

人力で組み立てる気象災害に強い低価格の高換気性ハウスの開発

Development of the High Strength and High Ventilation Ability Greenhouse Built with Human Power

石氷泰夫・下門 久・兼子健男

Yasuo ISHIGORI, Hisasi SIMOKADO and Takeo KANEKO

要 約

夏場の換気性が良好で、台風等の気象災害に強い低コストの園芸用ハウスの開発を行った。開発したハウスは基礎には鋼板をラセン状に捻ったスパイラル杭を用い、また骨材として軽量で強度の高い高張力鋼を利用することにより、建設機械を用いなくても施設の建設ができるとともに風速 45m/s 程度の強風に耐えられる構造となっている。また、ハウスのサイド面及び妻面を軒高 2.5m まで巻き上げることができ、さらに谷換気を 1.1m と広くすることにより、ハウス内温度を外気温 + 2℃以下に保っている。開発したハウスは、資材費として坪 1 万円程度を目標としている。

I 緒 言

熊本県の施設園芸は、設置面積が 5,500ha で日本の施設面積の約 1 割に達し、また本県農業の中ではその粗生産額が全農業粗生産額の 1 / 3 を占めていて、基幹的作物になっている。ところが、近年になって長引く不況や輸入野菜との競合で価格が低迷し、また大型台風の襲来を受け園芸用施設が多大の被害を被るなど経営の悪化が憂慮される状況にある。

このような状況の中で、台風等の気象災害に強く、周年利用に耐える低コストの園芸ハウスの開発を行った。このためにハウスの基礎は鋼製のスパイラル杭を用いて簡略化し、骨組みは高張力鋼の角パイプを利用して軽量化と強度の向上を図った。換気性については、軒高を 2.5m にしてサイド面と妻面を全面換気し、また谷換気部を 1.1m と幅広くとって換気面積を大きくした。さらに、屋根の勾配を小さくすることで熱気の溜まりを少なくし、高温期におけるハウス内温度を制御しやすく改善した。

II 台風による被害状況

平成 11 年の台風 18 号による県内の園芸施設の被害状況の調査を行った。熊本上陸時の中心気圧は 950hPa で、最大瞬間風速は熊本市で 49m/s、阿蘇 54m/s、人吉 66.2m/s、牛深では 66.2m/s に達した。台風による被害は県内全域に及んだが、倒壊したハウスの殆どは、写真 1 に示すサイド面からの風圧による倒壊と、写真 2 のような妻面からの倒壊に分類された。また、サイド面からの倒壊ではハウスの浮き上がりはあまり見られず、むしろ横方向から押しつぶされていた。一方妻面からの倒壊では、写真 2 に見られるように基礎の浮き上がりが認められた。

ハウスの資材については、φ 48.6 以下の鋼管パイプで製作したハウスは風速 40m/s 以上の強風では耐えられず、一方、角パイプで製作したハウスについては、倒壊したハウスもあったがそれらの多くはかなり古くなって接合部の強度が低下していたり、高軒高で風圧がかかっ

ていたりしており、強風に耐えたものが殆どであった。

また、被覆材については農ビでは 35m/s 以上の強風にはとても耐えられず、P O フィルムでも風速 45m/s が限界に近いと観察された。ハウスの倒壊を防ぐためには、ハウスのフレームの強度は被覆材の強度より高いことが求められる。



写真 1 サイド面からの倒壊



写真 2 妻面からの倒壊

III ハウスの構造と風圧

1 風速と風圧の関係

ハウス等に作用する風圧は次式で示される 1)。

$$P = q \times C$$

$$q = 0.157 \times V^2 \times H^{1/2} \quad (1)$$

ただし

- P : 風圧 (N/m²)
- q : 速度圧 (Pa)
- C : 風力係数
- V : 風速 (m/s)
- H : 構造体各部の地表面からの高さ (m)

これから風圧は、風速の2乗に比例して大きくなり、また建物の各部の高さの 1/2 乗に比例して大きくなるのがわかる。

(1)式から、ハウスの軒高が 2.5 m の時、風速の違いでどの程度の速度圧を受けるかを示したものが表 1 である。表 1 から、風速が 50m/s の時、速度圧は約 555Pa、風速が 60m/s の時は約 798Pa となることがわかる。

