



あたらしい 農業技術

No.593

温室基礎コンクリート部の
断熱強化による温室メロンの
暖房コスト削減

平成 26 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

施設園芸では作物の栽培適温を維持するため、暖房用燃料として多くの重油を必要とします。一方で、近年の重油価格は先の見えない高騰傾向が続いており、生産者の経営を安定させるためには、ヒートポンプなどエネルギー効率の高い暖房機への転換を図るとともに、細部に渡る省エネ努力により暖房コストを削減する必要があります。夜間の暖房設定温度が特に高い静岡県の温室メロン栽培では、重油価格の高騰により、生産者の経営が圧迫されており、暖房コスト削減技術が切実に求められています。ここでは、スリークォーター型温室の基礎コンクリート部を中心に、発泡スチロールを貼り付けて断熱性を強化することで暖房コストを削減する技術について紹介します。

2 技術、情報の適用効果

- ・通常、温室のコンクリート部分からは熱が多く漏れていることから、コンクリート部を発泡スチロールで断熱強化することで熱漏れを少なくできることが分かりました。
- ・温室内外気温の差が 15～20℃の時、発泡スチロールで温室コンクリート部を断熱すると、重油消費量を 5～10%削減できることが明らかになりました。
- ・断熱強化による重油消費量削減効果を 8%、重油単価を 100 円/L とした時、断熱強化により年間で 10a 当たり約 40 万円の導入メリット（暖房コスト削減額－断熱強化の資材費）が得られると推定されました。

3 適用範囲

県内のスリークォーター型温室におけるメロン生産者及び指導機関

4 普及上の留意点

- ・断熱強化は、生育に悪影響を及ぼさないよう、温室メロンに十分光が当たる範囲とするため、北面は北側ベッド、南面は南側ベッドの高さを上限として設置します。
- ・断熱強化によって得られる経営メリットや重油の削減量は、温室の大きさや、温室外の風速等の外部環境要因、温室表面積に対する断熱面積比、断熱強化前の重油消費量等の影響により変動する場合があります。本試験では、35 坪スリークォーター型温室において、東西南北（全面）の側面の基礎コンクリート部を中心に、温室の外側から厚さ 5 cm の発泡スチロールを貼り、さらに、発泡スチロールの劣化を防ぐため、厚さ 0.1mm の被覆資材で覆い断熱強化しました。温室表面積に対する断熱強化部の面積比は、コンクリート面で約 9%、ガラス面で 4%でした。断熱強化前の年間重油消費量は、10a 当たり 60kL で試算しました。

目 次

はじめに	1
1 温室基礎コンクリート部からの熱漏れと断熱強化の効果	1
(1) 熱画像カメラによる温室コンクリート部の温度測定	1
(2) 温室コンクリート部の温度と熱流値の推移	2
2 断熱強化による暖房コストの削減効果	3
3 断熱強化のさらなる改良ポイント	6
(1) 土盛りの断熱効果、土盛りとスチロールの併用効果	6
(2) スチロールの厚さと断熱効果	7
(3) 改良ポイントを踏まえた理想の断熱強化法	7
4 断熱強化の施工方法	8
5 断熱強化を導入した生産者へのアンケート結果	9
おわりに	10
引用文献	10

はじめに

施設園芸では作物の栽培適温を維持するため、暖房用燃料として多くの重油を必要とします。一方で、近年の重油価格は先の見えない高騰傾向が続いており（図1）、生産者の経営を安定させるためには、暖房コストを削減する必要があります。

夜間の暖房設定温度が特に高い静岡県の温室メロン栽培では、重油価格の高騰により、生産者の経営が圧迫されており、暖房コスト削減技術が切実に求められています。ここでは、スリークォーター型温室の基礎コンクリート部を中心に、発泡スチロールを貼り付けて断熱性を強化することで暖房コストを削減できる技術について紹介します。



図1 重油価格の推移

1 温室基礎コンクリート部からの熱漏れと断熱強化の効果

(1) 熱画像カメラによる温室コンクリート部の温度測定

温度を色として捉えることができる熱画像カメラを用い、温室からの熱漏れを調べました（図2）。温度が高いところは赤く、温度が低くなるにつれて黄>緑>青色になります。冬季（12月）の夜間に温室を撮影すると、温室のコンクリート部分が赤く、熱が漏れていることが分かります。そこで、温室コンクリート部の一部に、厚さ5cmのスチロール板を貼り付けたところ、スチロールを貼り付けた部分は青く、温度が低くなりました（図3）。これは、スチロールを貼り付けることで、コンクリート部からの熱漏れを減らせたことを意味しています。

