

Demonstrative Studies of Improved Greenhouse for Post-Disaster Restoration in Coastal Iwate Area – 1. Climate Assessment for Environmental Applicability of New Pipe-Framed Greenhouse for Saving Energy and Greenhouse Using Scaffold Materials –

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉越, 恆, 長崎, 裕司, 松田, 周, 川嶋, 浩樹, 杉浦, 誠 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001794">https://doi.org/10.24514/00001794</a>

# 岩手県沿岸地域の震災復興に資する園芸施設の現地評価

## —第1報 高保温・高強度パイプハウスと

## 建設足場資材利用園芸ハウスの現地立地性の評価—

吉越 恆・長崎裕司<sup>1</sup>・松田 周・川嶋浩樹・杉浦 誠

Key words : 震災復興, 中山間地域, 寒冷地, 園芸用ハウス, 耐雪性, 強風対策

### 目 次

I 緒 言	65	2 温度環境と暖房コストの試算	69
II 材料および方法	66	3 積雪と耐雪性評価	71
1 実証試験地の概要	66	4 風況と風対策	72
2 実証試験地における気象環境の把握	66	1) 建設中の強風害対策	72
3 高保温・高強度パイプハウスと建設足場 資材利用園芸ハウス	67	2) 寒冷期の風対策	73
III 結果および考察	69	IV 摘 要	74
1 日射環境	69	引用文献	75
		Summary	76

### I 緒 言

(独) 農研機構近畿中国四国農業研究センター(以下、近中四農研)では、西日本の中山間地域における中小の施設園芸の課題に対応する低投入型施設として、冬季の暖房燃料使用量半減を可能とする布団状の高断熱資材と、同資材を組み込んだ高保温・高強度パイプハウスを開発し、さらに狭あいでも不整形な傾斜畑や棚田においても自由な形状で展開可能な建設足場資材利用園芸ハウスの施工技術開発を行ってきた。暖房燃料価格が不安定な昨今、このような中小規模の園芸施設の省エネ化技術は、全国に共通する課題であり、中国四国地域の中山間地域(準高冷地)での実証実績から、冬季の気候が同等の東北地域南部までの展開が期待された。加えて、中山間地域の狭あいな地勢に対応する低コスト園芸施設は、東日本大震災からの農業復興の一助となり

うる技術である。

本実証研究が行われている岩手県沿岸地域は、リアス式海岸特有の山が海に迫る地形が多く、傾斜地や狭あいな立地で農業が営まれてきた。しかし、2011年3月11日の地震と直後の津波による農林水産業の被害は甚大で、岩手県内でも被害額は442,621百万円にのぼった<sup>1)</sup>。これら被災地域の農業復興を加速し、新たな食料生産地域として再生するための研究事業「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」が、2013年度から岩手県域でも開始されている。近中四農研においても、これまでの成果を震災復興に役立てるため、岩手県農業研究センターを代表機関とする「中山間地域における施設園芸技術の実証研究」に参画することとなった。

当該研究の目的は、中山間地域を含む東北沿岸地域の立地・気象特性に適用可能な施設園芸技術の実証・普及であり、具体的には、狭あい・不整形な立地や傾斜地に適応する耐候性ハウスの寒冷地におけ

(平成26年7月22日受付, 平成27年3月13日受理)  
農研機構近畿中国四国農業研究センター  
傾斜地園芸研究領域

<sup>1</sup> 現 農研機構近畿中国四国農業研究センター  
企画管理部

る実証研究および蓄熱・高断熱資材の実用化による暖房コストの低減課題の現地実証である。本研究は、その第1報として、初年度(2013年度)に施工実証を行う試験研究用ハウスの耐候性について、寒冷地の気象環境条件の解析とこれに適応するための仕様検討結果について報じ、今後、効率的な保温技術を確立するための課題について考察する。

## II 材料および方法

### 1 実証試験地の概要

陸前高田市は岩手県沿岸地域の中でも比較的まとまった平野部を擁し、夏季は冷涼で冬季の積雪も少ないことから、同市内には岩手県農業研究センター南部園芸研究室が置かれ、気候資源を活かした園芸産地育成が行われてきた。陸前高田市米崎町浜田川地区の位置を第1図に示す。

実証試験地は、北緯39度0.9分、東経141度39.4分、標高8.4mに位置し、海岸からの距離は約1.3kmである。周囲を比高約30mの丘陵地に挟まれ、北東から南西に流れる小河川(浜田川)沿いの細長い平地(約36ha)となっている。当地区は、現在、岩手県沿岸地域における農業復興拠点地区の一つとして整備が進められており、2014年1月には津波で全壊した岩手県農業研究センター南部園芸研究室が再建された。隣接地では民間の植物工場の運営や、2014年6月現在、総合営農拠点施設、穀物乾燥貯蔵調製施設、果樹などの集出荷施設が建設中で、今後、



第1図 陸前高田市米崎町浜田川地区の位置(国土地理院地図より加筆)



写真1 実証試験地における試験研究用ハウスの外観  
注) 左側が高保温・高強度パイプハウス, 右側が建設足場資材利用園芸ハウス

隔離養液栽培によるミニトマトや、高設養液栽培によるイチゴなどの大規模園芸施設(約1.5ha)整備も計画されている。

当地区には、近中四農研の「高保温・高強度パイプハウス」, 「低コスト建設足場資材利用園芸ハウス」のほか、当該事業で共同研究機関である木楽創研株式会社による「木質製園芸用ハウス(以下、木骨ハウス)」が2棟設置されている。試験研究用ハウスの外観を写真1に示す。

### 2 実証試験地における気象環境の把握

園芸施設の立地計画には、季節毎の気温や降雪量などの設計の基準となる気象環境の把握が必要である。陸前高田市には、震災後の2011年6月から地域気象観測システム(AMeDAS)が設置されたが、観測期間が短いため、ここでは約6km北東の大船渡特別地域気象観測所(北緯39度3.8分、東経141度42.8分、標高37m、以下、大船渡)のデータを用いて解析を行った。大船渡では旧大船渡測候所(1963~2006年)において50年以上観測が行われ、日照時間や気温、積雪深などの平年値と極値が得られる。実証試験地に距離も近く、現地同様、海岸に近いので、日照や降雪などの比較的広域スケールの現象について、本データから実証施設の設計評価が可能と判断した。

