

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2018～2021

課題番号：18KT0091

研究課題名(和文) 棚田石垣を活用した新たな園芸ハウス

研究課題名(英文) A new horticultural greenhouse utilizing the rice terrace stone wall

研究代表者

宮内 樹代史(MIYAUCHI, KIYOSHI)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・准教授

研究者番号：80253342

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：耕作放棄地となった棚田を次世代の農資源として活用するために、棚田石垣を用いた園芸ハウス(石垣蓄熱ハウス)を提案した。本研究では、中山間地域での新たな園芸モデルの構築を目指し、石垣蓄熱ハウスの基本特性の把握と温熱環境特性の解明、未利用資源の利用、有望栽培品目について検討した。その結果、厳冬期の保温性、立地条件、被覆条件によるハウス特性が明らかとなり、冬季の無加温栽培、低コストでの施設運営が実証された。また、仁淀川町のふるさと納税返礼品となった高糖度トマトをはじめ、多くの品目の栽培可能性が示された。

以上より、石垣蓄熱ハウスを活用した中山間地域の新たな園芸モデル形成の可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中山間地域の人口流出、農地荒廃は、農業生産力の低下に直結するため、これら地域の人的活動を維持する上で対応が求められる課題である。本研究で提案した石垣蓄熱ハウスを利用した園芸生産モデルの構築は、この課題を解決する上での一手法となる。また、ハウス構造を木骨とし、石垣を背景としたこのハウスの特性を明らかにしたことは、今後の木質構造ハウスの展開、低コストハウス環境管理を行う上での基礎資料となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to utilize the terraced rice fields that have become abandoned cultivation land as agricultural resources for the next generation, we proposed a horticultural greenhouse (Ishigaki heat storage greenhouse) using the rice terrace stone wall. In this study, with the aim of constructing a new horticultural model in mountainous areas, we investigated the basic characteristics of the greenhouses, thermal environment, the availability of unused resources, and promising cultivated items.

As a result, the characteristics of the greenhouse due to heat retention, location, and cover material conditions were clarified, and it was demonstrated that unheated cultivation in winter and operation at low cost. In addition, the possibility of cultivating many items was shown, including high-sugar tomatoes, which became a hometown tax return gift in Niyodogawa Town.

Then, the possibility of forming a new horticultural model in mountainous areas using the greenhouses was indicated.

研究分野：農業環境工学

キーワード：農資源 石垣 蓄熱 棚田 耕作放棄地

## 1. 研究開始当初の背景

中山間地の農業は、集落の人口減少や高齢化に伴い、壊滅的な危機を迎えており、放棄された田畑も数多い。棚田をはじめとする中山間地域の農業振興対策としては、学生のボランティア活動等を中心とした“援農”が各地で行われている。しかし、若者たちの労働力供給という側面はあるが、受け入れ側の労力も相当にかかり、その実効性は低い。一度耕作が放棄された田畑は回復するのが難しく、抜本的、技術的な対応策が必要である。中山間地域での持続的な食料生産を行う上では、耕作放棄地を活用した技術的、コスト的に優位な園芸生産を体系化することがひとつの解決策になり得る。

## 2. 研究の目的

本研究では、耕作放棄地となった棚田を活用する一手法として、棚田の石垣を活用したハウスを提案した。このハウスは、南面のみを採光部とし北面に位置する石垣部分を蓄熱媒体とする構造であり、わずかな投入エネルギーで作物の栽培が可能であることを実証する。また、付加価値の高い栽培品目についても検討し、中山間地域において持続可能な園芸生産モデルを構築することを目的とする。

## 3. 研究の方法

耕作放棄地となった棚田を活用する一手法として、棚田の石垣を活用したハウス（石垣蓄熱ハウス）を提案した。このハウスは、南面のみを採光部とし北面に位置する石垣部分を蓄熱媒体とする構造であり、わずかな投入エネルギーで作物の栽培が可能である。これを活用し、中山間地域において持続可能な園芸生産モデルを構築するために、次の項目について検討した。

### 1) 石垣蓄熱ハウスの基本特性の把握

高知県吾川郡仁淀川町の山間地域に建設された「石垣蓄熱ハウス」について、立地条件をはじめ石垣面積、被覆割合、構造部材等の基本特性を調査した。また、石垣蓄熱ハウスの最適構造を検討するために、建設したモデルハウスの採光性を評価した。すなわち、ハウス内の積算日射量の分布を計測し、立地条件によりどのような環境変化があるかについて検討を行った。

### 2) 石垣蓄熱ハウスの温熱環境特性の解明

冬季昼間の日射によるハウス内余剰熱を、どの程度蓄えられるかについて、石垣及び地表面の熱流動特性を主体に計測を行った。計測項目は、外気温、ハウス内気温、ハウス内外地温、石垣部分表面の温度、石垣内部の温度、ハウス被覆面（南面）の熱流、石垣部分表面の熱流、ハウス内地表面の熱流等である。これらの計測結果から、石垣蓄熱ハウスの保温特性を明らかにした。また、中山間地域の気候的特徴である夏季の冷涼性を生かした栽培を行うため、夏季のハウス内温度がどの程度、栽培環境に適するか調査するとともに、昇温抑制手法について検討した。

