

1 (1) 地中熱利用のための積雪寒冷地向け施工技術

1. 目的

北海道などの寒冷地において冬期間のハウス加温にかかる暖房費は農家にとって切実な問題となっています。再生可能エネルギーのひとつである地中熱源を利用したヒートポンプシステムはインシヤルコストが高く、とりわけ地中熱採熱用の採熱管を埋設する掘削費用が高いという課題があります。地中深さ1～2mならば農家自身が保有する重機などで掘削することにより掘削費用の大幅な低減が可能となります。

本研究では浅層地中（深さ1～2m）を対象として、スリンキー方式等の採熱管の埋設方法について検討します。

2. 成果の概要

使用した採熱管は高性能ポリエチレン管（PE100）と金属強化ポリエチレン管（SMTX）の2種類で、口径20Aの配管を用いました。溝長さ1mあたりの採熱量を50Wで設計し、長さ45mを8系統施工することとしました。また、ループピッチ0.5mのスリンキーを幅1m深さ1.6mに掘削したトレンチに水平に埋設する横スリンキー方式（図1）、幅0.3m深さ2mのトレンチに垂直に埋設する縦スリンキー方式（図2）、ワイヤメッシュ筋（φ4mmピッチ150mm）に括りつけて幅1m深さ1.6mのトレンチに設置した水平配管方式（図3）の3種類の敷設方式とし、設置後埋め戻しをしました。結果として採熱管の敷設方式によらず1系統あたり約28kWhの採熱量が得られました。また、採熱管施工費用はボアホール方式に比べ約50%削減しました。

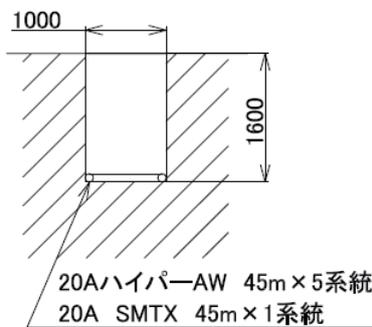


図1 横スリンキー方式

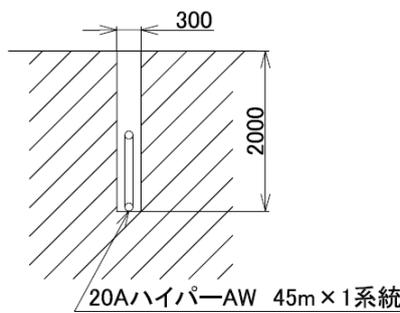


図2 縦スリンキー方式

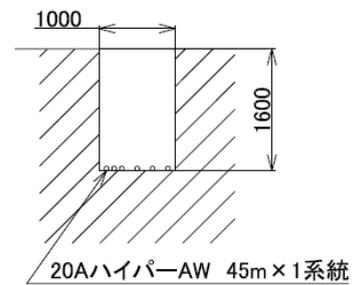


図3 水平配管方式

サンポット株式会社

TEL 0198-37-1181

多田梨恵

1(2) 農業用ハウス向け地中熱ヒートポンプの開発

1. 目的

近年、燃料価格の高騰により、従来使用されている燃油加温機のランニングコストが高くなり農家経営を圧迫しています。燃油加温機に替わり地中熱ヒートポンプを導入することで、ランニングコストを抑え暖房費用を削減できます。

本研究では、農業用ハウス向け地中熱ヒートポンプを開発します。

2. 成果の概要

園芸用冷暖房空調機器として冷温風吹き出し可能な地中熱ヒートポンプを開発しました（図1）。仕様を表1にまとめます。ヒートポンプは冷暖房負荷に合わせて出力可変が可能となっています。

図2に暖房時の圧縮機回転数と出力・COPの関係を示します。最大暖房出力は24.1kWで、これは北海道で500m²の空気膜ハウスにヒートポンプ2台を設置し、十分に加温出来る仕様です。圧縮機回転数を落とすと出力を低下させることができ、COPは高くなる傾向にあります。