なお、風力係数Cは構造体の各部で大きく異なり、ハウスのサイド面や妻面では風が吹き付ける場合はサイド面や妻面を押しつける方向に 0.8、その反対側では引っ張る方向に 0.4 となる。したがって、軒高 2.5m のハウスの補強部材がサイド方向に 3m スパンで設置されるとすると、1つの補強部材が受け持つサイド面の面積は 2.5 × 3=7.5m² となる。風速 50m/s では速度圧は 555Pa であるから、風上方向と風下方向の風力係数を合わせて、1組の補強部材に加わる力は、

$$7.5 \times 555 \times 1.2=4995N(510kg) \quad (2)$$

となる。したがって、2スパンでは約 1kN の風圧が加わることになる。

一方、屋根部では屋根面が引っ張られる方向に作用し、山形のハウスでは最大 0.5、アーチ形では屋根の上部で最大 0.6 ~ 0.7 となる。風力係数から考えると、アーチ形ハウスより山形ハウスの方が屋根部にかかる風圧は小さく、同じ強風を受けた場合、屋根部の構造が同じであればの被害は山形ハウスの方が小さいと考えられる。

表 1 風速と速度圧の関係

風速 (m/s)	10	20	30	40	50	60
ハウス軒高 2.5 m のサイド面の速度圧 (Pa)	23	88	200	355	555	798

表 2 ハウス資材の断面係数

ハウス資材	φ 19t1.2	φ 25.4t1.2	φ 48.6t2.3	□ 75*45t2.3	H150*75*3.2*4.5
断面係数 (mm ³)	284	526	3696	10862	49291
比	1	1.8	13.1	38.2	173

t:パイプの厚み (mm)

風速 50m/s の場合、山形ハウスの屋根面を支える谷支柱に対して加わる引き抜き力は、ハウスの間口を 6m とし、補強材のスパンを 3m とし、屋根面の傾斜角を 20° とすると、

$$6 \times 3 \times 555 \times 0.5 \times \cos 20^\circ$$

$$=4690N(479kg) \quad (3)$$

となる。

2 ハウス資材の強度

風圧等によるハウスの倒壊は典型的な曲げ変形であり、鋼材等が曲がって倒壊している。

ハウス骨組みを構成する資材は主に丸パイプや角パイプ、H鋼などであるが、これらの曲げ強度は材質が同じであれば、材料の断面係数Zに比例する。表 2 にハウスの多く使用されている資材の断面係数を示した。この表から、角パイプ 75 × 45 × t2.3 は丸パイプ φ 19 × t1.2 の約 4 0 本分の曲げ強度を有しており、丸パイプ φ 48.6 × t2.3 と比較しても約 3 本分の強度を有している。H鋼 150 × 75 × 3.2 × 4.5 は実に φ 19 パイプの 173 本に相当する。

平成 11 年の台風 18 号は最大瞬間風速が 50m/s 以上の非常に強い台風であったが、このような台風の被害状況から、軒高が 1.8m のハウスでは、これらの資材の中で φ 19 × t1.2 や φ 25.4 × t1.2 のパイプで製作されたアーチハウスは倒壊を免れないことが明らかであった。また、熊本の平野部に多い φ 48.6 × t2.3 のパイプを骨材に用いたハウスでもかなり難しく、通常の材質であれば断面係数が 10000 (mm³) を越える角パイプ以上でなければ、風圧による曲げ変形に耐えることが困難であると観察された。

