

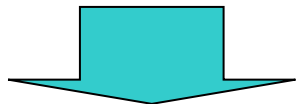
令和5年度 気候変動適応全国大会

克雪・地下水熱利用による 気候変動適応取組事例

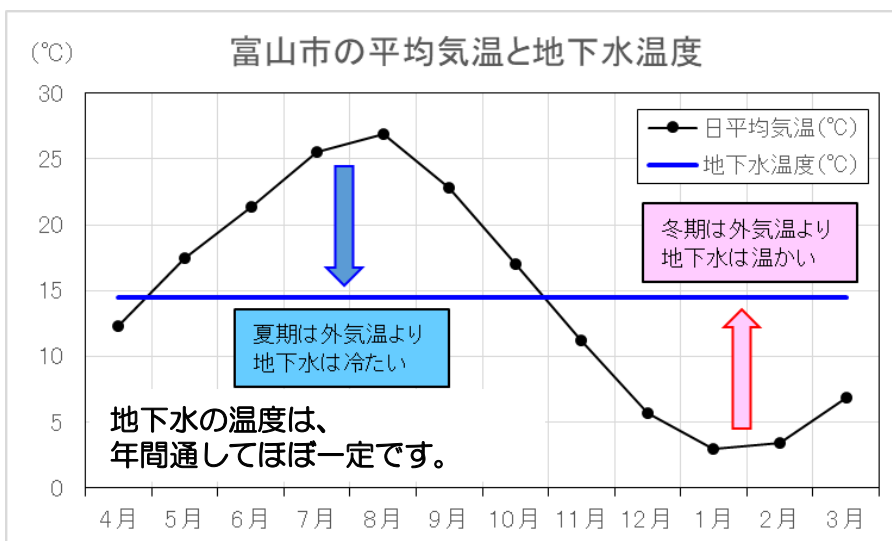
～ 私たちの足下に眠る再生可能エネルギーの有効利用 ～

日本地下水開発株式会社
営業本部企画開発部 黒沼 寛
技術士(応用理学部門:地質)

2050カーボンニュートラルの 実現に向けて 私たちに何ができるのか？



最も身近な再エネって何？
自分達の足元を見つめてほしい
足元には「**地下水の熱**」



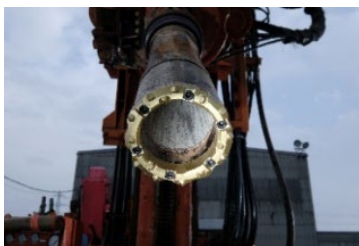
会社概要

会社名	日本地下水開発株式会社 “ <i>Japan Groundwater Development Co., Ltd.</i> ”
設立	1962年(昭和37年) 3月1日
社員数	191名 (関連会社含む)
本社	山形県山形市松原777
営業所	青森、岩手、秋田、仙台、福島、北陸 (富山)、 長野、鳥取、島根、東京
関連会社	日本環境科学(株)、日本水資源開発(株)



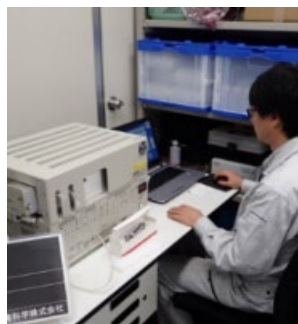
日本地下水開発株式会社

- 克雪事業(無散水・散水消融雪システム)
- 資源開発事業(水源・温泉・地熱開発)
- 環境エネルギー事業(土壌汚染・地中熱)



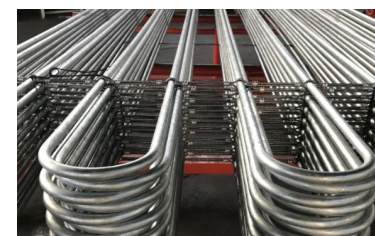
日本環境科学株式会社

- 環境分析・測定(水質・土壌・大気)
- 食品検査(残留農薬・栄養成分)
- 放射能測定(農産・畜産・水産物)
- 環境調査・コンサルタント(騒音・振動)



