


# きらり道総研

2024年2月発行  
編集・発行 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
問い合わせ 法人本部 研究戦略部 連携広報グループ

〒060-0819  
札幌市北区北19条西11丁目 北海道総合研究プラザ  
TEL: 011-747-2900  
E-mail: [hq-soudan@hro.or.jp](mailto:hq-soudan@hro.or.jp)  
URL: <https://www.hro.or.jp/>

- 禁無断転載
- 「きらり☆道総研」へのご意見・ご相談がございましたら、上記のE-mailまでお寄せください。今後の編集の参考にさせていただきます。

 地方独立行政法人  
北海道立総合研究機構

## 道民の皆様との新たなつながりへ

道総研が持つ幅広い分野の深い知識、分野を横断する取り組み、研究の系譜、取り組みを担う研究員等の姿勢や思い、こうした話題をお届けします。

# きらり道総研

北の大地、その恵みと暮らしの未来を研究する

Heat Pump

Vol.1

寒冷地で未利用熱を活かす

ヒートポンプ



「スゴイ!」と「なるほど!」の好循環!

# ヒートポンプのしくみ

生活に欠かせないエアコンや冷蔵庫に、「ヒートポンプ」という技術が使われているをご存知ですか?

## ▶「ヒートポンプ」って何?

気体や液体は「圧縮で温度上昇、膨張で温度下降」という性質を持ち、さらに「蒸発時(気化)には周りから熱を奪い、凝縮時(液化)には熱を放出」します。ヒートポンプとは、これらの性質を利用し、冷媒\*の圧縮と膨張、蒸発と凝縮をくり返し、外部に熱を受け渡したり、外部から熱を取り出すことで、空気や水などの温度を調整する技術のこと。ヒートポンプ(=熱をくみ上げる)というネーミングの通り、熱を移動させることで、暖房や冷房としての利用を可能にしています。

\*フロンガスや二酸化炭素などの低沸点の物質のこと。

## ▶どんな構造になっているの?

ヒートポンプ内の冷媒は、蒸発器、圧縮機、凝縮器、膨張弁という4つの機器を経由しながら循環しています。暖房の場合、蒸発器で熱源から熱を取りだし、圧縮機で高温高圧にし、凝縮器で熱を受け渡し、膨張弁で低温低圧という元の状態になります。(冷房の場合は逆のプロセスとなります)

