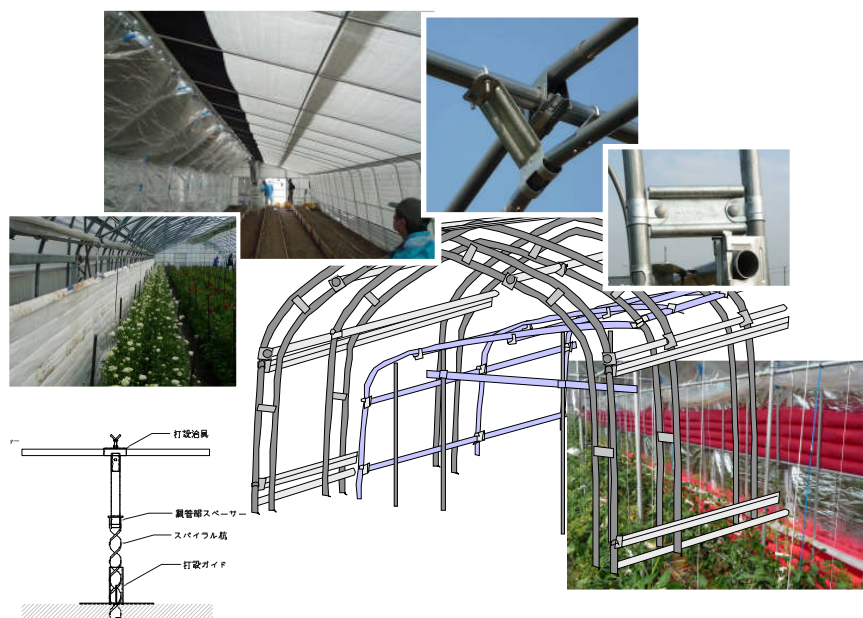


高保温性能で暖房燃料使用量を大幅に削減する  
次世代型パイプハウスの開発  
成果集



実用技術22046コンソーシアム

本研究は、農林水産省  
「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」  
により実施した。

課題番号：22046

課題名：高保温性能で暖房燃料使用量を大幅に削減する次世代型  
パイプハウスの開発

実施年度：2010年度～2012年度

## はじめに

施設園芸は、新鮮で多様な野菜、果樹、花を安定的に供給し、豊かな生活を送る上で重要な役割を担っています。しかし、冬の生産に欠かせない暖房に必要なエネルギーは、化石燃料に大きく依存しているのが現状です。農林水産業における化石燃料由来の二酸化炭素排出量のうち約45%を施設園芸部門が占めています。また、施設園芸農家においても、暖房燃料費の高騰が経営環境を圧迫する要因となっており、省エネルギー化・脱石油対策が極めて重要な課題となっています。本研究は、こうした課題に対応するために、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に採択され、3年間（H22年度～24年度）実施してきた共同研究です。

本冊子では、省エネルギー技術はもちろん、温暖化の影響とも言われる昨今の強風被害の多発に対応する技術として開発を進めた、ダブルアーチ化による耐風補強技術についても紹介しています。本研究で得られた成果をわかりやすくまとめて紹介した、いわば成果のダイジェスト版です。掲載した成果に関する詳細は、インターネットや農業関係雑誌などで発信される情報をご参照下さい。

ここで紹介した成果が、広く活用され、施設園芸における省エネルギー、さらには経営環境の改善に貢献できれば幸いです。

平成25年1月

実用技術開発事業 22046 コンソーシアム  
（独）農業・食品産業技術総合研究機構  
近畿中国四国農業研究センター  
川嶋 浩樹 （研究総括者）



## 目次

1. 開発した次世代型パイプハウスの主な特徴	
1) 断熱性の高い布団資材と水蓄熱で省エネ . . . . .	1
2) ダブルアーチ化で耐風性向上 . . . . .	3
3) 次世代型パイプハウスの設置方法 . . . . .	4
2. 断熱性の高い布団資材による省エネルギー技術	
1) 布団資材の特徴 . . . . .	6
2) 布団資材の断熱性 . . . . .	7
3) 布団資材の既存ハウスへの適用事例 . . . . .	9
4) 布団資材導入に向けた課題 . . . . .	9
3. パイプハウスの強度を向上させる技術	
1) ダブルアーチ化のための補強部材 . . . . .	11
2) ダブルアーチ補強の効果 . . . . .	12
3) フレーム工法 : スパイラル杭を用いた基礎の補強 . . . . .	12
4) パイプハウスの棟高と風との関係 . . . . .	13
5) 既存ハウスのへの適用 : ハウスのリノベーション . . . . .	17
4. 生産現場における開発技術の応用	
1) マーガレット生産における利用事例 . . . . .	18
2) ミニと真後生産における利用事例 . . . . .	19
3) ラナンキュラス生産における利用事例 . . . . .	20
4) 施設ナ明日生産における利用事例 . . . . .	21
5) 輪ギク生産における利用事例 . . . . .	22
5. 新技術導入に対する期待と課題 . . . . .	23
6. 資料 . . . . .	25



## 1. 開発した次世代型パイプハウスの主な特徴

ハウス栽培（施設園芸）では、暖房に多くの燃料を使用しています（図1）。

次世代型パイプハウスは、その燃料使用量を従来と比べて50%以上削減することを目指しました。加えて、パイプハウスとして必要な高強度化する構造（=ダブルアーチ）を取り入れました（図2）。

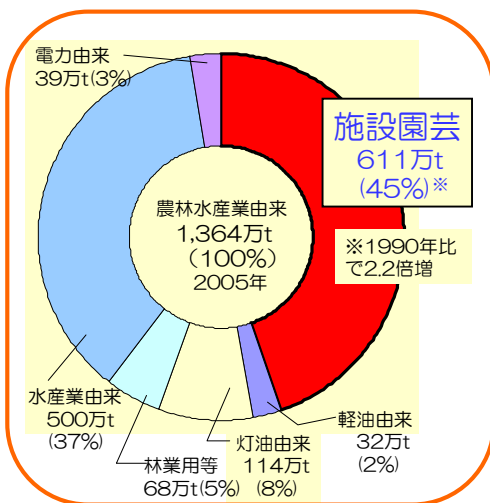


図1 農林水産業における二酸化炭素排出量（及川、2007）



図2 次世代型パイプハウスの外観（上）と骨組み（下）

## 1) 断熱性の高い布団資材と水蓄熱で省エネ

省エネルギー化を図るためには、ハウスの保温性を大きくして「暖房負荷」を小さくすることが重要です。そこで、断熱性の高い保温被覆資材を探索しました。

その結果、従来の利用されている保温被覆資材とは全く違う資材=「布団資材」=を採用しました（図3）。「布団資材」と呼んでいるこの被覆資材は、織布の間にポリエステル綿を挟んだ多層構造で、見た目は布団のような形状で、熱貫流率が従来の保温被覆資材の1/2~1/3と小さく、優れた断熱性を有しています。

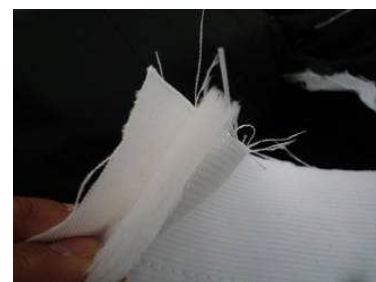


図3 布団資材の一例

さらに、ハウス内に蓄熱体（水）を設置すると、日中に蓄熱した太陽熱が夜間にハウス内へ還流され（戻され）、暖房を補助するような働きをするため、省エネ効果が大きくなります（図4）。

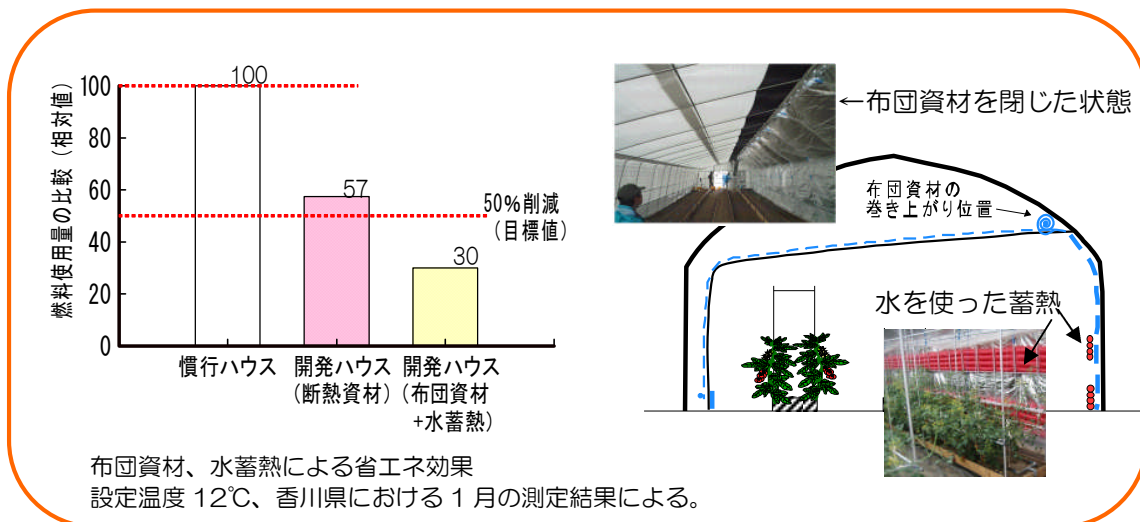


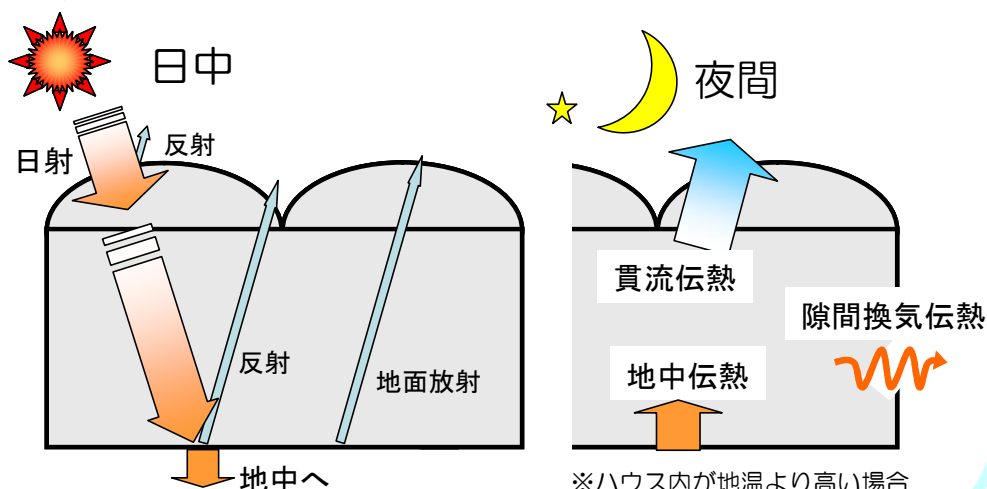
図4 開発したパイプハウスにおける省エネルギー効果

### 解説：ハウスの保温性

保温性とは、熱を蓄えておく能力、つまり空間内から熱を逃がさない（放熱させない）能力のことです。

ハウスでは①被覆資材や構造材を通過する伝熱（=貫流伝熱）、②被覆資材の隙間を通過する伝熱（=隙間換気伝熱）、③地中との熱交換（=地中伝熱\*）の3つの伝熱で放熱が起こっています。