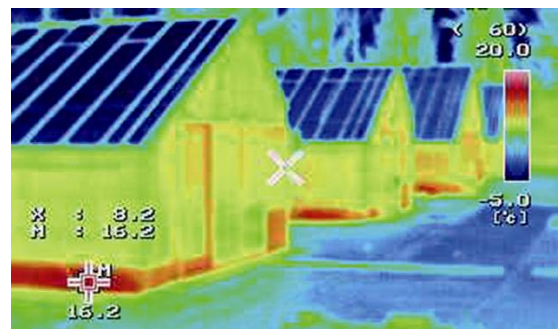


図2 スリークォーター型温室の熱画像
(12月夜間)

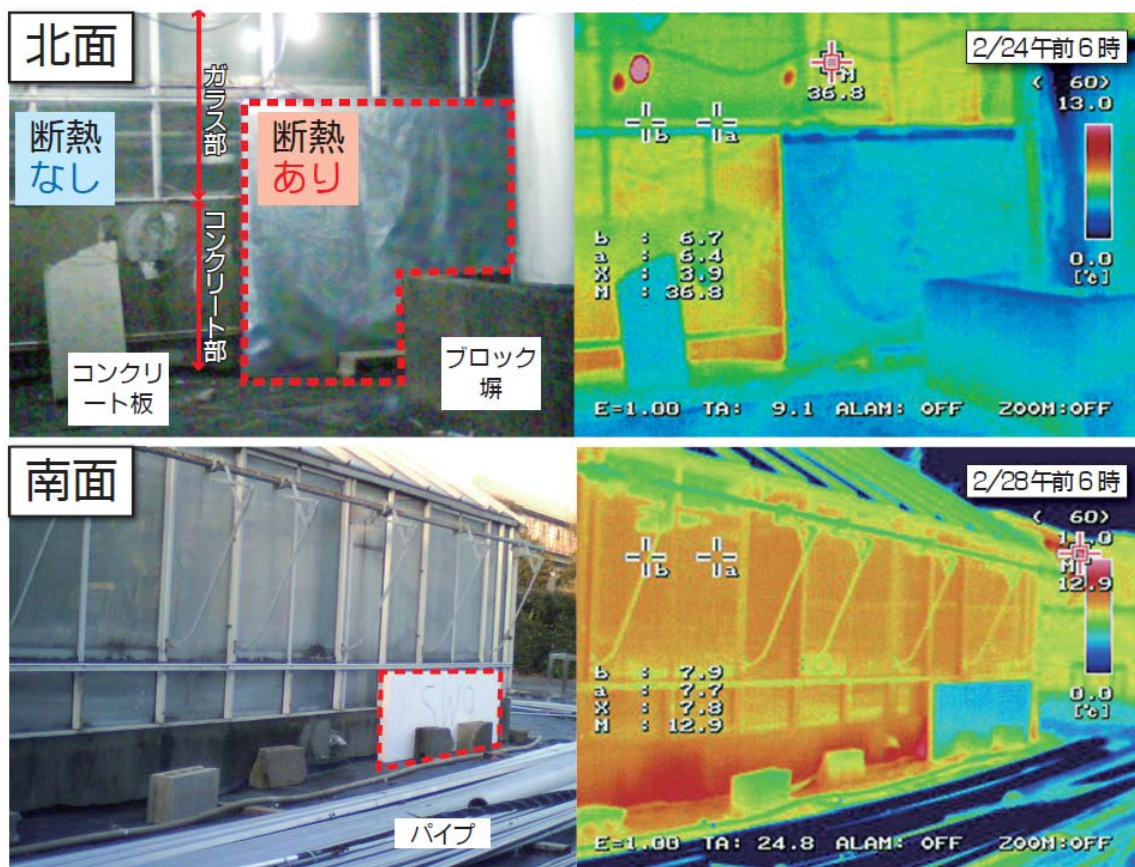


図3 断熱資材の有無と温室基礎コンクリート部の温度
(2月下旬、温室内温度 20°C設定、上段：温室北面、下段：同南面)

(2) 温室コンクリート部の温度と熱流値の推移

さらに、図3のコンクリート部とスチロールの間に温度センサーを取り付け、コンクリート部(北面)外側の表面温度を測定しました(図4上段)。その結果、断熱していないコンクリート部は夜間に温度が下がるのに対し(図4の細線)、スチロールで断熱強化した部分は高いままでした(図4の太線)。参考までに、2月下旬の温室北面のコンクリート部表面温度は、断熱により最大で約4°Cも高くなりました。

