

骨組みの本数を減らした高集光ビニールハウスの開発

2年4組 佐々木 唯文 2年4組 山口 舞佳 2年4組 米川 結子
指導者 浦辻 規幸

1 背景・目的

愛媛県において令和2年の個人経営体の基幹的農業従事者数は「本県の65歳以上の者の占める割合は74.0%」^[1]であり、農業事業者の高齢化が問題となっている。そこで、本研究では、ビニールハウスそのものの性能を向上させるとともに、高齢者がより効率的に扱うことが出来るビニールハウスの開発を目指した。

2 農業従事者へのインタビュー

ビニールハウスの改良点を明確とすべく、50歳以上の農業従事者4名へインタビューを行った。ビニールハウスに関して困っていることについては、全員から「ビニールハウスの壊れやすさと組み立てるときの大変さ」ということを回答いただいた。いただいた回答を箇条書きでまとめると次のようになる。

(1) ビニールハウスの壊れやすさについて

- ・複数の台風などの暴風や猿などの動物が原因で、すぐにビニールハウスの骨組みの鉄パイプが歪む
- ・鉄パイプが歪むことによってビニールが破れる
- ・ビニールハウスの上に数匹乗っても猿が乗っても骨組みは壊れにくいですが、横からの強風によっては骨組みが歪み壊れることがある

(2) ビニールハウスの組み立てにくさについて

- ・ビニールハウスの建材である鉄パイプが重く、運搬が大変である
- ・鉄パイプで骨組みを組むので少人数で短時間では組み立てることが難しい

以上のことより、現場においては、より簡単な構造で組み立てやすく、横からの力にも強いビニールハウスが求められていることが分かった。

3 仮説

ビニールハウスは、骨組みとビニールによる構造となっている。強度は骨組みによるため、骨組みの構造にトラス構造を加えた構造に変えることで横からの力にも強いビニールハウスを作成することが出来ると考えた。また、ビニールハウスは植物の育成という観点から温度や照度が重要である。そこで骨組みに被せるビニールの部分に改良することでより効率的に食物を育てられると考えた。

4 ビニールハウスの模型の作成

本研究では、現存のビニールハウス^[2]を100分の1の縮尺でモデル化し実験を行った。設計図を図1に示す。

ビニールハウスをビニールと骨組みに分けて考える。骨組みは、強度比較ができればよいため、加工のしやすいφ2.0mmのアルミ針金を使用した。骨組み同士のジョイント部分は、グルーガンの樹脂によって再現を行った。

これにより強度については、基本構造の模型と本研究で開発した新設計の模型の比較を行う。また温度と照度については、基本構造の模型を基に骨組みを変更せず、ビニールの部分のみ改良し比較する。

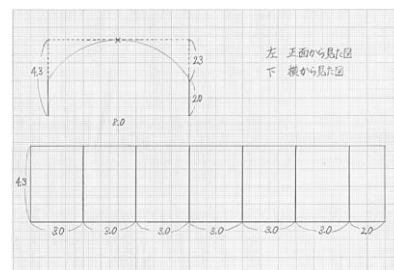


図1 基本構造の設計図
(単位は cm)