一方、ハウスの保温性検証に必要な日最低気温や、突風害の評価では、局地性の高い気象要素も必要となるため、2013年10月にハウスに隣接して気象観測機器を設置した。本観測システムの外観と測定機器を写真2および第1表に示す。観測項目は、気象庁の観測所にほぼ準拠し、10分毎の平均風速・風向、

最大瞬間風速（同起時，同風向），気温，相対湿度，降水量，全天日射量，光合成有効放射束（PPF），下向長波放射量，また，日極値として，日最高気温（同起時），日最低気温（同起時），日最低相対湿度（同起時）を記録している。

この遠隔地で運用する観測システムでは，欠測の原因となりやすい電源とセンサからの雷サージ保護を行い，バッテリーで1週間程度の停電にも耐える仕様とした．データロガーは携帯電話回線網（3G/LTE）による無線ルータ経由でインターネットに常時接続され，近中四農研の端末から10分毎にデータ回収を行っている．また，同時にインターネット上のデータベースサーバにデータを転送しWeb

表示が可能である．これにWebカメラも併設することで，ハウスの側窓や内張り開閉状況の監視や，計測器の異常発見を遠隔で行うことができる．

### 3 高保温・高強度パイプハウスと建設足場資材利用園芸ハウス

本実証研究事業では，2013年秋に近中四農研の担当として「高保温・高強度パイプハウス」（面積1.0a），「低コスト建設足場資材利用園芸ハウス（以下，建設資材利用ハウス）」（同3.2a）を試験研究用ハウスとしてそれぞれ1棟設置した．高保温・高強度パイプハウスと建設資材利用ハウスは，前出の木骨ハウス（間口7.3m，奥行き45.5m）2棟と平行に約20aの敷地区画の長辺方向に設置され，すべて東西棟（区画の長辺方向は東北東-西南西）である．

本実証試験地に建設した高保温・高強度パイプハウスの概観を第2図に示す．高保温・高強度パイプハウスは，間口5.4m，奥行18m，棟高3.9m（肩高2.4m），アーチピッチ1.5m，棟ジョイント角30°のダブルアーチ構造（パイプ径25.4mm）とし，寒冷地での保温性実証を目的として，近中四農研で進めている高保温性能の布団資材を内張材に用い，ハウス北側壁には水蓄熱体を備えている<sup>2)</sup>．また，強風時に作用する引き抜き力に抵抗するため，スパイラル基礎杭（全長700mm，スパイラル部：厚さ6mm，幅65mm，作用長さ300mm，接続用パイプ：長さ400mm，外径48.6mm鋼管）を3.6m間隔，埋設深さ50cm以上で打設し，それらの頭部を建設足場資材（一般構造用炭素鋼鋼管）で剛結した基礎フレーム構造に

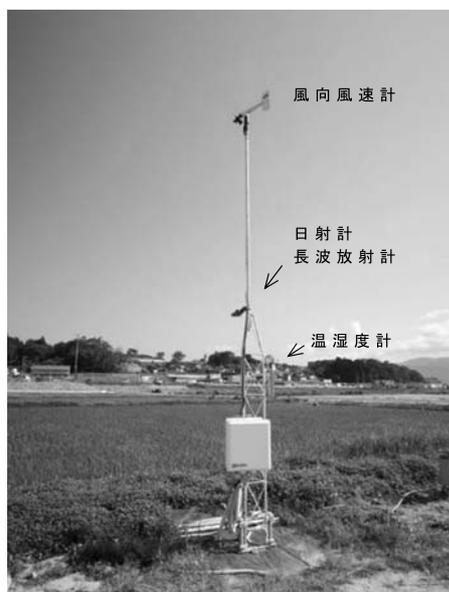
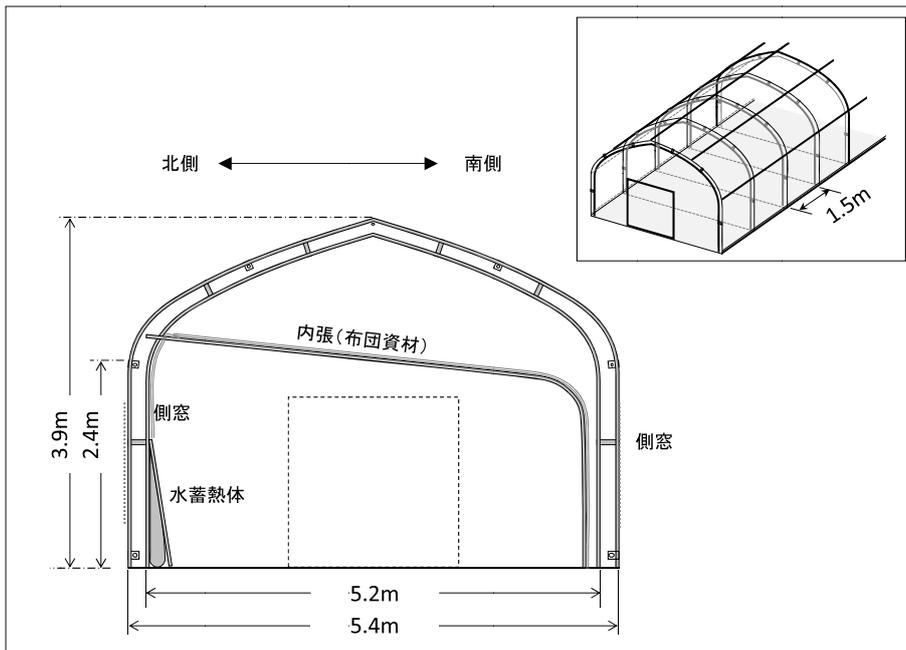