さらに、軒高が高くなると骨材が角パイプのハウスでも倒壊しているものがあり、強度の向上が必要であると考えられた。

3 ハウス構造と耐風性

ハウスの構造がどの程度の風速に耐えられるかをモデルのシミュレーション解析により検討を行った。モデルは間口 6m、軒高 1.8m、棟高 3m の通常の鋼材を使用したアーチハウスである (図 1)。モデルに対するシミュレーション解析は熊本テクノポリス財団の電気機械応用技術研究所が有限要素法の解析ソフト「コスモス」を用いて行った。解析の条件は 2 次元の弾性ビーム解析で地面との接点は剛接としている。なお、山形ハウスについても同様の解析を行ったが、間口や軒高、棟高が同じであれば強度的にはアーチハウスと同程度であった。表 3 にハウスモデルのシミュレーション解析結果を示す。実際のハウスでは地面との接点が剛接ではなく、土壌条件や水分条件などでかなり変化すると考えられるが、台風等によるハウスの倒壊がハウス構造のハウス部材の曲げ変形であることを考えると、極端に基礎が軟弱である場合を除いてハウスの倒壊に関して妥当な結果を示していると考えられる。

表 4 は表 3 のシミュレーション解析結果を用いて、先の速度圧と風力係数からハウスの材料が降伏する風圧を求め、資材が降伏する荷重に達したときの値から限界風速を求めたものである。台風の被害状況と比較しても良

好な一致が見られる。ただし、日本施設園芸協会のハウスに対する許容荷重に関しては、ハウスの肩部の変形が $L/60$ となっており、軒高 2m の場合の許容変位は 3cm 程度であり、この表に示す限界風速よりもかなり小さな風速となると考えられる。

この表から平成 11 年の台風 18 号程度の強風では角パイプ以上の強度を有していないと倒壊を免れることは難しいと考えられる。また、これは軒高 1.8m の場合であり、棟高が高くなると耐風速度は低下してくる。

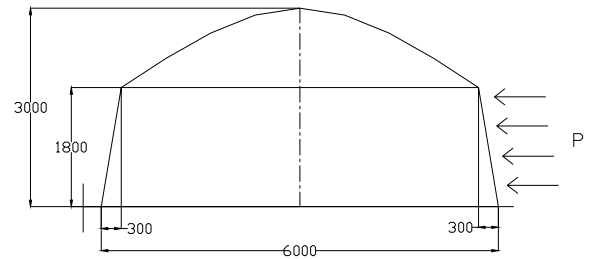


図 1 解析モデル

表 3 ハウス材料を変えた場合のシミュレーション結果(頂点の変位 5cm)

モデル名	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4
パイプ径と厚み	φ 19t1.2	φ 25.4t1.2	φ 48.6t2.3	□ 75*45t2.3
負荷荷重	1 2 6 N (12.9kgf)	3 1 6 N (32.3kgf)	4 0 7 8 N (416.2kgf)	1 6 9 5 4 N (1730kgf)
最大応力 (N/mm ²)	2 4 4	3 2 6	6 1 7	9 6 9
最大応力/荷重	1. 9 4	1. 0 3	0. 1 5 1	0. 0 5 7

表 4 各種パイプのサイド方向の耐風特性

ハウス資材		φ 19t1.2	φ 25.4t1.2	φ 48.6t2.3	□ 75*45t2.3
限界風速 m/s	50cm 毎設置	25	30	—	—
	2m 毎 "	—	—	40	65
	3m 毎 "	—	—	35	55

ハウス資材の強度解析によって、資材の強度はある程度把握できるが、ハウスの構造は土に支持されて建っており、土とハウスの基礎などを含めた総合的な強度は実験で測定することが確実である。

そこで、写真3に示すように風圧に見合う荷重をハウスのフレームに負荷して測定を行った。荷重はサイド面に加わる風圧が等分布荷重として、ハウスに作用する倒壊モーメントの重心に集中荷重が作用すると考え軒高の2/3の高さをワイヤーで牽引した。測定器械はロードセルと動ひずみ計を用いた。

表5にはハウスのフレームの牽引実験から得た限界荷重とシミュレーション結果からの塑性変形を開始する限界荷重を示している。φ 25.4 のパイプの場合は実験から得た限界荷重とシミュレーション結果からの限界荷重が良く一致しているが、これは中央部の変位が20cmの場合であり、ハウスのフレームを固定している土の影響でハウスの変位が大きくなっている。