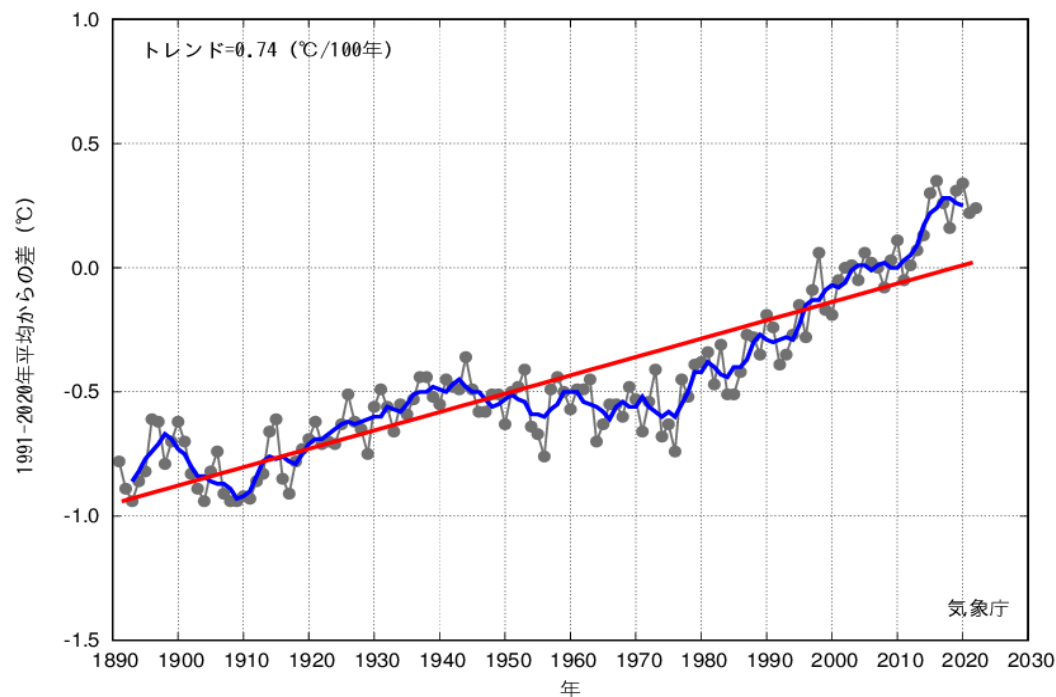
日本水資源開発株式会社

- 消融雪資材の製造販売(放熱管)
- 井戸関連資材の製造販売(ストレーナ)
- 放熱管の現場溶接・ピグ洗浄



地球温暖化による気温上昇の現状（2022年時点）

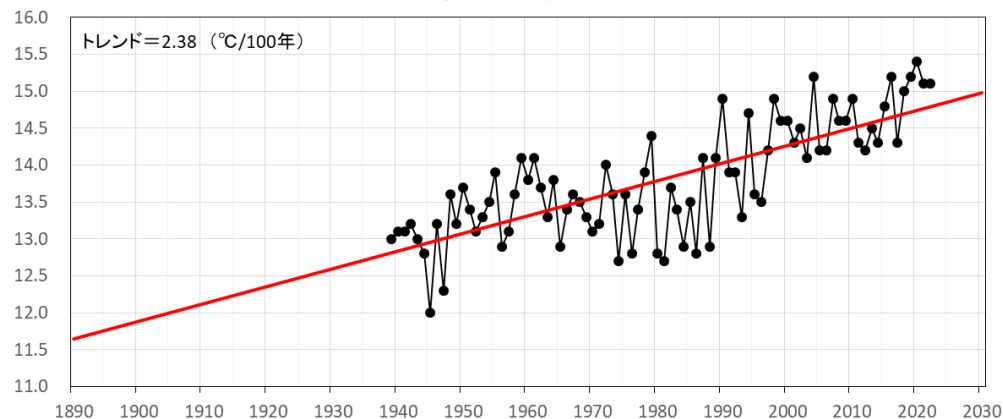
世界の年平均気温偏差



■ 世界の年平均気温

2022年の世界の平均気温（陸域における地表付近の気温と海面水温の平均）の基準値（1991～2020年の30年平均値）からの偏差は+0.24℃で、1891年の統計開始以降、6番目に高い値となりました。世界の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には0.74℃/100年の割合で上昇している。

AMeDAS 富山 平均気温(°C)



■ 富山の年平均気温

1939～2022年までのAMeDAS富山の年平均気温をみると、世界の年平均気温と同様に、変動を繰り返しながら上昇しており、**80年間で2.0℃上昇**、長期的には2.38℃/100年の割合で上昇している。

地球温暖化の気温上昇によって降雪が増える？

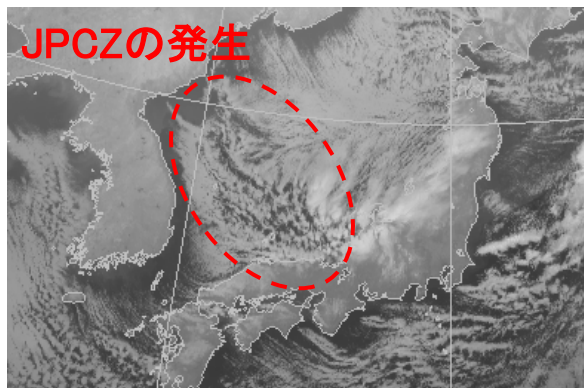
- 気候変動の影響が関与していると思われる災害を含め、近年は**異常気象が多発**している
- 今後も異常気象による**大雨や台風等の増加が懸念**されている
- 気温上昇で雪が減る⇒ No 海水温上昇で「JPCZ」による**“ドカ雪”**が増加している
- 北陸地方では2020年から2年連続で「10年に一度レベルの大雪」が発表
- 地球温暖化は風水害の増加だけでなく、冬の**雪害の増加**の一因となっている

※「JPCZ」: 日本海寒帯気団収束帯 Japan sea Polar air mass Convergence Zone

2021年1月 記録的な大雪の影響で、福井県内の北陸自動車道や富山県内の東海北陸自動車道の上下線で1,000台以上の車両が関係する立ち往生が発生



北陸自動車道の様子(福井県永平寺町内)



2021/1/10 0:00 気象衛星画像(気象庁)