断熱性の高い（熱を通しにくい）資材で放熱を小さくすることで、ハウスの保温性は大きくなります。





## 2) ダブルアーチ化で耐風性向上

近年、大型台風の上陸、突風・強風、豪雪によるパイプハウスの倒壊被害が頻発しています（図5）。そこで、パイプハウスの補強技術を開発しました。

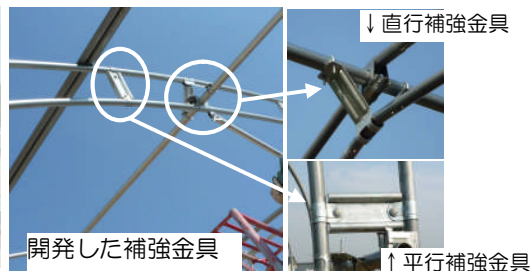


図5 強風により被災したパイプハウス

開発した補強部材によって、アーチパイプを2重に設置するダブルアーチ化することで、パイプハウスの強度を向上させました（図6）。また、アーチパイプの設置間隔を従来の0.5mから1.5mへ広げ、骨材を少なくしました。

基礎施工には開発したフレーム工法を用います。アーチパイプの地際部分は、スパイラル杭に連結した直管パイプ（フレーム）を設置し、アーチパイプの地際部分とフレームとを連結することで、強風による引き抜きと倒壊に対抗します。

次世代型パイプハウスの骨組み



アーチパイプの間隔は1.5mとした



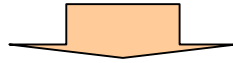
慣行ハウス：アーチパイプの間隔は約0.5mが標準

図6 次世代型パイプハウスのダブルアーチ構造

### 3) 次世代型パイプハウスの設置方法

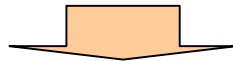
#### 1. 基礎の施工

写真：①スパイラル杭、②スパイラル杭の打設、  
③基礎パイプの打設、④フレーム組み



#### 2. 骨組み

写真：①鋼板製直行補強金具、②鋼板製  
平行補強金具、③ダブルアーチ完成  
成、④ダブルアーチ骨組み



#### 3. 外張りフィルム、布団資材の展張

写真：①外張りフィルムの展張、②布団資材の展張、③  
布団資材を広げたところ、④布団資材の巻き上げ、  
⑤完成外観

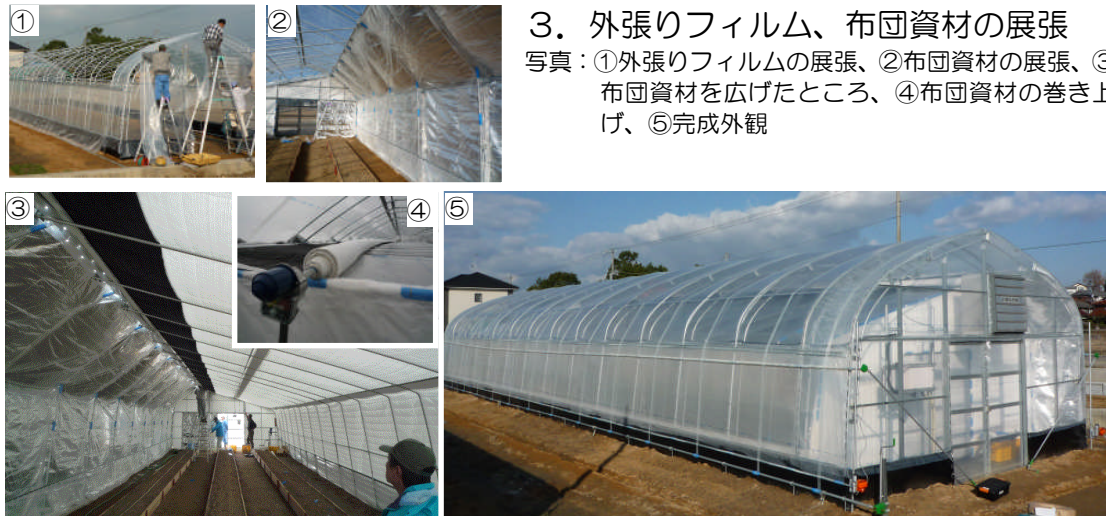


図8 次世代型パイプハウスの施工

①打設したスパイラル杭にフレームを連結し、アーチパイプを差し込むための基礎パイプを打ち込みます。それらをフレームに連結します。このフレーム工法は、パイプハウスの移設・再利用、既存ハウスのダブルアーチ補強時にも応用できます。②アーチパイプを基礎パイプに差し込み、開発した補強金具を使ってダブルアーチを組み上げます。③内張り用の骨組みを作り、外張りフィルム、布団資材を展張して完成です（図8）。

施工方法に関する詳細は、別途用意されている施工マニュアルをご覧ください。

## 解説：超省エネハウス

中国で普及している「日光温室」は、外気温が $-20^{\circ}\text{C}$ となる地域でも無暖房での栽培が可能です。その構造は、東西棟で北側と東西面がレンガや土で作られた壁になっています。日中はこの壁と地面に太陽熱を蓄熱し、夜間は断熱とともにその熱を利用する機能があります。

開発したハウスも、日光温室には及びませんが、断熱性の高い布団資材でハウスの保温性を大きくするのに加えて、ハウス内に置いた水で日中の日射を蓄熱し、夜間にその熱を利用することで、暖房負荷（暖房に必要な燃料使用量）を大幅に削減できました。しかし、まだまだ蓄熱量としては小さいものでした。さらに省エネルギー化を図るためには効率よく蓄熱し、その熱を夜間に有効に利用できるシステムを作ることが今後の課題です。



日光温室の外観。東側に見える壁はレンガ作り。外面被覆は「わらごも」のように断熱性が高い。



日光温室の内部。右側はレンガ造りの北壁。断熱と蓄熱の機能を持つ。



## 2. 断熱性の高い布団資材による省エネルギー技術

暖房燃料を減らすためには、ハウスの保温性を大きくして暖房負荷を減らすことが重要です。

断熱性の高い保温用被覆資材の利用は有効な方法です。

断熱性の資材を重ねた布団状の保温用被覆資材（布団資材）は、従来の保温用被覆資材と比べて2～3倍の高い断熱性があります。

### 1) 布団資材の特徴

布団資材は、ポリエステル綿やポリエチレンシートなどの断熱性の資材を不織布などで挟んだ複層（多層）構造をしており、一般的な保温用被覆資材とは構造や見た目が大きく異なります（図8）。