図1 地中熱ヒートポンプ

表1 地中熱ヒートポンプ仕様

用途	園芸用冷暖房空調
	冷温風
定格電圧	3相200V
定格周波数	50Hz/60Hz
外形寸法(mm)	W800×D1,600×H1,300
接続口径	採熱側R1 1/4
冷媒の種類	R410A
最大暖房出力	24.1kW ^{※1}
最大冷房出力	18kW ^{※2}

※1 暖房条件：採熱戻り温度0℃、風吸込み温度15℃

※2 冷房条件：採熱戻り温度30℃、風吸込み温度30℃

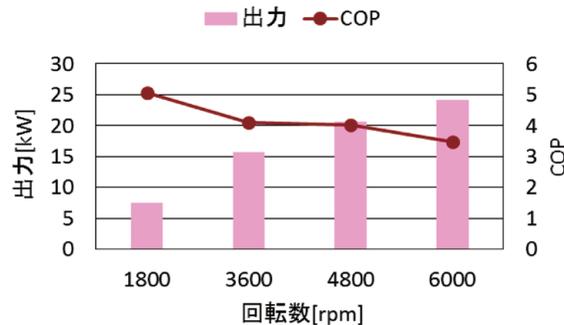


図2 暖房能力

サンポット株式会社

TEL 019-37-1181

多田梨恵

1 (3) 地中熱利用ハウス暖冷房システムの開発

1. 目的

設置コストが大幅に削減でき、燃油温風暖房システムに比べてランニングコストを半減できる地中熱利用ハウス暖冷房システムを開発します。

2. 成果の概要

H26年7月からH27年8月までの運転状況について図1に示します。グラフのCOPは地中熱ヒートポンプ単体の性能、SCOPは循環ポンプ、送風ファンを含むシステム全体の性能を示し、数値が高いほど性能が良いことを表しています。暖房出力のピークは1月となり、出力約630 kWh/day、SCOPは約3.2となりました。暖房期間を通すとSCOPは3.5程度で推移しています。

冷房は栽培床の地中冷却を行ないました。H26年は圧縮機使用の冷房運転で行ないましたが、負荷が小さく、圧縮機回転数を低くすることができるためCOPは10以上と高い値を示しました。しかし、出力に比べ循環ポンプの消費電力が大きくSCOPは3.8と低下しました。H27年は圧縮機を使用しないフリークーリングで地中冷却を行ないました。圧縮機消費電力が無いため、SCOPが4.5に向上しました。

表1に暖房期間H26年12月13日からH27年3月13日までのランニングコストを示します。灯油加温機のランニングコストが560,386円、園芸用ヒートポンプ（HP）は2台分で261,567円となり、灯油単価が安くなりつつある中でも、ランニングコスト削減率は53%となりました。

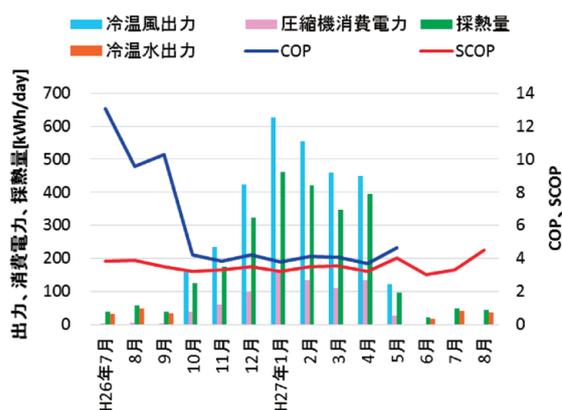


図1 運転状況

表1 ランニングコスト
(H26/12/13~H27/3/13)

	対照ハウス (灯油加温機)	園芸用HP (2台分)
契約電力単価[円/kW]	1263.6	1263.6
契約電力[kW]	2	10
月数	3	3
基本料金[円]	7,582	37,908
電力量単価[円/kWh]	16.65	16.65
暖房期電力量[kWh]	2030	13433
電力量料金[円]	33,792	223,659
灯油単価[円/L]	90.2	-
灯油消費量[L]	5754.0	-
灯油消費金額[円]	519,011	-
合計金額[円]	560,385	261,567
削減率	-	53%