2022年12月 記録的な大雪の影響で、新潟県長岡市内の国道17号や柏崎市内の国道8号で数百台の車両が関係する立ち往生が発生

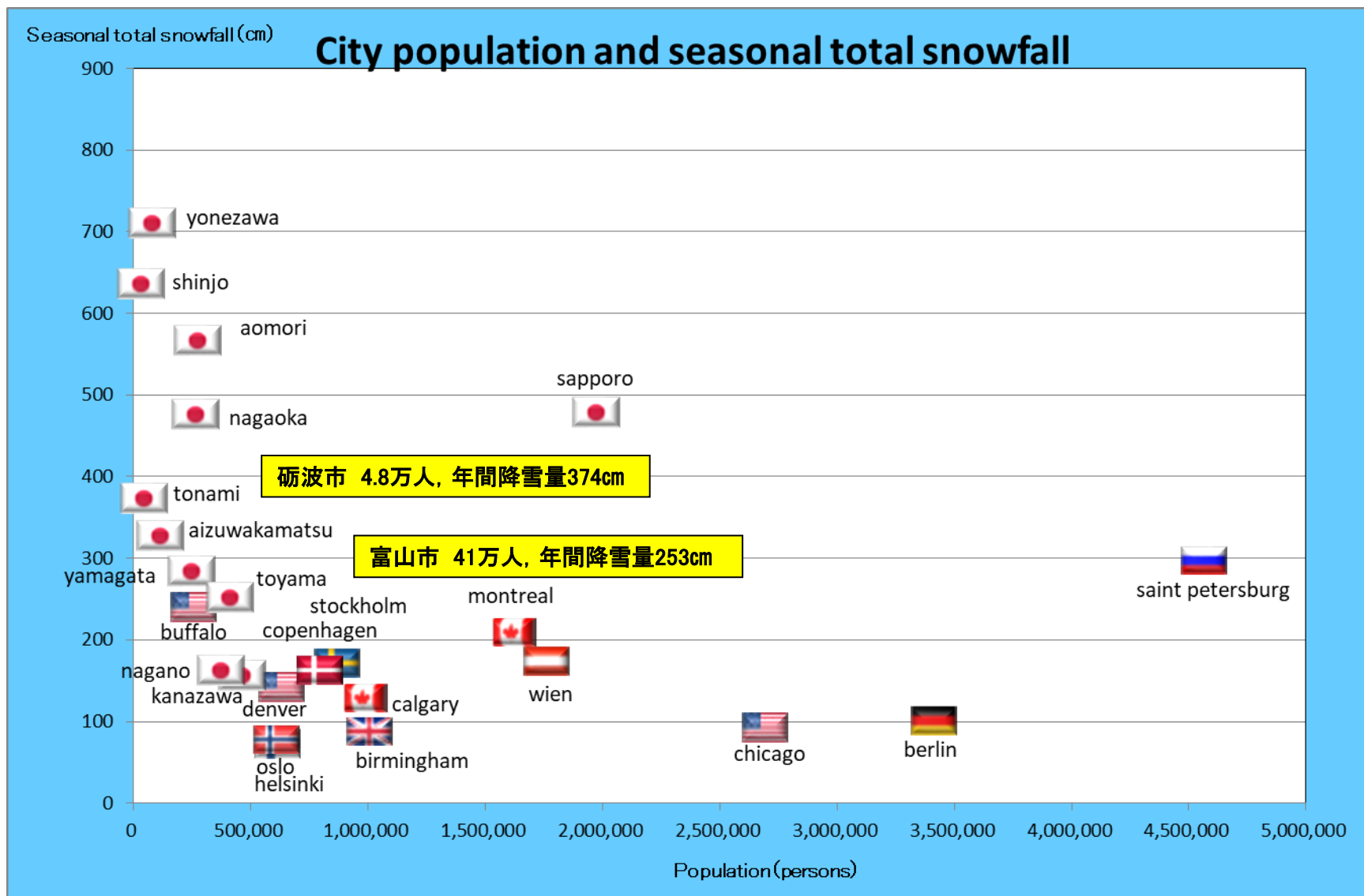


国道17号の様子(新潟県長岡市内)



新潟県柏崎市青海川 上り
国道8号(新潟県柏崎市内)

City population and seasonal total snowfall (都市人口と年間降雪量)



緯度が高く寒冷であるアメリカのシカゴやドイツのベルリンの年間降雪量は100cm程度
さらに緯度が高い北欧のコペンハーゲンやストックホルムでも年間降雪量は200cm以下
世界的にみると年間降雪量が300cmを超える地域に都市はなく、殆ど人は住んでいない

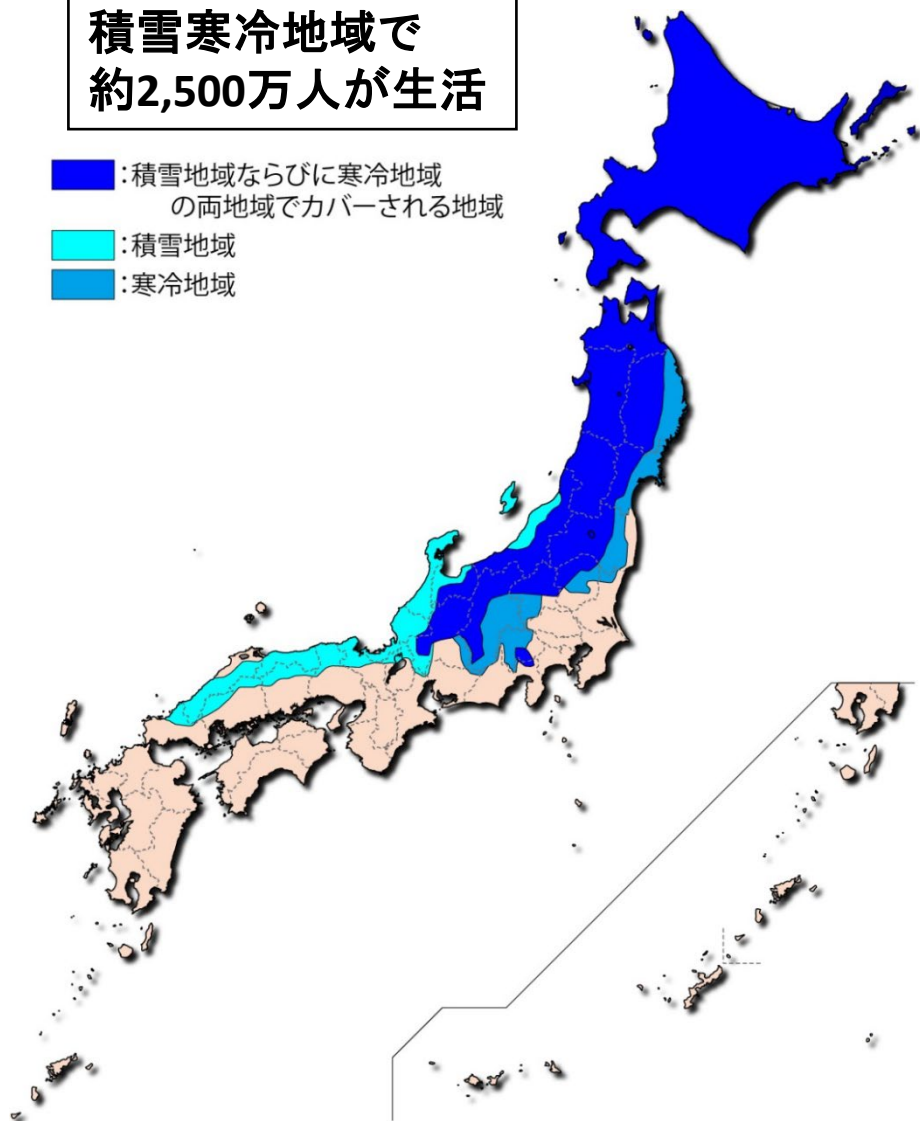
日本では年間降雪量300cmを超える地域に都市が発達し、人々はそこで生活している

- 気象庁平年値(1991~2020)
- ・富山市の年間降雪量253cm
 - ・砺波市の年間降雪量374cm

積雪寒冷特別地域 (国土面積の約60%、総人口の1/5が生活)