### ●ヒートポンプのしくみ [暖房の場合]

**1 蒸発器で冷媒が気化。**  
低温で液状の冷媒は蒸発器を通過する際に、様々な低温の熱源(空気、水、地中など)が持つ熱を得て気化します。

**2 電力で圧縮して高温に。**  
気化した冷媒は電気で動く圧縮機で加圧され、高温・高圧の状態になります。

## ▶どんな熱源に注目し何に活かしているの?

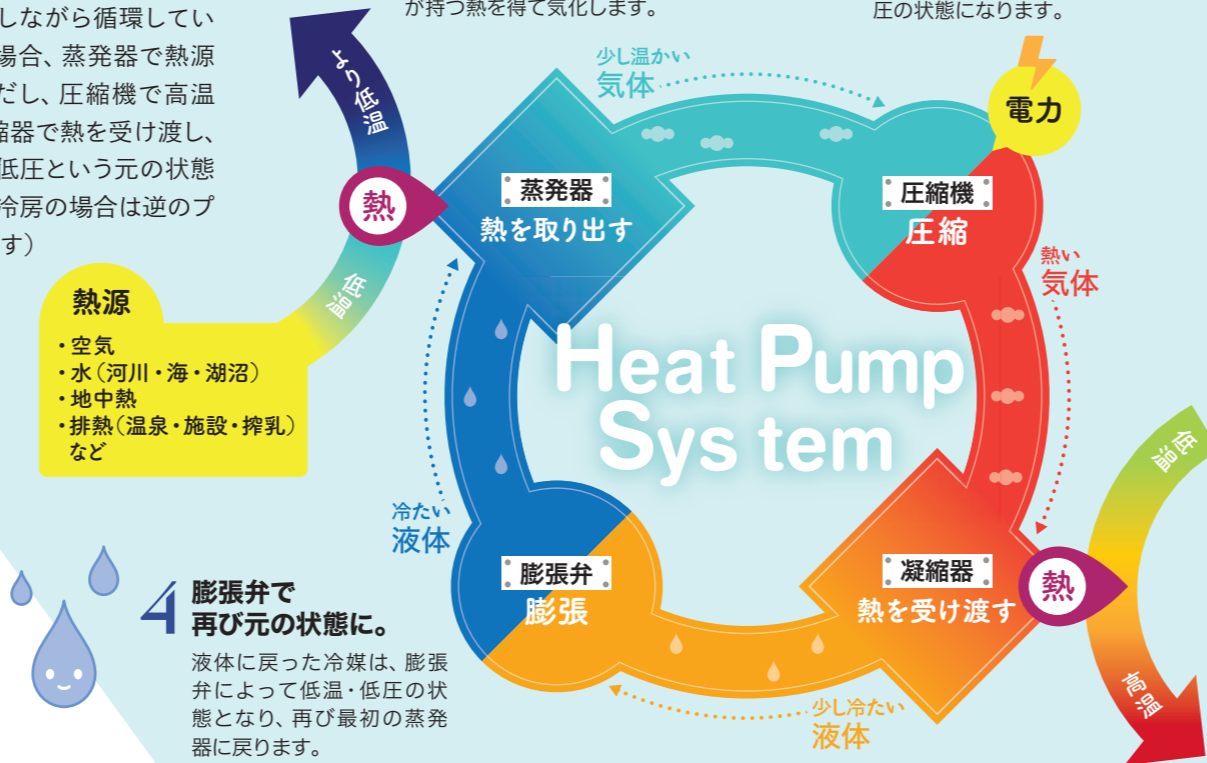
一般的にヒートポンプで利用する熱源には、「空気」、河川、海、湖沼などの「水」、「地中熱」など自然界に存在するもののほか、施設の排熱や温泉排湯などの「排熱」があります。つまり、今まで見過ごしてきた身の回りにある低温の熱に注目しています。そして、取り出した熱は、家庭でのエアコンや給湯機、融雪機、産業分野での乾燥や加温などに活用されています。

## ▶どれくらい「スゴイ」の?

ヒートポンプを動かす動力を1とすると、取り出した熱による暖房能力は、条件しだいで、その3倍を超える高い省エネ効果を実現します。



また、使用電力の由来しだいで、温室効果ガスの排出量の削減にも貢献します。ヒートポンプの誕生は今から200年以上も前ですが、地球温暖化対策にも寄与する、古くて新しい技術として注目されているのです。



**3 熱が空気や水を温めて。**  
昇温した気体の冷媒は凝縮器を経由することで熱を利用側に受け渡し、気体から液体に戻ります。

**4 膨張弁で再び元の状態に。**  
液体に戻った冷媒は、膨張弁によって低温・低圧の状態となり、再び最初の蒸発器に戻ります。

**主な利用先**

- ヒートポンプで温める
  - 施設や家庭などでの暖房
  - 給湯
  - 融雪
  - 産業分野での乾燥、加温など

●ヒートポンプで冷やす

- 施設や家庭などでの冷房
- 冷蔵庫、冷凍庫
- 産業分野での冷却、保冷など

低温の熱エネルギーを、北の未来を拓くエネルギーに。

# ヒートポンプの活用を進化させる道総研。

## 地域に眠る「未利用熱」を活用したい。

空気や水、地下水や地中のほか、これまで捨てられていた下水や都市排熱、工場排熱なども低温の熱エネルギーを持っています。これらの熱源からどう熱を取り出すか、それをどのように運ぶか、さらにどのように利用するか…など、道総研では1980年代から「北海道各地の未利用熱の活用」をテーマとしたヒートポンプの研究に取り組んでいます。