また、高張力鋼の角パイプの場合は実験による限界加重よりシミュレーション結果の限界加重がかなり大きくなっているが、基礎のスパイラルの曲げ剛性がハウスの

実験では荷重が均等に付加されていなかったからではないかと考えられる。

なお、φ 31.8 の高張力鋼パイプで製作したアーチフレームは実験結果からφ 25.4 パイプに比較して3倍以上に強度が向上している。これを60cm間隔で設置したとすると3mのスパンでは、

$$686\text{ N} \times 5\text{ 本} = 3430\text{ N}$$

に耐えることになる。3mのスパンでは風圧を受けるサイド面の面積は3m×1.8m=5.4m²となるから風力係数を1.2とすると、1m²当たりの速度圧は

$$3430 / (5.4 \times 1.2) = 530\text{ N/m}^2$$

となり、式(1)からサイド方向については約50m/sの最大風速に耐えることになる。したがって、夏場の換気性等をあまり考慮する必要のない栽培体系に対しては、このようなパイプを利用しさらに妻面の強化とともに妻面上部を傾斜させることにより、耐風性の高い低コストのハウスを製作することができると考えられる。



写真3 ハウスの牽引実験状況



写真4 実験に用いた動ひずみ計とレコーダ

表5 ハウスフレームの強度試験

ハウス形状	使用材料	強度試験の限界荷重	シミュレーションからの限界荷重
アチフレーム間口 6.0m × 軒高 1.8m × 棟高 3.0m	φ 25.4t1.2パイプ 普通鋼	217N	233N
アチフレーム 間口 6.0m × 軒高 1.8m × 棟高 3.0m	φ 31.8t1.2パイプ 高張力鋼	686N	—
山形フレーム間口 6.0m × 軒高 2.0m × 棟高 3.0m	□ 75 × 45パイプ 高張力鋼	3920N	7831N

注) 強度試験はセンター内の畑地 (N値=4.2) で行った。φ 25.4 及びφ 31.8 のパイプは地中にパイプを30cm 差し込んで設置し、角パイプは幅 55mm 長さ 75cm のスパイラル杭を 70cm 埋設して設置した。

4 基礎の簡略化と強度

一般に耐強風性のハウスの基礎は100kg以上のコンクリートを用いているが、重量のあるコンクリートを使用すると設置する場合人手と建設機械が必要となり、一般の農家では建設が困難になるとともにハウスのコストも高くなる。

そこで、軽量で人手でハウスの基礎が設置でき、しかもハウスの基礎として十分な強度を有するものとしてスパイラル杭の検討を行った。このスパイラル杭は県内の企業で開発されたもので、厚さ9mm幅65mmの鋼板をラセン状に捻って製作したものであり、5kg程度と軽量であるにも関わらず設置直後から優れた引き抜き強度を有する(写真5)。なお、スパイラル基礎の鋼板の厚さや幅は各種製作されており、土壌の状態に応じて選択できる。また、ハウスを組み立てた後でも、スパイラル杭を回転することで容易に高さの調整を行うことができ、ハウスの建設に不慣れた農家の人でも修正が容易である。

表6にはスパイラル基礎とコンクリート基礎の垂直耐力(引き抜き強度)を示している。

台風等の強風に対して、100kg以上のコンクリート基礎を用いて基礎を強化しているが、その場合の根拠は間口6m、棟高3.5mの3連棟ハウスで屋根部における風力係数が0.5であり、谷樋の支柱が3m間隔で設置されている場合、風速50m/sの強風に対して(1)式から

$$0.157 \times 50^2 \times 3.5^{1/2} \times 3 \times 18 \times 0.5 \div 4 = 4960N$$

したがって、4960N(506kgf)の垂直耐力が作用することによる。

これに対して、スパイラル基礎は5kg程度とコンクリート基礎に対して非常に軽量であるにもかかわらず土との密着性が良好であるため、表6に示すように通常の土壌であれば幅65mm厚さ9mmのスパイラル杭で深さ70cmに設置すれば、設置直後でも最大6000N程度は確保できることが判る。

一方、水平耐力を表7に示す。水平耐力についてはコンクリート基礎に比較して低い数値となっている。

実際に必要な水平耐力は、間口6m軒高2.5mの3連棟ハウスで支柱が3m間隔で設置されたいる場合、風速50m/sの強風に対して各基礎に、

$$0.157 \times 50^2 \times 2.5^{1/2} \times 3 \times 2.5 \times 1.2 \div 4 = 1400N$$

