

再生可能エネルギー利用による花き局所温度管理技術の開発

[平成 25～28 年度]

岡澤立夫・小幡彩夏・田旗裕也・高杉真司*・奥島里美*²

(園芸技術科・*ジオシステム(株)・*²農村工学部門)

【要 約】 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は sCOP が 4 以上で省エネ効果が高く、また局所冷暖房はガーベラなどで品質向上と収量増をもたらす。本システムをガーベラで用いた場合、約 3 年で導入コストを回収できる。

【目 的】

原油等エネルギー資源の高騰に伴い、省エネへの関心はますます高まっており、炭素由来の資源に頼らない技術開発が喫緊の課題となっている。これに対し、これまで実用技術開発事業を活用し、自然エネルギー利用率を最大限に高める水熱源ヒートポンプシステムを開発し、高い省エネ効果を実証してきた。この技術に加え、効率の良い熱交換器を地中および地上で活用し局所温度管理技術を開発すれば、さらなる省エネが実現できる。このように本研究では、ヒートポンプと局所温度管理技術を組合せた超省エネ型温度管理技術を開発する。

【成果の概要】

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の構築

(1) システムの設計・コスト試算

1) システムの設計

地中熱ヒートポンプを活用した新たな栽培システムを設計・試作した。このシステムでは、地下部で採熱した熱をパイプの水を通して地上部へ運び、その熱がヒートポンプを介し、地上部の熱交換器へ伝わる(図 1, 図 2)。

2) 導入コストの試算

200m²温室でのシステム初期経費は 1,691,000 円で、温風暖房機と比べ 3～4 倍コスト高になる。耐用年数を考慮すると、導入コストは年間で約 112,000 円となる(表 1)。

(2) 性能評価

1) 熱交換器の埋設方法と種類の影響(冷房)

冷房時の地中に埋設した熱交換器 1 枚あたりの採熱量は、スリンキー方式よりもシート型で、鉛直よりも水平配置で採熱量が高い(図 3, 表 2)。熱交換器面積あたりで計算すると、シート型は小面積でも効率よく、熱交換ができる。しかし、シート型は、スリンキー方式より資材コストが高く、水平埋設は鉛直埋設よりも工事費が高くなるのが課題である。一方、冷房による二次側放熱量は、アグリマット 1 枚あたり 2.82kWh である。また、8 月の冷房にかかる日平均電力量は 1.38kWh で、sCOP(システム COP)は平均で 4.09 である(データ省略)。

2) 熱交換器の埋設方法と種類の影響(暖房)

暖房時の採熱量も冷房運転時同様、鉛直よりも水平配置で採熱効率が高い(表 3)。熱交換器面積あたりで計算すると、採熱量は、シート型で小面積でも効率よく熱交換

ができる。一方、暖房時の二次側放熱量は、アグリマット 1 枚あたり 25.25kWh/day で、暖房にかかる平均電力量は 12.8kWh/day で、sCOP は平均で 3.96 である（データ省略）。

(2) 集熱装置の開発

1) 集熱システムの構築・評価

集熱器の設置方法の違いにより集熱量が異なる（図 4）。外部集熱では、集熱量はトンネル内温度の低下とともに少なくなるが、内部集熱では、外部集熱よりも集熱効率が高く、9.74kWh/day である。これは暖房使用量の 38.6%に相当する。

2. 開発したシステムによる花き実証栽培

(1) ベンチ栽培（シクラメン、ポインセチア）

9 月時点の調査では、品種に関わらず、冷房区で対照区と比べ株張が大きく、株高が小さく、乾物重が増加した。葉枚数も増加傾向にあるが有意差はない（データ省略）。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するが、冷房区では根の先端が白色で、生育停滞も観察されない。また、冷房区で葉柄が太く短くなる傾向にある（図 5）。11 月の品質調査では株張、株高、葉枚数ともに有意な差がないが、花蕾数および乾物地下部重の増加がみられる（データ省略）。ポインセチアにおいても、冷房は高温障害発生を軽減し、夏期の生育促進と出荷時草姿改善が可能である（データ省略）。

(2) 高設ベンチ（ガーベラ）

高設ベンチ栽培でのガーベラにおける冷房効果は品種間差があり、「ビキニ」では冷却方法の違いに関わらず、切花長、切花重、および茎径が対照区と比べ増加する（データ省略）。「キムシー」においても、有意差はなかったが同じ傾向である。収穫本数は、対照区と地表区で差はないが、地中区で少ない傾向である。

