



CO₂排出量が少ない、クリーンで安全、資源量が豊富などの特徴を持ち、以前から期待されてきた再生可能エネルギー。日本のエネルギー政策は転換期を迎え、再生可能エネルギーをいかに効率よく有効利用できるかが大きな課題となっている。今回は再生可能エネルギーの中で、地中熱利用と雪氷熱利用に注目し、現在進められている取り組みについて紹介する。

加速する再生可能エネルギー熱利用

新千歳空港の全景。ここでは、冬に降った雪の冷熱を利用する冷熱供給システムの取り組みが行われている。(資料提供：北海道空港(株))

再生可能エネルギー熱利用への追い風

2011年の夏、東日本を中心に電力供給が不安定な状態が続き、多くの家庭や会社で節電の取り組みが行われたのは記憶に新しい。しかしながら長期的に見ると、一般家庭のエネルギー消費量は増え続けている。家庭で使用されるエネルギーの多くを占めているのが冷暖房と給湯であり、給湯用と冷暖房用を合わせるとほぼ6割を占める。

最近注目され始めたのが、再生可能エネルギーの熱利用である。これには、太陽熱利用、温度差熱利用、バイオマス熱利用、雪氷熱利用などの種類がある。

政府は、2010年6月に発表した「新成長戦略」に、固定価格買取制度の導入等により再生可能エネルギーの急拡大を目指す、という方針を盛り込んだ。2010年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、2020年までに一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を10%まで高めるとの目標が設定された。2012年4月には、再生可能電力の買い取り価格案が決定されている。

このように、地球温暖化防止、CO₂排出削減を進める社会の流れとともに、再生可能エネルギー熱利用は徐々に表舞台

へ登場してきた。そして2011年の震災と原発事故の後、再生可能エネルギーへの社会的な期待はますます高まっている。

普及のカギといわれる経済性の問題を解決するため、各種の導入支援策が講じられている。2011年度に経済産業省は再生可能エネルギー熱利用に補助金を交付する事業を開始し、合計136件が採択された(太陽熱、バイオマス熱、地中熱、雪氷熱、温泉熱エネルギー(温度差エネルギー)など)。この支援策は2012年度も継続され、補助金の規模はさらに増額された。

その他の導入支援策としてグリーンエネルギー証書(グリーン電力証書やグリーン熱証書)のシステムが開始されている。これは、グリーン電力やグリーン熱を消費する行動を通じて再生可

再生可能エネルギー熱利用の内訳

太陽熱利用

バイオマス熱利用

地中熱利用

雪氷熱利用

温度差エネルギー利用

バイオマス燃料製造

(出典：資源エネルギー庁資料より作成)

能エネルギーの普及に貢献できるシステムであり、再生可能エネルギー利用が注目される要因の1つとなっている。

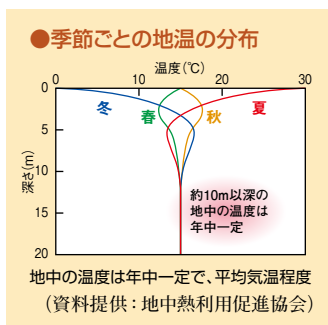
今回は、再生可能エネルギーの熱利用の取り組みの中から、地中熱と雪氷熱に注目し、現在行われている事例や鉄鋼材料の関わりなどについて紹介する。

Part 1・地中熱利用

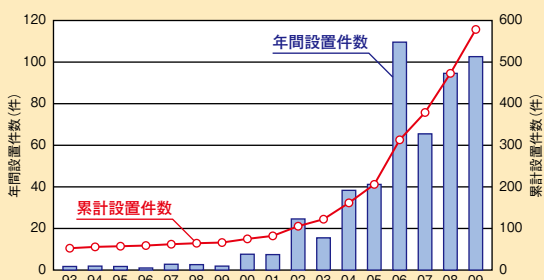
季節を問わず安定した地中熱エネルギー

世界最古のワイン生産地と言われる東欧のモルドバ。ここに世界最大のワイン貯蔵庫がある。地下30～80mの深さで全長約200kmに及ぶという巨大な貯蔵庫はもともと石炭採掘場跡地であり、年間を通じて温度約12℃、湿度96%を保っている。この環境は自然が作り出すものであり、人工的な調節はされていないという。