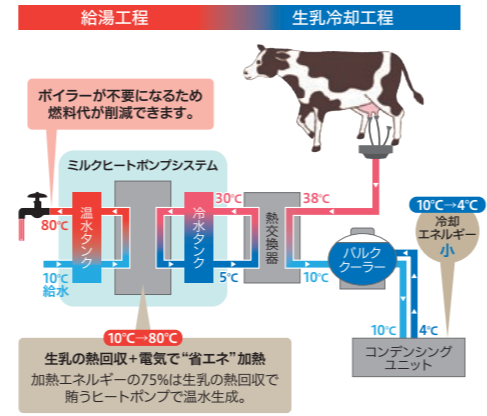
温度が低くても「熱エネルギー」があることに注目！

### 道総研の研究テーマ

- ◎熱源の評価、採熱器や熱交換器の開発
- ◎熱源ごとの個別システムの開発
- ◎装置やシステムの効率化・導入コストの低減

### 【排熱】2009-2011年 ミルクヒートポンプで冷やすと温めるを実現

搾乳が持つ熱を利用し、給湯と生乳冷却を可能にするヒートポンプサイクルを開発。改良を重ねることで、燃料や水道料金の大幅コストダウンを実現。道東の牧場に導入されています。



### 【地中熱】2011年 水平採熱型熱交換器で導入コストを半減

地中に埋設される採熱管(50~150m埋設の垂直採熱式)を見直し、地中1.5~2m程度に埋設する水平採熱型熱交換器を開発。施工費用を低減しつつ、実用可能なレベルの省エネルギー性を実現しました。



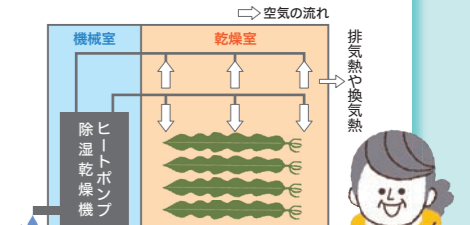
### 【地中熱・空気熱】2011年 快適ふく射冷暖房を実現する樹脂製放熱体

ヒートポンプを活用した冷暖房システムを開発。樹脂管を主材料とする柵状放熱体を利用し「風のない放射冷暖房」を実現。快適性や低コストが評価され、高齢者施設、病院などでも活用されています。

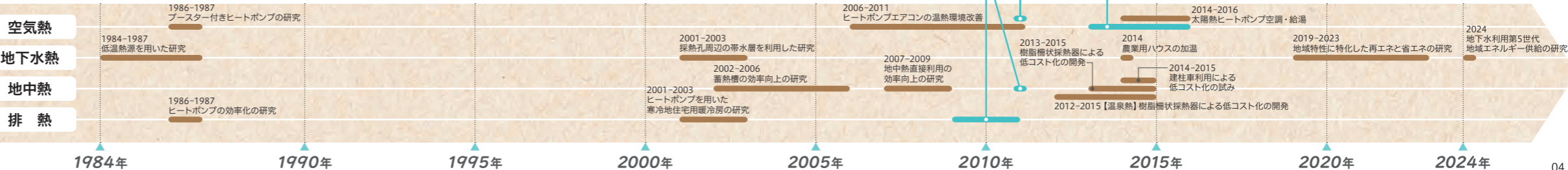


### 【排熱】2013-2016年 コンブ乾燥システムで大きな省エネ効果

重油による熱風乾燥が主体だったコンブの乾燥工程に、ヒートポンプによる除湿乾燥システムを導入。このシステムは電力のみで稼働し、必要なエネルギー量は重油を使っていた以前に比べ59%減。排気熱や換気熱も大幅に減少しました。



## 【長年に渡る研究の系譜】



地下水を利用した  
地産地消のヒートポンプシステム。

## ロイズタウン駅前、 歩道融雪プロジェクト。

北海道の産業や暮らしの課題を見据えながら  
ヒートポンプシステムを活用した  
多彩なプロジェクトに取り組んできた道総研。  
ここでは当別町の事例をご紹介します。

