

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580310

研究課題名（和文）

太陽光利用型植物工場における物理的特性（光・音）を利用した防除システムの開発

研究課題名（英文）

Development of pest control system using physical property (light and sound) on intelligent greenhouse system

研究代表者

有馬 誠一 (ARIMA SEIICHI)

愛媛大学・農学部・准教授

研究者番号：60335891

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、化学的な農薬に依存しない新しい防除方法の確立のため、物理的な防除システムの開発である。本システムは害虫の視覚特性や聴覚特性を利用した構成であり、模様を施した黄色粘着シートと色と害虫の活動抑制および飛来防止のためのサウンドスピーカシステムから構成される。さらに、オゾン水の殺菌効果を利用したオゾン水散布システムの基本メカニズムを確立するため、散布圧力や粒径とオゾン水濃度の関係を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is development of a physical control system due to the establishment of a new control method of no dependence on agricultural chemicals. This system is a composition using optical and sound wave paying attention to the vision characteristic and the hearing characteristic of the insect. Concretely, this system consists of the sound speaker system for the activity control of the insect and the yellow sticking sheet with the pattern. In addition, to establish a basic mechanism of the ozone water spraying system using the bactericidal effect of the ozone water, the relation between the spraying pressure and the grain diameter and the density of the ozone water was clarified.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学、農業環境工学

キーワード：植物工場・物理的防除

## 1. 研究開始当初の背景

消費者の食の安全・安心に対する関心の高まりや環境に配慮した農業の推進が求められる中で農作物の安定生産を図るためには、これらの要求にも応えつつ病害虫による被害を適切に抑えることが課題となる。このた

め、今後の我が国の病害虫防除は、病害虫の発生予察情報等に基づき、輪作等の耕種的防除、天敵やフェロモンを利用した生物的防除、粘着板等を利用した物理的防除および化学合成農薬による防除を適切に組み合わせ、環境負荷を低減しつつ病害虫の発生を経済的

被害が生じるレベル以下に抑制する総合的病虫害管理 (IPM: Integrated Pest Management) に転換していく必要がある。

## 2. 研究の目的

現在までに、虫の活動を抑える事を目的とした電球やフィルム、トラップなど幾つか開発されたものもあるが、これらは虫の種類に関係なく、紫外光のカットや紫外光を利用して虫を誘き寄せせるもので、受粉作業のために利用しているハチの活性を阻害するなど、生物生産現場においては流用できない。また、ヤガ類を対象とした黄色蛍光灯は薬剤抵抗性害虫の発現や残留毒性の心配がなく、省力的かつ効率的な防除技術として広く認められているが、ヤガ類を誘引する場合もあり、光源の真下に被害が出ることもある。

そこで、化学農薬に依存しない新たな防除方法の確立が必要である。本研究では、害虫の視覚特性や聴覚特性を利用した物理的防除法に着目し、色と模様を組み合わせた物理的防除システム、音波を利用した物理的防除システム、さらに殺菌効果を有するオゾン水の散布システムの可能性について検討した。

## 3. 研究の方法

### (1) 色と模様を組み合わせた物理的防除システム

これまでの研究の中で、129 品種 141 品目の花の分光反射特性を測定した結果、全体の約 85% は紫外・可視域に何らかの模様を有していることが分かった。このことより、多くの花は特徴的な模様を持つことによって虫を誘引し、受送粉活動を効率的に行っていると考えられる。これはネクターガイドと呼ばれるもので、自然界において昆虫の視覚特性を利用したものである。そこで、このような虫の視覚特性を生かし、害虫防除用粘着シートに様々な色の模様を施し、色と模様を組み合わせた物理的防除システムの可能性を検討した。