また、熱流計をコンクリートに取り付け、熱の流れをみても、断熱強化により、夜間の熱漏れを減らせることが分かりました(図4下段)。これらの結果は、温室南面のコンクリートでも、同じような傾向がありました(データ未掲載)。

以上から、スリークォーター型温室のコンクリート部から熱が漏れており、スチロールによって熱漏れを減らすことができると考えられました。

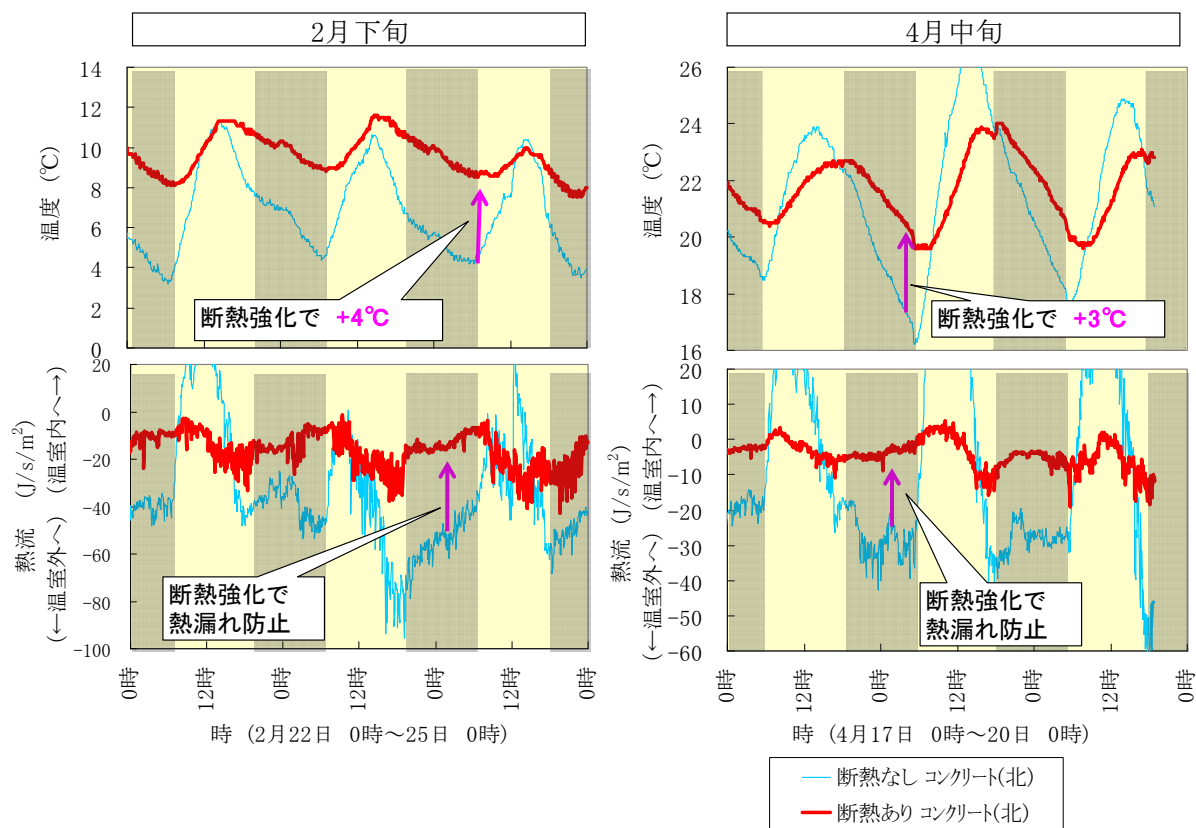


図4 断熱資材の有無と温室基礎コンクリート部(北面)の温度及び熱流値
(網掛け部は、夜間暖房時間帯)

2 断熱強化による暖房コストの削減効果

温室の中と外の温度差(温室の内外気温差)が大きくなるほど、室温を維持するために多くの熱量が必要となります(図5)。また、必要な熱量が多いほど重油消費量も増えます(図6)。つまり、温室の中と外気の温度差が大きいほど、重油消費量が増えるということなのですが、この関係はグラフに示すとおり、ある程度正確に計算できます。

そこで、温室コンクリート部の断熱強化によってどれくらい暖房コストが削減できるのか、農林技術研究所にある35坪の温室に厚さ5cmのスチロールを貼り付けて効果を調べました(図5)。

その結果、温室の内外気温差が15~20℃の時、温室の北面だけを断熱した場合には3~4%、温室の東西南北全面の断熱をした場合には、5~10%重油消費量を削減できることが分かりました。