(3) 土耕栽培（ガーベラ）

冷暖房処理の品質への影響は品種により異なる。「キムシー」は、局所冷房で茎径と切花重の増加がみられるが、「レッドエクスプロージョン」では、茎径に優位差がなく、切花長と花径が増加する（表 4）。一方、局所暖房は「キムシー」で花径と切花重を低下させるが、「レッドエクスプロージョン」では、茎径の低下と切花長の増加をもたらす。

3. 開発したシステムの経済評価

局所冷暖房区の純利益は 200m²あたり年間で 2,311,658 円となり、対照区に対し 58 万円ほど増加する（表 5）。表 1 に示したとおり、200m²あたり導入コストが 1,691,000 円であることから、本システムは、約 3 年で回収可能であると試算できる（式：1,691,000/585,508 ≒ 2.9）。

4. まとめ

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は導入コストが約 169 万円で、温風暖房機と比べ 3～4 倍コスト高になるが、sCOP が 4 以上と省エネ効果が高く、暖房だけでなく冷房による収量増、品質の向上が可能である。本システムをガーベラで用いた場合、約 3 年で導入コストを回収できる。

【成果の活用・留意点】

1. 本研究の一部は、「施設園芸栽培の省力化・高品質化実証研究委託事業」で実施した。
2. 現在、生産者への委託栽培試験等を実施しており、最終的には導入マニュアルを作成する予定である。

【具体的データ】

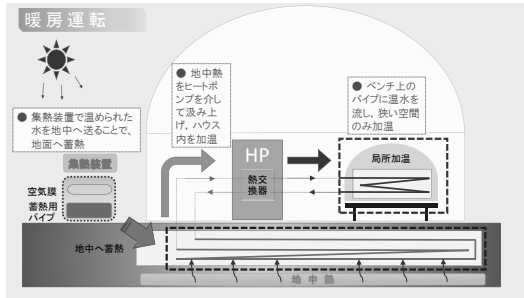


図1 地中熱を活用した局所加温システム

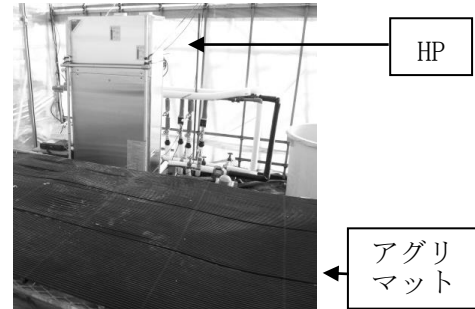


図2 ハウス内に設置した地中熱ヒートポンプと地上部の熱交換器

表1 本システム導入にかかるコスト (温室面積 200m² を想定)

資材の種類	単価 (円)	数量 (台など)	金額合計 (円)	耐用年数 ^a (年)	導入コスト ^b (円/年)
ヒートポンプ本体(冷暖房能力10kW)	735,000	1	735,000	13	56,538
地上部熱交換器(アグリマット)	42,000	18	756,000	15	50,400
25mmポリエチレンパイプ	15,000	12	180,000	40	4,500
地上・地下配管(1m/m ²), 地下部熱交換器(5m/m ²)					
その他継手	1,000	20	20,000	40	500
合計			1,691,000		111,938

a) 減価償却資産の耐用年数表(国税庁)参考。b) 単価*数量/耐用年数

注1) 従来の温風暖房機は, 500,000 円程度(熱出力 12,000kcal/h)

注2) 設置にかかる工事費は含まれない



図3 採熱用熱交換器
左: 水平埋設, 右: 鉛直埋設

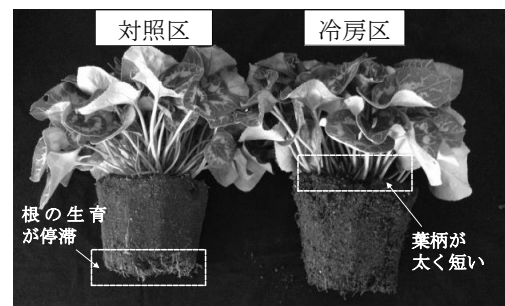


図5 冷房によるシクラメン草姿の違い

表2 熱交換器の種類, および埋設方法が採熱量に与える影響 (冷房)

種類	設置方法	採熱量(kWh)	熱交換器面積(m ²)	熱交換器面積あたり採熱量(kWh/m ²)	熱交換器1単位あたり価格(円)
スリンキー	鉛直	1.25	9.00	0.14	23,200
	水平	1.41		0.16	
シート	鉛直	1.43	5.04	0.28	42,000