積雪寒冷地域で
約2,500万人が生活

- : 積雪地域ならびに寒冷地域の両地域でカバーされる地域
- : 積雪地域
- : 寒冷地域



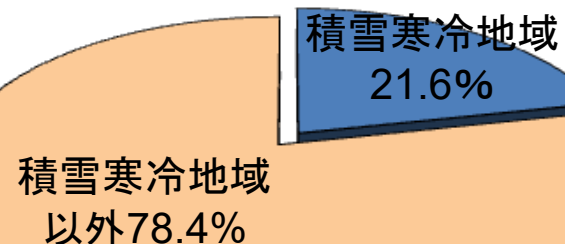
面積



国土交通省が道路交通の確保に関する特別措置法の規定に基づき積雪寒冷特別地域を指定

日本は海に囲まれており、大陸から吹き出す冷たい季節風が、温かい日本海で水蒸気を補給後、山岳部に当たって上昇気流になることで、雲が発達し雪を降らせる特有の地理的条件で、国土面積の60%以上が積雪寒冷特別地域に該当

人口



富山県は積雪地域ならびに寒冷地域に該当

- ・ 積雪地域: 2月の積雪深さの最大値の累年平均が50cm以上
- ・ 寒冷地域: 1月の平均気温の累年平均が0℃以下 (累年平均: 最近5カ年以上の平均)

消融雪技術の変遷

◆散水消雪の出現

- 1961（昭和36）年 散水消雪（消雪パイプ）が長岡市の市道で試験施工
- 1963（昭和38）年 三八豪雪を契機に北陸地方中心に急速に普及

散水消雪の普及に伴い地下水の枯渇と地盤沈下が発生

◆無散水融雪の開発

- 1975（昭和50）年以降、地下水の熱エネルギーのみを利用した
地下水還元式無散水融雪システムの研究開発を開始
- 1980（昭和55）年 秋田市歩道で試験施工
- 1981（昭和56）年 山形市車道に公共工事として初施工

◆融雪技術の主流に

1990年代（平成）に入りスパイクタイヤの撤廃で普及拡大



散水消雪（消雪パイプ）



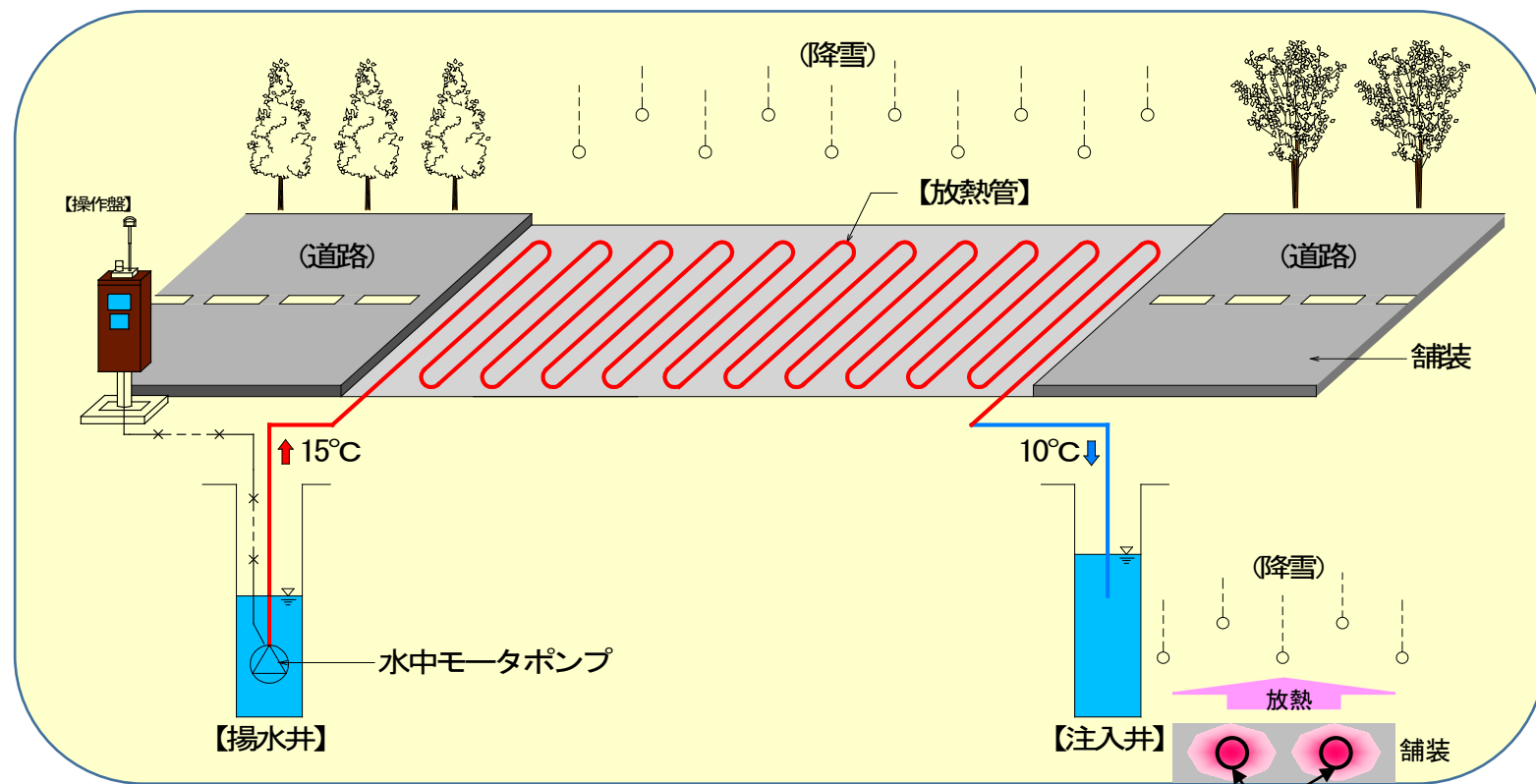
昭和38年 三八豪雪（長岡市）



地盤沈下による被害（南魚沼市）

地下水還元式無散水融雪システム

このシステムは、揚水井、注入井、操作盤と放熱管で構成



- ★ 舗装体に 放熱管を埋設
- ★ 操作盤で降雪を感知し、放熱管に地下水を送水
- ★ 地下水の持つ熱エネルギーを路面に伝え融雪
- ★ 地下水は元の帯水層へ(持続可能な地下水の保全と利用が可能)