従前の研究により●型模様が比較的效果が高い事、今回対象とするクロバネキノコバエはφ15とφ8の模様の誘引数に差が無い事が明らかとなった為、本研究ではφ15の●型模様を施した黄色粘着シートを作成した。図1に黄色粘着シートと赤、金、青、黒、銀、緑色の●型模様の分光反射特性を示す。実験材料には、黄色粘着シート（ホリバー社製 100mm×257mm）に6色の●型シールを3×5列の等間隔に模様を施したものを、それに加えて模様の位置にφ6の穴を開けたものを使用した。実際に作成した粘着シートを図2に示す。これらの模様を加えた粘着シートに対照区を加えて、合計8パターンの粘着シートを愛媛大学内植物工場に設置し、虫の誘引数を調べた。

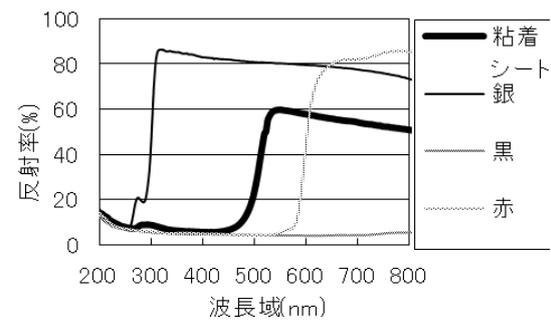
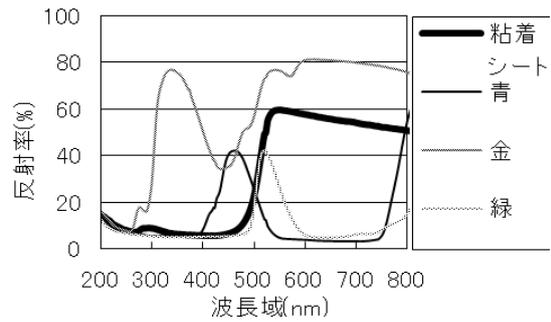


図1 黄色粘着シートと各色の分光反射特性



図2 模様を施した黄色粘着シート

### (2) 音波を利用した物理的防除システム

音波を利用した物理的防除システムを開発するためには、害虫の活動抑制および飛来防止に効果的な周波数帯を明らかにする必要がある。そこで、まず害虫の天敵となる肉食性のハチの羽音の解析を行った。測定、解析にはブリュエル・ケアー社のPULSEを使用し、ハチの羽音をマイクで録音した後、FFT解析を行った。測定対象は、フタモンアシナガバチ、キイロアシナガバチ、ツマアカベッコウの3種類とした。また、次にクロバネキノコバエに対して音波を照射する実験を行った。まず、透明アクリルと、音波が通過できるようにメッシュのネットを使用し、60cm×60cm×60cmの箱を作成した。なお、左右の2面にメッシュのネットを使用し、その片方から音波の照射を行った。音波の照射は、正弦波を100Hzから40kHzまで、100Hzずつ上げていき、各波長10秒間ずつ照射し反応を見た。

(3) オゾン水散布システム

① 低圧散布システムの選定

低圧散布可能な重力式2流体ノズルとチューブポンプ式ノズルの2種類を供試散布機として用いた。表1, 2に各方法の散布圧力及び散布量を示す。ノズル先端から60cmの位置でオゾン水濃度を計測し、初期オゾン水濃度は5ppmとした。

② 粒径とオゾン水濃度の関係

チューブポンプ式に粒径の異なる6種のノズルを用いて散布した。2と同様に散布後のオゾン水濃度を計測し、オゾン水の時間経過による濃度変化を測定した。

③ 付着率と粒径の関係

自走ロボットに散布機を乗せ、ノズル先端と一致する場所(y, z)=(0, 0) (y:鉛直方向, z:進行方向 単位:cm)とし、感水紙は、(y軸±10cm間隔に計4枚, z軸25cm間隔に2枚)=y, z合計10枚で設置した。設置角度は、水平方向下向き30°とし、感水紙とノズルまでの距離は60cmとした。使用ノズルはノズル1, 2, 4を使用し、走行速度は0.3, 0.5m/s, 散布圧力は0.07, 0.10MPaとした。

