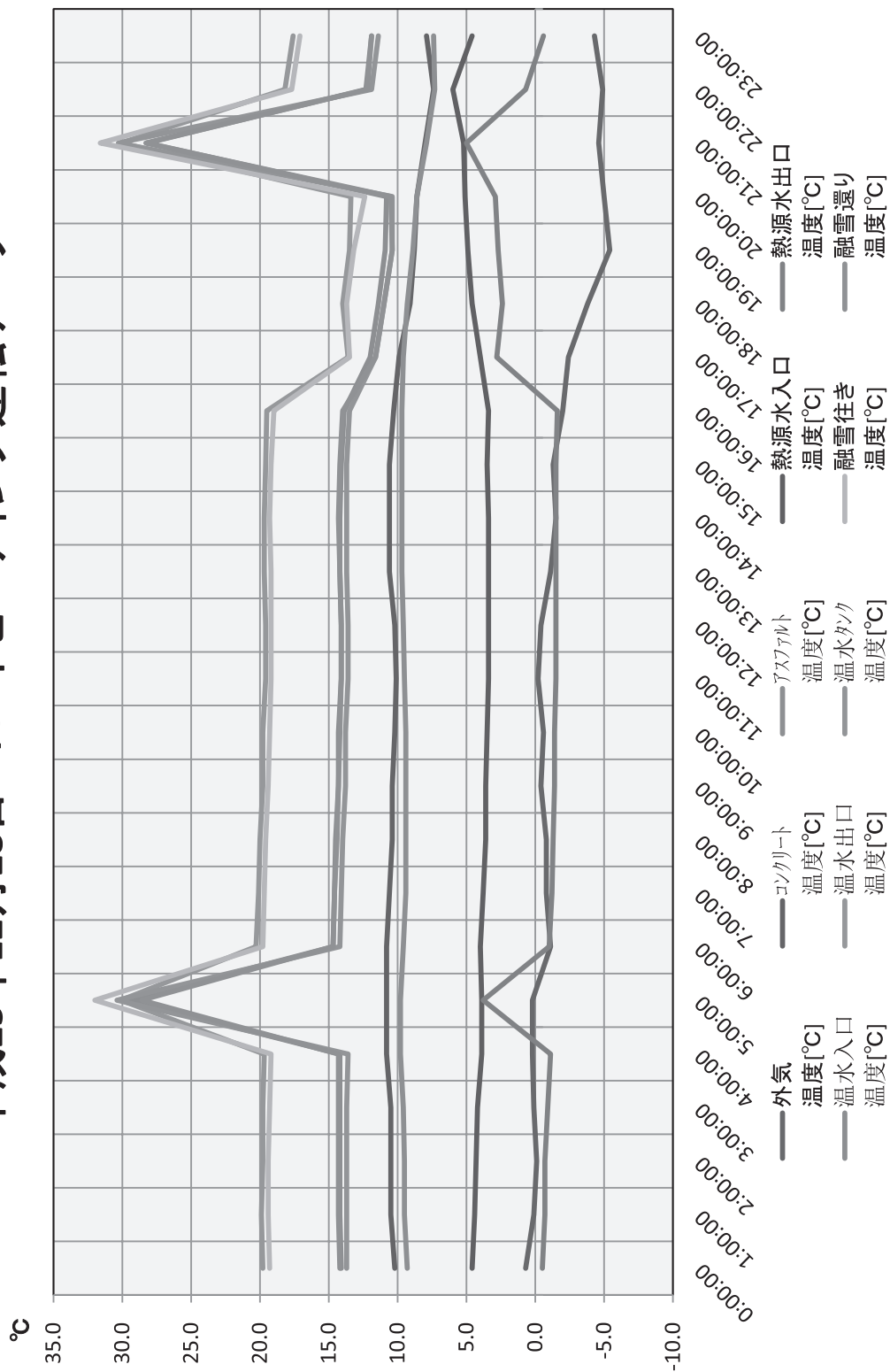
正面ゲート出入り口付近



裏ロゲート付近

3-4.ロードヒーティング運転記録

平成25年12月28日 ロードヒーティング運転データ



4. まとめ及び考察

4-1. 温泉排湯熱利用の問題点

温泉に含まれる不純物、腐食成分

スケールの付着による配管の閉塞

- ・配管口径を一回り大きくする。
 - ・フランジ接合とし定期的に配管を更新する。
 - ・配管洗浄口を設け定期的に薬品洗浄する。
- スケールの付着による熱交換器の交換熱量の低下
- ・熱伝導性が高く耐腐食性の浸漬型熱交換器の開発が求められている。