東北中央自動車道
栗子トンネル福島県側
抗口(トンネル湧水)



青森県弘前市
土手町(地中熱)



青森県青森市
青森ベイブリッジ
(海水熱)



山形県山形市
蔵王温泉(温泉熱)



富山県富山市
県庁前公園
(地下水熱)



富山県富山市
富山市役所
(地下水熱)



秋田県秋田市
千秋公園(地中熱)



山形県山形市
山形県立中央病院(地下水熱)

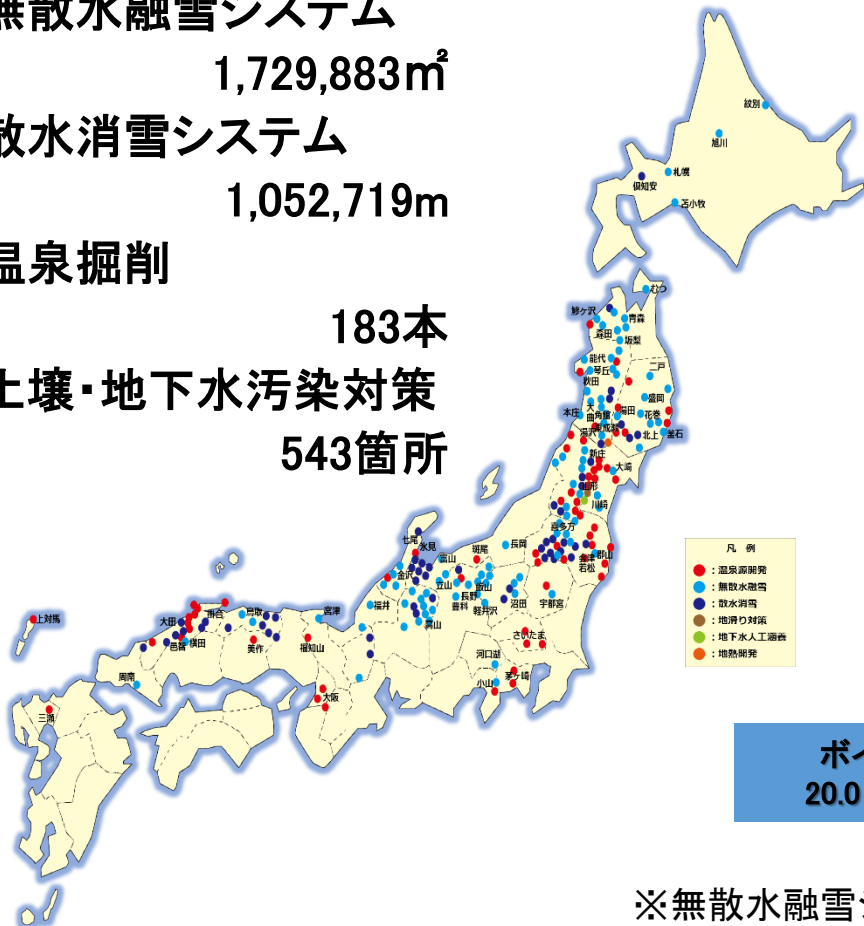


一般住宅駐車場(地下水熱)

消融雪システム施工実績ならびに熱源別一覧

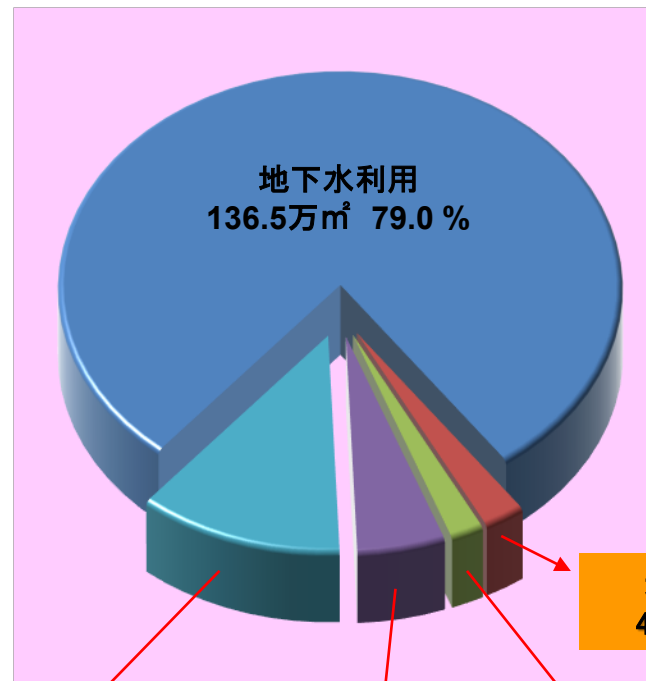
(2023年12月末現在)