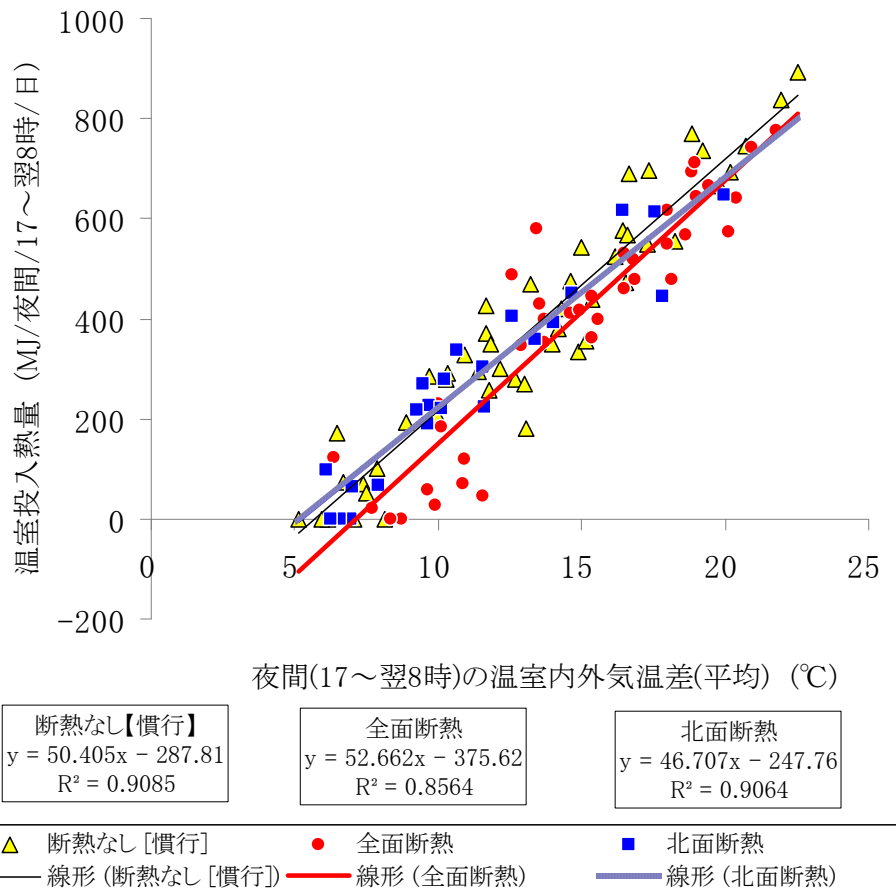


図5 夜間暖房時の温室内外気温差と温室投入熱量の関係

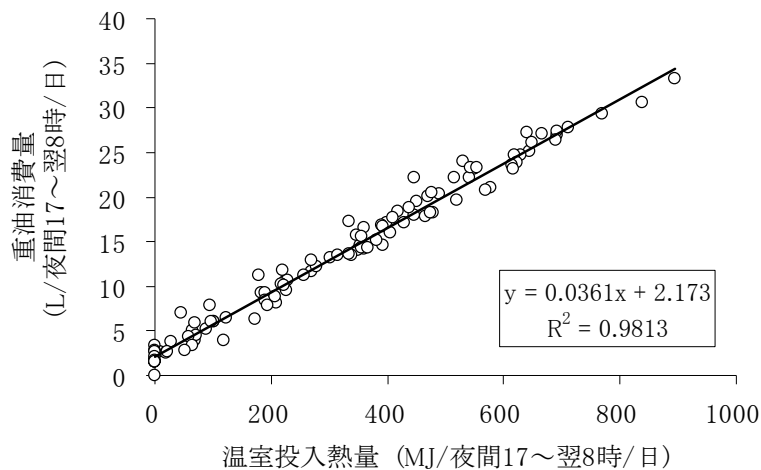


図6 夜間暖房時の温室投入熱量と重油消費量の関係

暖房コスト削減額と、断熱強化にかかるスチロール等の資材費を考慮し、断熱強化技術の導入メリットを試算しました（図7）。試算では、重油を10a 当たり年間 60kL 使用する一般的な温室メロン生産者をモデルとし、断熱強化による重油削減率は8%と仮定しました。

その結果、断熱強化を行うと、重油単価が80円/Lの時で年間約31万円、100円/Lの時で年間約40万円の導入メリット（暖房コスト削減額－断熱強化資材費）が得られることが分かりました。