腐食成分による故障発生

- ・電動弁等の自動制御駆動箇所を極力少なくする。
- ・盤内電気端子台の防食被覆処理、配管口はガス進入を防ぐパテ処理等を行う。

4-2. 地中熱交換器の問題点

高額な工事費

地中熱交換器のコスト低減

- ・材料強度が高く、熱交換性の高い商品の開発
- ・経済的工法の探求・開発
- ・地層状況に見合った掘削震度・本数を適正に選定

採熱横引き配管の工法

ヘッドー方式の長所・短所

- ・配管口径が同じであるため直管・継手類を揃えやすい。
 - ・各採熱配管内の流量を均一にするための調整弁が必要
- リバーシタール方式の長所・短所
- ・各採熱管内の流量が比較的、均一である。
 - ・配管口径が変わるため直管・継手類を揃えにくい。

プラスチック製熱交換器による 温泉熱回収システム

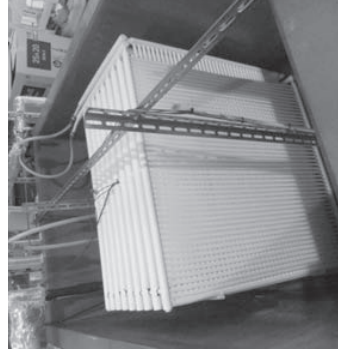
(地独)北海道総合研究機構 工業試験場
白土 博康

平成26年 3月6日(木)
札幌サンプラザ 2階「金枝の間」



HOKKAIDO RESEARCH ORGANIZATION

本日の発表の骨子



- ✓ プラスチック製の温泉熱回収用熱交換器及びそれを用いた熱回収システムの紹介
- ✓ 温泉施設の源泉や排湯を用いた熱回収システムの紹介.
- ✓ 金属部材の腐食や浮遊物質による目詰まりを解決. 強酸性泉や硫黄泉でも利用可能.

2

本日の発表内容

1. 研究の背景
2. プラスチック製熱交換器の概要及びその性能
3. プラスチック製熱交換器を用いた給湯予熱システム

3

本日の発表内容

1. 研究の背景

プラスチック製熱交換器の概要及びその性能
プラスチック製熱交換器を用いた給湯予熱システム

4

研究の背景

研究の背景

- ✓ 原油の高騰 → 温泉施設での維持管理費に課題
- ✓ 再生可能エネルギー、特に未利用な排湯熱に着目



北海道における源泉所在地
(165市町村源泉数2,302)

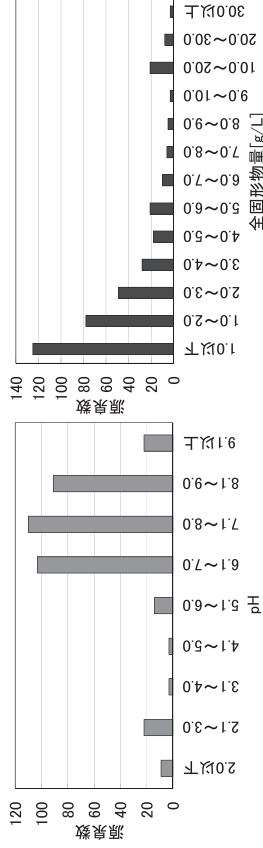


浴用利用後の排湯状況の例
(数10～数100L/min 35～40°C) 5

道内温泉の資源量・性状

市内(道内)温泉の泉温・湧出量

地域	源泉数	泉温			湧出量[L/min]				
		25°C未満	26～42°C	42°C以上	水蒸気ガス	不明	合計		
北海道	2,302	212	514	1,192	19	365	87,044	158,808	245,850
札幌市	139	18	46	58	0	17	4,586	12,814	17,400
定山渓	64	0	2	55	0	7	3,923	4,932	8,855
定山渓を越く	75	18	44	3	0	10	663	7,882	8,545