一般的な保温用被覆資材と比べて、熱貫流率は1/2～1/3であり、断熱性が高いのが特徴です（図9）。

布団資材は、一般的な保温用被覆資材と比べて、重い、厚みがあるため巻き取り時の収納性に劣る、といった欠点もあります。

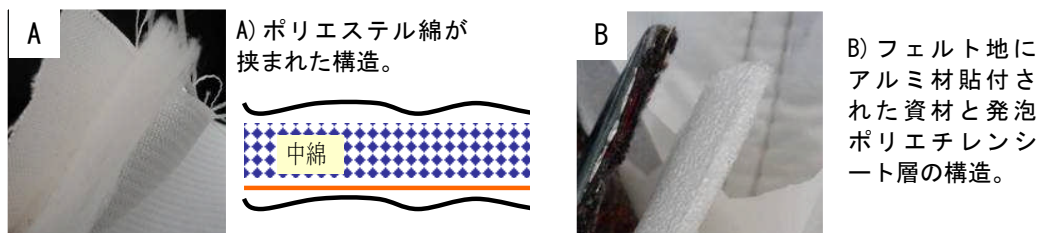


図8 布団資材の構造の例

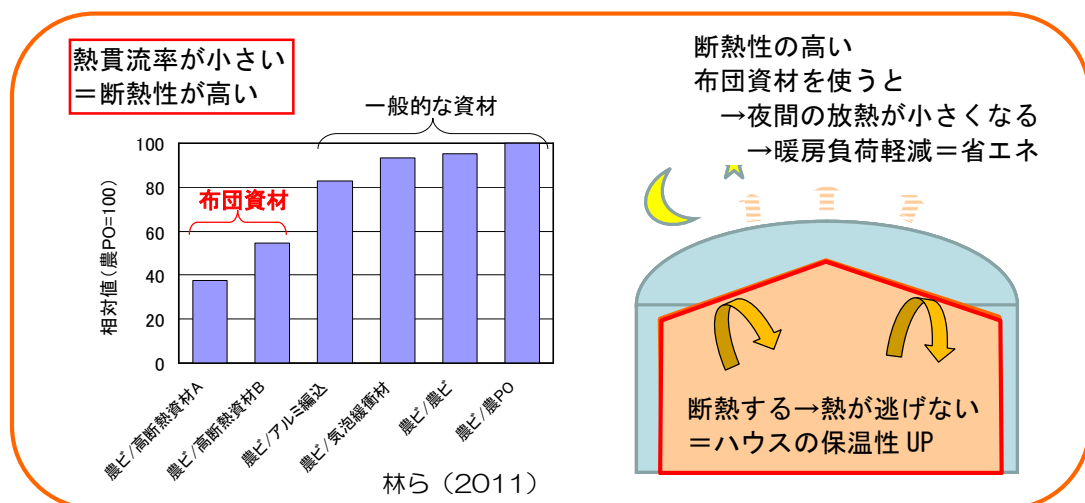


図9 ハウスの保温性と被覆資材の熱貫流率との関係

## 2) 布団資材の断熱性

中綿がポリエステル綿の場合、空気層が含まれるため断熱性が高くなると考えられます。

布団資材の厚さは、厚いほど断熱性は高くなります（図 10）。しかし、厚くなれば柔軟性がなくなるためカーテンにした時の収束性が悪くなり、重さも重くなります。

通気性がある資材より、通気を遮断する資材の方が熱貫流率は小さく、断熱性が高いことがわかっています。

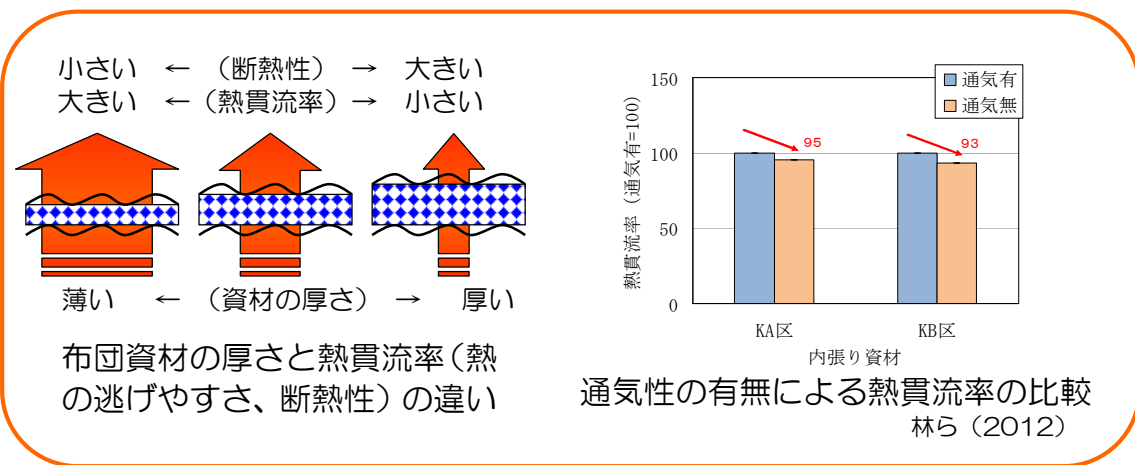


図 10 布団資材の特性の違いと熱貫流率との関係

### 解説：熱貫流率

被覆資材における熱貫流率は、熱の通りやすさを表しており、数値が小さいほど熱が通りにくく、その資材の断熱性が高いことを示します。

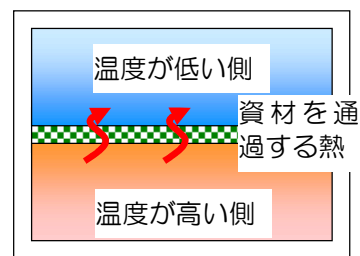
被覆資材を挟んで片側の温度を高くし、反対側を低くすると、温度の高い方から低い方へ被覆資材を通して熱が移動します（熱貫流）。このとき、単位面積当たり・単位温度差当たりの比例係数が熱貫流率<sup>\*</sup>です。

$$\text{貫流熱量} = (\text{熱貫流率}) \times (\text{面積}) \times (\text{温度差})$$

なお、ハウスにおいて、貫流伝熱によって放熱される熱量を「貫流伝熱量」といい、貫流伝熱量はハウスの被覆面積 (=表面積) とハウス内外の温度差 ( $\Delta T$ ) にほぼ比例します。貫流伝熱量 = (熱貫流率)  $\times$  (ハウス表面積)  $\times$   $\Delta T$

とするときの比例係数が熱貫流率<sup>\*</sup>です。

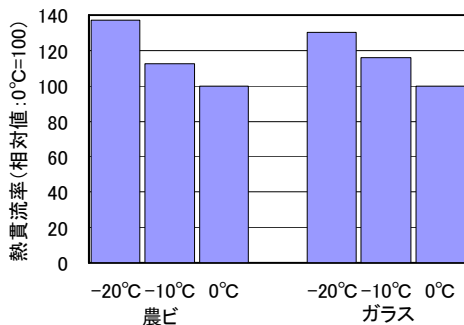
<sup>\*</sup>単位は、 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  または  $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$  で表記される。



## 解説：断熱性の評価方法

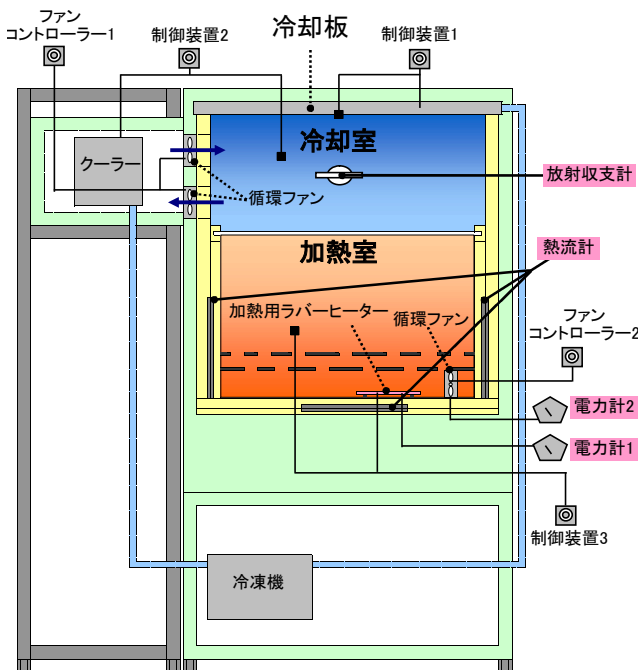
熱貫流率測定装置は、同一の条件下で被覆資材の熱貫流率を測定し、被覆資材の断熱性能を評価することができます。

被覆資材の熱貫流率は、被覆資材を挟んで温度差のある条件を作れば



通気性の有無による熱貫流率の比較  
林ら (2011)

下図の熱貫流率測定装置で、大気放射を模擬した条件を設定して測定。-20°Cは晴天時、-10°Cは曇天時、0°Cは曇天時よりさら大気放射が弱い条件を模擬している。大気放射が強い条件ほど熱貫流率が小さくなる。



熱貫流率測定装置  
林ら (2011)

測定できます。しかし、ハウスでは、屋外の大気放射（放射冷却など放射熱交換環境の影響）を考慮する必要があります。晴天日（放射冷却が大きい）と曇雨天日（放射冷却が小さい）では、同じ資材でも熱貫流率に違いが表れます。

放射熱交換環境を考えて熱貫流率を測定しようとする場合、従来は実際のハウスで測定するしか方法がありませんでした。しかし、同じ環境条件を再現することができず、同一条件で試料を比較できませんでした。

この熱貫流率測定装置は、測定庫内の天井に取り付けられた冷却板により、屋外の放射熱交換環境を模擬的に作出し、熱貫流率を測定します。このようにして、実際の使用条件に近い条件を作り、同一の条件下で熱貫流率を測定し、被覆資材の断熱性を評価できます。また、被覆資材を重ねた多層条件でも比較できます。

### 3) 布団資材の既存ハウスへの適用事例

布団資材は、従来の保温用被覆資材と比べて断熱性が優れており、省エネルギーに有効な資材です。内張りの骨組みがあれば既存ハウスへの導入も可能です（図 11）。



傾斜・巻取り式+サイド

傾斜・巻取り式(サイド一体)

水平カーテン+サイド

図 11 既存ハウスに布団資材を適用した事例

### 4) 布団資材の導入に向けた課題

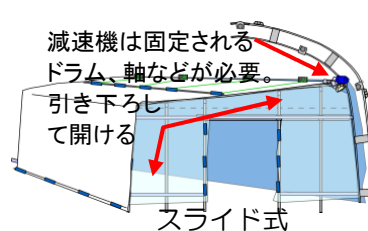
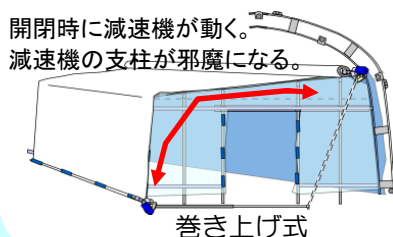
すぐれた断熱性能をもつ布団資材ですが、課題もあります。

布団資材は、現在のところ海外からの輸入品しかなく、供給体制も十分とはいえません。現在、国産品の試作と供給体制の確立にむけて取り組んでいます。

さらなる断熱性能の向上を目指していますが、資材の軽量化、収納時（カーテンを開けた時）の収束性や耐久性の向上させる技術開発が必要です。また、開閉方式についても検討が必要です。

#### 解説：開閉方式

開閉方式は傾斜張りを前提として検討しています。減速機で巻き上げる方法とロープ（ワイヤー）を使って軸に巻き取って開閉させる方法を検討しました。前者は、屋根で巻き取られるため影ができる欠点があります。水平カーテンも同様です。もう一方の方法は、布団資材が地面で収束するため影はできませんが、資材の端部が汚れます。



サイド（ヒモ巻き取り式）

日中に布団資材を巻き取った時にできる影、東西棟とした時の北側固定壁がハウス内日射量を減少させていることも考えられます。巻き上げ位置や開閉方法を検討し、日射環境の改善を図っています(図12)。