ちなみに、断熱強化した部分の面積は、温室表面積の約13%（コンクリート部9%＋ガラス部4%）とわずかで、10a 当たりの資材費は約39万円でした（表1）。後述の断熱強化施工法を参考に、スチロール板を耐候性の高い被覆資材で被えば、最低でも5年間は資材を維持できます。そのため、断熱強化に要する資材費は年割りすると、10aの栽培面積で年間約8万円程度となります（図7の経営試算にもこの金額を使用）。このように、断熱強化によって得られる暖房コスト削減額は、資材費より多く、導入メリットは大きいと考えられます（図7）。

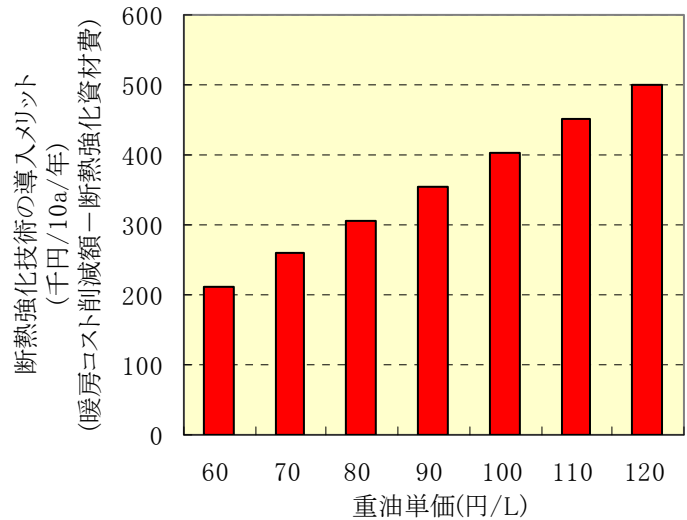


図7 断熱強化技術¹⁾導入メリットの試算²⁾

- 1) 断熱強化に使用した資材費は、表1のとおり。
- 2) 推定条件：断熱強化による重油消費量の削減率を8%とし、断熱強化しない時の年間重油使用量を60kL/10aと仮定した。断熱強化資材は、農技研実績より耐用年数を5年とし、断熱なし時に対する導入メリットを算出した。

表1 断熱強化の資材と資材費（10a 当たり、農林技術研究所の実績より）

資材	規格	単価(円)	必要個数	金額(千円)
発泡スチロール [※]	たて91cm×よこ182cm×厚さ5cm(特号)	1,575	170	268
被覆資材固定金具	6m	950	55	52
被覆資材固定スプリング	2m	100	329	33
被覆資材(シルバー)	たて185cm×よこ100m×厚さ 0.1mm	25,740	1	26
鉄板ビス	頭幅4mm×長さ13mm(材質：ステンレス)	12	754	9
鉄板ビス	頭幅6mm×長さ70mm(材質：鉄三価クロメート)	15	223	3
ワッシャー	穴直径6mm×大きさ直径22mm×厚み1.6mm	6	223	1
10a当たりの必要経費			385	392

※ 発泡スチロールは、指定した大きさに加工してもらうことも可能(別途加工費必要)。

3 断熱強化のさらなる改良ポイント

(1) 土盛りの断熱効果、土盛りとスチロールの併用効果

温室メロン生産者の中では、温室の北面に土を盛ることにより省エネ効果があると言われてきました。しかし、これまでその省エネ効果について調査した結果は見当たりません。そこで、温室の北側に土盛りをし、その中の地温やコンクリートの表面温度を測定することで、省エネ効果について調査しました。

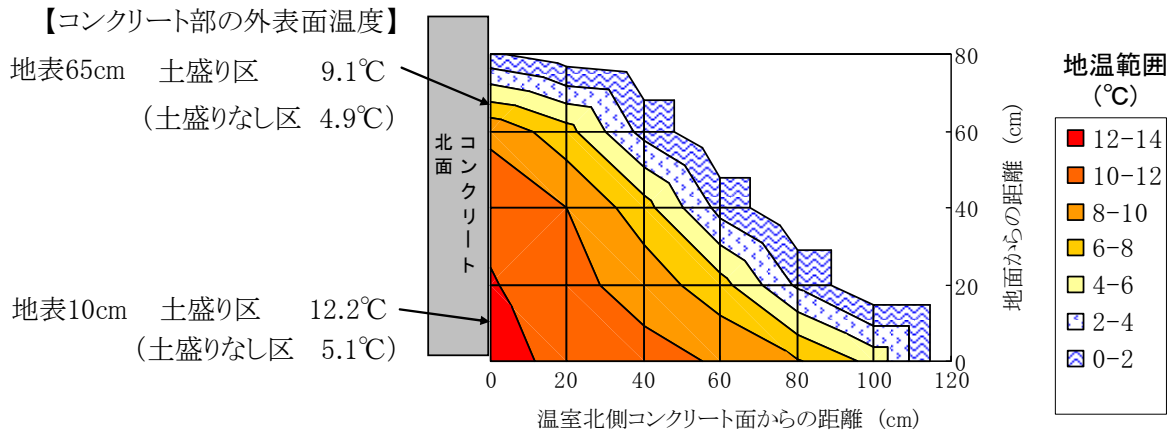


図8 土盛り内の地温分布と温室基礎コンクリート部の外表面温度の関係

(1月27日 6時 外気 -1.1℃、室温 21.3℃)