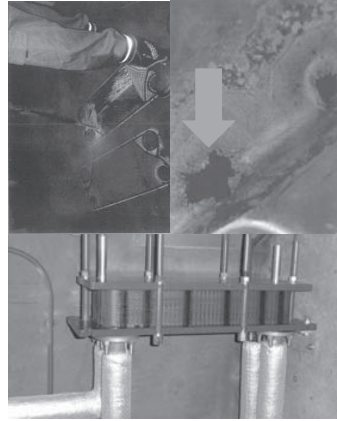


道内温泉の性状

- ✓ 42°C以下の泉温の温泉が多数ある。
- ✓ 一部の温泉は強酸性、または固形物量が多い。

6

従来の温泉用熱交換器の課題



金属製プレート式熱交換器



プラスチック製熱交換器

- ✓ 金属製熱交換器 腐食・洗浄が手間
- ✓ プラスチック製熱交換器 広い空間が必要

7

道内に導入された温泉熱利用熱交換器

温泉地	熱源	排湯槽の有無	熱交換器の有無・種類	備考
壮瞥	源泉	×	プレート式(SUS)	
仲洞爺	源泉	×	プレート式(SUS)	
洞爺湖	源泉	×	プレート式(SUS)	
真狩	源泉	○(未使用)	プレート式(SUS)	
乙部	源泉	×	プレート式(SUS)	
八雲熊石	源泉	×	プレート式(SUS)	
川湯	源泉	×	プレート式(チタン)	1週間に1回熱交換器を解体洗浄
登別	排湯	○	プレート式(SUS・チタン)	逆噴射により熱交換器を洗浄
仲洞爺	排湯	○	プラスチック管状	
八雲熊石	排湯	○	プラスチック管状	
川湯	排湯	○	プラスチック管状	

- ✓ 源泉では金属製プレート熱交換器が排湯ではプラスチック製熱交換器が広く利用されている

8

1. 研究の概要

2. プラスチック製熱交換器の概要及びその性能

3. プラスチック製熱交換器を用いた給湯システム

世界初！プラスチック樹脂を用いた輻射冷暖房

COOL
DAN

らく射冷暖房
クール暖



TSC 株式会社 テスク資材販売

平成23年度『北海道新技術・新製品開発』ものづくり部門 奨励賞受賞
平成23年度『北海道地方発明表彰』中小企業庁長官奨励賞受賞

居住空間用樹脂製柵状ラジエータ



拡大図

- ✓ 上下2本の樹脂製ヘッダ管に、熱融着により樹脂製細管を接合した柵状の放射冷暖房用ラジエータ。ヒートポンプで作製した冷温水を通水し、放熱。
- ✓ 低コストで冷暖房 輻射効果、気流感なし
- ✓ 錆びない 狭いピッチで接合することにより伝熱面積が大きい

柵状熱交換器の応用例

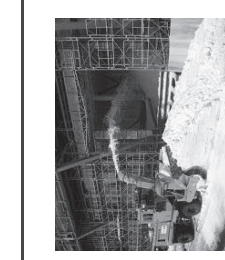
液一液熱交換器としての利用



温泉施設用給熱回収システム
(液一液熱交換器としての応用)