1. 無散水融雪システム
1,729,883㎡
2. 散水消雪システム
1,052,719㎡
3. 温泉掘削
183本
4. 土壌・地下水汚染対策
543箇所



凡 例
 ● : 温泉掘削
 ● : 無散水融雪
 ● : 散水消雪
 ● : 土壌・地下水汚染対策
 ● : 地中熱利用

熱源別 施工面積比



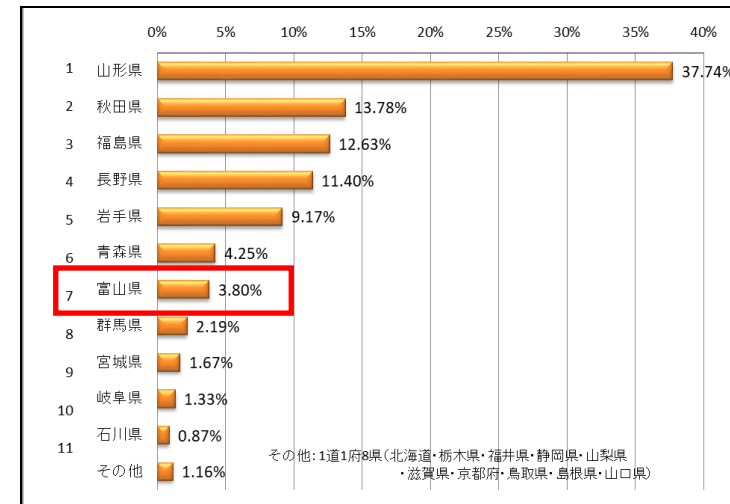
ボイラー利用
20.0 万㎡ 11.7%

その他利用
8.6 万㎡ 5.0%

ヒートポンプ利用
(地中熱利用を除く)
3.2 万㎡ 1.9%

地中熱利用
4.0 万㎡ 2.4%

都道府県別 施工面積比

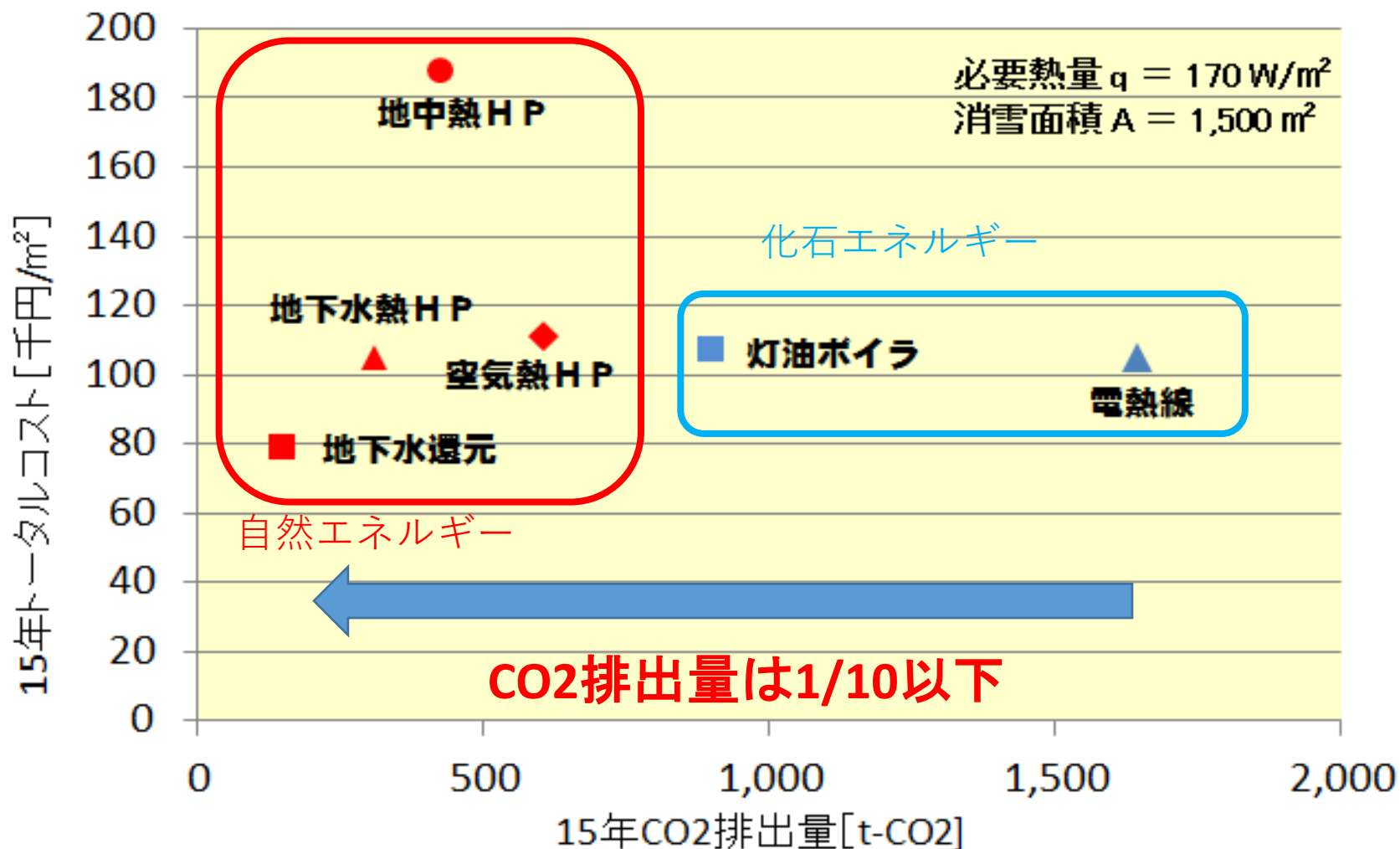


富山県は7番目
 施工面積: 66,400㎡
 (サッカーコート9.3個分)

※無散水融雪システム施工実績: 173万㎡
 → 幅員2m歩道で換算すると総延長865km
 (東京日本橋～青森県庁 国道4号総延長に相当)