表3 熱交換器の種類, および埋設方法が採熱量に与える影響 (暖房)

種類	設置方法	採熱量 (kWh/day)	熱交換器 面積(m ²)	熱交換器面積 あたり採熱量 (kWh/day/m ²)	熱交換器1単位 あたり価格(円)
スlinky	鉛直	5.73	9.00	0.64	23,200
	水平	7.94			
シート	鉛直	5.57	5.04	1.11	42,000

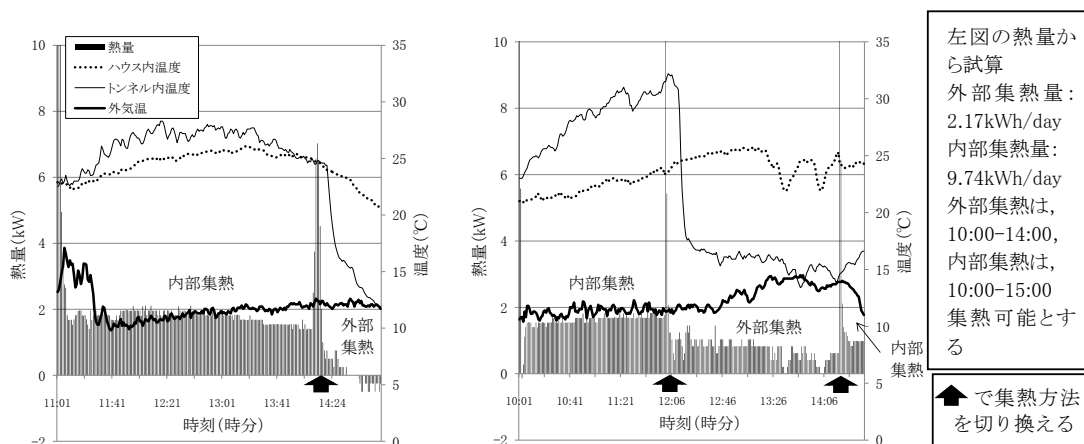


図4 集熱器の設置方法の違いが集熱量に与える影響 (左: 2014/12/8, 右: 2014/12/9)

表4 局所冷暖房がガーベラの品質に及ぼす影響

調査期間	局所冷暖房処理	品種名							
		キムシー				レッドエクスプロージョン			
		切花長 (cm)	花径 (cm)	茎径 (cm)	切花重 (g)	切花長 (cm)	花径 (cm)	茎径 (cm)	切花重 (g)
冷房 (7/1~9/22)	あり	45.0	7.0	5.7	14.8	50.6	8.7	6.7	22.5
	なし	44.6	6.9	5.3	13.9	46.5	8.5	6.5	20.3
暖房 (10/16~11/30)	あり	45.6	6.7	6.1	17.8	48.7	8.7	7.1	27.7
	なし	45.5	7.0	6.1	18.6	45.8	8.7	7.3	27.0
t検定	冷房	NS	NS	**	**	**	*	NS	**
	暖房	NS	**	NS	*	**	NS	*	NS

表5 200m²あたりの局所冷暖房の経済的評価 (ガーベラ「キムシー」)

試験区	収穫本数 ^a (本)	売上高 ^b (円)	冷暖房電力消費量 ^c (kWh)	冷暖房消費電力料金 ^d (円)	温風暖房費 ^e (円)	純利益 ^f (円)
対照区	55,700	1,895,300	0	0	169,150	1,726,150
局所冷暖房区	72,800	2,500,600	1,237	19,792	169,150	2,311,658

a) H28 成果情報参照。b) 単価は、東京都卸売市場 2015 年度平均単価(7月 27 円, 8月 23 円, 9月 39 円, 10月 45 円, 11月 27 円)を参考にし, それをもとに年間の売上高を算出。c) 冷暖房期間消費する電力量を, 期間中の地上放熱量や sCOP から算出。d) 1kWh=16 円で計算。e) 日暖房必要熱量から算出。f) 売上高(a)から冷暖房消費電力料金(d)を除いた額。

【発表資料】

- 岡澤立夫 (2014) 地中熱ヒートポンプを活用した新たな局所温度管理法への取り組み. 農業電化. 67-6. p15-19.
- 岡澤立夫・高杉真司・奥島里美 (2016) 地中熱ヒートポンプを活用した局所温度管理技術の開発. TIRIクロスミーティング2016. 2016/6/10