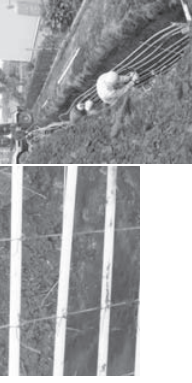


農業・水産分野への利用



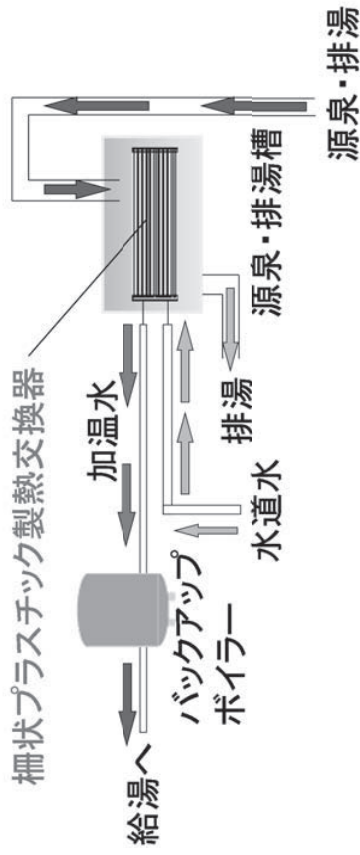
雪冷房システム

固一液熱交換器としての利用



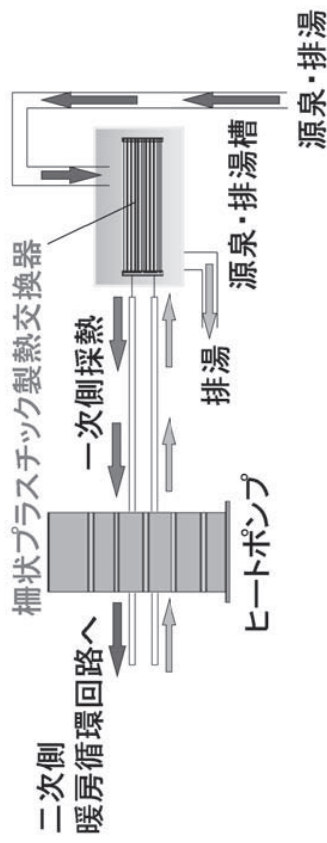
地中探熱器

給湯予熱用熱交換器



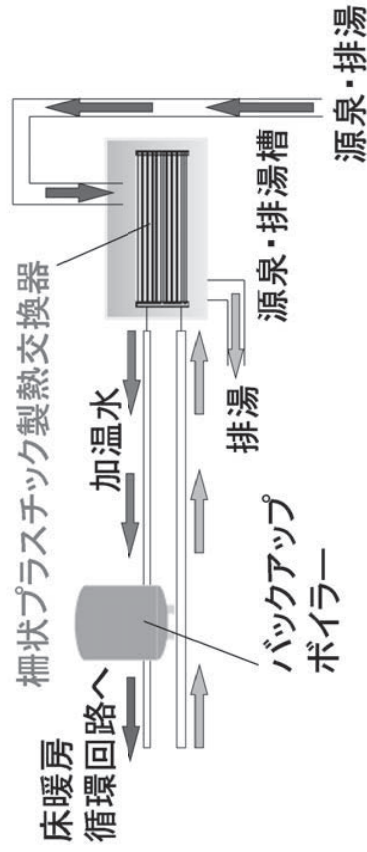
源泉・排湯

ヒートポンプ暖房の採熱器



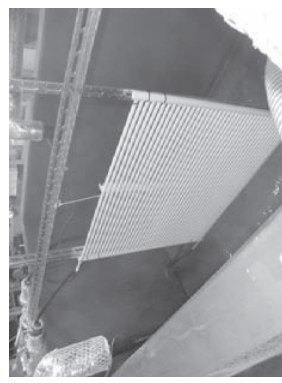
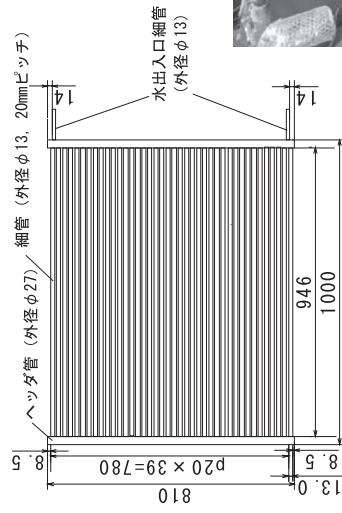
源泉・排湯