### 3) 木質バイオマスの利用可能性調査

石垣蓄熱ハウスが立地する後背森林から供出される未利用木質資源について、ハウス加温用燃料としての利用可能性を検討した。すなわち、冬季の石垣蓄熱ハウスの温熱環境特性から、作物栽培に必要な暖房負荷を算出し、それを負担するエネルギー源としての木質バイオマスの量、回収コスト、機器コスト等を調査した。

### 4) 有望栽培品目の検討

石垣蓄熱ハウスで栽培する品目として、トマトについては夏季及び冬季の栽培において高品質の産物が収穫できており、その生育・収量と環境との関係を調査していく。これに加え新たな品目として、マンゴーをはじめとする付加価値の高い品目の試験栽培を行った。そして、これらの品目が栽培されている環境を比較し、栽培可能性について検討した。

## 4. 研究成果

### 1) 石垣蓄熱ハウスの基本特性の把握

石垣蓄熱ハウスが建設された地点の標高は 200m ~ 680m と広範囲で、その床面は 1,100m<sup>2</sup> の営農規模から 100m<sup>2</sup> 以下の小規模のものまで多岐にわたった。図 1 に石垣蓄熱ハウスの外観と内部状況を示す。ハウス被覆面積に占める石垣の割合は 20 ~ 50% であり、石垣面積が大きいほど夜間の保温性が良い傾向となった。これは被覆面からハウス外部への熱貫流が、石垣からハウス内への放熱に置き換わることによるものと考えられる。採光性については、石垣蓄熱ハウス内各所での積算日射量の計測結果から、通常のパイプハウスと比較して大きな差異はなかった。

一方で、構造上の課題として、被覆資材とハウス骨材（製材）の接合部に擦れが生じ、漏水の原因（ビニールの破損）となることが判明した。これについては、ビニールを接合する金具を新たに開発し、金具を受ける部分の木材を加工することで資材の擦れを回避し、被覆資材の耐久性向上を図った。新設の石垣ハウスにはこの構造が用いられている。



図1 石垣蓄熱ハウスの外観と内部状況

## 2) 石垣蓄熱ハウスの温熱環境特性の解明

図2に厳冬季の石垣蓄熱ハウス内の温度変化の一例を示す。ハウス内気温は厳冬季であっても外気温より高く、夜間においては外気温が氷点付近であっても5℃以上に保つことができた。また、石垣温度は安定的に推移し、石垣表面の熱流束の計測結果から、石垣は昼間に日射を受けて蓄熱し、夜間に放熱していることが確認された。先述したとおり、ハウス被覆面に対して石垣の割合が多いほど保温性に優れていることが確認された。環境計測に基づいた通常パイプハウスと比較した試算では、30%以上の燃油削減効果となった。現地施設では、蓄放熱の効果を利用したトマトの無加温栽培が可能であった。

一方、盛夏季にはハウス内気温は昼夜間を問わず高温になり、作物の生育適温から外れる割合が高くなった。したがって、暑熱対策が必要となり、屋根散水を利用したシステムを検討した。屋根面の被覆資材上部に散水チューブを横断的に配置し、一定時間ごとに散水を行った。素効果は顕著であり、ハウス内気温を5℃程度降下させることが可能であった。その水源としては、山中の豊富な湧水、川水が十分利用可能であることも確認された。

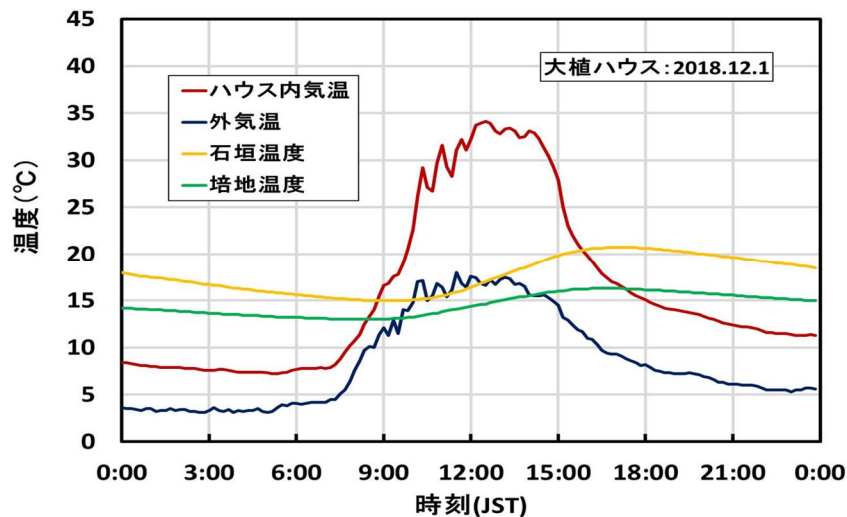


図2 石垣蓄熱ハウス内の温度変化の一例

## 3) 木質バイオマスの利用可能性調査

石垣蓄熱ハウスが立地する後背森林から供出される未利用木質資源について、ハウス加温用燃料としての利用可能性を検討した。しかしながら、加温燃料用原材料の回収、搬出、加工コストが非常に高価となることや園芸用木質バイオマス暖房機の導入コストもかかることから、自家消費を除いて利用が困難であると考えられる。今回調査した中では、厳冬季の補助暖房のために、ハウス内で木炭を燃焼させることで一定の効果を得た。ただし、重油価格の高騰が継続し、ランニングコスト的に木質バイオマスの優位性が生じた場合は検討の余地がある。また、施設園芸からの温室効果ガス排出ゼロを目指した“みどりの食糧戦略システム”の目標達成のためにも継続調査が必要である。