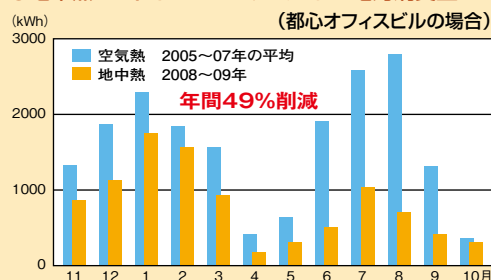
ワインに限らず、地中の熱の利用は古くから世界各地で行われてきた。地中の深さ10m付近の温度は地上の年間平均気温とほぼ等しく、しかも1年間ほとんど変化しない。夏は冷たい熱源として、冬は暖かい熱源として地中熱との温度差エネルギーを利用するのが、



●日本の地中熱ヒートポンプの設置件数



●地中熱ヒートポンプシステムによる電力消費量



地中熱システムでは、夏の電力消費量の最大値が冬の最大値より小さく、夏の節電に効果が期待できる。

(資料提供：地中熱利用促進協会)



コンビニエンスストアへの導入事例(イメージ)。

導入店舗では、鋼管杭φ190.7×21.5mなどが使われている。

(資料提供：JFEエンジニアリング(株))

地中熱利用である。似た名前の地熱エネルギーは、火山活動などで得られる高温高压の蒸気でタービンを回し発電するものである。一方、地中熱利用は、熱源が主に太陽熱であり、地熱に比べれば低温のエネルギーであるが、利用する場所を選ばず、天候に左右されないという長所がある。

地中熱を効率よく利用するヒートポンプシステムには、地中そのもの(土壌、地層、岩盤など)に熱源を求めるクローズド型と揚水した地下水に熱源を求めるオープン型がある。

ここではクローズド型を中心に紹介する。クローズド型は、地中熱交換器から液体(水、不凍液など)を循環させて熱をくみ上げ、ヒートポンプにより必要な温度の熱に変換して冷暖房や給湯に利用する。熱を放出した液体は再び熱交換器に移動する。地中熱交換器には、掘削孔を利用するボアホール方式と杭方式(基礎杭、採熱専用杭など)がある。ボアホール方式では、掘削機で地中にあけた100m程度のボーリング孔にU形チューブなどを入れる。日本や北欧で家庭用に多く採用されており、信頼性が高い。一方、杭方式では、杭の内部に水を張り、その中にU形チューブなどを入れる方法が一般的である。杭方



世界初の非住宅大型建築における地中熱システムへの鋼管基礎杭の適用例(札幌市立大学桑園キャンパス、2006年施工)

(資料提供：新日鉄エンジニアリング(株))

式では、建物の基礎杭（鋼管杭、コンクリート杭、場所打ち杭など）に地中熱交換器の機能を持たせることができ、この方法により導入コストが抑えられる。

このようなクローズド型のシステムでは、建設後のメンテナンスがほとんど必要なく、住宅、建築物、プールなど幅広い用途に適用できる長所がある。

今後の普及が期待される日本の地中熱利用

地中熱ヒートポンプシステムの冷暖房では、熱源が地中にあって地中温度と室温との温度差があるため、通常のエアコン（外気熱源のヒートポンプシステム）に比べ消費電力が大幅に削減できる。ヒートポンプシステムでは、熱源温度（地中温度、外

気温度）と利用温度（室温）の温度差が小さい方がコンプレッサーの消費電力が少なくて済むため、特に真夏や真冬には地中熱の方が大きな省エネ効果をもたらすといえる。

節電に注目すると、地中熱ヒートポンプは消費電力が年間最大となる夏のピークカット時に節電効果が大きい。オフィスビルでの年間の電力消費量（6ページ左下図）を見ると、夏の電力消費量の最大値が冬の最大値より小さくなっており、夏場の節電に効果が期待される。また、地中熱ヒートポンプでは排熱を外気に放出せず、地中に放熱するため、ヒートアイランド対策としても有効である。