床暖房昇温用採熱器

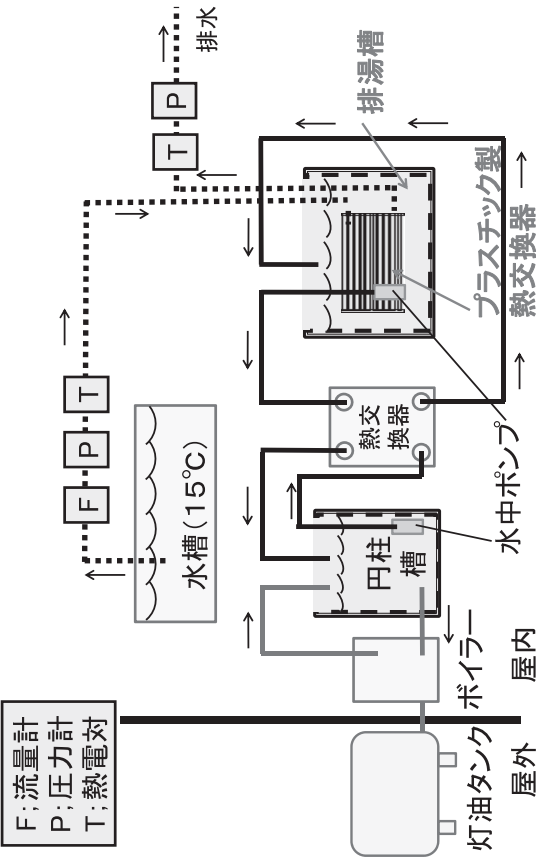


源泉・排湯

熱交換器・熱交換能力測定装置

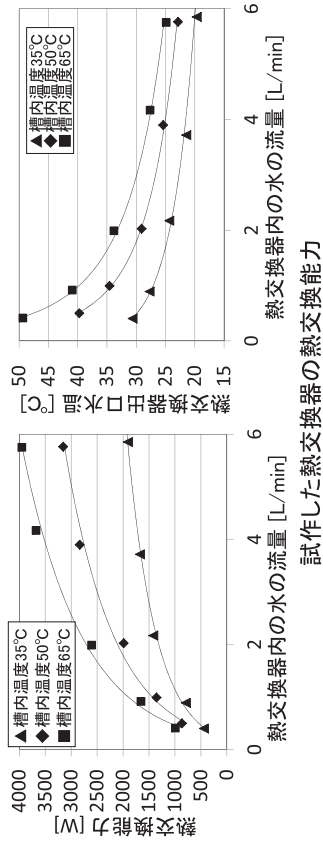


熱交換器能力評価装置の概要



17

熱交換器の能力

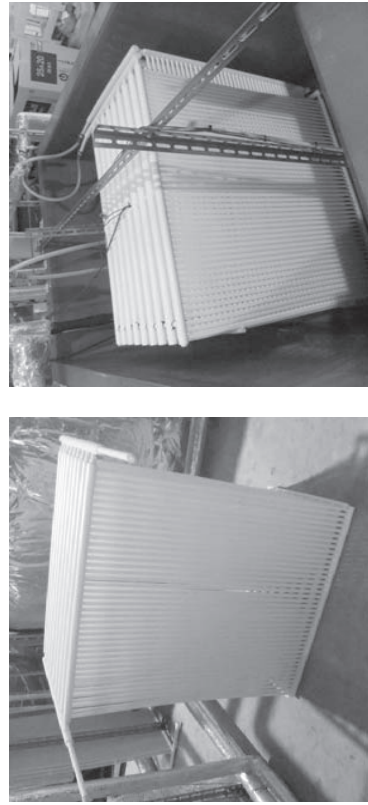


(縦810×横1000mm, 熱交換器入口温度15°C, 排湯流量50L/min)

- ✓ 熱交換器内の水の流量増加に伴い, 熱交換能力は増加する。
- ✓ 熱交換器内の水の流量増加に伴い, 熱交換器出口温度は低下する。
- ✓ 利用先により熱交換器内に通水する流量を決める必要がある。