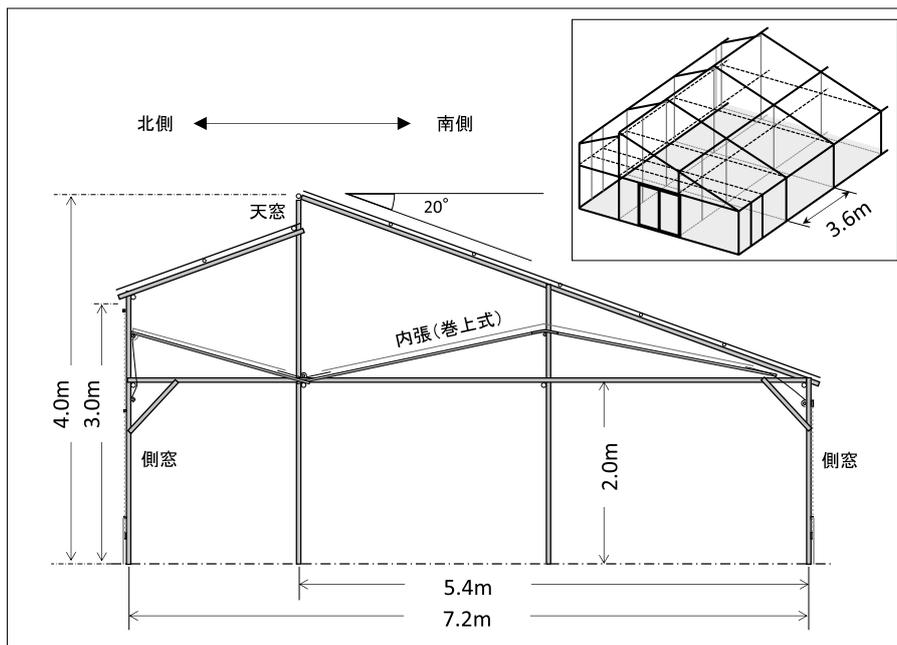
写真2 気象モニタリングシステムの外観

第1表 気象モニタリングシステムの構成機器

機 器	型 式	測定高度	備考
温湿度計	温度（厚膜抵抗センサPt100） 湿度（高分子薄膜フィルムセンサ） HMP-155, Vaisala	1.5m	強制通風型
風向風速計	Model05103, R. M. Young	5.0m	起動風速 1.0m/s
雨量計	RT-102, 小笠原計器製作所	1.0m	0.5mm 転倒ます
日射量	LP02, Hukseflux	2.5m	
下向長波放射量	IR-02, Hukseflux	2.5m	
光合成有効放射束密度 (PPF)	MIJ-14PAR Type2/K2, 日本環境計測	2.5m	
データロガー	CR1000, Campbell SCI.		
通信ユニット	NL115, Campbell SCI. H100, 研電子 (3G/FOMA)		



第2図 高保温・高強度パイプハウスの概観



第3図 建設資材利用ハウスの概観

ダブルアーチの地際を接合する構造を採用している。

一方、建設資材利用ハウスは、建設足場に使用される一般構造用炭素鋼鋼管（外径48.6mm）を構造材に使用し、農家が自家施工できる低コストな施設で、狭あいな不整形地でも形状を変えることで立地可能なため自由度が高いのが特長である<sup>8)</sup>。本実証試験

地に建設した建設資材利用ハウスの概観を第3図に示す。この建設資材利用ハウスは、寒冷地における耐雪性や保温性の実証と、建設方法のマニュアル化を目的に建設され、資材費は約4,000円/㎡と一般のパイプハウスの8割程度である。実証試験地は平坦地であるため、間口7.2m、奥行45m、棟高4.0mの天窗付きスリークオーター棟（棟部で北側屋根を約

50cm下げ段差部を天窓とした)としたが、これは従来開発された建設資材利用ハウスの中でも単棟としては最大規模である。設計強度は、耐風速35m/sを確保しながら、コストに配慮して基礎付支柱の設置間隔を従来の3mから3.6mに広げている。一方で、積雪に対する強度を確保するため、屋根の垂木パイプ間隔は3mを1.8mに狭めるとともに、側面には補助支柱(基礎無し)を1.8m間隔で追加している。屋根勾配は、本実証試験地で予想される積雪に対する落雪性を考慮し、従来モデルよりも大きく20°とした。さらに、建設時に柱などの長ささまざまな構造材を6m規格の建設資材から切り出す際にも、割付けを簡素化し端材がほとんど出ないように、施工性と経済性に配慮した設計となっている。

### Ⅲ 結果および考察

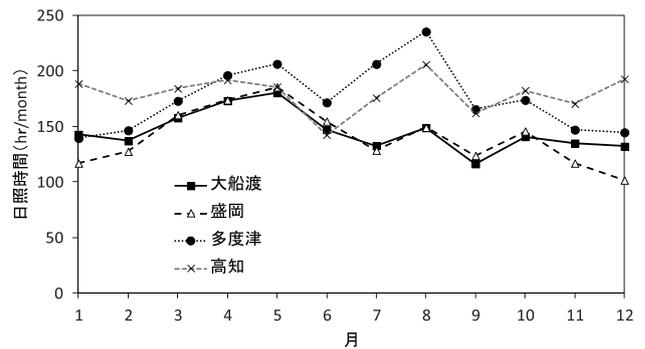
#### 1 日射環境

大船渡における日照時間および日照率40%以上の月間日数の年間変化を第4図および第5図に示す。併せて岩手県内陸の盛岡市(盛岡地方気象台)、香川県の多度津町(多度津特別地域気象観測所、北緯34度16.5分、東経133度45.1分、標高4m)および全国有数の施設園芸産地である高知市(高知地方気象台)のデータを併記した。