ハウス条件：500㎡、空気膜ハウス
 灯油単価：H27年1月の北海道灯油単価
 ※電カプラン：北海道電力「低圧電力」

サンポット株式会社
 TEL 0198-37-1181
 多田梨恵

1 (4) 地中熱ヒートポンプを利用した地中冷却と炭酸ガス施用によるアルストロメリアの高収益栽培法

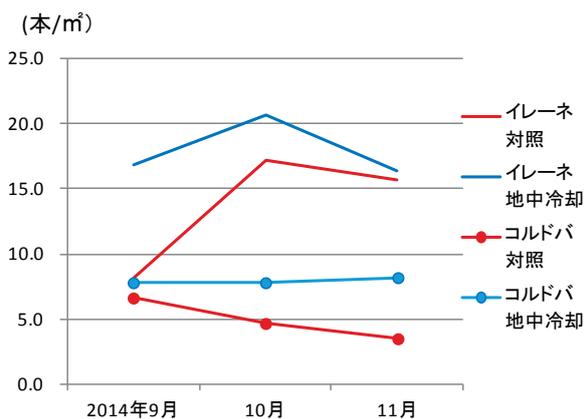
1. 目的

アルストロメリアは一度定植すると5年程度の周年栽培となるので、冬期の暖房コストが収益性に大きな影響を与えます。またアルストロメリアは夏期の高温に弱く国内では地中冷却による栽培が行われています。またオランダでは増収を目指した炭酸ガス施用が実施されていますが、国内での試験例はほとんどありません。

そこで、地中熱ヒートポンプを利用した地中冷却と炭酸ガス施用によるアルストロメリアの高収益栽培法について検討しました。

2. 成果の概要

地中熱ヒートポンプで冬期は灯油暖房と同等の生育をしました。地中冷却により秋期の収量が増加しました。炭酸ガスの収量に対する効果は、品種により差がありました。



炭酸ガス施用条件
 施用時間 7~14時
 施用間隔 5min施用5min休止
 施用量 60L/ベット/回
 施用面積 60m×80cmベット1本

図1 品種別地中冷却が秋期収量に対する効果

表1 品種別炭酸ガスの収量に対する効果

品種	処理	年間収量 (本/m²)	施用区/ 対照
レモン	対照	535	100
	CO2	642	120
オルガ	対照	558	100
	CO2	491	88

* 年間収量: 2014.4~2015.3



図2. 炭酸ガス施用管

1 (5) 地中熱利用のための温暖地向け施工技術

1. 目的

深さ1~2mの浅層地中を対象として、スリンキー方式（ループ方式）等の熱交換器を埋設し、温暖地における採熱性能を解明します。また、地中熱を熱源として園芸施設のヒートポンプによる暖房運転および冷房運転を実施し、温暖地園芸施設への熱供給性能を明らかにします。

2. 成果の概要

温暖地である茨城県つくば市、福岡県筑紫野市において、浅層地中にスリンキー方式（径25mm前後のポリエチレンチューブをコイル状に設置）、シート型（径6mm程度のチューブを100本以上並列配置しシート状にしたもの）の地中熱交換器を使用した地中熱ヒートポンプを設置し（図1）、冷暖房実験を行い、十分機能を発揮できることを確認しました。採熱効率はスリンキー方式よりもシート型の方が効率が良いこと（図2）、熱交換器周辺への散水で、熱交換能力の改善可能性を明らかにしました。また、地中熱ヒートポンプは、家庭向けの小型を利用できたことから、システムコスト低減が見込まれます。

熱交換器の設置には、農家自ら施工することを想定して小型重機を主に使用しました。以下のような事項に留意することで良好な施工ができます。

- ① 横置きでは熱交換器を敷設する基面を整地と保護砂により平坦にします。
- ② 縦置きでは熱交換器と埋設土が密着するように施工します。
- ③ 数系統を同時に設置すると効率的ですが、発生土の仮置き場所の確保などを考慮した掘削計画を立てる必要があります。
- ④ 熱利用効率向上のための散水配管はループ配管として、散水孔の径、間隔に留意して散水範囲、量が均等になるようにします。