5 ビニールハウスの開発とその検証

(1) 強度面におけるビニールハウスの設計

開発に伴い、ビニールハウス内の空間の体積を減少させないことと、使用するアルミ針金の本数を増加させないことを条件とし、次のA～Cのビニールの開発を行った。

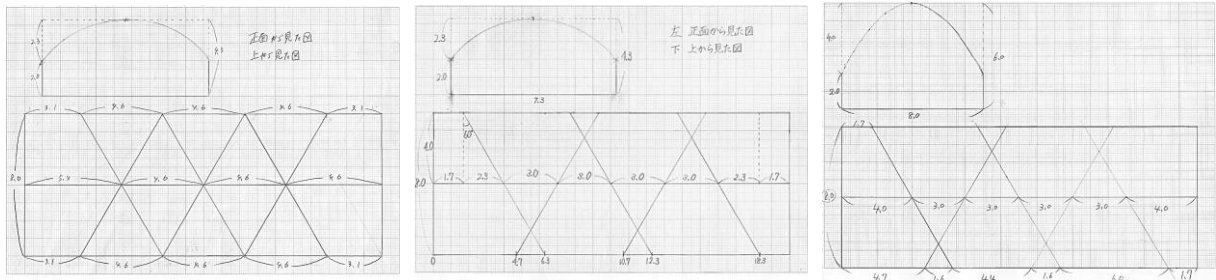


図2 改良したビニールハウスの構造の設計図（単位は cm）

（左； A 6本交差型、中央； B 5本交差型、右； C 5本放物線型）

A 6本交差型（以下、A型と略）

A型の設計図を図2左に示す。本数は基本構造と同じ6本で交差型構造を開発した。トラス構造を取り入れ、横向きに対し力が1箇所集中しないよう、分散する設計を行った。

B 5本交差型（以下、B型と略）

B型の設計図を図2中央に示す。トラス構造を取り入れ、横向きに対して力が一か所に集中しないよう、分散する設計を行った。またB型に比べ3本が1点で重なる点を無くし、アーチ部分の本数を少なくすることで組みやすさについても考慮した。

C 5本放物線型（以下、C型と略）

C型の設計図を図2右に示す。B型同様、トラス構造を取り入れ、横向きに対して力が一か所に集中しないよう、分散する設計を行った。また、トンネルの構造に近い形を利用し、ビニールハウスの天井部分が放物線を描くように改良した。これにより、ビニールハウスの強度を大きくし、雨水に対する強度を考慮した。

(2) 温度・照度面におけるビニールハウスの設計

植物の育成において、温度と太陽光は重要である。そこで基本構造の模型を基にビニールの部分の改良をすることで、より温度を高くでき、太陽光を採光することが出来るビニールハウスの開発を行った。本研究では、北側半分のビニールに対して、黒ビニールとアルミ箔を同時に使用するビニールハウスを開発した。黒ビニールは光を吸収するが、装着付近に関しては光が届かない。一方でアルミ箔は光をよく反射するが、外部から見たときに光を反射し失明の危険性がある。そこで相補的に黒ビニール外側に張りアルミ箔を内側に張ることで、全体に光を届けることができ、かつ危険な部分を保護することできるビニールハウスの開発を行った。本研究では、基本構造のビニールハウスの模型に対して、ビニールの代わりにラップを張った従来型とラップの上に黒ビニールとアルミホイルを張った相補型で対照実験を行う。

6 実験方法

(1) 温度の測定方法

従来型と相補型について、次の条件でビニールハウスの模型に日光を当て、赤液温度計で温度を測定した。このとき、参考のため外気温も測定した。

場所； 宇和島東高校普通教棟4階241教室ベランダ

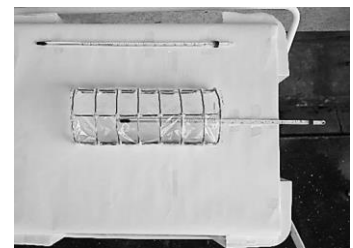


図3 従来型の温度の測定装置（図中下が南）

日時; 2023年1月10日火曜日 8:50より12:50

条件; 南から太陽光が当たるように調整し、白紙の上で測定(図3・図4)

(2) 照度の測定方法

従来型と相補型について、次の条件でビニールハウスの模型に電球で光を当て、照度を測定した。(図5)

場所; 宇和島東高等学校理科教棟2階122教室

測定機器; デジタル照度計 LX-1108 (Mother Tool)

光源装置; LED電球 LDA7N-G-K/60WST (東芝ライテック株式会社)

条件; ビニールハウスの中心に照度計を設置

ビニールハウスの中心から電球までの長さ 10cm

光源の照度計に対する仰角 45°, 30°, 15°

暗幕で部屋を暗室状態にして測定



図4 相補型の温度の測定装置

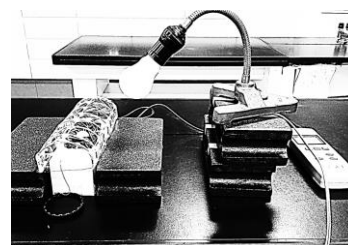


図5 照度の測定装置

(3) 強度の測定方法

強度の比較は、おもりを吊るした場合におけるビニールハウスの歪みによる検討を行った(図6)。ビニールハウスに対し上からの力と横からの力に対して、針金が0.50cm歪んだ場合のおもりの重さを測定した。0.50cmは縮尺前で考えると50cmに相当する歪みである。おもりはシームレスな値で測定を行うため、水を使用した。また、針金の歪みを正確に測定するため、レーザーポインタを使用し測定を行った。