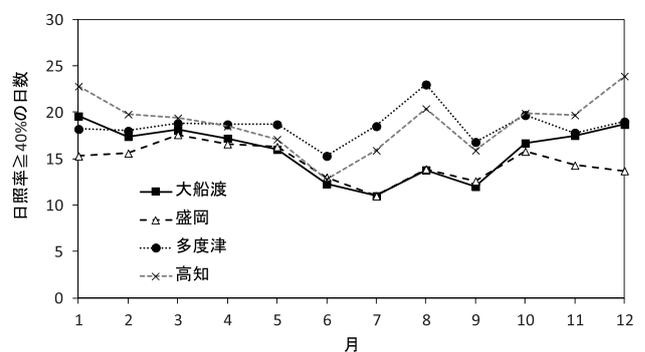
東北地域では、梅雨季から夏季に「やませ」と呼ばれる低温の北東風がみられる。平年でも15~30日程度は発現し、オホーツク海高気圧が優勢な年に顕著で、太平洋側に低温・寡照をもたらす<sup>3)</sup>。やませの影響が強い地域は、岩手県沿岸北部や仙台平野北部といわれ<sup>5)</sup>、7~8月の日照時間の平年値では、沿岸部の大船渡と内陸部の盛岡で差はみられない。ただし、極端な寡照年も時折みられ、2006年8月の月間日照時間は、盛岡が64.1時間に対し、大船渡は55.1時間と、沿岸部の寡照程度が大きい。

12~1月では、盛岡で日照時間が100~120時間/月程度で推移する一方、大船渡では140時間/月近く、内陸部に比較して30~40時間/月も多照である。すなわち、施設園芸産地である高知には及ばないものの、瀬戸内海沿岸の多度津と大差ない程度の日照があることがわかる。

このような日射環境を踏まえると、岩手県沿岸地



第4図 大船渡、盛岡、多度津、高知における日照時間の年間変化



第5図 大船渡、盛岡、多度津、高知における日照率40%以上の月間日数の年間変化

域に適した園芸施設の要件として以下のことがいえる。まず、夏季にはしばしば極端な寡照が起るため、寒冷地の積雪対策として用いる支柱や補強施工は、ハウスの採光性の観点で最小限に抑える必要がある。また、この時期は、雲による散乱光が多いため、被覆材には梨地フィルムより全透過率の高い透明フィルムが望ましい。一方、冬季においても採光性が良好であれば、日射による昇温を期待しやすいと考えられる。実証試験地の冬季日射環境は比較的良好であるため、高保温・高強度パイプハウスと同様に、建設資材利用ハウスにおいても、温室内の入射エネルギーを蓄熱や保温に分配することも効果的と考えられる。

#### 2 温度環境と暖房コストの試算

大船渡における年平均気温は11.3℃で、中国地域山間部の庄原(12.4℃、標高300m)、新見(12.1℃、標高393m)より低温で、油木(11.2℃、北緯34度45.8分、東経133度16.7分、標高510m)にほぼ等

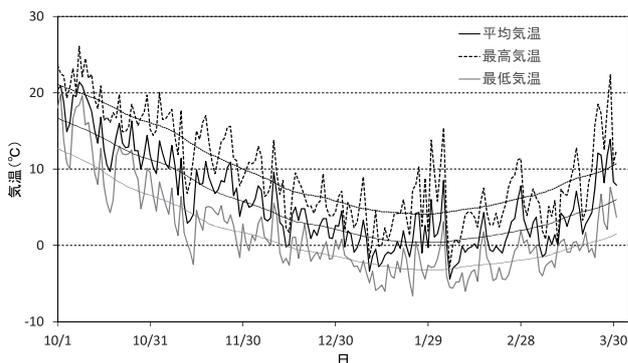
しい。岩手県沿岸地域のトマトの作型は、このような夏季の比較的冷涼な気候資源を活かした夏秋作が主である。しかし、2013年夏の真夏日（最高気温30℃以上）は年間11日（平年値10.6日）、猛暑日（同35℃以上）は0日（平年値0.3日）を観測しており、このような平年並みの年でも30℃以上の日が10日以上発現する。したがって、冬季の保温性のために開口部を少なく設計すると、夏季に高温障害が発生するおそれがあり、強制換気設備までは必要ないが、側窓や天窓による換気が十分に確保できるような設計にする必要がある。

一方、実証試験地では冬季の日射条件も比較的良好であり、夏秋作トマトの晩秋季延長や、冬季の促成イチゴとの複合栽培など、暖房が必要な期間に運用するニーズも増えているが、ほかの寒冷地同様、内張りを2層とし、燃油加温機による暖房が一般的である。そこで、本事業では、高保温（布団）資材を導入した高保温・高強度パイプハウスの比較実証研究も進められているが、これらについてはデータの蓄積を待って第2報で詳説することとし、本報では、実証試験地の気象から試算される暖房コストについて触れる。

大船渡における2013年10月～2014年3月の気温変化および平年値の経時変化を第6図に示す。11月上旬に最低気温が5℃未満となり、12月中旬から3月中旬まで0℃を下回る。冬日（最低気温0℃未満）の平年値は年間93.1日で、真冬日（最高気温0℃未満）は平年値26.5日に及ぶ。このような寒冷地の暖

房コストを把握するため、三原<sup>11)</sup>に基づき、2014年の暖房デGREEアワーを試算した。設定温度を10℃、8℃、5℃で定温とした場合の暖房デGREEアワーはそれぞれ、10℃設定で88.55×10<sup>6</sup>℃・s、8℃設定では60.54×10<sup>6</sup>℃・s、5℃設定では34.65×10<sup>6</sup>℃・sとなった。次に、この暖房デGREEアワーおよび現地の建設資材利用ハウスの規模を条件として、高市<sup>6)</sup>の燃料費試算ツールを用いて暖房燃料計費を試算した。これらの暖房デGREEアワーおよび燃料計費の試算結果を第2表に示す。

建設資材利用ハウスの場合、内張一層（実証試験地に施工したプロトタイプ）、寒地条件で、それぞれ10℃、8℃、5℃設定で、329.2万円/10a、223.6万円/10a、126.0万円/10aとなった。試算では、A重油価格を100円/Lとしたが、例えばトマト栽培（10℃管理を想定）の暖房経費としては、経営的に厳しい数値である。燃料価格は、2014年5月