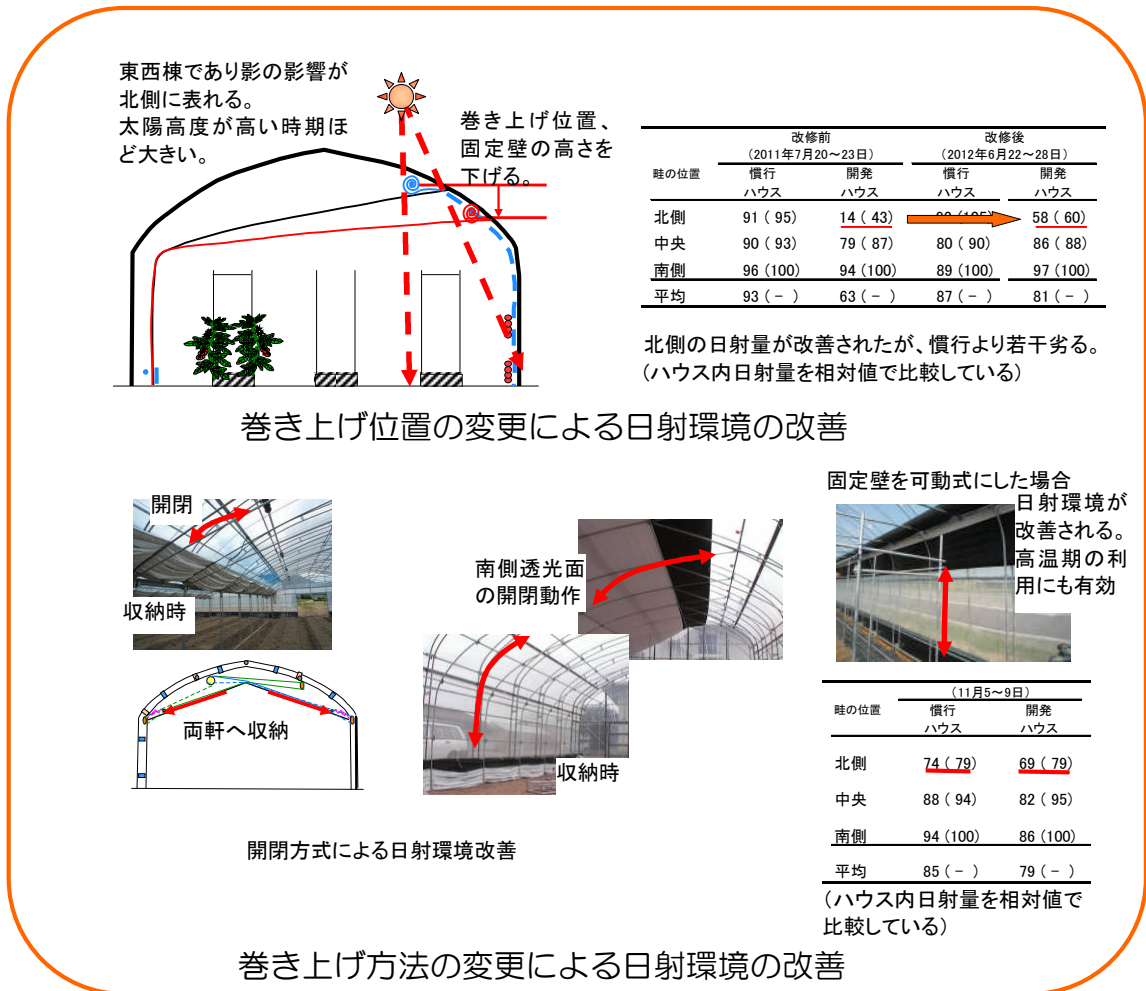


図12 巻き上げ位置・方法の変更による日射環境の改善

**解説：テンショナー**

屋根面を巻き上げて換気をする時には、開発したテンショナーを使ってフィルムを押さえるバンドを簡単に閉めたり緩めたりできます。

ハンドルを回すと軸が回ってバンドを締めたりゆるめたりできる



### 3. パイプハウスの強度を向上させる技術

近年、大型台風の上陸や突風による強風被害が増えており、パイプハウスを補強するなど、強風対策が必要となっています。

そこで、アーチパイプを2重にするダブルアーチ化による補強と基礎の引き抜きに対する補強を図りました。

#### 1) ダブルアーチ化のための補強部材

ダブルアーチを作るために、アーチパイプ同士を連結する鋼板製平行金具、アーチパイプと桁行き直管とを連結する鋼板製直行補強金具を使います（図13）。

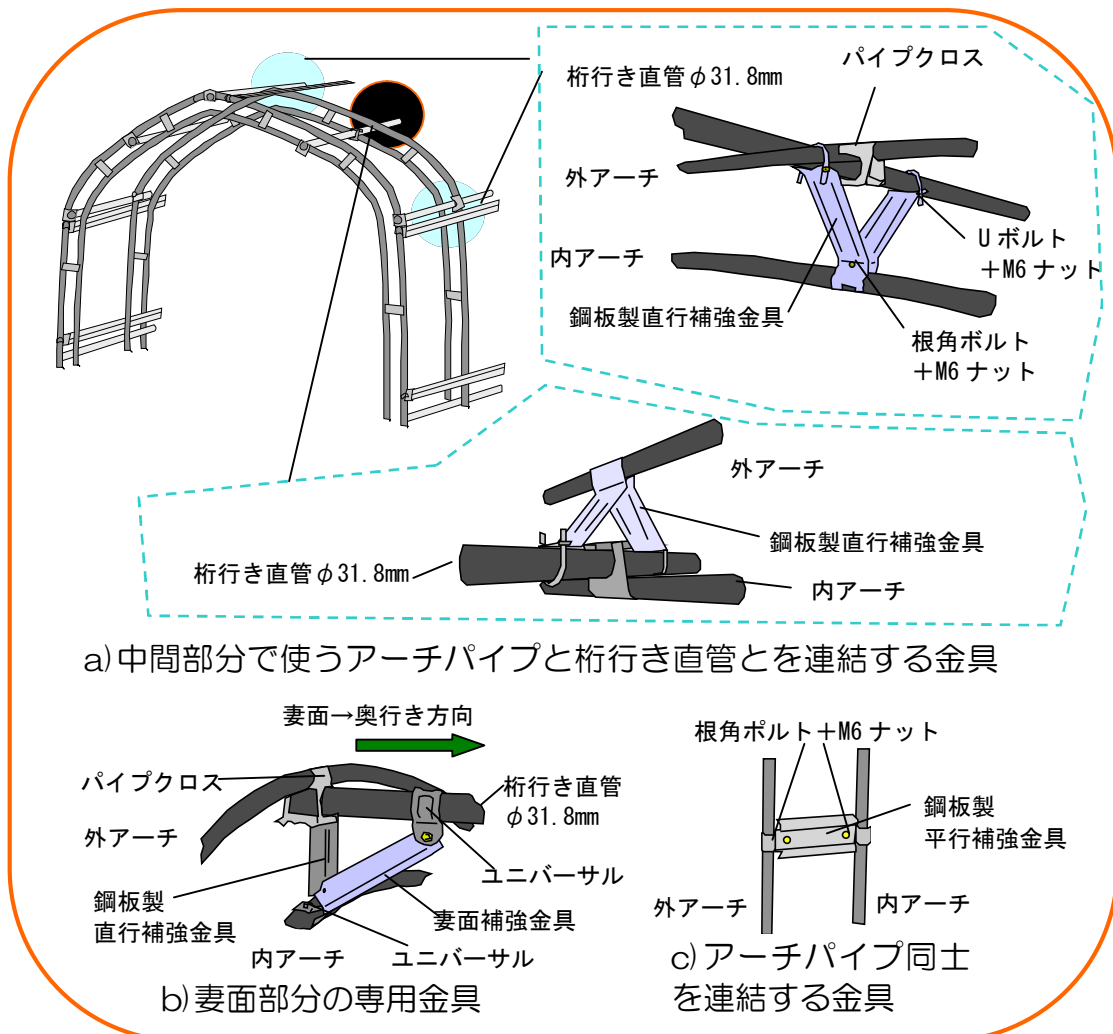


図13 ダブルアーチ化のための補強部材

## 2) ダブルアーチ補強の効果

ダブルアーチ 1 組につき、鋼板製平行補強金具を 8 ヶ所、鋼板製直行補強金具 4 ヶ所を基本として設置します (図 14)。

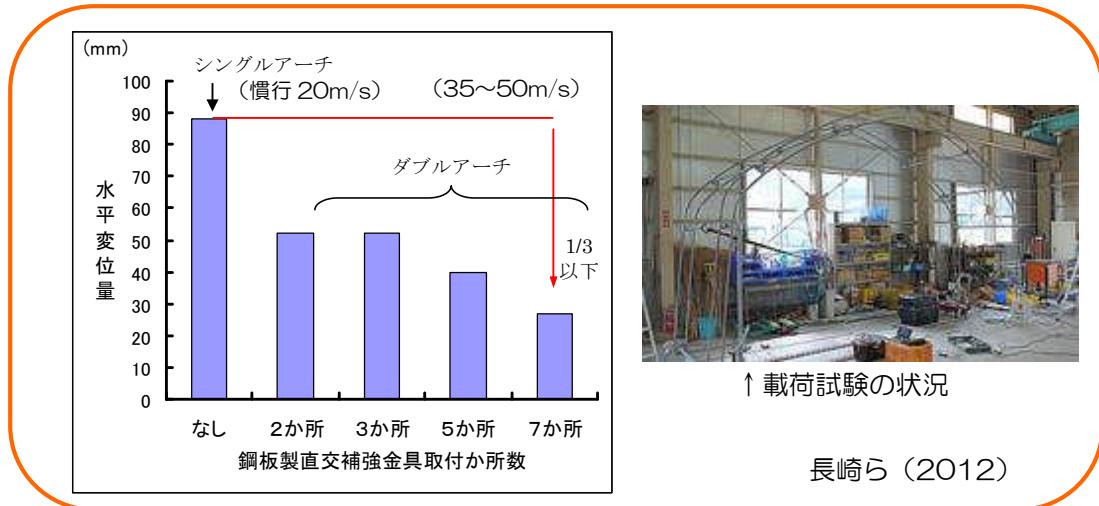


図 14 ダブルアーチの耐風強度

## 3) フレーム工法：スパイラル杭を用いた基礎の補強

引き抜きに強いスパイラル杭と、それを連結するフレームパイプで基礎を補強します (図 15)。



図 15 スパイラル杭を用いたフレーム工法による基礎の補強

## 4) パイプハウスの棟高と風との関係

パイプハウスは同じ場所に建てられていても、棟の高さが変わると、風から受ける力（風圧力）が変化します。棟の高さが高くなると、風速が増加し、「パイプハウス周囲の風の流れ方」も変わり、風圧力が大きくなります。

風圧力を調べる指標の一つが、風圧係数です。パイプハウスの風圧係数は、棟高に応じて変化します（図 16）。パイプハウスを①風上側側面、②風上側屋根面、③風下側屋根面、そして④風下側側面の4面にわけて考えます。すると、②の風上側屋根面で、棟高の違いによる影響が大きく現れます。棟高が高くなるほど、軒の近くで負圧（外側に引っ張る力）が大きくなるため、被覆材の破れ、アーチパイプの曲げや引き抜きによる被害が生じやすくなります（図 17）。