土盛りをすると、外気温が-1.1℃と低い時でも、特に温室と接する地面に近い部分の地温は12～14℃と高い温度を維持していました(図8)。スチロールで断熱強化した時に、コンクリートの温度が上がり、省エネ効果が高まったことから考えると、土盛りもスチロールと同様に省エネ効果があると考えられます。

図7の断熱強化の導入メリットを試算する時にも使用した5cmのスチロール板で断熱し

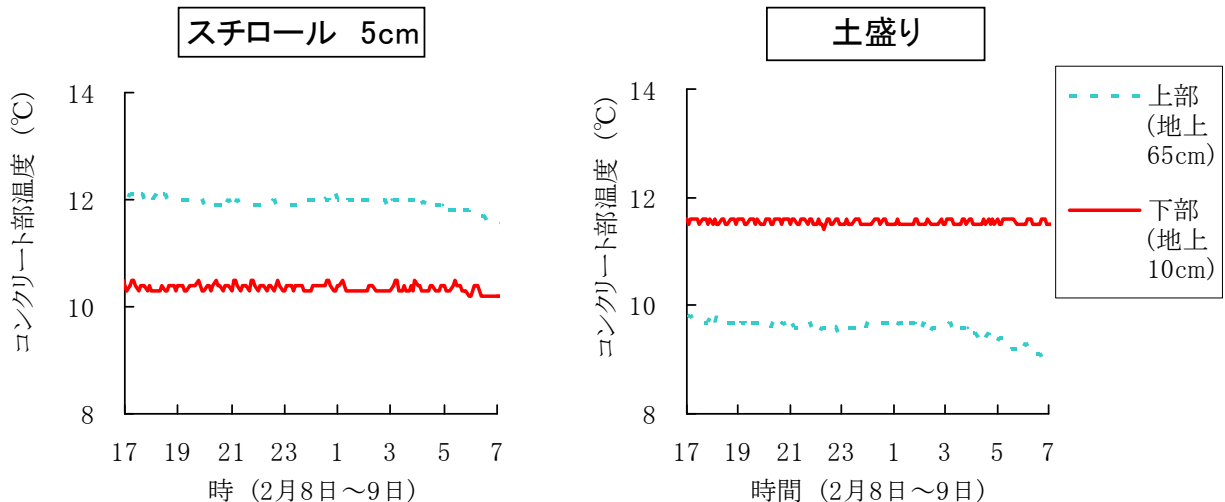


図9 スチロールと土盛りを設置した温室北面基礎コンクリートの夜間温度推移

(最低外気温 3～4℃)

た場合、コンクリート上部の温度は高いが、下部の温度は低くなっていました(図9左)。これは地面を伝ってコンクリートの下部が冷やされてしまうためと考えられました。

一方で、土盛りはコンクリート下部の温度が高い（図9右）ため、スチロールと土盛りを併用すると、コンクリート上部、下部ともに温度が上がり、厚さ5cmのスチロール板だけの時と比べてより一層の断熱強化ができました（図10）。また、土を盛る量は、多いほど断熱効果が高まると考えられました（データ未掲載）。