第6図 大船渡における2013年10月～2014年3月の気温変化および平年値

第2表 陸前高田実証試験地の気温気象モニタリングに基づいた暖房デGREEアワーと内張（一重）のみの建設資材利用ハウスの燃料経費試算

設定温度	10℃	8℃	5℃
暖房デGREEアワー (×10 <sup>6</sup> ℃・s)	88.55	60.54	34.65
燃料単価 (円/L)	100	100	100
内張1層※1			
燃料消費量 (kL/10a)	32.9	22.4	12.6
燃料経費 (万円/10a)	329.2	223.6	126.0
内張2層※2			
燃料消費量 (kL/10a)	25.8	17.5	9.8
燃料経費 (万円/10a)	257.9	174.9	98.1

注) 暖房デGREEアワーは現地実測値から計算。ただし、条件は、被覆資材：PO系、地中伝熱：寒地+10℃、風速補正：強風地・内張ありとした。

※1：内張1層（ポリ）、隙間換気：内張一層条件

※2：内張2層（ポリ+ポリ）、隙間換気：内張二層条件

時点で税込100円/Lを超え、その後低下傾向にあるものの、不安定な暖房経費による経営の不安定化を避けるためにも、寒冷地における施設保温性の向上と省エネルギー暖房技術の重要性がわかる。中国四国地域では近中四農研で進めている高保温性能の布団資材を用いることで、暖房費が半減された実績報告があるが、岩手県沿岸地域のような寒冷地では、年間の暖房期間が長期にわたるため、その効果が一層期待できると考えられる。

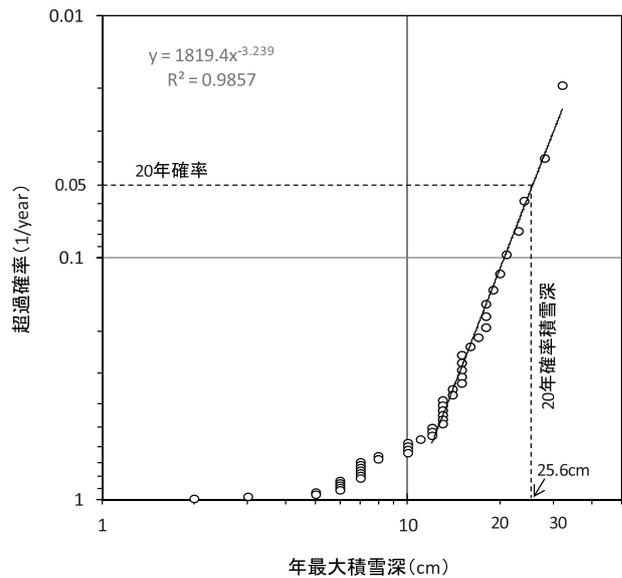
### 3 積雪と耐雪性評価

写真1は2014年1月23日の積雪時のものであるが、積雪は午前中で落雪し、屋根勾配を $20^\circ$ にした効果がみられた。2014寒候年の最深積雪（大船渡）は18cm（2014/2/9：観測史上9位タイ）、降雪深合計値は78cm（観測史上4位）で、比較的多雪年であったが、実際に建設した建設資材利用ハウスの耐雪性を確認するため、想定される積雪と強度の評価を試みた。

園芸施設の積雪荷重は、耐用年数と安全度から、一定の再現期間に生起する最大積雪深に基づいて算定される<sup>7)</sup>。日本施設園芸協会の暫定基準においては、15～20年の耐用年数をもつ施設で、少なくとも20年以上の記録から再現期間と積雪量の関係を求め、設計用の積雪荷重を算出することとしている<sup>9)</sup>。そこで、実証試験地における設計基準積雪深とその積雪荷重を試算した。

第7図は、大船渡（観測年数は52年間）の年最大積雪深とその超過確率の関係である（ここでは対数正規確率分布を仮定した）。施工した建設資材利用ハウスについて、標準耐用年数を20年とすると、再現期間20年（ $T=20$ ）の超過確率（ $1/T$ ）は0.05であり、これに対応する20年確率積雪深は25.6cmであった。また、同様に計算すると、大船渡の過去の最深積雪32cmは41.2年に1度の降雪で、2014寒候年（2013年8月～2014年7月）は約6.4年確率に相当することがわかる。

設計基準（20年確率）積雪深25.6cmに基づき、積載荷重を求めたところ、 $338.8 \text{ N/m}^2$ （ $34.6 \text{ kgf/m}^2$ ）となった。ここで、荷重計算は、雪の単位体積重量（ $1.0 \text{ kgf/cm}^3$ ）×落雪による荷重低減数値（0.9；勾配 $20^\circ$ ）×吹きだまり効果（1.5；風下側）とし、

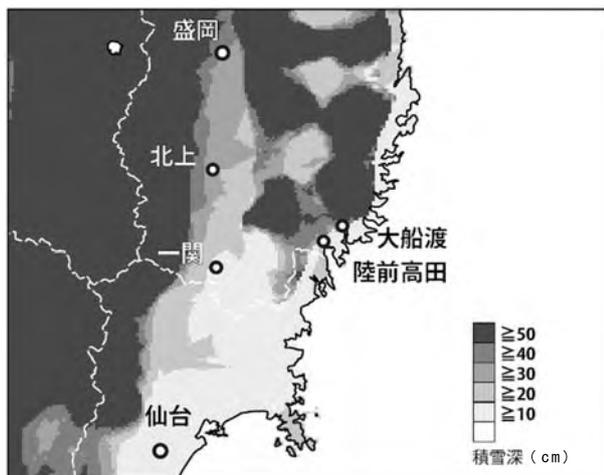


第7図 大船渡における年最大積雪深とその超過確率の関係

安全率50%とした。

建設資材利用ハウスが過去に積雪被害を受けたケースとして、屋根勾配 $10^\circ$ の平張ハウスにおいて、積雪深120cm（ $1,765 \text{ N/m}^2$ ）で屋根の垂木が損壊した例<sup>10)</sup>はあるが、そのほかの西日本の準高冷地（50cm程度の積雪地）では被害報告はない。さらに、本実証ハウスでは、屋根勾配 $20^\circ$ とし、南向屋根の垂木を倍密度とし、加えて中央部に3.6mピッチで中柱を設けるなど屋根荷重については十分な対策が取られている。一方、滑雪した雪によるハウス側方からの荷重は主に支持部に作用すると考えられる。長崎ら<sup>8)</sup>は、建設資材利用ハウスの支持部について強度計算を行い、50cmの積雪荷重（ $4.4 \text{ kN}$ ）より十分大きいことを確認しており、さらに、耐風性のための水平梁と柱の方杖も側方変位に抗することから、積雪深25.6cmの荷重は十分許容範囲と考えられた。