地下水還元式融雪システムのCO2排出量とコスト比較



地下水還元式はイニシャルコストとランニングコストをあわせた15年間のトータルコストが最も低く、CO2排出量も最も低い

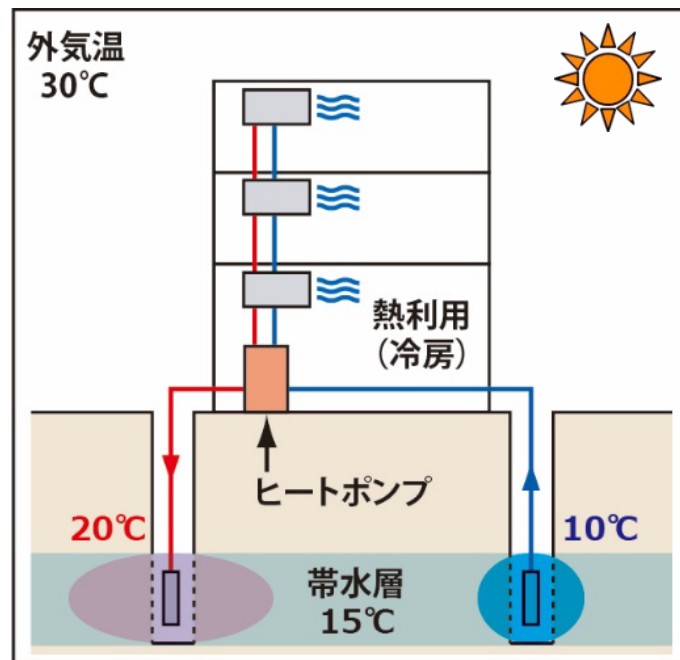
地下水還元式のCO2排出量は電熱線の融雪と比較して、1/10以下

帯水層蓄熱システムとは

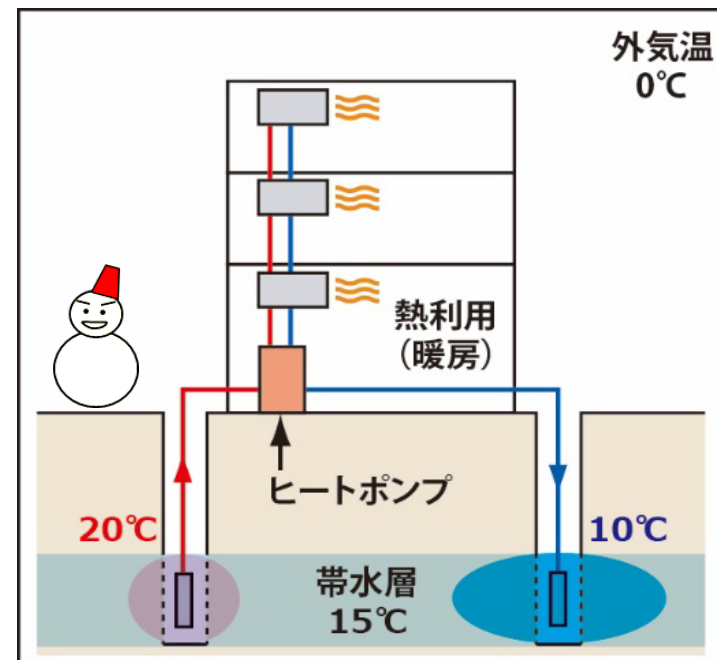
帯水層蓄熱：ATES（Aquifer Thermal Energy Storage）

帯水層蓄熱システムは地中熱利用の一つです。広く普及している空調エアコン（空気熱源ヒートポンプ）では冷暖房の排熱を大気に放出していますが、帯水層蓄熱ではその排熱を帯水層に蓄え、熱エネルギーとして活用することで省エネ・省CO₂・ヒートアイランド現象緩和を図るシステムです。

冷房運転時には冷熱井から冷たい地下水を揚水して冷房に利用し、熱利用によって温まった地下水を温熱井に注入して蓄えます。暖房運転時は温熱井から温かい地下水を揚水して暖房に利用し、熱利用によって冷めた地下水を冷熱井に注入して蓄えます。この操作を季節間で繰り返すことで、夏期に排出される温熱を冬期の暖房熱源に、冬期に排出される冷熱を夏期の冷房熱源として利用することが出来るため、他のシステムと比較して効率の高いエネルギー利用を行うことができます。



冷房運転時



暖房運転時

帯水層蓄熱システムの特徴

節電・省エネによるCO₂削減効果

消費電力の削減は、電力使用によるCO₂排出削減につながります。空調エアコン（空気熱源ヒートポンプ）と比較して、夏のCO₂排出量について大幅な削減を実現しています。

節電・省エネによるコスト削減効果

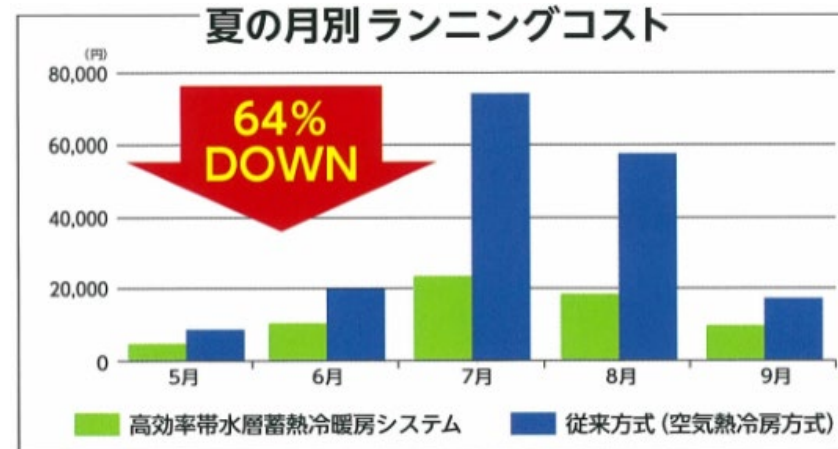
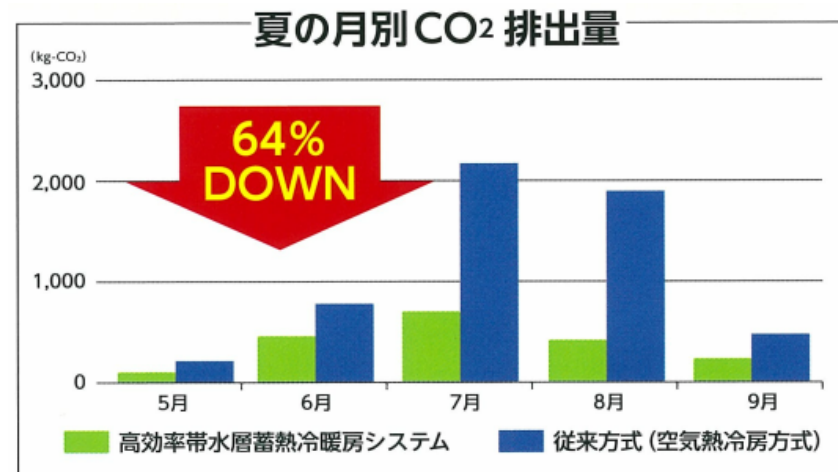
空調エアコン（空気熱源ヒートポンプ）の電気使用と比較して、節電でき経済的です。夏のランニングコストについて大幅な削減を実現しています。