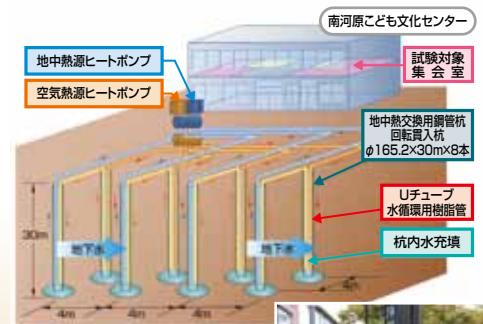
このような特徴が次第に認識されるようになり、日本でも導入例が増加する傾向にある。国内の設置件数は2004年以前は

CASE STUDY 地中熱利用空調システムで 大きな省エネルギー効果が得られた児童施設

公共施設で、鋼管杭を活用した室内空調システムの実証試験の例を紹介する。2008年度より川崎市南河原こども文化センターにおいて地中熱利用の空調運転の実証試験が行われた*。地中熱採熱用の熱交換器として、長さ30mの鋼管杭8本を設置している。鋼管杭は先端翼付回転貫入型であり、杭の内部は中空構造となっている。杭先端は閉塞しており、内部に水を充填している。

実証試験では、地中熱空調システムと通常のエアコンを運転し、一日当りの電力消費量の比較を行った。その結果、冷房時には最大で約40%の省エネルギー、暖房時には最大で約20%の省エネルギーの効果が明らかになった。

* 2008～2010年度川崎市環境技術産学公民連携公募型共同研究事業
**環境省環境技術実証事業にてETVマークを取得。低CO₂川崎パイロットブランド'10を受賞



南河原こども文化センターの鋼管杭およびヒートポンプの構成

鋼管杭の施工状況（南河原こども文化センター）。内部に水を充填し、U形チューブを埋め込むことにより、熱交換器の役割を果たす。



（資料提供：JFE鋼管（株））

CASE STUDY 地中熱利用システムなどの 環境配慮技術が導入された次世代社員寮

さまざまな環境配慮アイテムを導入した、次世代型社員寮が、北九州市に完成した。この建物の冷暖房・給湯システムでは、「少量水対応地中熱ヒートポンプシステム*」「スマートヒートポンプ™システム」を採用している。

少量水対応地中熱ヒートポンプシステムは、冷暖房負荷に応じ地中熱交換杭への循環水量を変流量化させるシステムであり、熱交換性能の定量評価手法を確立することにより、初めて実用化した。これにより、高効率な空冷ヒートポンプマルチエアコンと比較しても約20%の省エネを達成し、地中熱ヒートポンプの導入領域を大幅に拡大した。

また、スマートヒートポンプ™システムは、空調ヒートポンプ、給湯ヒートポンプ、太陽熱集熱器と地中熱交換杭を同じ熱源水配管ループで結んだシステムである。地盤の持つ蓄熱性を利用し、排熱を有効利用することにより、補助熱源の運転を最小限に抑え、更なる省エネを実現している。

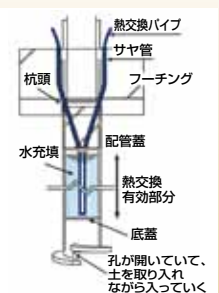
*平成22年度第8回産学官連携功労者表彰の環境大臣賞を受賞



地中熱利用などが導入された社員寮



鋼管杭の施工状況。回転圧入杭は地中熱利用システムと親和性が高く、φ400～900、杭長11～16mで、全体で69本、合計267tが使用された。



（資料提供：新日鉄エンジニアリング（株））

年間40件以下であったが、その後2006年には年間100件を突破している。

しかし世界的な普及のスピードはもっと速く、世界各国では2000年前後から普及が加速した。設備容量が最も多いアメリカに比べると、日本の実績はその1%にも満たない。

普及を妨げている要因の1つに、初期コストの高さが挙げられる。この対策として、国や自治体の助成の充実や、設備コストを導入可能な価格に抑えることが求められている。一方で、再生可能エネルギーのうちでも効果が期待されるシステムの1つとして、社会的な認知度を高めることが必要であろう。