の水平力が負荷されることになる。したがって、スパイラル杭を地上から5cm以下に設置すれば通常の畑地で



写真5 スパイラル基礎

表6 スパイラル杭とコンクリート基礎の垂直耐力(引き抜き強度)

基礎の種類	基礎の規格	土壌条件	最大垂直耐力
スパイラル杭	幅65mm厚さ9mm深さ70cm	センター畑圃場(N値4.2)	5660N(578kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ90cm	〃	6840N(698kgf)
	幅75mm厚さ9mm深さ75cm	〃	8450N(862kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ50cm	八代研究所畑圃場	5590N(570kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ70cm	〃	6830N(697kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ90cm	〃	7670N(783kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ70cm	八代研究所水田圃場	5420N(553kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ50cm	鹿本町畑地(砂利含む)	7750N(791kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ70cm	〃	8820N(900kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ90cm	〃	11380N(1161kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ70cm	植木町育苗センター畑地	5990N(611kgf)
	幅65mm厚さ9mm深さ90cm	〃	7250N(740kgf)
コンクリート基礎	□150mm長さ900m □300 118kg	宮崎県	4020N(410kgf)程度
	□170mm長さ900m □500 123kg	〃	7350N(750kgf)〃

注) コンクリート基礎については日本施設園芸協会の講演資料(2)から求めた。

表7 スパイラル杭とコンクリート基礎の水平耐力

基礎の種類	基礎の規格	土壌条件	最大水平耐力
スパイラル杭	幅 65mm 厚さ 9mm 深さ 70cm 地上 5cm 位置を牽引	センター畑圃場 (N 値 4.2)	1470N (150kgf)
	幅 65mm 厚さ 9mm 深さ 70cm 上部 20cm は φ 65 パイプ 地上 10cm 位置を牽引	〃	1910N (195kgf)
	幅 75mm 厚さ 9mm 深さ 75cm 地表下 15cm を φ 220 コンクリート施工 地上 15cm を牽引	〃	2120N (216kgf)
コンクリート基礎	□ 150mm 長さ 900m □ 300 118kg □ 170mm 長さ 900m □ 500 123kg 地上 20cm を牽引	宮崎県 〃	2660N (271kgf) 程度 2850N (291kgf) 〃

注) コンクリート基礎については日本施設園芸協会の講演資料(2)から求めた。

は耐えられることになる。

実際には基礎はハウスの骨組みと一体となっており、総合的に強風に耐える構造である必要がある。このため、III節においてスパイラル杭にハウスの骨組みを取り付けて牽引の実験を行った場合の成績を示したが、1本の基礎当たり 2000Nt 程度の水平耐力を得ており、基礎単独と比較してかなり高い値である。これは、ハウスの骨組みの剛性が大きく、スパイラル杭の水平変位を妨げたためと考えられる。

地盤については相当硬い土壌でも施工上特に問題はない。ただし、石の多い圃場などではスパイラル杭が石に当たって簡単に設置できない場合がある。また、水田等の柔らかい土壌ではスパイラル杭のサイズを大きくしたり、コンクリートで上部を固める方法も考えられる。

5 高張力鋼角パイプの骨組み

通常のハウス資材においては一般構造用鋼 STKR400 を用いているが、軽量化と強度の向上を図るために、ハウスの骨組みとして高張力鋼 STKR700 の検討を行った。高張力鋼を用いれば、表8に示すように角パイプ 75 × 45 では肉厚を 2.3mm から 1.8mm に薄くして約 2 割の軽量化を図っても、曲げ強度は約 1.6 倍に増加する。しかも価格的にはほぼ同等である。材料が軽量であるために、角パイプを用いても人手でのハウスの組み立てが容易である。

高張力鋼は弾性域が大きく変位が大きいかいけれども、降伏強さでは一般構造用鋼材の 3 倍程度の強度を有するため、表3のような特性が得られる。

表8 高張力鋼と通常の資材の比較

比較項目	高張力鋼 □ 75*45*t1.8	通常資材 □ 75*45*t2.3
材 質	STKR700	STKR400
単位重量 (kg/m)	3.22	4.06
重量比	79	100
引張り強さ (N/mm ²)	700 以上	400 以上
最大曲げ加重 (N/2m)	5290	3230
曲げ強度比	164	100