JR学園都市線「ロイズタウン駅」前の歩道



### 地中熱から地下水熱へ、 ユニークな発想の転換。

札幌市近郊の田園都市当別町。稲作や花の栽培が盛んで、さらに2021年4月にゼロカーボンシティの表明をするなど、脱炭素社会に向けた先進的な取り組みを行っている自治体としても知られています。

この当別町の西部、太美地区では地下の地温が高いという好条件を活用し、この土壌から採熱するヒートポンプシステムが町有施設の暖房の熱源となっています。しかしその一方で「採熱量あたりの導入・運用コストが割高」という課題を抱えており、その解消が急務ともなっていました。

そこで道総研は、同じ町西部地区の豊富な地下水に着目。ヒートポンプシステムの熱源として活用する地域エネルギーシステムの実証研究を行いました。

### 井戸の中に採熱管を挿入し 効率的な熱変換を。

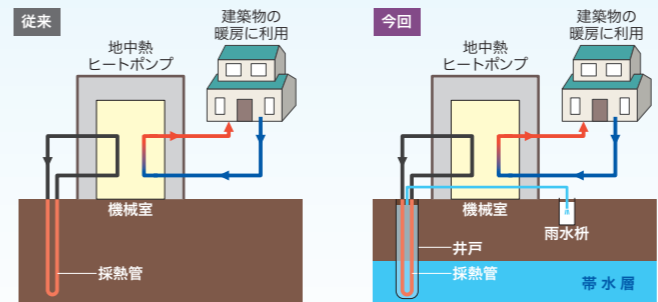
まずは過去の文献やデータを元に、太美地区での地下水の分布や温度などを調査。さらに井戸の揚水試験なども実施し、地下40～50mから100mには15～20℃の地下水が広がる「帯水層」があることが確認できました。

次に採熱システムについての検討です。一般的な地中採熱方式であるボアホール方式は、地面に縦穴を掘った後、中に不凍液

を入れた樹脂管を埋設し、ポンプで不凍液を循環させて採熱します。どこでも採用することができる一方、土壌との熱交換効率が低く、採熱管を多く埋設する必要があるため初期コストが高額になるというデメリットがあります。

このため今回採用したのは、井戸を掘削しその中に熱交換用の採熱管を挿入するというヒートクラスター方式。ポンプで不凍液を循環させることで井戸内の水と採熱管内の不凍液を熱交換して採熱するというしくみのため、効率的な採熱が可能となり、埋設コストを大幅に低減できます。

この地下水熱という地産地消の発想を活用して実施されたのがJR学園都市線「ロイズタウン駅」前の地下水利用ヒートポンプシステムの導入です。



●ボアホール方式  
導入実績が多いものの、採熱量が  
小さく高コスト

●地下水利用方式  
(ヒートクラスター方式)  
採熱量が多いが、排水設備が必要

### コストや環境にも貢献する 期待のヒートポンプシステム

ロイズタウン駅前の地下水利用ヒートポンプシステムの導入に際し、道総研は、その設計・導入・評価・運用改善を担当しました。工事では地上から104mの井戸を3本施工。井戸で帯水層の水から採熱してヒートポンプに接続、温まった不凍液は融雪路盤に供給されていくという構造となっています。

本システムによる融雪がスタートしたのは令和4年12月。降雪センサもしくは路盤の温度設定に応じて正確に作動し、駅前の通走路やバス停、駐車場へのアクセス路の確保に貢献しました。

また経済や環境面では、灯油ボイラーに対して「ランニングコスト 44%減」「一次エネルギー 51%減」「CO<sub>2</sub>排出 59%減」を実現(令和4年度実績、コストには電力基本料金を含む)。高い採熱量に対して、コストと環境への負荷の両面で大幅な削減を可能にしました。