ところで、本施設の普及展開を図るうえで、現地周辺の積雪状況を検討した。国土地理院国土数値情報をもとに作成した東北地域南部太平洋側の最大積雪深の平年値分布を第8図に示す。一般に施設園芸ハウスの耐雪設計は、最大積雪深を基準に積雪荷重を考えるが、東北太平洋沿岸は、比較的降雪が少なく、岩手県沿岸南部から仙台平野にかけて平年の最大積雪深20cm未満の地域である。しかし、南岸低気圧による大雪時には、仙台平野やさらに南の福島



第8図 東北地域南部太平洋側の最大積雪深の年平均値分布（国土地理院国土数値情報から作成）

において40 cmを超える積雪と園芸施設被害が報告されている<sup>12)</sup>。一方、海岸から5～10 km内陸の北上山地では平年の最大積雪深が50 cmを超える地域が多くみられる。降雪量が標高の一次関数で表されることはYamadaら<sup>15)</sup>ほか多数報告がある。すなわち東北太平洋沿岸では、海岸付近でまれに降る大雪への備えが必要で、さらに近隣地域への普及展開を計画する場合には、内陸数km地点の積雪状況が著しく異なることを十分考慮しなくてはならない。

本実証ハウスでは、耐風性の方杖などの改良も加えたため、積雪荷重は相当向上したと考えられるが、今後、より積雪が予想される地域への普及展開も想定されることから、棟木や接続部などの詳細な強度計算や、補強方法のマニュアル化などについても検討を行うことが望ましい。

#### 4 風況と風対策

##### 1) 建設中の強風害対策

東北地域における台風接近数の年平均値は2.6個であるが、2013年には合計3個の台風が接近・上陸し、陸前高田においても2013年9月16日に台風18号の直撃を受け、さらに1ヶ月後の10月16日に台風26号が三陸沿岸を通過した際の強風により、建設途中の建設資材利用ハウスに被害が生じた。第9図に実証試験地における試験研究用ハウスの配置と台風時の強風風向を、写真3に定点カメラで撮影した台風前後の建設資材利用ハウスの状況を示す。



第9図 実証試験地における試験研究用ハウスの配置と台風時の強風風向



写真3 台風18号の強風による変位（上写真：2013年9月14日11：17，下写真9月16日14：06）

注）画面左側の縦柱（ハウス南面）の部材に右側（北側）方向の変位が生じている。

建設資材利用ハウスは、屋根と妻面のみPOフィルムを張り終えた状態で、側面の被覆および補強用水平梁と方杖（いずれも3.6 mピッチ）は未施工であった。大船渡では、9月16日は朝から南南東の強風が観測され、正午前には最大瞬間風速が15 m/sを超えはじめ、その後20 m/sを超える状態が約3時間続いた。さらに、夕方からは吹き返しの北西～

北北西の強風が吹き、日最大瞬間風速25.2m/s(17:20)を記録した。

強風害は、強風継続時間が長いほど被害が拡大することが知られているが、建設資材利用ハウスは同区画で南寄りに建設されていたため、長時間継続した20m/s以上の南南東の強風の影響を最も強く受けたと考えられる。10分毎の連続写真(東側から南面を撮影)からも、正午前後からハウス全体が繰り返し揺動する様子が観察され、風速が最大となった14:00頃に全体が斜めに押されるように、すべての縦柱で北向きに変位が生じた。この傾斜は、ハウスの南側で10~15度、中央および北側で約7度に達したが、夕方の吹き返しの強風(北風)で南側にやや戻された。

一方、10月16日の台風26号の場合には、実証試験地に気象観測機器を設置していたため、現地風速の実測値の経時変化を第10図に示す。10月16日は台風が三陸沿岸海上を通過したため、6:00頃から正午過ぎにかけて北寄りの強風が観測された。大船渡の最大瞬間風速は北東の風35.0m/s(10:00)を記録し、台風18号時(25.2m/s)と比較して強風の程度は大きかったと考えられる。しかし、主風向では台風18号の場合と逆に北寄りで、この強風が建設資材利用ハウスを吹き抜け、内側から南側屋根面を押し上げる形となったと推測される。そのため、北側に7~10度ほど傾斜していた柱が、8時台から徐々に南側に戻され、10:00頃の強風でほぼ元の位置(垂直)に戻った。

この一連の被害のうち、特に9月16日に設計基準の35m/s未満で生じた理由は、まず、建設資材利

用ハウスが建設途中であり、水平梁や方杖などの補強が設置前であったことがあげられる。また、温室の風荷重は、密閉状態で計算されるが、開口部の存在によってはハウス内部が負圧となり、風圧力が増加することが指摘されている<sup>14)</sup>。さらに、隣接棟が近い場合、風上棟の前後で風圧係数が大きく変化するため<sup>13)</sup>、スリークオーター型ハウスの広くとられた南側屋根面に想定外の風圧が作用した可能性が高い。その結果、補強が十分でない構造部がモーメントを支持部全体に分散することができず、支柱が傾く被害を生じるに至ったと推測される。