6 妻面の上部傾斜構造

熊本県では有明海沿岸の水田地帯に園芸施設が広く展開しており、軟弱な地盤であることが多く、写真2で示したような妻面方向からの倒壊がかなり見られた。

現在、そのような場所に強風に強いハウスを建設する場合 100kg を越える基礎を用いているが、まず妻面の風圧をなるべく少なくするハウス形状にしておくことが望ましい。そこで、図2に示すように妻面の上部を傾斜させることにより、妻面の風圧を大きく軽減することを検討した。図2の(2)の構造は、ハウスの倒壊モーメントを大きく軽減する(3~4割程度)ばかりでなく、ハウスの妻部の上部にトラス構造が組み込まれ、ハウスの妻面からの倒壊変形を抑制する効果が高いと考えられる。

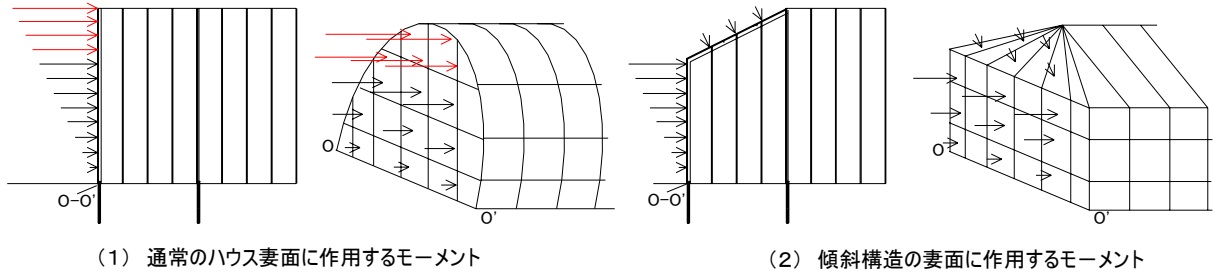


図2 妻面の倒壊に対する風圧の作用

IV 試作したハウスにおける盛夏型メロン栽培試験

基礎に幅 65mm 厚さ 9mm 長さ 750mm のスパイラル杭、ハウスの骨材として□ 75*45*t1.8 の高張力鋼角パイプを用い、夏場の換気性等も考慮して間口 6m、軒高 2.5m、棟高 3.5m の 2 連棟の山形ハウスを製作した (写真 6)。被覆材には PO フィルム (厚さ 0.15mm) を使用している。妻部は風圧を回避するために上部を傾斜構造としている。夏場の換気を十分に行うために、サイド面及び妻面の PO フィルムは、上部まで巻き上げできるようにしている。また、谷部の換気は換気幅を 110cm としている。台風等の強風時にはサイドや妻部分はスプリングで 2 段に固定し、谷換気部もスプリングで固定することができる。屋根根部のフィルムのバタツキを防ぐために 1m 毎にビネットで固定している。

表 9 は平成 13 年 7 月 1 日から 8 月 10 日にかけて 35 度以上の高温が続いた日の各種ハウスの地上 1.5m の最高温度を比較したものである。立地条件などの違いもあるが、製作したハウスは外気温と比較して平均して 1.5℃程度しか上昇しておらず、ガラス温室と比較しても優れた換気性を示している。ビニルハウスでは換気扇を設けているものの、肩換気の面積が小さく、またガラス温室でも天窗やサイド換気を行っているが、サイドの換気が窓方式であるためにサイド面積の 2/3 しか解放されないのに比較して、本ハウスはハウスの妻面及びサイド面全体を軒高 2.5m 一杯まで巻き上げ換気を行っており、

換気面積が大きいことが主に影響しているものと考えられる。

なお、夏場の晴天日の日射量は露地が 108,000lx であるとき、ガラスハウス 90,000lx、製作したハウス 85,000lx、ビニルハウス 74,000lx であった。