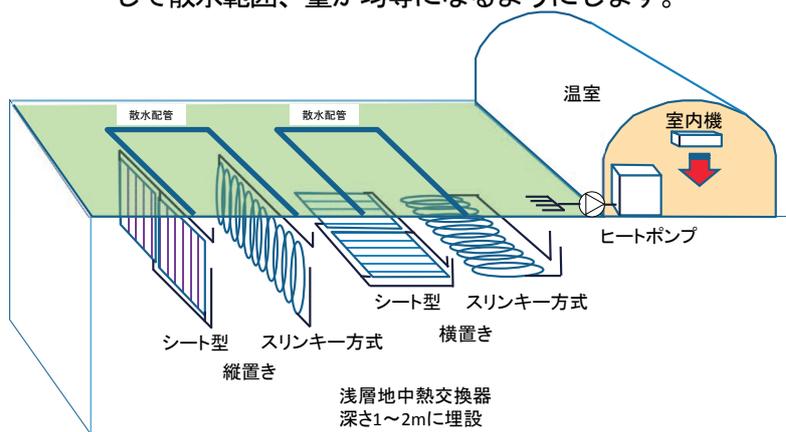


図1 浅層地中熱交換器を使った地中熱ヒートポンプシステムの模式図

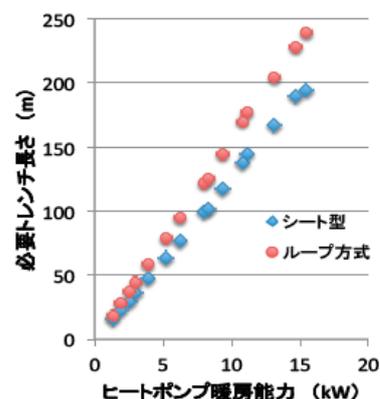


図2 簡易推定による必要トレンチ長さ（つくば市を想定）

ジオシステム株式会社 TEL 03-3920-9971 高杉真司

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

TEL 029-838-7594 奥島里美

1 (6) 浅層土壤の熱物性と採熱効率の関係

1. 目的

水平型浅層地中熱ヒートポンプの場合、一般に地下水よりも上に熱交換器を設置するため、水と土粒子の他、空気の割合によっても土壤の熱的性質が異なります。地下水より上の、空気を含む層を不飽和帯と呼びますが、この不飽和帯の熱的性質と熱交換効率との関係が、浅層地中熱ヒートポンプの効率を考えるうえで重要です。そこで本課題では、プロジェクトで熱交換器を設置した圃場の、不飽和帯における土壤の熱伝導率を測定し、土壤の種類と採熱効率の関係を明らかにします。

2. 成果の概要

ヒートポンプ設置圃場（つくば市）から採取した表層の黒ボク土（火山灰土壤で日本の代表的な畑の土壤）、粘土（常総粘土層）、砂（竜ヶ崎砂層）の熱伝導率を測定したところ、黒ボク土はすべての土壤水分状態で常に熱伝導率が低いこと、砂は湿った状態では熱伝導率が黒ボク土の2倍以上と高いのに対し、乾燥すると急激に熱伝導率が低下すること、粘土は乾湿の影響をあまり受けず、ある程度乾燥した状態では最も熱伝導率が良いことが明らかになりました（図1）。このデータを使って、冬季の暖房を想定し、深さ1.5 mに熱交換器を埋設し、常に10Wの熱を土壤から採取することで地温がどのように推移するかを評価したところ、粘土→黒ボク土→砂の順番で採熱効率が良いことが明らかになりました（図2）。