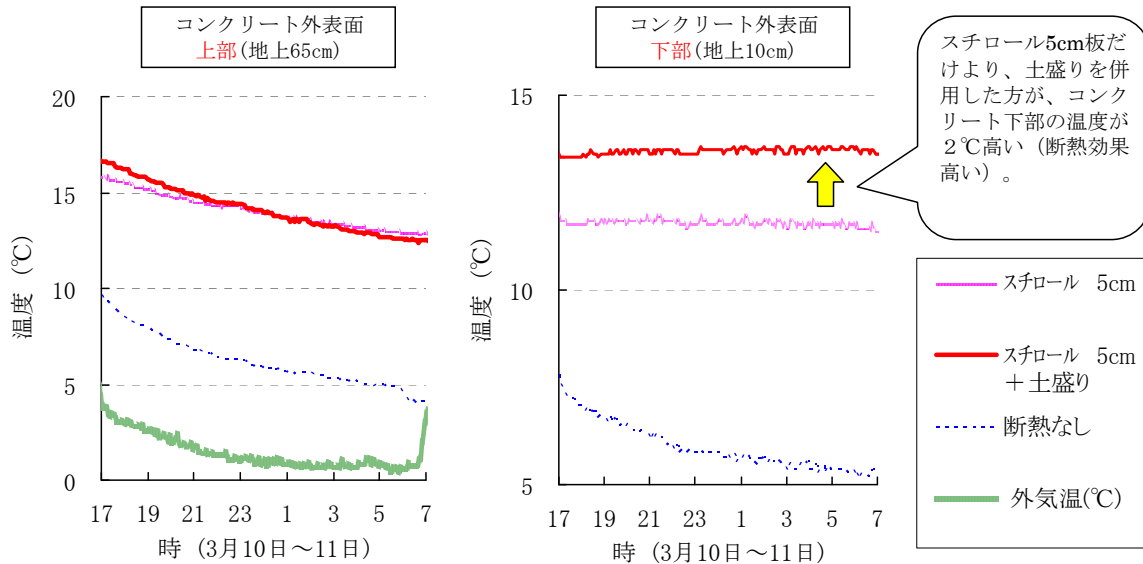


図10 スチロールと土盛りの併用設置が温室北面コンクリート表面温度に及ぼす影響

(2) スチロールの厚さと断熱効果

温室コンクリート部に厚さの異なるスチロールを貼り付けて、コンクリートの表面温度を測定し、断熱効果が得られるスチロールの厚さについて検討しました。

その結果、温室コンクリート部に貼り付けるスチロールの厚さは1cmでは効果が少なく（データ未掲載）、少なくとも3cm以上が必要で、5cmではより高い断熱性が得られると考えられました（図11）。

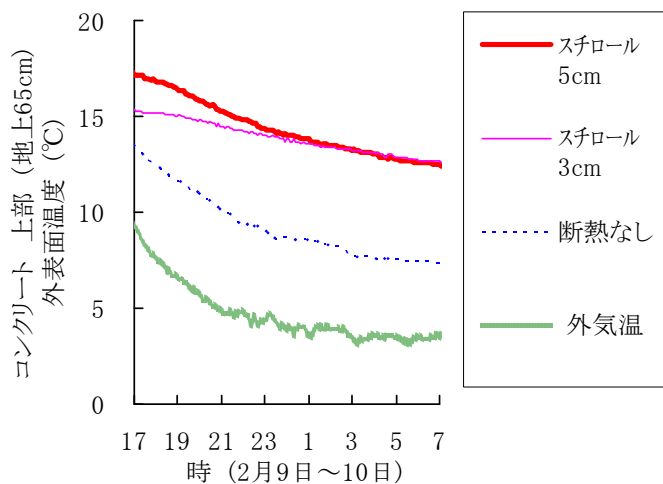


図11 温室基礎コンクリート部におけるスチロールの厚さが夜間暖房時間帯のコンクリート表面温度に及ぼす影響

(3) 改良ポイントを踏まえた

理想の断熱強化法

以上の結果を踏まえた理想の断熱強化を示します（図12）。ポイントは以下のとおりです。

- ① 東西南北全面を断熱強化した方が、北面だけを断熱強化するより省エネ効果が高い。
- ② スチロールの厚さは3～5cm必要。

- ③ スチロールと土盛りを併用すると効果が高まる。
- ④ 土盛りの量は多いほど良い。
- ⑤ できるだけ耐候性のある被覆資材でスチロールを覆い、スチロールの劣化を防止する。
- ⑥ 断熱強化の高さは、光を遮らず、メロンの生育に影響のない範囲とする。