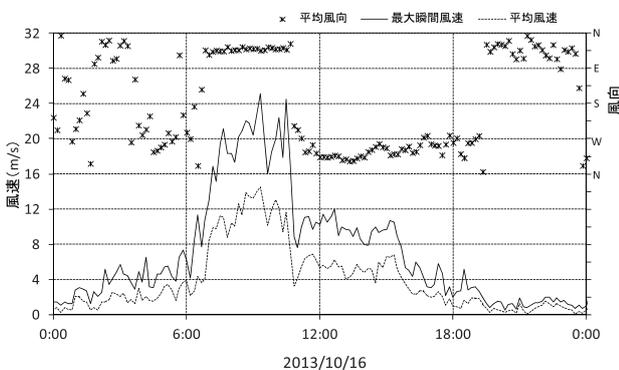
本来、施設の建設は短期間で終わるため、このような建設途中に被害を受けることは少ないが、建設資材利用ハウスは、農家が自家施工することを想定しているため、今回のように大規模なものでは、施工が長期にわたる可能性も十分考えられる。したがって、施工マニュアルでは、被覆資材の展張前に水平梁を施工し、これと柱をつなぐ方杖を施工するなどの補強手順を先行して行う必要がある。

## 2) 寒冷期の風対策

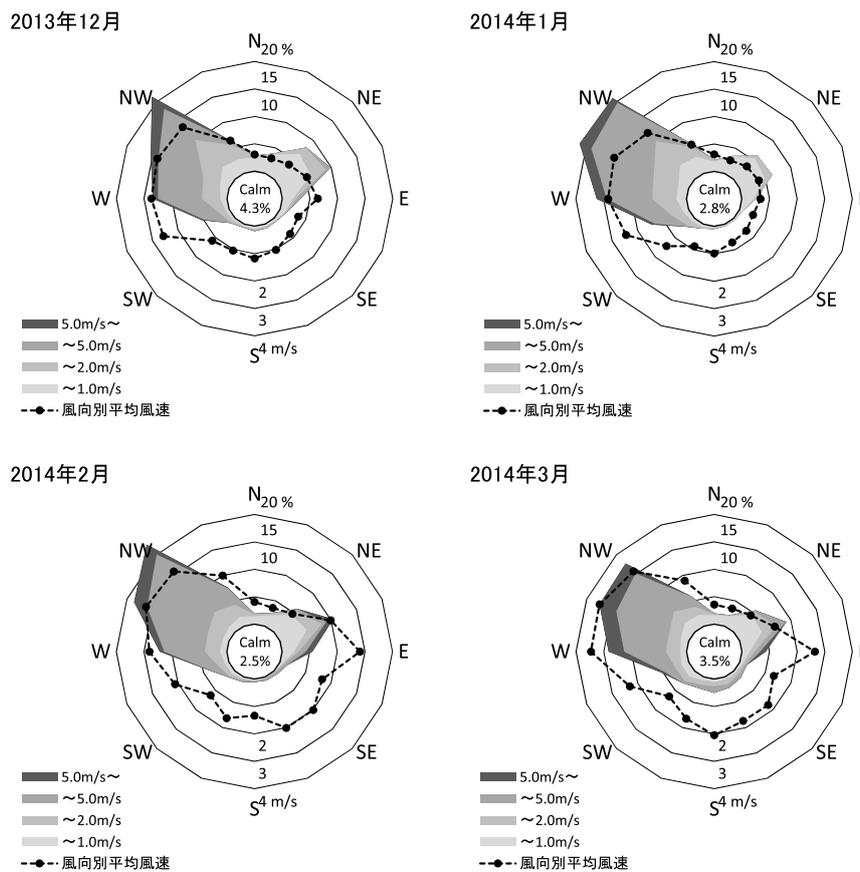
本研究における栽培実証は2014年夏秋作からであるが、これに先立ち、2013~2014年の冬季風況データから、栽培時の保温性について考察した。

実証試験地の2013年12月から2014年3月の風配図および風向別平均風速を第11図に示す。特に12月から3月は、西~北西の風向頻度が50%を超え、そのうち2m/s以上5m/s未満が半数以上を占める。実際に冬季は、最大瞬間風速10m/s以上の記録も多く、12~3月の西北西の風向別平均風速は2.9~3.5m/sと、特に北西風が強いことがわかる。これは季節風が現地北方の氷上山(874m、第1図参照)の南麓を回り込む縮流部にあたるためと考えられる。

寒冷地の施設園芸では、冬季に防風ネットを展張し、隙間風対策を施すことで、内部の保温性向上を図る技術があり、Kuroyanagiら<sup>4)</sup>は、防風ネットにより、風下のパイプハウスの換気率が6割程度に抑えられることをCFDシミュレーションで示している。このような隙間風による換気率低減は、ハウスの放熱係数(すなわち暖房効率)に直接かかわるため、寒冷地の暖房コスト抑制に特に効果が期待で



第10図 陸前高田実証試験地における2013年10月16日(台風26号通過時)の風向・風速の経時変化



第11図 陸前高田実証試験地における2013年12月～2014年3月の風配図と風向別平均風速および風向別・風速階級別頻度分布

きると考えられる。さらに、現地では冬季の強風の卓越風向は狭く防風ネット施工範囲も限られるため、対策効果も狙いやすいといえる。

#### Ⅳ 摘 要

岩手県沿岸地域において、震災復興に資する実証研究の一環で建設した試験研究用ハウスについて、実証試験地の気象条件に基づき、仕様や施工手法の検証を行った。それらをまとめると以下のとおりである。

1. 夏季の寡照対策のため、採光性を高くする必要があり、全透過率の高い被覆資材が適する。一方、冬季の日照は140時間/月以上あり、日射の一部は蓄熱や保温に利用できる可能性がある。
2. 夏季は冷涼であるが、冬季の暖房コストが多くなるため、保温性向上と省エネルギー技術に

よる暖房コスト削減が不可欠である。

3. 2014年の最深積雪（18cm）程度では、落雪も良好で積雪の影響はなかった。
4. 20年確率積雪深（25.6cm）の積載荷重は338.8 N/m<sup>2</sup>（34.6kgf/m<sup>2</sup>）であったが、積雪深が50cmを超える中山間地域への普及展開を図るためには、より大きな積雪に対する強度計算と補強策の検討が望ましい。
5. 建設資材利用ハウスの施工中、構造的に弱い状況で台風害を受けたが、施工中の被災は想定されるので、マニュアルに反映させる必要がある。
6. 山の周縁に位置する実証試験地では、冬季を通じて季節風の縮流部にあたるため風が強いが、この一定風向の風に対しては、防風ネットによる保温性向上と暖房コスト削減が期待しやすいと考えられる。