Part 2・雪氷熱利用

冷熱エネルギーを積極的に活用

「雪氷熱」とは文字通り雪と氷の持つ熱エネルギーである。冬季に降り積もった雪や凍結した氷などを、夏季まで保存し、冷熱源として利用する。豪雪地帯では、作物を雪の中で保存することが行われてきたが、これも雪氷熱の利用の1つだといえる。

現在、日本では北日本や日本海側を中心に全国で140の施設が、雪氷熱を利用している。多くは自治体や農業団体、公共施設などで、冷房や農産物貯蔵などを目的としている。ただし利用の状況は地域により差が大きく、本格的な普及はまだこ

れからという段階である。

雪氷熱エネルギーを利用するということは、雪や氷が溶けて水に変化する過程で吸収される潜熱を利用するものである。潜熱とは、物質の状態変化のために費やされる熱エネルギーのことで、雪氷では約335MJ/雪氷tである。保存しておいた雪や氷は夏に溶かされて、冷気や冷水となって空調などに利用される。雪氷熱エネルギー利用のメリットとしては、省エネルギー効果が大きい、CO₂排出抑制効果が大きい、などが上げられるが、とくに作物の鮮度保持や糖度増加の効果もある。

冷熱の供給方式には、冷水をポンプで循環させる「熱交換冷水循環方式」、送風機で冷気を循環させる「直接熱交換冷風循環方式」、装置や倉庫の上に直接雪をかぶせて内部の冷気の自然対流を利用する「自然対流」などの方法が用いられている。

2010年には日本最大規模となる北海道・新千歳空港の「雪山方式冷熱供給システム」の運用が開始され、大きな話題となった。

ともすれば厄介者扱いだった雪を、冷熱源として積極的に利用でき、環境への負荷も小さいとあって、雪氷熱エネルギー利用は期待されている。身近な未利用エネルギーとして、利用の幅をさらに広げていくことが望まれる。

- 取材協力 (NPO法人)地中熱利用促進協会、JFEエンジニアリング(株)、新日鉄エンジニアリング(株)、セントラルリーシングシステム(株)、
- 文 杉山香里

CASE STUDY

世界最大級 新千歳空港の雪山方式冷熱供給システム

北海道の新千歳空港では、降った雪で空港内に雪山を作り、この冷熱エネルギーを利用しようという取り組みが行われている(2010年5月運転開始)。

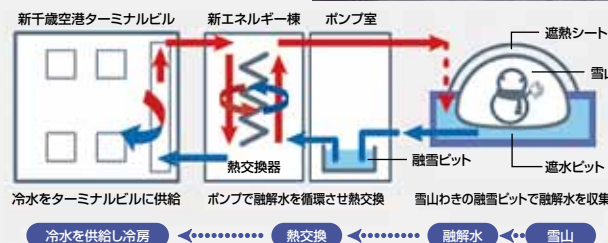
雪山は空港内の200m×100mのスペースで、最大高さ12mの雪を貯留することができる。貯雪量は年間12万～24万m³を想定しており、貯雪施設としては世界最大級である。雪山は遮熱シートで覆い、外気温が上昇する夏場まで溶けるのを遅らせている。この雪を溶かした冷水をポンプで熱交換器に送り、冷房用水を冷却する。これが空港ビル内に供給され、冷房に利用される。このシステムの冷熱供給能力は17,900～35,800GJ/年であり、空調への雪氷熱利用で、CO₂排出量を2,100t-CO₂/年削減することが可能となる。

このシステムは、国土交通省東京航空局が進めるクールプロジェクトの一環でもあり、大型施設での空調利用の先駆けとして注目されている。



貯雪ピット全景(遮熱シート敷設時)

●新千歳空港の冷熱供給システム



貯雪ピットから熱交換を行う新エネルギー棟まで、システム全体は樹脂管と銅管でつながっている。貯雪ピットからエネルギー棟までの地中埋設配管に樹脂(硬質塩ビVM)管(配管総延長約2,100m、約34t)が使用され、ポンプ室内配管およびエネルギー棟内配管に鉄管・機器類(配管総延長約600m、約31tと機器類約8t)が使用されている。

(資料提供: セントラルリーシングシステム(株)、(株)北海道日建設計)