4. 研究成果

(1) 色と模様を組み合わせた物理的防除システム

図3に設置3週間後と設置3ヶ月後の誘引数を示す。設置3週間後の誘引数は、対照区に比べ全ての模様を施した粘着シートの方が多くなった。特にφ6穴付、黒の誘引数は対照区に比べ2倍以上となった。それぞれの誘引数を、対照との対比較を行う多重比較のSteel法を用いて有意差検定を行った結果、φ6穴付、黒において対照区に比べ有意な差が確認できた。よって、設置3週間後の時点ではφ6穴付、黒の模様を施した粘着シートは通常の粘着シートに比べ、より効果的であると言える。

また、各色の分光反射率と誘引数を比較すると、誘引数が多いものほど分光反射率500nm以降にピークのある黄色粘着シートと比較して、500nm以降の波長域において大きく差異があることが分かる。よって、誘引数に500nm以降の黄色粘着シートと模様の分光反射率の差異が影響していると推察できる。そこで、虫の可視波長領域を考慮した500~650nmの範囲を各色と黄色粘着シートの分光反射率のグラフから積分値を求めて、式(1)で黄色粘着シートと各色の積分値の比率を求め、その値と誘引数の値との相関を求めた。その結果を図4に示す。反射率の差異が大きい程、誘引数が多くなる傾向が見られたことから、少なくとも設置後3週間の時点では黄色粘着シートと模様のコントラストが誘引数を増減する要素であると考えられる。

$$\frac{\text{黄色粘着シートの積分値} - \text{各色の積分値}}{\text{黄色粘着シートの積分値} + \text{各色の積分値}}$$

$$\dots\dots (1)$$

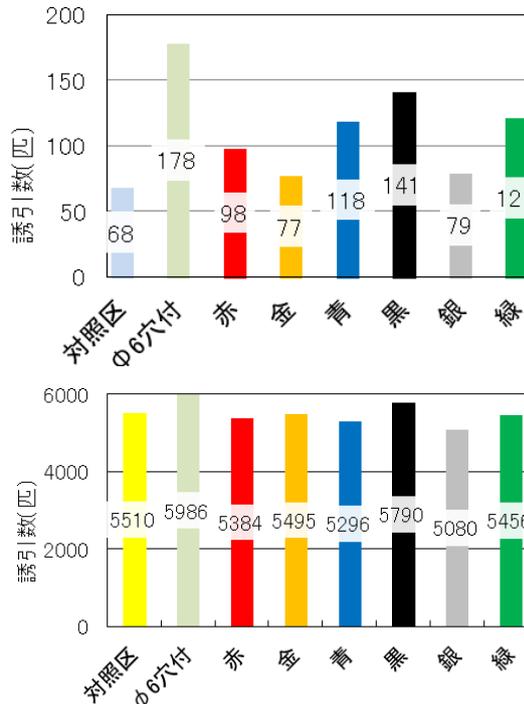


図3 各色模様における虫の誘引数 (上:設置3週間後 下:設置3ヶ月後)

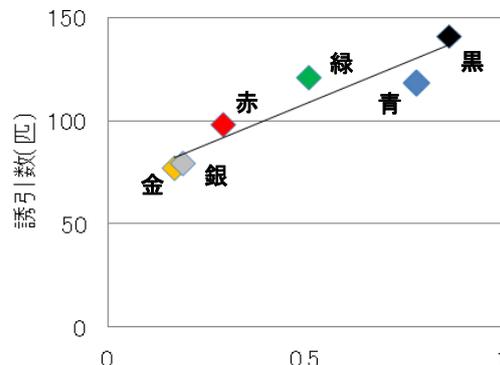


図4 各色積分値の比率と誘引数の相関

また、設置3ヶ月後の模様を施した粘着シートの誘引数は設置3週間後の誘引数に比べ、対照区に対する差が少なくなった。これは、すでに捕殺された虫自体が模様となって害虫を誘引しているためと推察できる。また、設置3週間後の誘引数では対照区よりも模様を施した粘着シートの方が多くの誘引数を得られたことから、模様を施すことによって、通常の粘着シートに比べ即効性を持たせることができると考え、追加実験として誘引数の1週間ごとの推移を調べた。その結果を図5に示す。誘引数の1週間ごとの推移を見ると、特に対照区に比べ誘引数が多いφ6穴付は、1, 2週目は対照区に比べ約2倍の誘引数