図6 力の測定装置

7 実験結果・考察

(1) 温度面

表1 改良型ビニールハウスに日光を当てた場合の温度変化の違い(単位は℃)

	従来型	相補型	従来A型	相補A型	従来B型	相補B型	従来C型	相補C型
8時50分	8.0	9.0	8.0	9.0	8.0	7.0	7.5	8.0
9時50分	11.0	12.2	11.0	11.5	11.0	10.0	11.3	11.3
10時50分	13.0	14.0	12.0	12.5	15.0	11.0	12.0	12.0
11時50分	36.0	42.0	36.5	43.0	39.0	39.0	35.0	40.5
12時50分	31.0	36.0	31.5	35.3	31.5	33.0	30.0	34.0

結果を表1に示す。12時50分時点での温度が低くなっているのは、太陽が雲によって一時的に隠れ、太陽光が遮断されたことが原因と考える。4時間後において、いずれも相補型の温度は従来型の温度に比べて高い結果が得られた。よって太陽光のエネルギーをより効果的に熱へと変換できるビニールハウスを開発することが出来た。なお、時間が経つたびに温度差が広がっているがこれは熱の蓄積によるものと考えられる。

(2) 照度面

表2 ビニールハウスの照度

仰角	従来B型(lx)	相補B型(lx)	従来C型(lx)	相補C型(lx)
45°	3143	3872	3389	4390
30°	2455	2649	2172	3392
15°	1457	1826	1463	2228

結果を表2に示す。ビニールの部分の曲面において、基本構造とA型とB型は同じであ

るためB型と、それと異なる形であるC型の比較を行った。いずれも相補型の方が光を多く集めており、相補型は照度において負の影響がないことが分かる。特に仰角 15 度においては、相補B型が従来B型の約 25%、相補C型が従来C型の約 52%、性能を上げている。これにより太陽が低い時間帯や季節においても、植物に十分な光を注ぐことが出来る構造となっていることが分かる。よって特に太陽の高度が低い冬や朝方においても、太陽の光を効率よく集めることが出来るビニールハウスを開発することが出来た。

(3) 強度面

表3 ビニールハウスの強度

力の向き	従来型(kg)	A型(kg)	B型(kg)	C型(kg)
横からの力	0.633	0.760	1.059	0.795
上からの力	1.552	1.440	1.009	1.395

結果を表3に示す。この値は大きいほど強度が大きいことを示している。従来型の横からの力に対する強度が 0.633(kg)であることが示す通り、基本構造における横から力の弱さが壊れやすさの原因であった。本研究で開発したいずれの構造においても、その 0.633(kg)を上回る結果が得られた。これはトラス構造を取り入れたためだと考えられる。横からの力に対する強度という点で考えるとB型が最も適している。しかし雨水等への対策も必要である。そこで風による影響が大きい農地ではB型が、雨による影響が大きい農地ではC型が適していると考えられる。

8 結論

ビニールハウスにおいて、骨組みの本数を増やすことなく、従来の骨組みの問題点であった横からの力に対応できる構造を開発することが出来た。本研究で開発した構造はいずれも従来型に比べて、横からの力に耐えることができていたため、強度面においてトラス構造は影響を与えていると分かる。また、骨組みに被せるビニールについても、温度と照度の観点で効率の良い相補型を開発することが出来た。C型において、傾斜を急にすることで雨のたまりやすさを軽減する構造を開発することができた。

9 展望

組み立てやすさについて、本数は減少したとしてもトラス構造を実際のパイプで組み立てるとなったときに負担となる可能性がある。よって今後は実際に組み立てることも視野に入れつつ、コスト面も踏まえてより実際に商品化に近付けるビニールハウスを作成したい。また骨組みにおける交差型やビニールにおける相補型以外の構造も考え、より便利なビニールハウスを作成していきたい。

謝辞

アンケートにご協力いただきました農業従事者の方、ありがとうございました。

参考文献

- [1] 「愛媛農業の動向 令和3年度版」, 愛媛県農林水産部
<https://www.pref.ehime.jp/h35100/documents/doukouhen1.pdf>
- [2] 「間口8メートルの42.7φ単管パイプハウスの図面」, 農業用ビニールハウスのモリシタ
<https://www.morishitahouse.jp/info/greenhouse/間口8メートルの42-7φ単管パイプハウスの図面/>