今後は融雪だけではなく、冒頭の町有施設の暖房や給湯をはじめとする多彩な場面での利活用が期待されています。

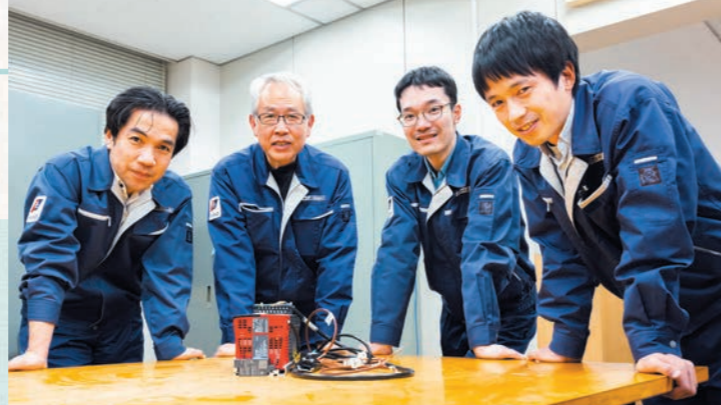
NEXTへと動き出す道総研 [10ページ参照]

地下水を活用した、新たなエネルギー需給モデルの追求



ヒートポンプのプロ、  
白土研究主幹にリアルインタビュー!

## ヒートポンプの可能性を 高めるのは、 地域との対話です。



### 実はとっても身近な ヒートポンプ。

炎天下から部屋に戻ったあなたをスイッチ一つで「快適」にしてくれるエアコン、



評価用地中熱交換器設置の様子。

さらに生活に欠かせない冷蔵庫や便利な給湯設備エコキュートも、ヒートポンプのしくみを利用して誕生し、改良が重ねられています。

道総研においてヒートポンプの研究が本格化したのは、今から40年ほど前。寒冷地の「低温の熱源の探索と活用」をテーマに、利用先の調査と拡大、システムの高効率化や低コスト化など、多彩な研究を積み重ねてきました。中でも酪農の採乳熱やコンブの乾燥作業、北国の暖房など、北海道という地域性に着目したユニークな研究が多いのが大きな特徴となっています。

### 未来の地球が求める 究極の技術。

ヒートポンプは省エネルギー機器として古くから認知されてきましたが、例えば2000年代、安価な化石燃料や深夜電力を利用した暖房・給湯機器が利用され、冷房用のエアコン以外では普及が十分ではありませんでした。

しかしながら、今日の世界的な潮流と言える「SDGsの推進」「カーボンニュートラル社会の実現」において、空気や水など自然界にある熱を利用し、少しの電気エネルギー

を加えることで快適な冷暖房を実現できるヒートポンプは、費用対効果のある基盤技術として再注目されるようになってきました。そこに、現代の高速通信技術やネットワークシステム、AI技術、風力・太陽光発電などの再生可能エネルギーを組み合わせることができれば、人口減少に対応するシステム管理の無人化やシステムの最適制御によるさらなる省エネが見込まれ、ヒートポンプが果たす役割はさらに拡大していくのではないのでしょうか。

### ヒートポンプで もっとスゴイことを。

カーボンニュートラル社会の担い手として注目されているヒートポンプ。今後はその利用領域もこれまでの「住宅」や「工場」から地域へと広がっていくのでは、と思っています。

そこで大切になるのは、ヒートポンプを単なる「技術」や「しくみ」として技術者が独りよがりシステムを設計するのではなく、地域の皆さんと「何を実現したいのか」「どういうまちにしたいのか」という対

話を行うこと。例えば、「皆が集うコミュニティスペースをつくってまちを元気にしたい」「地域で環境教育を行いたい」「雪を使って何かできないのか」「里山をつくって自然との共生を図りたい」…そんなまちづくりの想いにヒートポンプを始めとする技術を適切に組み込めば、それらの想いも具現化されてくると思うのです。

ヒートポンプでもっとスゴイことを…これを実現するのは「こんな課題がある」「こんなまちにしたい」という地域の皆さんの声、自治体や地元企業の方々の協力です。そして分野に関わらず我々道総研の職員も地域の皆さんのもとへこれまで以上にアウトリーチしていかなければと思っています。

当別町の課題や未来をテーマに実施された住民参加のワークショップ風景。私(白土)も参加しています。



### ★ Profile

北海道大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。エネルギー管理士。現職のほか、(公社)空気調和・衛生工学会技術理事、北海道地熱温泉熱アドバイザー、当別町地球温暖化対策実行計画策定委員などを兼務。放射冷暖房システムの開発等、北海道のエネルギーシステムの設計・開発・評価に幅広く貢献。

エネルギー・環境・地質研究所  
資源エネルギー部  
エネルギーシステムグループ 研究主幹

白土 博康

ヒートポンプで  
まちづくり!