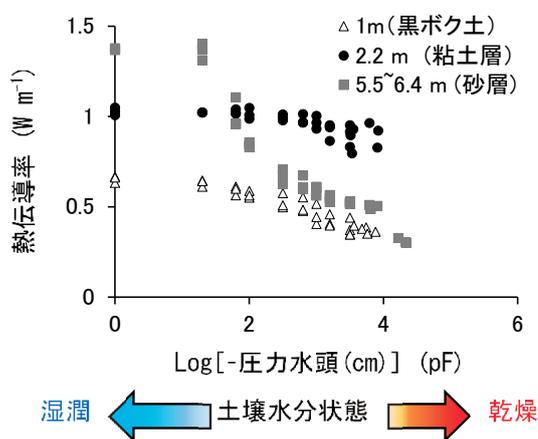


図1 土壤の乾湿と熱伝導率の関係

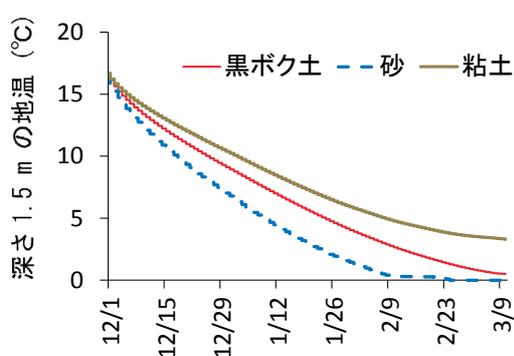


図2 土壤条件を変えたときの熱交換器周辺の地温の推移の違い（数値シミュレーション結果）

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

TEL 029-838-7553

岩田幸良

1(7) 地中熱を利用したシクラメンの高品質栽培

1. 目的

近年、夏季のハウス内温度は40℃を超え、夜間においても25℃を超える異常な気象条件が続いています。その影響で、シクラメン栽培においては、開花が遅延し、花が小型化するなど品質に悪影響が出ています。生産者は、循環扇や遮光資材などを活用し温度を下げ対応していますが、極度の遮光（遮光率60%以上）による徒長、生育停滞、開花数減少という問題も生じています。そこで、省エネ、かつ高品質化を目指し、地中熱ヒートポンプと局所温度管理を組み合わせた新たな栽培システムによる夜間冷房効果についてシクラメンを用いて検討しました。

2. 成果の概要

ハウス内に、10kWの冷暖房能力を有する地中熱ヒートポンプを設置し、地中との熱交換は地中1.6mの深さに埋設した採熱パイプで、地上部の熱交換は、シート型の熱交換器（30cm幅に40本の細いチューブ）で、水を循環して行いました。この熱交換器は、細いチューブが密に並んでいるため、栽培鉢を熱交換器の上面に直接配置し、鉢全体を冷却することができます（図1）。8月の冷房にかかる日平均電力量は1.38kWhで、SCOPは平均で4.09でした。これは、これまで他県で報告されている空気を熱源としたヒートポンプと同等以上でした。

冷房の温度設定は、ヒートポンプ出口温度を15℃とし、19:00から翌日5:00（夜間冷房、7月22日～9月6日）まで稼働させました。この条件下でシクラメンを栽培したところ、8月下旬の時点で、冷房区で対照区と比べ株張が大きく、株高が小さく、乾物重が増加しました。特に、地下部重の差が著しく、対照区では、根の先端が茶色に変色し、先端が丸く生育が停滞していましたが、冷房区では、根の先端が白色で、生育の停滞も観察されませんでした（図2）。