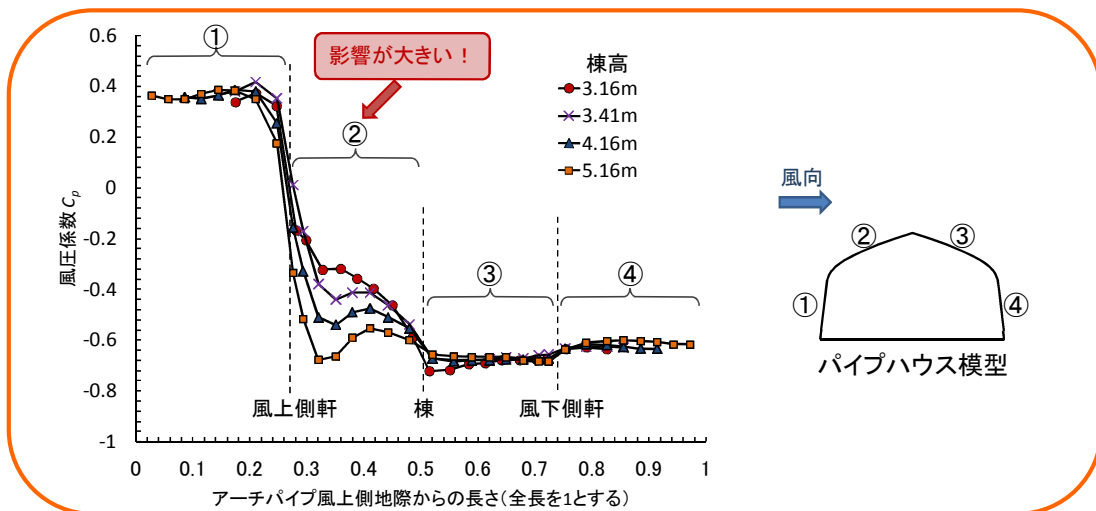


図 16 パイプハウスの風圧係数  $C_p$

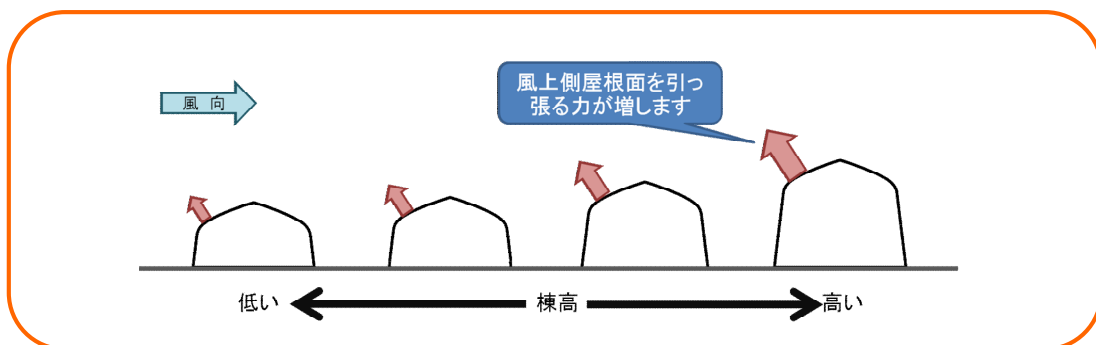


図 17 パイプハウスの風上側屋根面に作用する風圧力

次世代型パイプハウスは、内部に保温用の骨組を設置するため、従来のタイプよりも棟高が高くなります。そのため、骨組に作用する風圧力が大きくなります。アーチパイプをダブルアーチ化することで、風によって骨組みに生じる力を分散させています。基礎に使用したスパイラル杭は、引き抜きに対して有効に働きます。またスパイラル杭は人力で簡便に施工できます。これらを使うことで、強風に対するパイプハウス構造の安全性を高めています。

### 解説：風圧係数

風圧係数は、実際の建物と同じ形状を有する風洞実験用のミニチュア模型に、人工的に発生させた風をあてて調べます。模型には屋根面や側面に開けた約 100 個の微細な測定孔（直径 0.8mm）を使って、模型内外の圧力変化を実際に測定します。

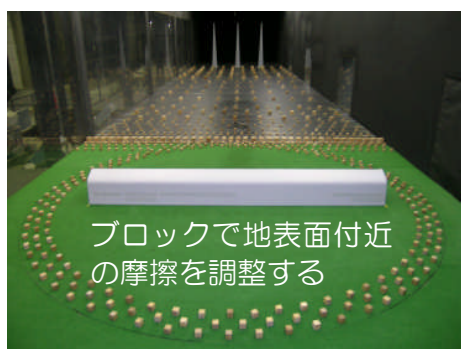
風圧係数 ( $C_p$ ) は、次の式で求めます。

$$C_p = \frac{P - P_s}{q_H}$$

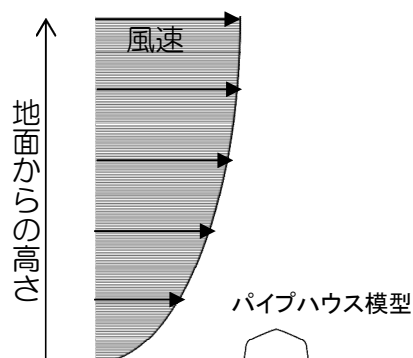
$$q_H = \frac{1}{2} \rho U_H^2$$

P: 測定した圧力  $P_s$ : 基準となる静圧  $q_H$ : 速度圧  
 $\rho$ : 空気の密度  $U_H$ : 基準風速（棟高の風速）

風圧係数が正（+）の値の箇所では、パイプハウスは外側から押される力が働き、負（-）の箇所では、外側に向かって引っ張る力が生じます。被覆材が剥がれたりするのは、負圧が作用しているからです。



風洞実験では人工的な風を発生させて、自然の状態を再現する



自然界の風は、地表面に近いほど遅い

スパイラル杭は、スパイラル部分が地盤に食い込むことで支持力を発揮します。このため、砂質土のように地盤が弱い場合は引き抜きに対する許容支持力が小さくなります。また、ハウスの軒高が高くなるほど風圧力が増し骨組みに対して引き抜く力が大きくなります。このため、スパイラル杭の設置間隔を狭めて本数を増やして引き抜きに対抗します（図 18）。

図 18 は棟高が 3.7m の場合ですが、棟高が 3.2m なら杭間隔は約 1.3 倍に広げられます。一方、棟高が 4.2m、5.2m になると杭間隔はそれぞれ約 0.9 倍、約 0.7 倍に狭めることとなります。

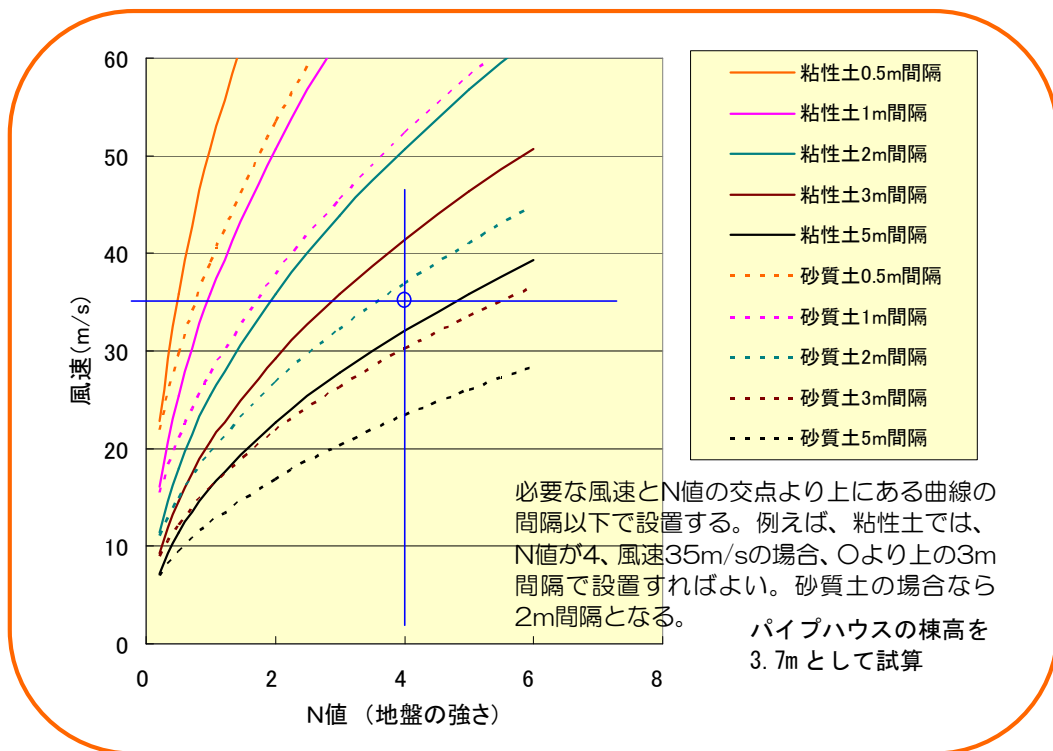
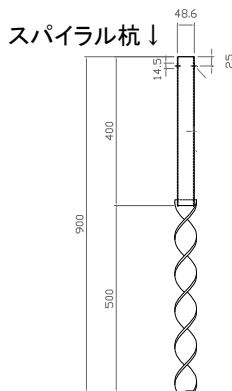


図 18 地盤強度に対する杭の設置間隔と耐風速との関係

## 解説：スパイラル杭

スパイラル杭は、平鋼を専用機械でねじり加工したスパイラルを地中にねじ込む基礎杭です。施工は、機械施工も可能ですが、よほど固い地盤でなければ人力で施工できます。治具を使って打撃と回転を併用して効率的に施工できます。



スパイラル杭は用途に応じて様々な仕様がある。ここで使用するスパイラル杭は、65mm 幅、500mm 長の平鋼をねじったスパイラル部分に、400mm の鋼管を接合した形状

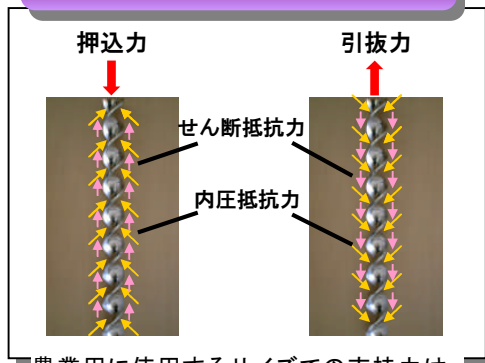


人力による施工  
ハンドルで杭を回転させる、あるいはハンマーで打撃しながらガイドに沿ってねじ込む。

↑ 施工用のガイド

スパイラル杭は、地盤に食い込むことで支持力を発揮します。このため、粘着力がわずかである砂質土のように、地盤の強度が弱い場合には耐力が小さくなります。地盤が強ければ、間隔を広げて経済的に、弱ければ間隔を狭めて全体の強度を上げます。

スパイラル杭のメカニズム（模式図）



農業用に使用するサイズでの支持力は、粘性土 > 砂質土であり、また引抜支持力より押し込みがやや強い、という関係がある。

(kN/本)