ヒートアイランド現象の緩和

空調エアコン（空気熱源ヒートポンプ）のように冷房時の排熱を大気に放出しないため、都市部のヒートアイランド現象を緩和します。

持続可能な地下水の保全と利用

汲み上げた地下水を熱源としてのみ利用しつつ、同一の帯水層に全量還元することで地盤沈下を防止することができ、持続可能な地下水の保全と利用が可能です。



NEDO 再生可能エネルギー熱利用技術開発より

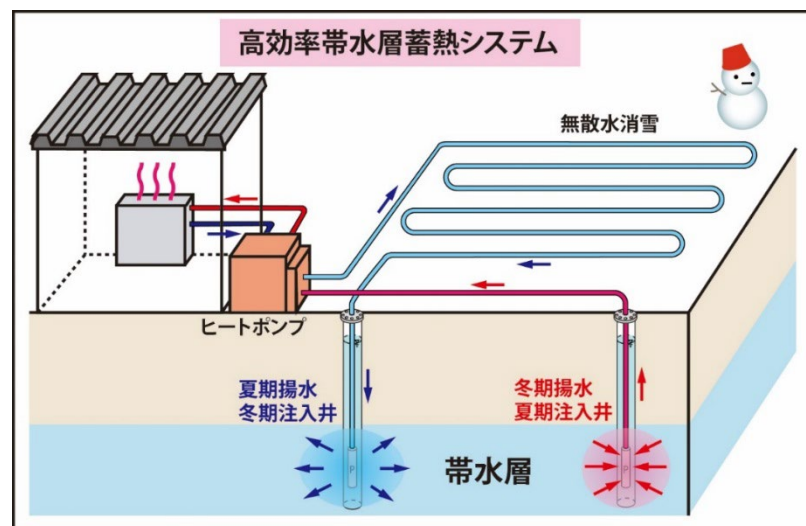
環境省：「帯水層蓄熱の利用にあたって」

日本地下水開発の「ATES」への取り組み

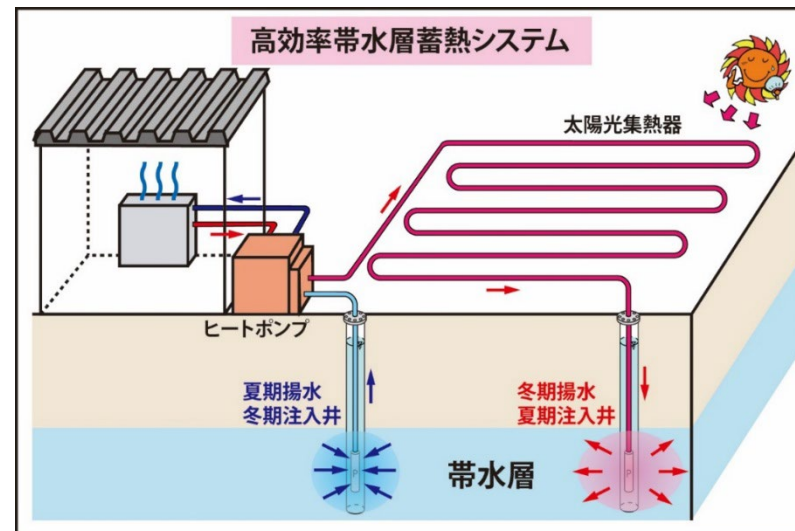
1975年	山形大学工学部の梅宮先生・横山先生と共同研究開始
1983年	山形市のJGD本社に国内初の「帯水層蓄熱冷暖房システム」導入
1998～2002年	国土交通省新技術5カ年計画で、米沢市に「帯水層蓄熱式無散水消雪システム」を導入
2009年	帯水層蓄熱冷暖房システムが、環境省クールシティ事業に採択され、本社システムの再評価・再検討が行われる
2011～2013年	環境省地球温暖化対策技術開発事業に採択され、本社システムのリニューアル
2014～2018年	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の再生可能エネルギー熱利用技術開発委託事業に採択
2019～	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発事業に採択

「高効率帯水層蓄熱冷暖房システム」

冬期暖房利用・冷熱蓄熱



夏期冷房利用・温熱蓄熱



交互利用

ランニングコスト
冬: 58%削減
夏: 64%削減

CO2排出量
冬: 58%削減
夏: 64%削減

帯水層蓄熱を利用した暖房とは、直前の夏期冷房で生じた温熱を帯水層に蓄え、暖房利用するシステムです。揚水した地下水は、冬期暖房の熱源として利用されて温度が低下します。その後、地下水は駐車場に埋設した無散水消雪のための放熱管へ送られ、路面の消雪を行います。消雪によって放熱した地下水は更に低温となり、帯水層への注入冷熱量が増すため、続く夏期冷房が高効率となります。

帯水層蓄熱システムのイニシャルコスト23%削減、ランニングコスト31%削減を達成。

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100971.html



ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用した トータル熱供給システムの研究開発

研究内容

- ZEB事業所へのATES適応性評価ならびに
低コストでの設計・評価手法の確立
- 冷暖房＋給湯に対応可能な専用ヒートポンプの開発
- 太陽熱利用による給湯の高効率化
- 夏期は冬期に蓄熱した冷熱を利用した
フリークーリングによるヒートポンプレス冷房
- 冬期は夏期に蓄熱した温熱による
「暖房＋給湯＋無散水融雪」といった
3種類の熱需要に対応



2020/10/26

日本における大転換のターニングポイント

■菅総理大臣が、温室効果ガスの排出量を2050年までに
実質ゼロにするという目標を表明。

⇒ 2050カーボンニュートラル宣言

■実現のためには、エネルギー政策の抜本的な見直しと、
社会経済、産業構造のアップデートが不可欠。



2020年10月26日菅首相の所信表明演説



日本における社会構造の「大転換」がいよいよスタート！

2050カーボンニュートラルの実現に向けて

- 2050カーボンニュートラル宣言によって再エネ普及に向けた議論が加速しているものの、議論の中心は「電気」をつくることに偏重
 - 業務用・家庭に必要なエネルギーの半分以上を占めているのは冷房・暖房や給湯など「熱」
 - 脱炭素の実現には再生可能エネルギー熱（地下水熱・地中熱・温泉熱・太陽熱等）の有効利用による省エネが不可欠。
- ⇒再エネで電気や水素をつくる事も重要ですが、
まずは身近な足元のエネルギー（地下水熱）で減らす努力をしませんか？

再エネ熱に市民権を！