写真 6 製作した連棟ハウス

表 9 製作したハウス等の夏場の最高温度比較

測定期間 平成 13 年 7 月 1 日～8 月 10 日

	製作したハウス	ガラス温室	ビニルハウス	外気温
最高 (℃)	39.7	41.8	44.1	37.8
最低 (℃)	36.6	38.3	40.0	35.2
平均 (℃)	37.8	40.0	41.9	36.3

注) センター内に設置し、平成 13 年 7 月～8 月にかけてメロン栽培を行っている各ハウスの地上 1.5m の高さの日中の最高温度が 35℃以上の日の最高温度比較である。

表10 製作したハウス内の温度分布

2001年8月4日

時刻	ハウス内 地上 0.5m	ハウス内 地上 1.5m	ハウス内 地上 2.5m	ハウス内 地上 3.5m	ハウス内 地温	外気温
6 : 0 0	26.5	26.1	26.2	26.1	32.1	25.8
7 : 0 0	28.3	28.7	29.1	29.1	31.9	27.5
8 : 0 0	30.2	32.2	32.8	33.5	31.7	29.9
9 : 0 0	31.3	31.6	31.7	35.8	31.7	30.7
10 : 0 0	33.7	34.6	34.7	39.1	31.8	33.3
11 : 0 0	35.0	34.6	35.5	36.9	32.1	34.3
12 : 0 0	37.3	37.6	38.3	44.0	32.6	35.8
13 : 0 0	35.9	35.9	37.0	38.0	33.0	35.9
14 : 0 0	38.3	37.7	38.4	41.7	33.6	37.8
15 : 0 0	38.1	38.2	39.5	40.2	34.4	36.8
16 : 0 0	37.1	37.8	39.4	40.5	35.2	37.5
17 : 0 0	36.4	36.6	37.5	38.2	35.4	36.2
18 : 0 0	34.0	33.8	34.1	34.2	35.4	33.7
19 : 0 0	32.6	32.2	32.3	32.2	35.3	32.2
20 : 0 0	31.0	30.7	30.8	30.6	35.1	30.7

表10は製作したハウス内の高さ別の温度分布を示したものである。この日は外気温が最高37.8℃まで上昇し、この夏で温度が最も上昇した日であったが、ハウス内の地上0.5mでの最高温度は38.3℃、地上1.5mでの最高温度は38.2℃、地上2.5mの最高温度は39.5℃となり、サイド及び妻面を軒高一杯まで巻き上げているため、地上2.5m付近までは外気温にかなり近く推移している。地上3.4mの部分では最高温度が44.0℃まで上昇しており、熱気の溜まりが存在するが温度的には外気温+6℃程度に収まっている。

写真7には製作したハウス内でメロンの栽培状況を示し、表11にその耕種概要と結果を示している。夏場のメロンの栽培であり、梅雨の時期には雨が多く、夏場は35℃を越す日が22日もあったが、メロンは順調に生育し収穫まで草勢が衰えず、平均糖度も15%以上であった。



写真7 メロン栽培状況

表11 メロン栽培の耕種概要と結果

品 種	アールスメロンセイヌ夏Ⅲ
播 種	平成13年5月8日
定 植	5月28日
交 配	6月19-21日
収 穫	8月8-10日
平均果実重	1895g
平均糖度	
胎座	15.4
中央	16.0

V 製作したハウスのコスト評価

製作したハウスのコストについては今後の出荷状況等の問題があり不透明な部分が多い。製作したハウスと従来のハウスの違いは高張力鋼の角パイプの利用と基礎にスパイラル杭を利用したことであり、その他は部材の長さや加工形状がやや違うだけであるため、これらの推定も含めて表12にハウスの資材費を示す。

表12 開発したハウスの資材費(試算)