4 断熱強化の施工方法

具体的な断熱強化の施工手順を、農林技術研究所で行った例で説明します（図13）。

施工自体はそれほど難しいものではなく、DIYでの施工も可能です。下記の農林技術研究所の施工事例を参考に各自で工夫して施工してみましょう。

なお、夏場は、窓が開くことで、温室内の温度が上がりすぎることはないので、資材は年中付けたままでも問題ありません。

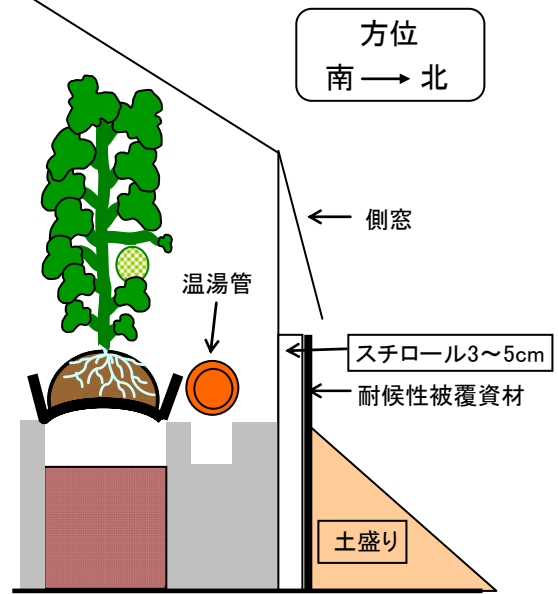


図12 改良ポイントを踏まえた理想の断熱強化（北面）



図13 スリークォーター型温室における断熱強化の施工工程（農林技術研究所の例）

- ① 被覆資材固定金具を、温室南北面のアルミサッシ部等に、長さ13mmの鉄板ビスで止める。
※ 取り付け高さは、メロンへの光を遮らないよう、栽培ベッド上面の高さまでとする。
- ② 厚さ5cmのスチロールを設置場所に合わせて切り（業者による加工も可）、温室の東西南北側面部に密着させる。
- ③ スチロール劣化防止のため、スチロールの上に、耐候性の高い被覆資材を被せ、被覆スプリングで止める。被覆資材が風で舞わないように、被覆資材の裾は土盛りをする。
- ④ 温室東西面の出入り口付近にある温湯管とコンクリートの間にも、スチロールを差し込む。

5 断熱強化を導入した生産者へのアンケート結果

スチロールによる断熱強化を実施している生産者は、平成 26 年度時点で 15 戸程度あります（図 14）。その中から、平成 25 年度に、「静岡県農業振興基金協会」の補助事業で断熱強化を施工した生産者 6 戸へアンケート調査を実施したので、その結果を紹介します。



図 14 現地で導入された断熱強化の様子

（左：耐候性が非常に高い資材での被覆、右：温室北面のみの設置）

施工に際して苦勞した点については、スチロールを土盛りとコンクリートの間に差し込む溝掘り作業が重労働であったとの回答がありました。「穴掘りを最小限にするため、断熱するスチロールを短く切り、下は土盛りのみとした」という事例もありました。

断熱強化による省エネ効果については、3 戸（50%）が省エネ効果を「実感した」との回答があり、3 戸（50%）が「まだわからない」との回答がありました。

断熱強化による温室内の温度ムラ改善については、温度ムラが「少なくなった」が 2 戸（33%）、「変わらない」が 2 戸（33%）、未記入が 2 戸で、評価が分かれませんでした。

断熱強化がメロンの品質に及ぼす影響については、「温室の隅が冷えにくくなって、温度ムラがなくなったため、北側のメロンの品質が良くなった」、また、全棟断熱した生産者からは、「温室の隅が冷えなくなったことで、温室全体の夜温設定を 1～2℃程度下げることができ、省エネにつながった」との回答がありました。「配管の熱が外へ逃げなくなり、生育差が少なくなった」、「均質化し、硬い玉が緩むようになった」とのプラス評価がある一方で、「北側の品質が悪い」との評価もあり、これらの副次的効果については引き続き検証・検討が必要と考えられます。

今後の追加施工の意向については、「増やす」が 1 戸（17%）、「現状維持」が 3 戸（うち、2 戸は既にほぼ全温室に施工済み）（50%）、「1 年間を通して、メロンに対する影響を確認してから、再度検討する」が 2 戸（33%）となり、「デメリットがあったため減らす」との回答はありませんでした。「現状維持」の回答者のうち、2 戸が既にほぼ全温室に施工していることを考えれば、導入した生産者は概ね満足していることが伺えます。情報を共有することで、今後は、より低コストで楽な設置方法の確立・導入が進むと思われます。

おわりに

断熱強化は、温室暖房において省エネを図る上での基本技術です。ヒートポンプなどの機器と組み合わせることで相乗効果も期待できます。1つ1つの省エネ効果は少なくても、その積み重ねが大きな暖房経費の削減につながります。暖房コストを抑え、持続的にメロン栽培ができる生産体系を目指しましょう。

参考文献

- 1) 三原義秋, 昭和 55 年. 温室設計の基礎と実際. 養賢堂,. 30 頁-39 頁

用語解説

- 1) 熱流 …熱の流れ。温度が高い方から低い方に熱は流れる。
- 2) 温室投入熱量 …暖房時に必要な熱の量。

農林技術研究所 野菜科 上席研究員 今原淳吾

発行年月：平成27年3月
編集発行：静岡県経済産業部振興局研究調整課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-2676

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