図1 地中熱ヒートポンプと局所温度管理技術を組合せた新たなシステム

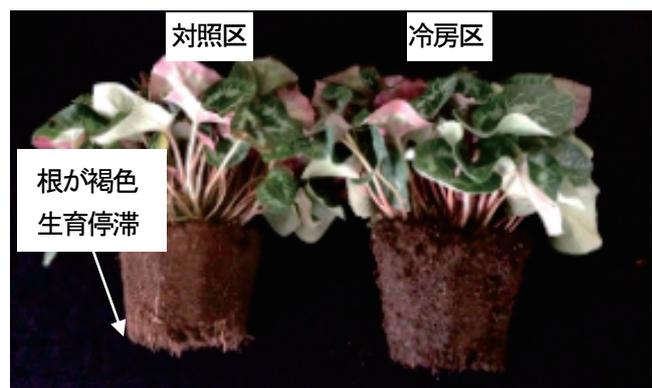


図2 シクラメンの生育に対する冷房効果

東京都農林総合研究センター園芸技術科

TEL 042-528-0664

岡澤 立夫

1 (8) 浅層型地中熱システムのポテンシャル評価

1. 目的

日本の地質構造は地域によって様々です。浅層型地中熱システムの設置を考える場合、その場所の地質の種類がシステム効率に影響します。また、気温や湿度、降雨量などの気候も地域によって大きく異なります。浅い部分の地質は、その地域の気候の影響を受けており、土壌中の水分量や熱伝導率も気候によって変化してしまいます。

そこで、浅層型地中熱システムが、どのような地域で効果を発揮できるか、どの場所が、より設置に適しているかを表す“ポテンシャル”を検討し、浅層型地中熱システムのポテンシャルマップを提案します。

2. 成果の概要

現地調査結果および既往文献等に基づき、未固結地盤地域ならびに基盤岩地域における熱物性値（地盤の有効熱伝導率）を詳細に調べて、浅層型地中熱システムのポテンシャル分布の概要を把握しました。次に、文献調査と地下水観測用の井戸データ等を活用し、評価対象地域の地下水流動状況、特に地下水流速のデータを追加しました。さらに、深度1.5 m 程度の表層土壌を対象としたポテンシャルマップの作成手法を考案しました。

その結果、茨城県内では大規模な水田耕作地帯が既に広がっていますが、泥炭土・グライ土等の粘性土が堆積する地域は相対的に熱伝導率が高く、地下水面が浅いため、浅層型地中熱システムの導入に向いていると考えられます。

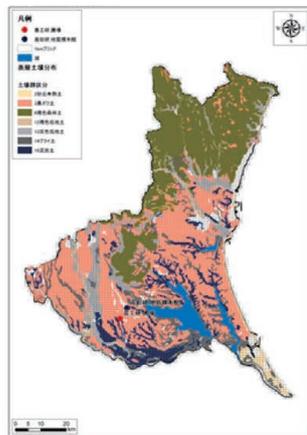


図1 土壌群区分図

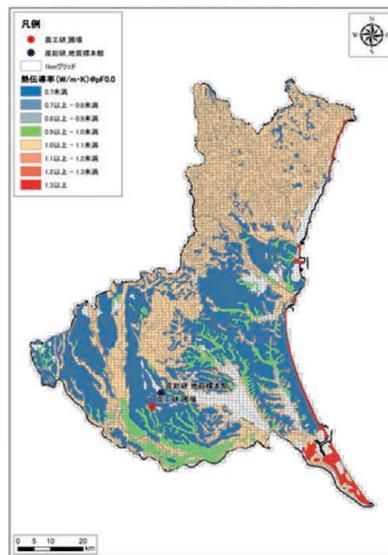


図2 飽和時 (pF=0.0) 表層土壌熱伝導率分布図

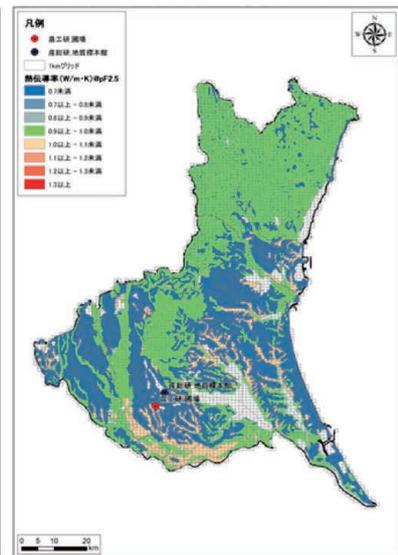


図3 不飽和時 (pF=2.5) 表層土壌熱伝導率分布図