であった。しかし3週目にはどの模様を施した粘着シートもほぼ差が見られなくなった。このことから、およそ1~2週目まで、模様を施すことによって通常の粘着シートに比べ、誘引効果に即効性を持たせると考えられる。

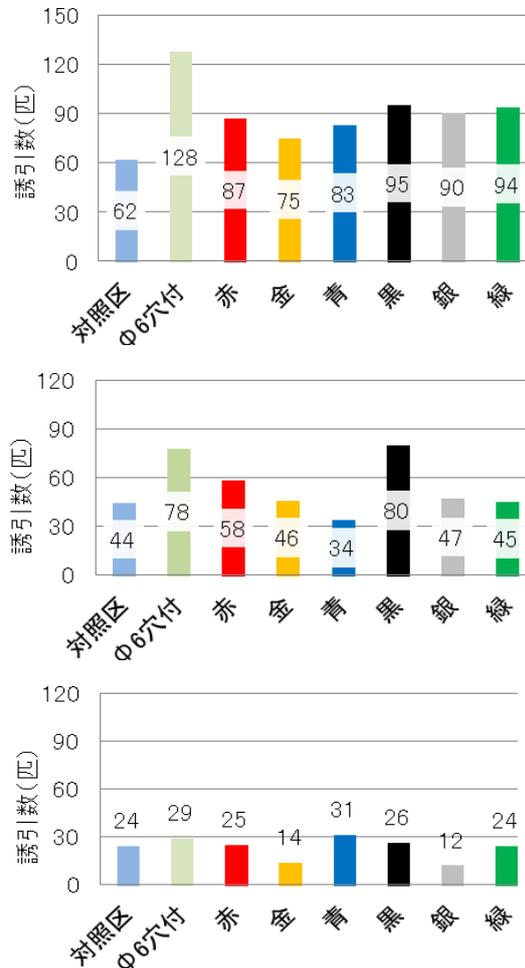


図5 各色模様における虫の誘引数  
(上：設置1週間後)  
(中：設置2週間後)  
(下：設置3週間後)

## (2) 音波を利用した物理的防除システム

ハチの羽音の測定結果においては、それぞれのハチに共通する特徴として、300、3kHz付近に大きいピークと、5kHz以降に細かいピークが見られた。

音波の照射実験を行った結果、どの波長域にも反応は見られなかった。このことから、今回対象としたクロバネキノコバエは特定の波長域の音波に対して反応を示さないことが考えられる。しかし、同じハエ目であるショウジョウバエは、求愛歌と呼ばれる種ごとに異なる特定の波長、時間パターンを持つ音によって求愛行動を行う事、ヤガ類は天敵であるコウモリの超音波を感知した際に忌避行動を取る事など、昆虫の音によるコミュニ

ケーションを使用する事が分かっている。今後、複数の波長や、時間パターンを組み合わせた場合の反応や、他の害虫に対しても同様の実験を行う必要がある。

## (3) オゾン水散布システム

表1, 2に示すように、重力式2流体ノズルは、チューブポンプ式ノズルより低圧で散布したにもかかわらず、オゾン水濃度は低くなった。この結果、オゾン水散布において粒径が大きく影響することがわかった。また、散布システムにはチューブポンプ式ノズルを採用した。

表1 チューブポンプ式ノズルの測定値

圧力 [Mpa]	0.08	0.12	0.14	0.15
散布量/ノズル [L/min]	0.208	0.255	0.27	0.2825
オゾン水濃度 [ppm]	0.705	0.67	0.665	0.455