N値	許容支持力	
	粘性土	砂質土
2	1.28	0.71
3	1.92	1.03
4	2.56	1.36
5	3.20	1.68
6	3.84	2.00

N 値と許容支持力との関係

N 値は、引き抜かれる力の強さを示す。1 本の杭が引き抜きに耐えられる最大の力を許容支持力という。許容支持力は、砂質土より粘性土の方が大きい。



## 5) 既存ハウスへの適用：ハウスのリノベーション

経営環境が厳しく、ハウスの新設が難しい生産者は、ここで紹介した技術を既存のハウスに取り入れることも有効な方法です。

既存のハウスを改修して機能を充実させるハウスの「リノベーション」にも取り組みます（図19）。

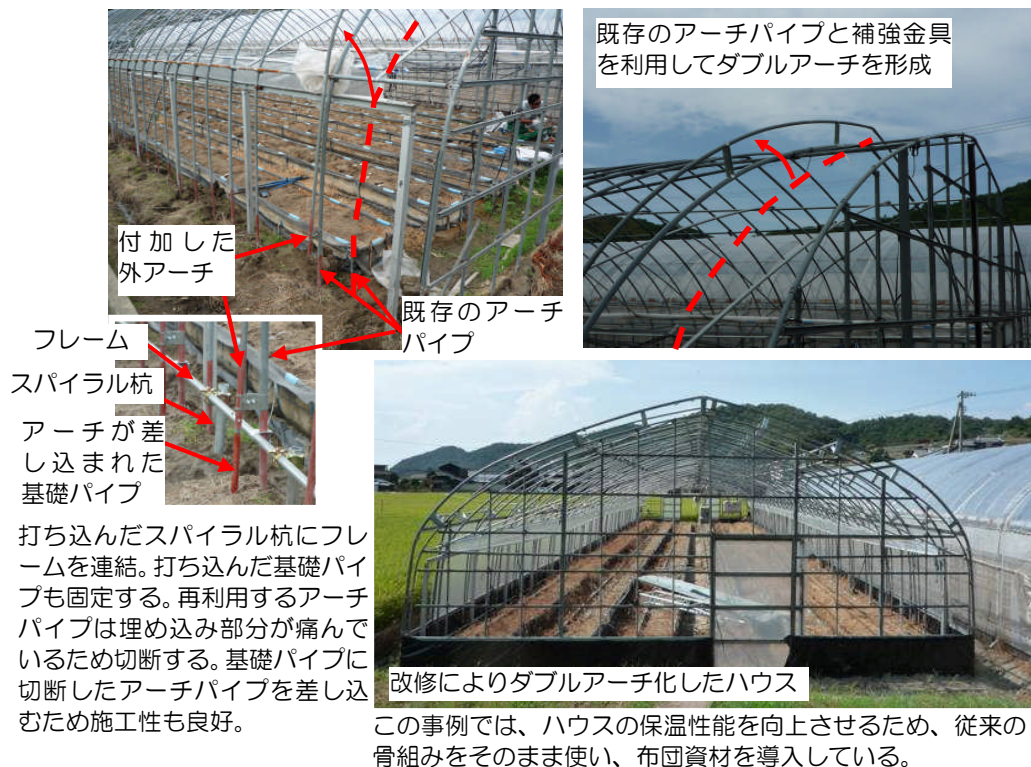


図 19 既存パイプハウスをダブルアーチ化して補強したハウスリノベーションの事例

### 解説：連棟化の試み

次世代型パイプハウスは単棟のパイプハウスで開発が進められました。しかし、生産用のハウスは、連棟型のパイプハウスも多く使われています。そこで、ダブルアーチ構造による連棟パイプハウスを試作しました。谷部分の取付方法など、改善すべき点が多く残されています。



ダブルアーチ構造の3連棟パイプハウス



←屋根部分の構造





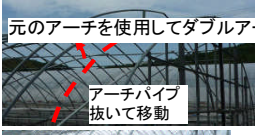
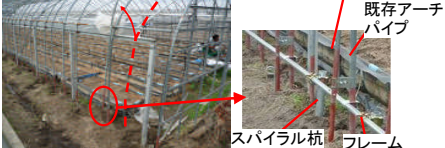
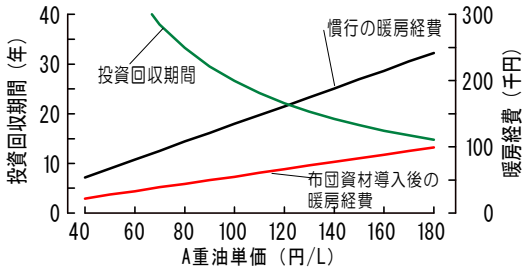


妻面構造→

## 4. 生産現場における開発技術の応用

これまでに紹介した成果を利用した導入事例、実証試験事例を紹介しします。技術を導入する際の検討材料として活用下さい。

### 1) マーガレット生産における利用事例

経営モデル(試算モデル)		
経営体の作目	マーガレット・7月定植	
対象作型・収量	12月～4月収穫・14,815本(62千本/10a)	
導入技術のポイント	省エネルギーによる暖房経費削減(=布団資材による保温性強化) 強風対策(=ダブルアーチによる構造補強、スパイラル杭による基礎補強) 導入費用(資材費のみ)総額:1,058千円(4,393円/㎡)	
温度管理	設定温度5℃(一定)	
対象施設	間口7.2m×奥行32m(240.9㎡)・単棟パイプハウス(外張り:農PO0.15mm厚)	
導入技術	慣行	導入後
省エネルギー対策	使用資材	布団資材(天、サイド)
	コスト	508千円(2,109円/㎡) (布団資材導入にともなう資機材)
	暖房燃料使用量	295 L(1.22kL/10a)
強風対策	暖房経費(85円/L)	25千円(104千円/10a)
	技術の内容	既存ハウスの骨組みを利用して、既存ハウスの外側にダブルアーチを形成。スパイラル杭とフレームを使用。
その他	コスト	334千円(1,385円/㎡)
		屋根の半分に巻き上げ換気(フルオープン化)設置 79千円(327千円/10a)
対象地の状況 香川県M市		
ハウス外観		
↓サイドの布団資材		
		
	元のアーチを使用してダブルアーチ化 アーチパイプ 抜いて移動	あらかじめ打ち込んだ基礎パイプにアーチパイプを差し込む 既存アーチパイプ スパイラル杭 フレーム
経済的指標		
 <p>投資回収期間 (年)</p> <p>暖房経費 (円)</p> <p>A重油単価 (円/L)</p> <p>慣行の暖房経費</p> <p>布団資材導入後の暖房経費</p> <p>投資回収期間</p>		
<p>※経営モデルは香川県経営指標を参照して作成した。          ※慣行の内張り農POは3年、布団資材と関連する諸資材一式は5年で償却するとして計算した。          ※パイプハウス、その他設備は減価償却済みとする。          ※測定データの結果から暖房燃料使用量の削減率を54%として計算した。</p>		
<p>図 布団資材導入時の暖房経費と回収期間(10aあたり)</p>		
<p>利用者の意見・感想</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・布団資材については、省エネ効果は十分あると思うが、現在の価格では導入は難しい。</li> </ul>		
<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存の内張り骨組みをそのまま使用。外張りの屋根の片側にフルオープンを装着。</li> <li>・1mm目合いの防虫ネットを展張。</li> </ul>		



## 2) ミニトマト生産における利用事例

経営モデル(試算モデル)	
経営体の作目	ミニトマト
対象作型・収量	9月定植長期どり作型・収量 8,001kg/10a
導入技術のポイント	省エネルギーによる暖房経費削減(=布団資材による保温性強化) 強風対策(=ダブルアーチによる構造補強、スパイラル杭による基礎補強)
温度管理	最低夜温12°C、日中25°Cサイド換気
対象施設	間口6m×奥行20m(120㎡)・単棟パイプハウス(外張り:農PO0.15mm厚)(新設)
導入技術	慣行ハウス
導入費用総額(新設) 120㎡	853千円(7,272円/㎡)
省エネルギー対策	使用資材 内張り:農PO0.075mm厚 コスト 113千円(944円/㎡) (内張りフィルム設置に伴う資材一式)
強風対策	暖房燃料使用量 1,295 L(10.8kL/10a) 暖房経費(85円/L) 110千円(917千円/10a) 技術の内容 シングルアーチ構造
その他	コスト 759千円(6,328円/㎡)
	開発ハウス
	1,233千円(10,276円/㎡)
	内張り:農PO0.075mm厚+布団資材(天、棲、サイ) 502千円(4,186円/㎡) (内張りフィルム+布団資材導入に伴う資材一式)
	518 L(4.3kL/10a) 44千円(367千円/10a)
	ダブルアーチ構造 スパイラル杭の設置
	731千円(6,090円/㎡)
	暖房負荷軽減のため、北壁に水蓄熱材を設置
	72千円(600千円/10a)

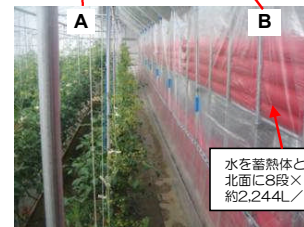
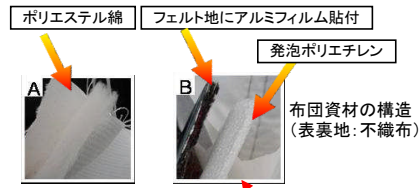
対象地の状況 香川県農業試験場



慣行ハウス  
透明PO系フィルム  
外張0.15mm 内張0.075mm



開発ハウス  
透明PO系フィルム  
外張0.15mm内張0.075mm



水を蓄熱体として利用  
北面に8段×18m設置  
約2,244L/120㎡

布団資材による保温性向上と水による蓄熱機能を追加



東面から見た栽培状況



### 経済的指標

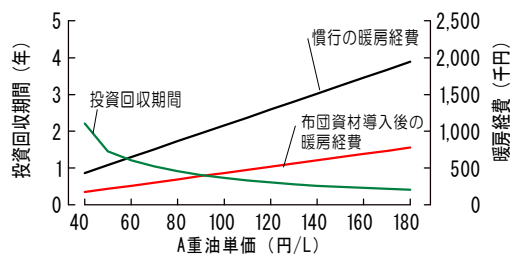


図 布団資材導入時の暖房経費と回収期間(10aあたり)

※経営モデルは香川県経営指標を参照して作成した。  
※内張り農POは3年、布団資材と関連する諸資材一式は5年で償却するとして試算した。  
※パイプハウスその他設備は減価償却済みとする。  
※120㎡規模のハウスで試算した結果を10aあたりに換算。

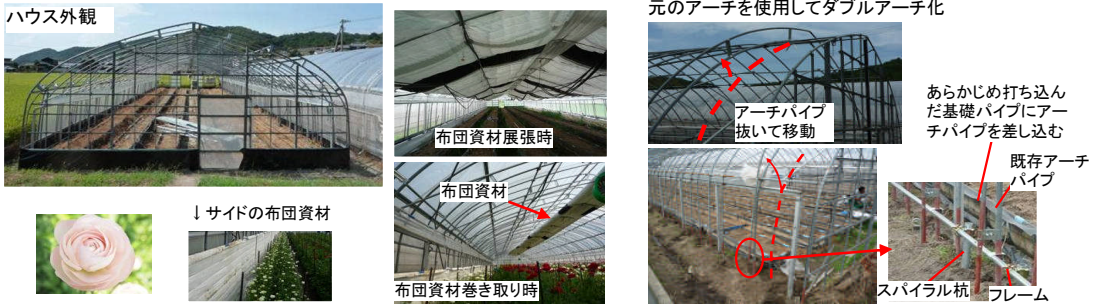
### 備考

開口部には0.4mm目合いの防虫ネットを展張。  
2010年～2012年に実施した試験圃場での実績をもとに試算した結果である。

### 3) ラナンキュラス生産における利用事例

経営モデル(試算モデル)			
経営体の作目	ランタンキュラス・10月定植		
対象作型・収量	12月～4月収穫・25,439本(105千本/10a)		
導入技術のポイント	省エネルギーによる暖房経費削減(=布団資材による保温性強化) 強風対策(=ダブルアーチによる構造補強、スパイラル杭による基礎補強) 導入費用(資材費のみ)総額:1,058千円(4,393円/㎡)		
温度管理	設定温度5°C(一定)		
対象施設	間口7.2m×奥行32m(240.9㎡)・単棟パイプハウス(外張り:農PO0.15mm厚)		
導入技術		慣行	導入後
省エネルギー対策	使用資材	内張り:農PO0.075mm厚	布団資材(天、サイド)
	コスト	12.6千円(52円/㎡) (内張りフィルムのみ)	508千円(2,109円/㎡) (布団資材導入にともなう資機材)
	暖房燃料使用量	641 L(2.63kL/10a)	295 L(1.22kL/10a)
強風対策	暖房経費(85円/L)	54千円(226千円/10a)	25千円(104千円/10a)
	技術の内容	—	既存ハウスの骨組みを利用して、既存ハウスの外側にダブルアーチを形成。スパイラル杭とフレームを使用。
その他	コスト	—千円(—円/㎡)	334千円(1,385円/㎡)
		—	屋根の半分に巻き上げ換気(フルオープン化)設置 79千円(327千円/10a)