品名	規格	単価	数量	金額	備考
ハウスの大きさ	間口6m×3連棟×長さ57m 1026m ² (310坪)				
スパイラル杭	w65t9L750	5290	92	486,680	
谷柱中	□75×45×1.8×2500	6,185	36	222,660	
谷柱妻	□75×45×1.8×2500	6,492	4	25,968	
側柱中 3段	□75×45×1.8×2500	4,082	36	146,952	
側柱妻 3段	□75×45×1.8×2500	4,128	4	16,512	
合掌中 7列	□75×45×1.8×6.0	7,975	54	430,650	
合掌妻 7列	□75×45×1.8×6.0	8,185	6	49,110	
陸梁	L4×50×50	1,494	54	80,676	
谷樋ドブ	2.3×610×2990	6,114	38	232,332	
母屋パイプ	P38.1×1.6×6050SW	1,586	261	413,946	
母屋パイプ	P38.1×1.6×3050SW	934	29	27,086	
地割りパイプ	P19.1×1.2×3000,3300	299,254	457	121,253	
骨組み小計				2,253,825	
柱継ぎドブ	P38.1×1.6×3050	715	6	4,290	
プレス柱ドブ	8φ(3000+750,1000)	690,702	80	55,776	
天井ジョイント	19用	60	285	17,100	
クランプ	38×19	20	1710	34,200	
ワッシャー	5/16	4	1232	4,298	
フェルトパッキン	5/16	5	639	3,195	
ブチルテープ	50×15m	1,260	6	7,560	
ボルトナット	12×35他	11~24	2500	42,775	
棟母屋ブラケット	38.1用	108	55	5,775	
棟母屋Lネコ	アングルピース	42	70	2,940	
堅樋ドブ	610オトシ	1,771	4	7,084	
ビニールパイプ	VU-125×4000L	3,114	4	12,456	
エルボ	DL-125	661	4	2,644	
妻面資材		15,600	6	93,600	
出入り口戸	1400×1800×2	23,400	2	46,800	
オキペット	5m	420	150	63,000	
ソフトスプリング	2m	49	450	22,050	
外ジョイント	規格品	16	180	2,880	
テクスビス ステン	4×13	5	2000	10,000	
ボンペット		552	50	27,600	
ジョイント		114	285	32,495	
POフィルム	10m×134m, 6m×57m	220	1682	370,040	
防虫ネット				158,000	
サイド開閉資材				36,302	
妻換気資材				26,400	
谷換気資材				72,604	
合計				3,425,689	
消費税				171,284	
総計				3,596,973	11,603円/坪

表12から、坪単価は約1.2万円となる。従来の強風に強いハウスについては、坪単価が2万円以上であったことを考えると、かなり低価格になっている。しかし、表からもわかるように、骨組みの材料が資材費の約2/3を占めている。骨組みの材料においては、加工費が材料費よりかなり高くなっており、量産化や自動化による加工費の低減が期待される。また、骨組みの加工は鋼材の切断、穴あけ、溶接など基本的な加工であり、農家や農村の鉄工所などで加工を行うことにより、かなり骨組みの製作費を低減できる可能性がある。

VI おわりに

低コストで台風等の災害に強く、しかも夏場の換気性に優れたハウスを目指して開発を行った。その結果、高張力鋼の角パイプやスパイラル杭を利用して、人力でハウスの製作ができ、しかも風速45m/s程度の強風には耐

えられるハウスの開発を行うことができた。さらに、軒高を高くしてハウスの換気面積を大きくとることにより、夏場の高温時にも外気温と2℃以下のハウス内温度を実現することができた。

ハウスのコストについては、資材費として坪1万円を目標に開発を行ってきたが、量産化による骨材やスパイラル杭のコスト低下が可能になれば達成できると考えている。

VII 引用文献

- 1)平成9年板 園芸用施設安全構造基準 (暫定基準) p.35 日本施設園芸協会
- 2)2001年施設園芸中央セミナー テキスト 低コスト耐候性鉄骨ハウス施工マニュアルの概要(風対策) p.16 日本施設園芸協会

Summary

We have developed the high ventilation ability greenhouse that stands to weather disasters. The greenhouses are made of light ctangular pipes of high-tension steel and spiral stakes of steel, so that they can be built with human power, and bear the strong gale of 45 m/s.

Furthermore, the temperature in the greenhouse keeps below 2℃ comparing with the open-air one in hot days of summer, by means of making the height of eaves 2.5m and extending the area of ventilation maximally.

The materials costs of the greenhouse aim at 25 \$/m² and it will be achieved by mass production of spiral stakes and frames.