表2 重力式2流体ノズルの測定値

圧力[Mpa]	0.03	0.05
散布量/ノズル[L/min]	0.091	0.102
オゾン水濃度 [ppm]	0.145	0.15
オゾン水濃度 [ppm] (ノズル先端10cm)	0.58	0.46

粒径の異なる6種のノズルのうち散布後のオゾン水濃度が1ppm以上を保持したノズル1, 2, 4を図6に示す。粒径は、ノズル1>ノズル2>ノズル4となる。ノズル4は0.07~0.08MPa、ノズル1, 2は、0.07~0.11MPa程度で1ppm以上のオゾン水濃度が得られた。次に、6種のノズルによる散布結果から、圧力ごとの粒径とオゾン水濃度の関係を図7に示す。粒径が大きくなるにつれ、圧力が低いほどオゾン水濃度は高くなった。

粒径の異なる3種のノズル(ノズル1>ノズル2>ノズル3)で散布後のオゾン水濃度の時間変化を図8に示す。散布圧力は0.1MPaとした。生成したオゾン水を貯水タンクに貯めた場合、一時間後も5ppmを維持していた。散布して2分後のオゾン濃度は、どのノズルにおいても1ppmを下回った。

粒径と付着率の関係を図9に示す。付着率は粒径の小さいノズルほど上がることがわかった。圧力と付着率の関係を図10に示す。圧力が上がると付着率も上がり、圧力0.07MPaより1.00MPaの方が付着率は高くなった。走行速度と付着率の関係を図11に示す。走行速度が上がると付着率は減少することがわかった。

以上の結果より、ノズル1, 2においては、散布圧0.1MPa程度、粒径約300μm以上で1ppm以上のオゾン水濃度を確認できた。2分後には、1ppmを下回ったものの、10分後は