本研究は、平成26年度食料生産地域再生のための先端技術展開事業委託研究費「中山間地域におけ

る施設園芸技術の実証研究（網羅型研究）」の一部として実施された。

### 引用文献

- 1) 岩手県復興局 2011. 岩手県東日本大震災津波復興計画復興基本計画参考資料, p.2
- 2) 川嶋浩樹・古市崇雄・宮内樹代史・林真紀夫・直木武之介・長崎裕司 2013. 多層保温被覆資材と水蓄熱体の利用がパイプハウスの暖房負荷に及ぼす影響. 農業施設44(2): 73-82.
- 3) 川村 宏 1995. 局地風“ヤマセ”とやませ現象. 気象研究ノート183: 1-5.
- 4) Kuroyanagi, T., S. Matsuda, H. Kawashima, Y. Nagasaki 2013. Effect of Net-Covered Windbreak on Leakage Rate of a Greenhouse. *ISHS Acta Horticulturariae* 1037: 947-954.
- 5) 佐々木洋一・野上道男 2005. 2003年7月における東北地方の低温・寡照について. 日本地理学会発表要旨集67: 73.
- 6) 高市益行・川嶋浩樹・黒崎秀仁 2008. わが国各地における各種温室の暖房燃料消費量の試算ツール. 野菜茶業研究成果情報2007: 9-10.
- 7) 高橋久三郎・小林一雄・村松謙生・大沼匡之・鴨田福也 1981. 園芸施設に対する積雪荷重とその軽減法. 北陸農業試験場報告23: 197-234.
- 8) 長崎裕司・野中瑞生・川嶋浩樹・岡崎紘一朗・宮崎昌宏・的場和弘・田中宏明・角川 修 2005. 野菜生産における地域特性を考慮した農業機械・施設の開発・利用に関する研究—稲跡野菜策と平張型傾斜ハウス生産を中心に—. 近畿中国四国農業研究センター研究報告4: 130-171.
- 9) 羽倉弘人 1997. 施設園芸ハンドブック 第2章 施設の設計・施工と保守管理. 日本施設園芸協会, 東京. 62-92.
- 10) 松田 周・長崎裕司 2011. 久万高原町における平張型ハウスの今冬降雪被害状況. 2011年度農業施設学会大会講演要旨: 119-120.
- 11) 三原義秋 1978. 日照を考慮した温室暖房デグリアワーの算定式. 農業気象34(2): 83-85.
- 12) 森山英樹・豊田裕道 1999. 1998年1月の大雪時における東北地方南部太平洋側の園芸施設の被災特徴について. 農業施設30(2): 205-214.
- 13) H. Moriyama, S. Sase, Y. Uematsu, T. Yamaguchi 2010. Wind Tunnel Study of the Interaction of Two or Three Side-by-Side Pipe-Framed Greenhouses on Wind Pressure Coefficients. *Trans. ASABE*, 53(2): 585-592.
- 14) 森山英樹・佐瀬勘紀・小綿寿志・石井雅久 2003. 台風0221による千葉県・茨城県下の園芸施設構造の被災状況と考察. 農業施設34(3): 199-212.
- 15) Yamada, T., S. Suizu, H. Nishimura, G. Wakahama 1981. Relationships between snow distribution and climate in mountain areas. *Proceedings of Cambera Symposium, 1979. IASH Publ. No. 131, 109-118.*

## Demonstrative Studies of Improved Greenhouse for Post-Disaster Restoration in Coastal Iwate Area

### —1. Climate Assessment for Environmental Applicability of New Pipe-Framed Greenhouse for Saving Energy and Greenhouse Using Scaffold Materials.—

Hisashi YOSHIKOSHI, Yuji NAGASAKI<sup>1</sup>, Shu MATSUDA, Hiroki KAWASHIMA and Makoto SUGIURA

### Summary

In Rikuzen-Takata in Iwate pref., agriculture and horticulture was thriving by utilizing comparatively genial climate and abundant sunshine among the region. However, the huge tsunami on 11 March 2011 seriously damaged the agriculture and food industries of the region. Since 2013 we have been participating in the post-disaster restoration project in order to improve rural agricultural activities by means of technological innovation of the greenhouses. We have conducted substantive empirical research to introduce our thermal-enhanced and low-cost greenhouses that strengthen the weatherability to cold climate. This paper confirms the suitability of the greenhouses built in Rikuzen-Takata based on the climatological data.

In this region they experience temporary shortage of sunshine due to specific sea fog in summer. On the other hand they receive more than 140 hours/month of sunlight in winter. Therefore it is important to improve lighting of greenhouses to compensate the shortage of sunlight in summer by utilizing transparent covering materials instead of covering materials that diffuse sunlight in order to improve the overall transmissivity. Additionally, it is also essential to improve heat retention of the greenhouses in order to reduce the cost of heating in winter. Even under micro-thermal climate they have approximately 10 tropical days in summer. As average ice day in winter is more than 25 days improvement of thermal condition of the greenhouse and reduction of the cost of heating is essential under such cold condition.

The maximum snowfall of 18cm in 2014 did not cause any problems. The design load of 338.8N/m<sup>2</sup> (34.6kgf/m<sup>2</sup>) based on the twenty-year probability snow depth (25.6cm) gives sufficient margin for the actual designed load of 50cm snow depth. However, in order to introduce those greenhouses to the neighboring mountainous area it is necessary to take more snowy condition into consideration. Greenhouses under construction are more susceptible to wind pressure due to insufficient structural strength. Therefore it is necessary to draw up an implementation manual regarding the procedure for structural reinforcement during construction. Since strong seasonal wind with the constant wind direction in winter was observed, windbreak is expected to improve the heat retention of the greenhouses markedly and consequently reducing the cost of heating.

---

Hillside Horticulture Research Division, NARO Western Region Agricultural Research Center

<sup>1</sup> Department of Planning and General Administration, NARO Western Region Agricultural Research Center