18

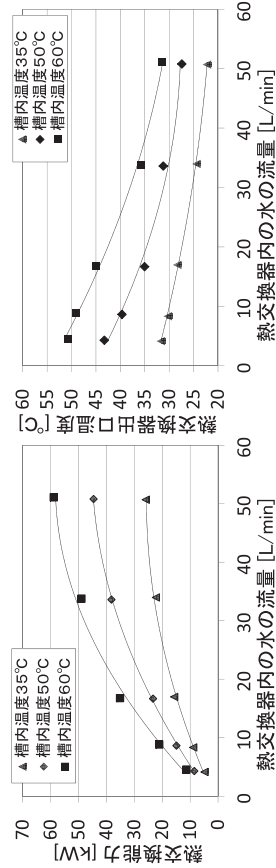
温泉熱回収用熱交換器



- ✓ 外寸法 幅940×高さ1,170×奥行500mm
- ✓ ヘッド一連結構造を採用し, 幅, 高さ, 奥行を自在に設計可能。
- ✓ 浮遊物質は高圧洗浄器で処理. 強酸性泉や硫黄泉でも利用可能。

19

温泉熱回収用熱交換器の能力



試作した熱交換器の熱交換能力

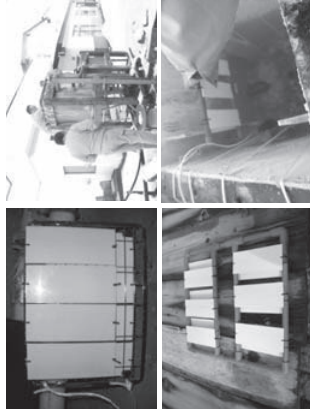
(熱交換器入口温度15°C, 排湯流量50L/min)

- ✓ 35°C排湯利用の場合, 最高回収温度31.7°C, 最高回収熱量 25.9kW.
- ✓ 60°C排湯利用の場合, 最高回収温度50.7°C, 最高回収熱量 58.9kW.

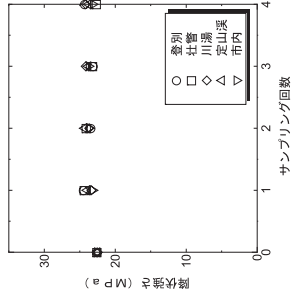
20

設置箇所

No.	場所	設置日の水温〔℃〕
1	霧別温泉 一之石泉(地獄谷内)	60.2
2	杜智温泉	72.5
3	川湯温泉 ホテルA 源泉	58.8
4	定山渓温泉 ホテルB 源泉	51.5
5	市内温泉 地質研内二号泉	32.8 (採取後調温し35℃)



試験片と設置状況



2週間毎の試験片強度の変化 21

本日の発表内容

1. 研究の背景
2. プラスチック製熱交換器の概要及びその性能
3. プラスチック製熱交換器を用いた給湯予熱システム
4. その他の用途について

メーカー	A社	B社	C社
材質	架橋ポリエチレン	SUS316・チタン	銅
形状	管状	プレート状	管状
設置体積あたりの熱交換能力	×	○	○
熱交換能力あたりの熱交換器の価格	○(槽なし)	△	×
様々な水質に対応	○	×	×