対象地の状況 香川県M市



#### 経済的指標

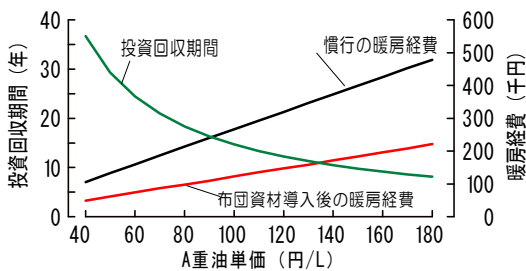


図 布団資材導入時の暖房経費と回収期間(10aあたり)

※経営モデルは香川県経営指標を参照して作成した。  
 ※慣行の内張り農POは3年、布団資材と関連する諸資材一式は5年で償却するとして計算した。  
 ※パイプハウス、その他設備は減価償却済みとする。  
 ※測定データの結果から暖房燃料使用量の削減率を54%として計算した。  
 ※暖房燃料85円/Lの時、回収期間は約17年。

#### 利用者の意見・感想

- ・補強技術については、強風に十分耐えられる性能があり、普及性が高いと思われる。
- ・布団資材については、省エネ効果は十分あると思うが、現在の価格では導入は難しい。

#### 備考

- ・既存の内張り骨組みをそのまま使用。外張りの屋根の片側にフルオープンを装着。
- ・1mm目合いの防虫ネットを展張。

## 4) 施設ナス生産における利用事例

新設ハウス経営モデル(試算モデル)																						
経営体の作目		施設ナス・8月定植(促成栽培)																				
対象作型・収量		10月～12月収穫・0.66t(2.3t/10a)、慣行2.5t/10a																				
導入技術のポイント		省エネルギーによる暖房費削減(=布団資材による保温性強化) 強風対策(=ダブルアーチによる構造補強、スパイラル杭による基礎補強) 連棟化(3連棟) 導入費用(資材費のみ)総額:2,350千円(8,033円/㎡)																				
温度管理		設定温度12℃																				
対象施設		間口6.5m×奥行き15m(292.5㎡)・3連棟パイプハウス(外張り:農PO0.15mm厚)																				
導入技術		慣行	導入後																			
省エネルギー対策	使用資材	内張り:農ビ 0.05厚	布団資材(天、サイド、妻面はなし)																			
	コスト	39.4千円(135円/㎡) (内張りフィルムのみ)	813千円(2,781円/㎡) (布団資材導入にともなう資機材一式)																			
	燃料使用量	-	-																			
強風対策	燃料経費(85円/L)	-	-																			
	技術の内容	-	ダブルアーチ構造(596円/㎡) スパイラル杭の設置(509円/㎡)																			
	コスト	-	1,104千円(3,775円/㎡) (ハウス骨材の資材費のみ)																			
その他		-	-																			
対象地の状況		香川県内																				
 <p>ダブルアーチ構造の3連棟パイプハウス</p>		 <p>栽培状況</p>																				
 <p>アーチ部分の構造</p>		 <p>妻面部分の構造</p>																				
																						
経済的指標 (10a当たり、単位:千円)																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>費目</th> <th>慣行</th> <th>補強対策実施</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>売上(粗収益)</td> <td>5,166</td> <td>5,166</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">経費</td> <td>経費(補強対策関連を除く)</td> <td>3,435</td> <td>3,435</td> </tr> <tr> <td>補強対策にかかる経費※</td> <td>0</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>経費計</td> <td>3,435</td> <td>3,494</td> </tr> <tr> <td>収益</td> <td>1,731</td> <td>1,672</td> </tr> </tbody> </table>		費目	慣行	補強対策実施	売上(粗収益)	5,166	5,166	経費	経費(補強対策関連を除く)	3,435	3,435	補強対策にかかる経費※	0	59	経費計	3,435	3,494	収益	1,731	1,672	<p>※経営モデルは普及センターの経営調査を参照して作成。 ※償却年数は10年で計算。 ※布団資材については、試験導入したものの実用性が低く、効果を試算するには至らなかった。連棟における開閉方式など検討の余地が多く残されている。</p>	
費目	慣行	補強対策実施																				
売上(粗収益)	5,166	5,166																				
経費	経費(補強対策関連を除く)	3,435	3,435																			
	補強対策にかかる経費※	0	59																			
	経費計	3,435	3,494																			
収益	1,731	1,672																				
利用者の意見・感想																						
<ul style="list-style-type: none"> <li>ダブルアーチ等による構造強化については、これまでの強風でも十分耐えられたことから、普及性は期待できると思う。</li> <li>現在生育途中でよくわからないが、谷部分では布団資材の陰が大きく、その影響で生育の遅れが見られた。</li> </ul>																						
備考																						
<ul style="list-style-type: none"> <li>谷開口部には4mm目合いの防風ネット、サイド開口部には1mm目合いの防虫ネットを展張。</li> </ul>																						

# 5) 輪ギク生産における利用事例

経営モデル(試算モデル)		輪ギク	
経営体の作目	輪ギク		
対象作型・収量	3月彼岸出荷作型・収量 39,375本/10a		
導入技術のポイント	省エネルギーによる暖房経費削減(=布団資材による保温性強化) 強風対策(=ダブルアーチによる構造補強、スパイラル杭による基礎補強)		
温度管理	最低夜温15°C(定植~消灯日1週間前)→18°C(消灯日前1週間前~発蓄)→15°C(発蓄~収穫期) 日中25°Cサイド換気		
対象施設	間口6m×奥行き20m(120㎡)・単棟パイプハウス(外張り:農PO0.15mm厚)(新設)		
導入技術	慣行ハウス	開発ハウス	
導入費用総額(新設) 120㎡	853千円(7,272円/㎡)	1,233千円(10,276円/㎡)	
省エネルギー対策	使用資材	内張り:農PO0.075mm厚	内張り:農PO0.075mm厚+布団資材(天、棧、サイド)
	コスト	113千円(944円/㎡) (内張りフィルム設置に伴う資材一式)	502千円(4,186円/㎡) (内張りフィルム+布団資材導入に伴う資材一式)
	暖房燃料使用量	1512.8 L(12.6kL/10a)	606.2 L(5.1kL/10a)
	暖房経費(85円/L)	129千円(1072千円/10a)	52千円(429千円/10a)
強風対策	技術の内容	シングルアーチ構造	ダブルアーチ構造 スパイラル杭の設置
	コスト	759千円(6,328円/㎡)	731千円(6,090円/㎡)
その他			暖房負荷軽減のため、北壁に水蓄熱材を設置 72千円(600千円/10a)

対象地の状況 香川県農業試験場



透明PO系フィルム  
外張0.15mm 内張0.075mm



透明PO系フィルム  
外張0.15mm内張0.075mm

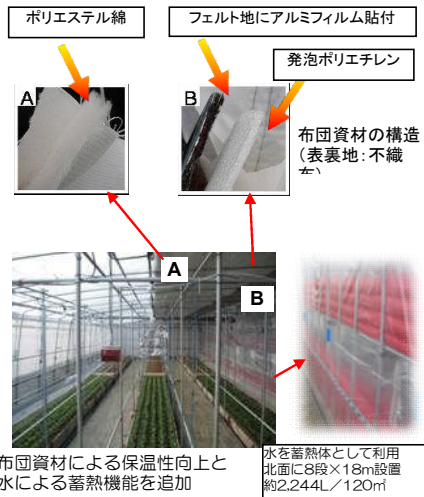


慣行ハウス



開発ハウス

東面から見た栽培状況



布団資材による保温性向上と水による蓄熱機能を追加

## 経済的指標

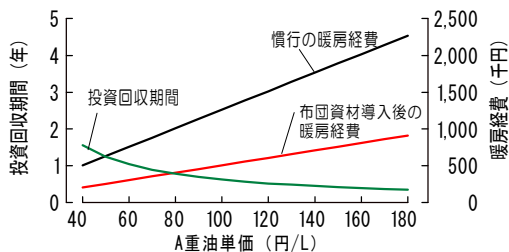


図 布団資材導入時の暖房経費と回収期間(10aあたり)

※経営モデルは香川県経営指標を参照して作成した。  
※内張り農POは3年、布団資材と関連する諸資材一式は5年で償却するとして試算した。  
※パイプハウスその他設備は減価償却済みとする。  
※120㎡規模のハウスで試算した結果を10aあたりに換算。

## 備考

開口部には0.4mm目合いの防虫ネットを展張。  
2011年に実施した試験圃場での実績をもとに試算した結果である。



## 5. 新技術導入に対する期待と課題

施設園芸生産者がパイプハウスに求める性能として、香川県では耐風性への関心が高い傾向が見られました（図 20）。近年増えている強風被害が背景にあると考えられます。ダブルアーチ化については実際に導入した生産者も出てきています。一方、省エネルギー対策として有効な布団資材の利用はまだ導入コストが高いと判断されているのが現状です。