★ きらTHINK ★  
研究者の一言voiceを集めました!

エネルギー・環境・地質研究所  
資源エネルギー部 研究職員  
多奈田 紘希

ヒートポンプによる  
暖房の可能性を  
探る。

道内の家庭で排出されるCO<sub>2</sub>の  
約40%が暖房由来。ヒートポン  
プで暖房の脱炭素・低炭素化を  
進めていけるか探っていきたい。

# ヒートポンプ研究の 未来シナリオ *Research For The Future* って?

エアコンの  
効率的な使用法の  
研究。

一般住宅におけるエアコンの効  
果的な使用法や室外機の設置法  
などを研究し、工務店や家庭に  
伝えたい。

北方建築総合研究所  
建築研究部 研究主幹  
村田 さやか

エネルギー・環境・地質研究所  
資源エネルギー部 主査  
保科 秀夫

一次産業と  
ヒートポンプを  
つなぎたい。

重油による乾燥作業や給湯が行  
われている農業や水産業の現場  
に、ヒートポンプシステムを普及  
させたい。

エネルギー・環境・地質研究所  
資源エネルギー部 主査  
林田 淳

熱と電気の  
フレキシブルな  
需給調整を。

使い切れない電気を熱に、余っ  
た熱を電気に。ヒートポンプを  
効率的に稼働させる需給調整を  
研究したい。

空気熱源  
ヒートポンプの  
性能の見える化。

ZEB\*を設計する上でも欠かせな  
い空気熱源ヒートポンプ。実使  
用時の効率を見える化して省エ  
ネ性能の評価を高めたい。

\*ZEB: ネット・ゼロ・エネルギー・ビルの  
略称。建物で消費する年間の一次エネル  
ギーの収支をゼロにすることを目標した建  
物のこと。

NEXTへと動き出す道総研。

## 地下水を熱導管に見立てると… 新しい地域エネルギーの 活用シーンが見えて来た!

道総研ではロイズタウン駅などで得ら  
れた知見のもと、「地下水(帯水層)を一  
種の熱導管に見立て、地上施設のヒート  
ポンプ(冷暖房システム)の熱源として面的  
に活用する」という、地域熱エネルギー  
供給システムの実現を提案しています。

このシステムの導入が可能となれば、  
本来の熱導管の導入コストや温水を搬  
送する動力を大幅に削減できるだけ  
なく、一帯の住宅や施設に冷暖房や給  
湯を安価で届けるなど地下水の流動性  
を踏まえたユニークな活用も期待でき  
ます。また動力源に再エネ由来の電力を  
使うことで、地域ぐるみのCO<sub>2</sub>削減や脱  
炭素化の推進にも貢献するでしょう。



地下水の広がり(帯水層)を熱源とした  
地域エネルギー供給システムのイメージ

道総研からの提案

あなたの「まち」に  
地域熱エネルギー  
供給システムを。

まちの未来に「温もり」を広げる  
地域熱エネルギー供給システム。  
その実現や導入のためには、自  
治体、企業、地域住民の皆様な  
どからの賛同や意見、協力が不  
可欠です。自治体、企業、地域  
の皆様、道総研と一緒に新たな  
取り組みを始めてみませんか。

●お問い合わせ先

地方独立行政法人  
北海道立総合研究機構  
エネルギー・環境・地質研究所

〒060-0819  
札幌市北区北19条西12丁目  
TEL 011-747-3521 (代表)  
FAX 011-747-3254  
<https://www.hro.or.jp/eeg.html>

エネルギー・環境・  
地質研究所  
ホームページへ▶