A社
プラスチック製管状
B社
金属製プレート状

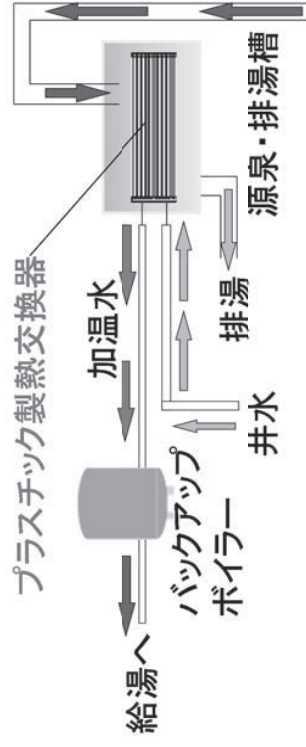


C社
金属製管状



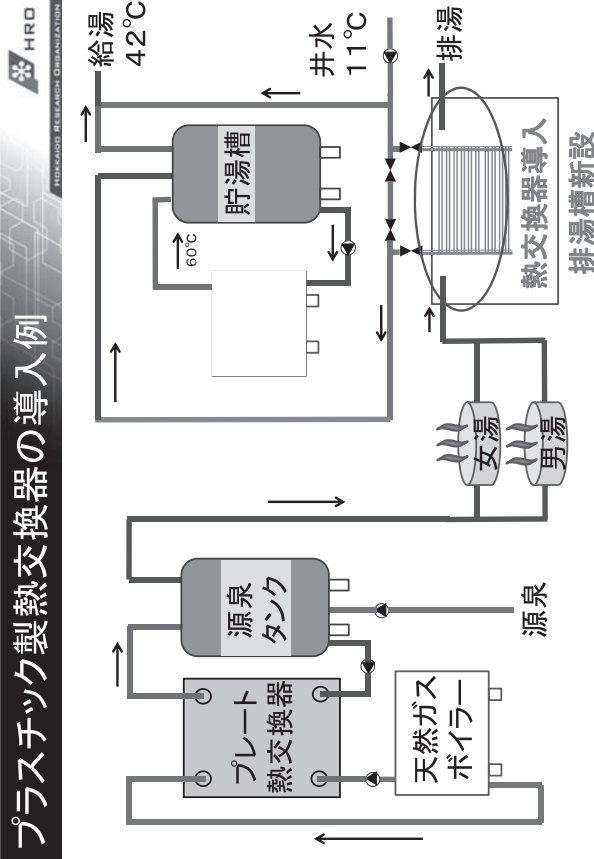
テスク資材販売・道総研
プラスチック製 熱交換器

温泉施設の給湯予熱システム



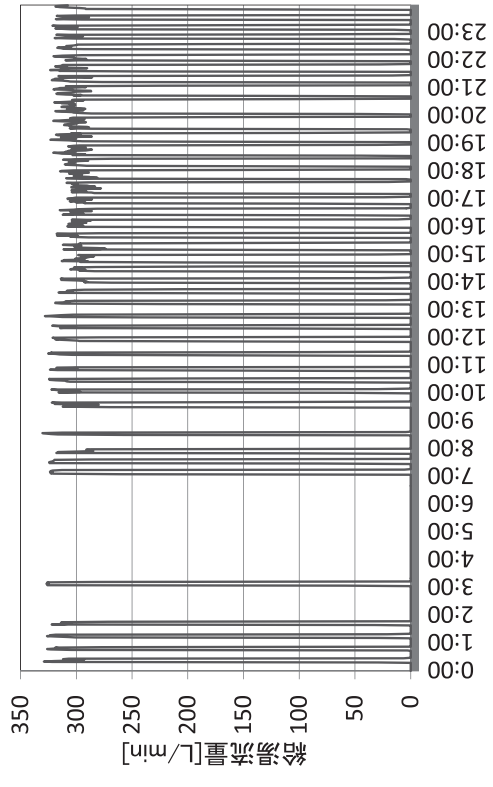
源泉・排湯

プラスチック製熱交換器の導入例



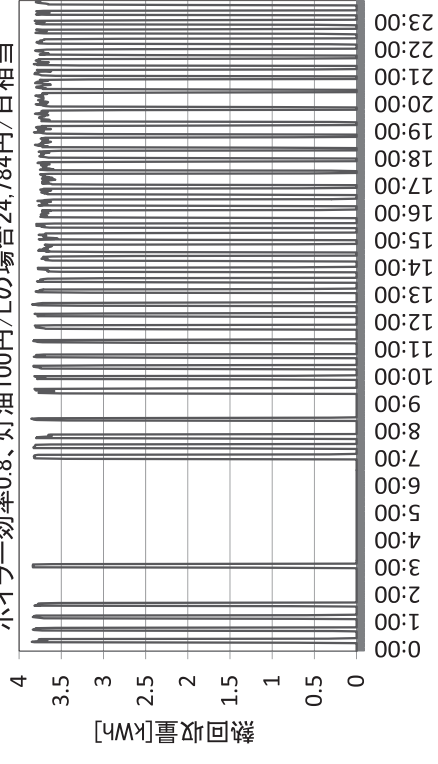
温泉回収システムの模式図

井水流量の経時変化の例

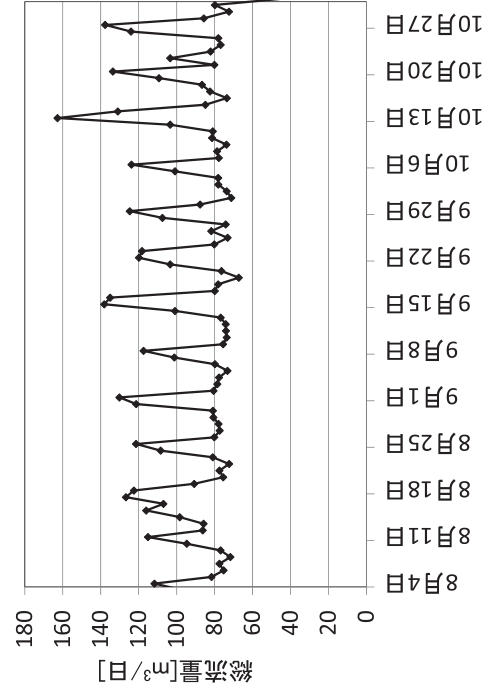


熱回収量の予想値

計算条件：排湯温度35℃、井水温度11℃
 プロタイプ熱交換器8セット導入
 総熱回収量の予想値：2021.3 kWh/日
 ボイラー効率0.8、灯油100円/Lの場合24,784円/日相当