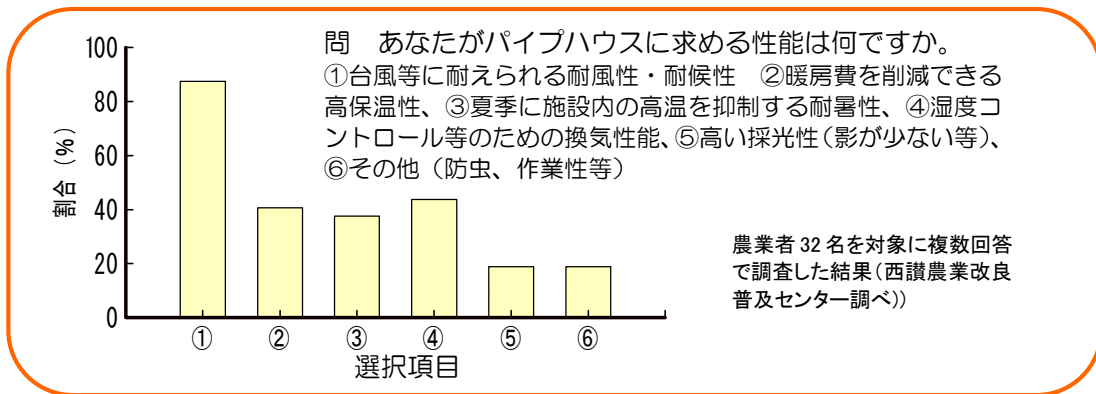
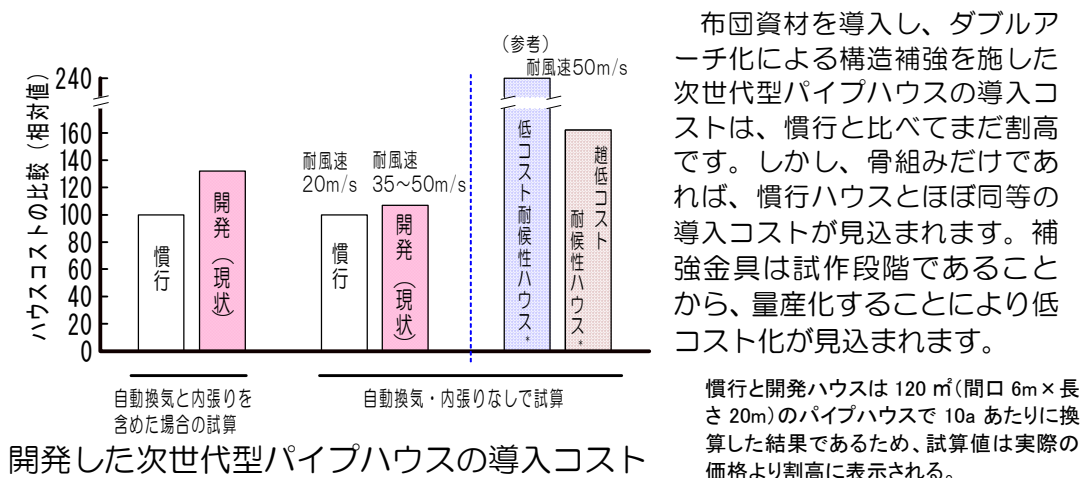


図 20 農業者がパイプハウスに求める性能

有用な技術であっても低コストでなければ導入・普及には至りません。経営的なメリットを検討した上で技術を導入する必要があります。布団資材の低コスト化、取扱い性向上など、課題の解決を図りながら、普及に向けて取り組みを進める必要があります。

### 解説：次世代型パイプハウスの導入コスト

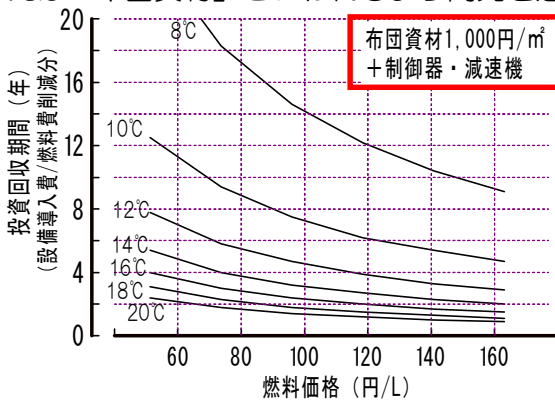


開発した次世代型パイプハウスの導入コスト

## 解説：布団資材の導入コスト

一般的に、暖かい地域より寒い地域ほど、管理温度（暖房の設定温度）が低いより高いほど、もともとの暖房燃料使用量が多くなるため、省エネによって節減される経費の額が大きくなるため投資回収期間は短くなります。しかし、利用事例でもみられるように、管理温度が低ければ暖房経費も小さいこともあり、投資回収期間は長くなってしまいます。

布団資材の改善は、断熱性向上、低コスト化はもちろん、性能や機能、価格帯についても作目に応じて複数の資材から選べるようにする必要があります。現在、繊維素材メーカーと協力して、保温用被覆資材といえは「布団資材」といわれるよう開発を進めています。

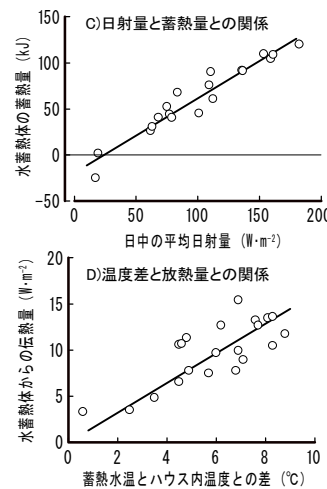
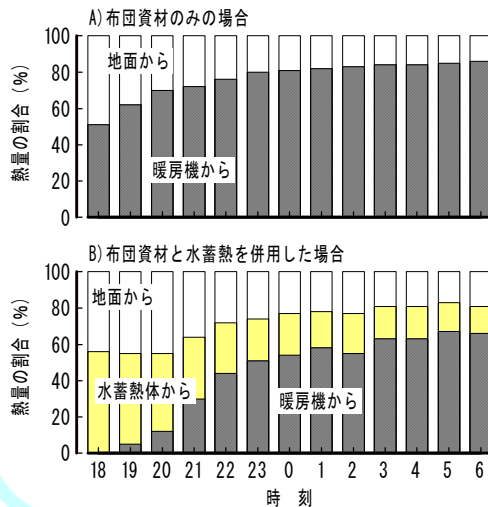


120㎡(間口6m×長さ20m)のパイプハウスに布団資材、巻上げ用減速機と制御器の導入コストに対して、暖房燃料使用量50%削減、暖房燃料価格が80円/L、設定温度12°Cで加温(香川県滝宮アメダスデータから計算)とした時の試算。布団資材は日本国内ではほとんど使われていないが、海外製品の日本での実勢価格は、1,000~1,200円/㎡程度。布団資材の価格が800円/㎡に下がれば、回収期間は短縮される。

設定温度の違いによる燃料価格と導入コスト回収期間との関係

## 解説：さらなる省エネ（蓄熱機能の向上）

布団資材は断熱性能が高く、暖房負荷を軽減し省エネ効果が大いことはこれまでに述べました。本研究では、水蓄熱を加えることで暖房負荷はさらに小さくできることを明らかにしました(図A、B)。究極の省エネ＝「暖房燃料使用量ゼロ」を目指すにはさらに、蓄熱機能も向上させる必要があります。しかし、蓄熱機能を付加する技術はまだ実用的ではありません。今後も開発を進めます。



蓄熱には日中の日射が必要である。日射量が多いほど蓄熱量も多くなる(図C)。このため、冬の日射量が少ない地域では蓄熱機能が制限されることになる。蓄熱水温とハウス内温度との差が小さい場合は、蓄熱した水から還流される熱が小さくなる(図D)。管理温度が低いほど水蓄熱の機能を活用できることになる。水蓄熱の設置場所・量、蓄熱槽の素材・形状など普及のための検討課題も残されています。

## 参 考 资 料





## 資料：施工実績一覧

No.	場所	作目	規模 (間口×長さ)	導入技術・目的	備考
1	滋賀県A市	野菜・花	6m×30m 2棟	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設
2	大阪府羽曳野市	野菜	6m×10m	耐風補強(ダブルアーチ)	新設
3	兵庫県但東町	シタケ他	6m×15m	耐雪補強(ダブルアーチ)	新設
4	徳島県徳島市	種苗(サツマイモ)	6m×20m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設
5	徳島県鳴門市	野菜(トマト)	16m×20m	耐風補強(ダブルアーチ)	2連棟(新設) ダブルアーチ部材の利用した新ハウス
6	香川県綾川町	野菜(ミニトマト) 花(輪ギク他)	6m×20m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設(試験ハウス)
7	香川県善通寺市	野菜(トマト)	6m×14m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設(試験ハウス)
8	香川県観音寺市	野菜	6m×44m	耐風補強(ダブルアーチ)	新設(予定)
9	香川県観音寺市	ナス	19.5m×15m	耐風補強(ダブルアーチ) 保温性強化(布団資材)	3連棟、(新設)
10	福岡県宇美町	野菜・花	6m×20m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設(試験ハウス)
11	長崎県諫早市	種苗	6m×30m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	新設
12	北海道札幌市	リーフレタス ハーブ類	8.4m×48m	保温性強化(布団資材) 耐雪補強(ダブルアーチ)	空気膜構造に布団資材を付加。φ31.8mmアーチパイプでダブルアーチ化
13	栃木県宇都宮市	野菜	6m×14m	保温性強化(布団資材) 耐風補強(ダブルアーチ)	φ31.8mmパイプでダブルアーチ化した片屋根型
14	福井県あわら市	花	6m×30m	耐風補強(ダブルアーチ)	既存ハウスハウスを内アーチ間隔1.5mで補強
15	香川県善通寺市	野菜(トマト)	6m×15m、 2棟	耐風補強(ダブルアーチ)	既存ハウス(内1棟は強風により変形)をダブルアーチ化
16	香川県三豊市	ランタンキュラス マーガレット	7.4m×35m	耐風補強(ダブルアーチ) 保温性強化(布団資材)	既存ハウスをダブルアーチ化、布団資材導入
17	香川県三豊市	アスパラガス (連棟)	6m×30m	耐風補強(ダブルアーチ)	強風被害に遭遇したハウスを改修
18	愛媛県丹原町	野菜(トマト)	6m×50m	耐風補強(ダブルアーチ)	既設ハウスをダブルアーチ化
19	愛媛県A市	ミカン(雨よけ)	6m×30m	耐風補強(ダブルアーチ)	φ25.4mmパイプでダブルアーチ化
20	愛媛県B市	トマト	8m×50m	耐風補強(ダブルアーチ)	φ31.8mmパイプでダブルアーチ化
21	高知県南国市	野菜	6m×30m	耐風補強(ダブルアーチ)	φ31.8mmパイプでダブルアーチ化した屋根型(スリークォーター)
22	長崎県島原市	イチゴ	5.4m×30m	耐風補強(ダブルアーチ)	リサイクルしたハウスを内アーチ間隔1.5mで補強



農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」

課題番号：22046

課題名：高保温性能で暖房燃料使用量を大幅に削減する  
次世代型パイプハウスの開発

実施年度：2010年度～2012年度

研究担当機関、担当者

中核機関：(独) 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター

川嶋浩樹、長崎裕司

農村工学研究所 森山英樹

共同機関：東海大学開発工学部 林真紀夫

高知大学教育研究部（農学部門） 宮内樹代史

香川県

農業試験場 古市崇雄、祖一範夫、松崎朝浩

西讃農業改良普及センター 糸川桂市、大矢啓三、  
藤村敬子、今出来光志、  
伊藤周二、久保有司

佐藤産業（株） 直木武之介

(株)GT スパイラル 後藤常郎、高野祐二、藤本哲也

**高保温性能で暖房燃料使用量を大幅に削減する  
次世代型パイプハウスの開発 成果集**

平成25年1月25日発行

発行責任者

川嶋浩樹

(実用技術22046コンソーシアム・研究総括者)

(独) 農業・食品産業総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター

無断複製・転載を禁じます。



☆実用技術22046コンソーシアム☆

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構

(近畿中国四国農業研究センター・農村工学研究所)

東海大学

高知大学

香川県

(農業試験場・西讃農業改良普及センター)

佐藤産業(株)

(株)GTスパイラル