



## CO<sub>2</sub>による高効率熱活用システム

The Thermal Recovery System Using CO<sub>2</sub> as a Refrigerant

Hiroshi SOMA

**キーワード：**ヒートポンプ、省エネ、CO<sub>2</sub>、潜熱、小型化

**Key words :** heat pump, saving of energy, CO<sub>2</sub>, latent heat, down sizing

### 1. はじめに

ヒートポンプは今や農業経営を安定化させるために必要不可欠な技術となっている。気象庁によると2011年の北日本日本海側の月降水量は、9月としては1946年以降最も多い値となった。また、上旬は北日本で、中旬は東・西日本で顕著な高温となった。東日本では、中旬の平均気温が、9月中旬としては1961年以降最も高い値を更新した(気象庁, 2011)。こうした天候不順の傾向は今後も継続するものと思われる。よって、ハウス栽培の空調では、年間を通して室温を一定するために暖房だけでなく、冷房も必要とされており、近年ヒートポンプの普及が急速に進みつつある。一般的なヒートポンプは空気を熱源としている。地域にもよるが、暖房では冬の5℃以下の冷たい空气中から採熱し、冷房では夏の30℃以上の熱い空气中へ放熱している。これに対して、地中熱ヒートポンプは地中を熱源としている。地中の温度は年間通して15~16℃で一定であるため、空気熱源のヒートポンプと比較して、採熱も放熱も効率よく行うことができ、結果として、ランニングコストの削減が可能となる。地中熱ヒートポンプでは、地中から採熱、あるいは地中へ放熱するために、水(凍結防止剤を添加する場合もある)を循環するためのパイプを地中に埋設する必要がある。このパイプの全長は、一般家庭で利用する場合で100~200mとなるケースが多い。ボーリングマシンを使用して掘削することになるが、この掘削のコストが高いこと原因で、これまであまり普及が進んでいなかった。

### 2. システムの特徴

今回報告するシステムでは、地中に循環する冷媒として水の代わりにCO<sub>2</sub>を使用している。水は地中に入るときと地中から戻るときの温度差の分だけで地中と熱交換する(顕熱交換)が、CO<sub>2</sub>は循環しながら、暖房の場合、液体から気体に、冷房の場合、気体から液体に相変化して熱交換(潜熱交換)する。潜熱交換の方が顕熱交換よりも単位面積当たりの熱交換量を多くすることができるため、同程度の能力であれば水を冷媒とするよりも、埋設するパイプの径を縮小したり、全長を短縮したりすることができ、結果として、掘削コストを削減することができる。CO<sub>2</sub>が液体として存在するのは、-56.6~31.1℃であるから、理論的に熱源の温度帯がこの範囲であ

相馬 啓

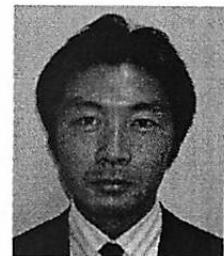
(そうま ひろし)

1972年5月生

1996年ケミカルグラウト(株)へ入社  
技術本部技術開発部へ配属、高圧噴射  
攪拌工法、地盤凍結工法、地中熱ヒー  
トポンプ等の開発を実施

現在、技術開発部主任

E-mail : h-souma@chemicalgrout.co.jp



を利用できる。臨界温度の31.1℃に近づくと潜熱量は減少するが、臨界点付近では冷媒物性値が急激に変化し、温度・圧力の条件により定圧比熱が最大となるため(党ら, 2003), 水を冷媒とするよりも有利である。したがって、これまで外気温度の影響を受けやすいとして、水を冷媒とする従来の地中熱ヒートポンプではあまり利用されていなかった浅い層の地中熱利用が可能となる。また、貯水槽や暗渠等の送水管を熱源として利用すれば、イニシャルコストがさらに削減できる。本システムについて、これまで段階的に実証実験を行ってきた。まず、水とCO<sub>2</sub>の二種類の冷媒で後述する現場事務所の冷暖房を行い、埋設するパイプの全長を1/2~1/3に、消費電力量を1/2にできることを確認した。次に螺旋状のパイプを使用して埋設深度4mで暖房運転を行い、必要十分な能力を発揮できることを確認した。最後に貯水槽を熱源として水の加温・冷却を行い、システムの大幅なサイズダウンが可能であることを確認した。

### 3. 実証実験装置

#### 1) 従来システムとの比較

図1にCO<sub>2</sub>を冷媒とするシステムと水(プロピレンジリコール水溶液)を冷媒とするシステムの比較を示す。水を冷媒とするシステムでは、地中に埋設するパイプとして図中の右に示すようなポリエチレン製のU字型のチューブがよく用いられる。Uチューブの径は一般的に25~35mmであるが、送りと戻りの2本分のスペースが必要となるため、掘削する際のボーリング径としては100~150mmとなる。水は送液ポンプを使用して循環し、暖房では地中で温められることで採熱し、冷房では地中で冷やされることで放熱する。CO<sub>2</sub>を冷媒とするシステムでは、地中に埋設するパイプは、図中の左と中央