#### 4) 有望栽培品目の検討

主要品目であるトマトの生産手法は確立し、収量は劣るものの品質面で優れた高糖度トマトが有望であることが示唆された。このトマトは“石垣トマト”としてブランド化が図られ、仁淀川町のふるさと納税品目にも指定されている。しかし、展開している石垣蓄熱ハウスは小規模のものが多く、一定程度の量を集めることが難しい。今後、中山間地域に点在する石垣蓄熱ハウスから生産物を集荷するネットワークの構築等、出荷体制の強化が課題となる。

一方で、マンゴーについての試験栽培では、一定程度の収量を得ることができ、有望品目としての可能性が示唆された。図3に石垣蓄熱ハウス及び通常ハウスにおけるマンゴー栽培時の温度変化の一例を示す。対照ハウスは標高10mの平地で、夜間10℃設定で暖房機を稼働させた。一方、石垣蓄熱ハウスは標高250mで無加温であるが、夜間は8℃程度を維持した。昼間は30℃以上に上昇したが、平均気温に差異はなく、花芽も順調に形成された。図4に石垣蓄熱ハウスでのマンゴー栽培状況と石垣トマトを示す。

その他の品目として、パパイアやシイタケなども有望であり、石垣蓄熱ハウスでの栽培は可能である。ただ、上述のとおり産地を形成するには生産量の確保は難しく、地域での消費に留まっている。産地形成をする上では、品目を絞った戦略が必要である。

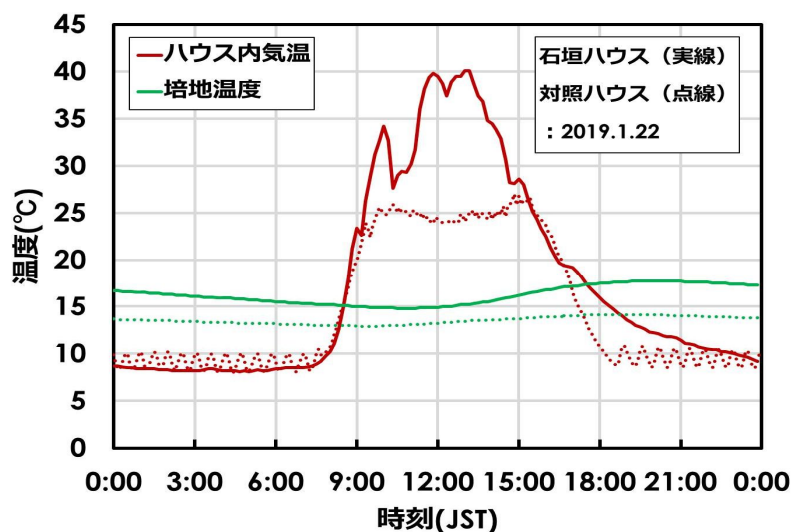


図3 マンゴー栽培時の各ハウスの温度変化の一例



図4 石垣蓄熱ハウスでのマンゴー栽培状況と石垣トマト

以上、本研究の成果として、石垣蓄熱ハウスの有用性と課題点を明らかとし、中山間地域の新たな園芸モデルを提案することができた。高知県仁淀川町における石垣蓄熱ハウスの普及は20棟以上に及び、中山間地域の新たな生産形態として他地域への波及も期待されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宮内樹代史
2. 発表標題 施設生産における省エネルギー化の取り組み
3. 学会等名 日本生物環境工学会四国支部（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嘉瀬井祥太、野々宮益輝、杉野直輝、宮内樹代史
2. 発表標題 石垣蓄熱ハウスの環境特性と作物栽培に関する研究（1）
3. 学会等名 2019年農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会合同国際大会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮内樹代史，嘉瀬井祥太，野々宮 益輝，杉野 直輝，松本 将大
2. 発表標題 石垣蓄熱ハウスの環境解析と作物栽培への応用
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

施設園芸技術から環境適応にアプローチする  
[https://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental\\_adaptation/environmental\\_kenkyu3.html](https://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental_adaptation/environmental_kenkyu3.html)  
高知県プロジェクトIoPが導くNext次世代型施設園芸農業  
[https://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental\\_adaptation/environmental\\_iop.html](https://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental_adaptation/environmental_iop.html)  
高知から世界に貢献！Inovation from KOCHI ~環境適応編~  
[http://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental\\_adaptation/environmental\\_kenkyu3.html](http://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/japan/daigakuin/environmental_adaptation/environmental_kenkyu3.html)

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------