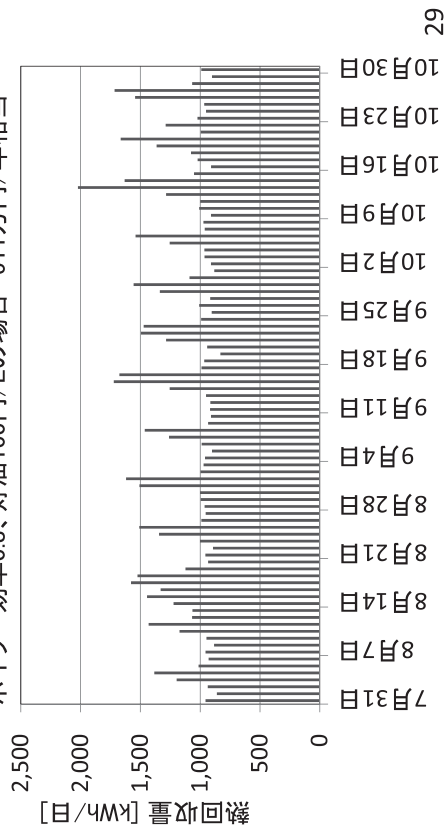


日別の給湯井水流量



日別の熱回収量の予想値

計算条件：排湯温度35℃、井水温度11℃
 プロトタイプ熱交換器8セット導入
 総熱回収量の予想平均値：1142.7 kWh/日
 ボイラー効率0.8、灯油100円/Lの場合 511万円/年相当



29

まとめ

柵状プラスチック製熱交換器とそれを用いた温泉施設用給湯予熱システムについて紹介した。

1. 道内温泉の中で強酸性である場合、固形物量が多い場合、排湯を利用する場合に特にプラスチック製熱交換器の利用価値があることを示した。
2. 温泉施設におけるプラスチック製熱交換器の利用方法について示した。
3. 柵状プラスチック製熱交換器の構造、熱交換能力、耐久性について示した。
4. 柵状プラスチック製熱交換器、排湯を利用した給湯予熱システムについて紹介し、その導入効果について示した。近年の原油価格高騰に対して十分投資回収可能なシステムであることを示した。

30