既往の研究で防除効果が得られた約 0.5ppm 以上維持していた。今後、実証試験を行い防除効果について確認する。

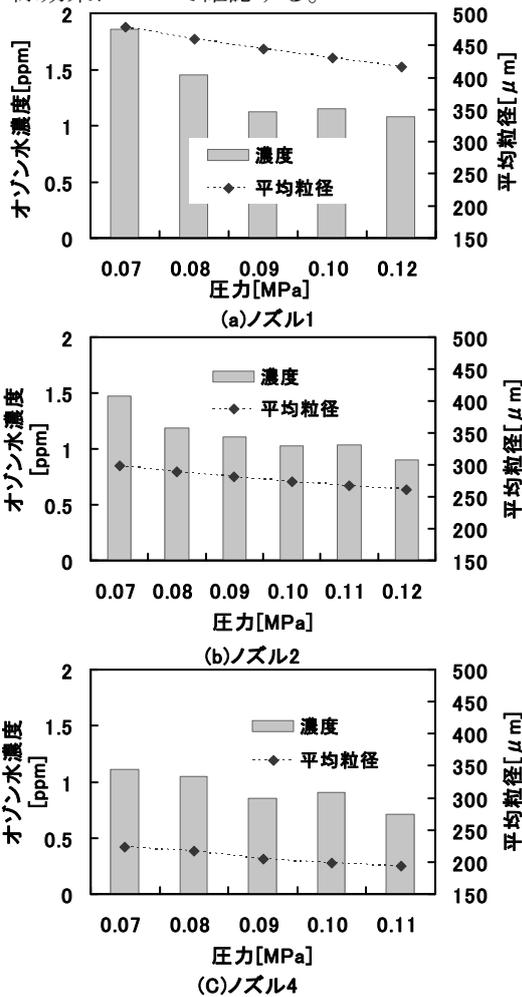


図6 散布後のオゾン水濃度

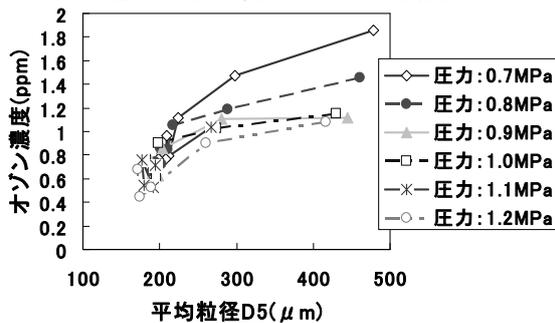


図7 各圧力における粒径の影響

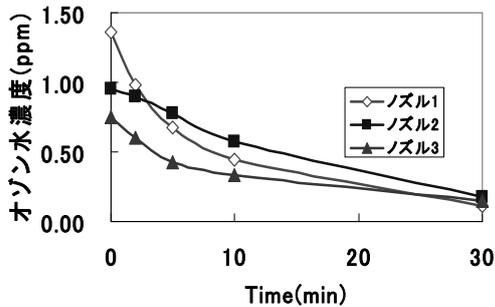


図8 オゾン水濃度時間変化

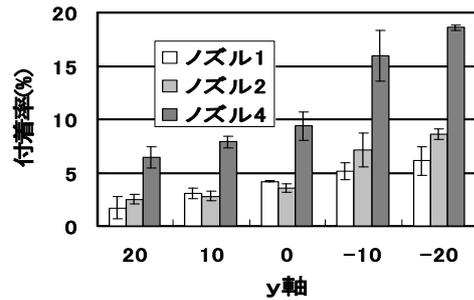


図9 粒径と付着率の関係(圧力=0.07MPa)

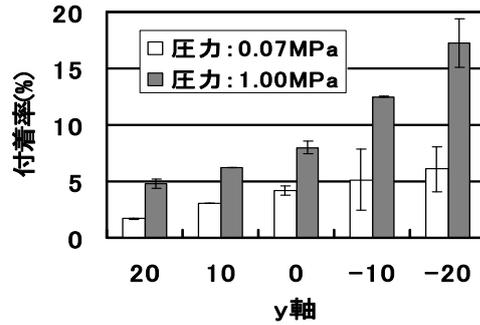


図10 圧力と付着率の関係(ノズル1)

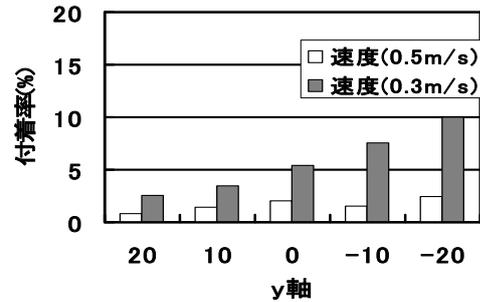


図11 走行速度と付着率の関係(ノズル1, 0.07MPa)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 岡 侍秀・有馬誠一・上加裕子、光学的手法を用いた物理的防除システムの開発、農業機械学会関西支部報、査読無、109号、2011、16-19.

[学会発表] (計4件)

- ① 有馬誠一・上加裕子・岡 侍秀、太陽光利用型植物工場における虫の走性を利用した物理的防除システムの開発、第70回農業機械学会年次大会、2011/9/28、弘前大学.
- ② 有馬誠一・上加裕子・岡 侍秀、太陽光利用型植物工場における光、音を利用した物理的防除システムの開発、日本生物環境工学会、2011/9/7、北海道大学.

優秀ポスター賞受賞

- ③ 岡 侍秀・有馬誠一・上加裕子、光学的手法を用いた物理的防除システムの開発、第 69 回農業機械学会年次大会、2010/9/15、愛媛大学。ベストポスター賞受賞
- ④ 岡 侍秀・有馬誠一・上加裕子、分光反射特性の違いによる虫の走性解析、農業機械学会関西支部第 124 回例会、2010/8/31、岡山大学。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

有馬 誠一 (ARIMA SEIICHI)  
愛媛大学・農学部・准教授  
研究者番号：60335891

### (2) 研究分担者

上加 裕子 (UEKA YUKO)  
愛媛大学・農学部・助教  
研究者番号：00527103

### (3) 連携研究者

高山 弘太郎 (TAKAYAMA KOTARO)  
愛媛大学・農学部・講師  
研究者番号：40380266