

# 夏秋トマト雨よけ栽培における 近紫外線カットフィルム使用時の在来マルハナバチ活動促進技術

二村章雄、熊崎晃

Artificial improvement of pollinating activity of the bumble bee (*Bombus ignitus*)  
under a greenhouse condition with a near-ultraviolet removal film in a summer-to-autumn tomato culture.

Akio Futamura, Akira Kumazaki

## summary

It has been reported so far that the native Japanese bumble bee *Bombus ignitus* forages less actively under the conditions of rain shelter house with near-ultraviolet removed films. To improve the foraging activity, we tried to choose suitable films among the several commercial films. In addition, we evaluated whether the illuminating by ultraviolet light could increase the frequency of in-home activity, and that of flower visiting by workers. The results showed that a certain kind of film disturbed the least among the tested films. Moreover, the effect of the illumination on nest boxes increased the in-home frequency. However, the effect of the illumination to flowers seemed unstable across the experiments.

Key Words: summer-to-autumn tomato, *Bombus ignites*, ultraviolet light, near-ultraviolet-rays-cut film

キーワード：夏秋トマト、クロマルハナバチ、ブラックライト、近紫外線カットフィルム

## 緒言

マルハナバチ (*Bombini bombus*) は、主にトマトやナスの授粉用昆虫として利用されており、国内では1990年代始め頃からセイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*、以下セイヨウ) の輸入及び利用が始まっている。

その後、セイヨウが外来生物法による特定外来生物として平成18年9月に指定され、その使用が許可制となったことなどを契機として、在来種のクロマルハナバチ (*Bombus ignitus*、以下クロマル) などが利用されている。

クロマルにはセイヨウと同等の活動性が期待されるが、近紫外線カットフィルムで被覆した施設において、クロマルの活動性が低下する事例 (小出ら、2007) や、初期放飼後における授粉活動の開始遅延や帰巣率の低下による巣箱寿命の低下 (樋口 2008、樋口・行徳、2009) が報告されている。その原因として、近紫外線波長域の光線を主に利用してクロマルが活動していることや、セイヨウと近紫外線波長域の感受性が異なることなどが挙げられる。

そのため、クロマルの活動に適すると思われる近紫外線カットフィルムをY迷路装置 (Morandin・Laverty・Gegear・Kevan、2002) によって選定するとともに、近紫外線波長域の光を発するライトによって巣箱やトマト花房を照射し、その認識

性の向上効果について調査したので報告する。

## 材料および方法

### 試験1 Y迷路装置の光源ライトの選択

本試験では、まずクロマルが惹かれやすい光源をY迷路装置 (図1) によって選択した。

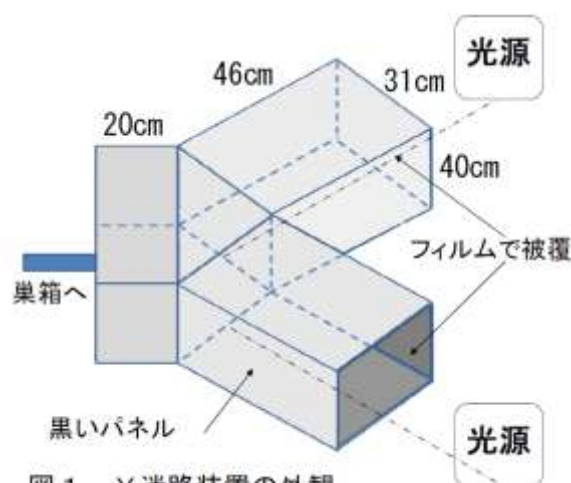


図1 Y迷路装置の外観

その形状は、左右に枝分かれした迷路の終点部分にそれぞれ異なるフィルムを展張したもので、装置外側の光源の認識性によってマルハナバチがどちらのフィルムを選択するか判別するものである。

両側の終点に同じ種類の通常フィルム（非近紫外線カットフィルム、オークラ製：FC-50）を展張し、光源として一般的な蛍光灯（商品名 東芝：FL20SD）とブラックライト蛍光灯（商品名 東芝：FL20SBLB、以下UVライト）を蛍光灯照明器具（商品名 ナショナル：FA22219F）に各2本ずつ接続し、迷路終点の延長上にそれぞれフィルムから50cmの距離に設置した。装置には巣箱を2.5cm径の透明チューブで接続し、クロマルを1頭ずつ投入できるようチューブに外側から開閉できる遮蔽板を施した。

装置内に入ったクロマルがどちらの迷路終点のフィルムに到達するかを目視で確認した後、クロマルを装置内から取り出し調査が終了するまで別の箱に入れて隔離した。巣箱から出てきた順番で40頭目まで調査し、40頭目が終了した時点で元の巣箱にクロマルを戻した。また、ライトは偏向性を考慮し20頭目の調査を終えた時点で装置の左右を交換した。試験は2反復を行い、それぞれ新しい巣箱を使用した。

### 試験2 Y迷路装置を使用したフィルムの選択

クロマルの活動に適した近紫外線カットフィルムを選択するため、試験1で使用したY迷路装置によって試験を行った。検討したフィルムは、当地域の雨よけ栽培産地で導入可能な、メーカーの異なる近紫外線カットフィルムA～Dフィルム4種類を選定した。それぞれ2種の組み合わせ（計6通り）ごとに装置の迷路終点に展張し、光源として試験1で選択したライトを、左右の迷路終点の延長上にフィルムから50cmの距離に設置した。その上で、装置内に入ったクロマルがどちらのフィルムに到達するかを目視で確認した

それぞれのフィルム組み合わせごとに、巣箱から出てきた順番で40頭目まで調査した。どちらかのフィルムに到達したクロマルは装置内から取り出し、40頭目の調査が終了するまで別の箱に入れて隔離し、試験終了後に巣箱に戻した。また、フィルムは偏向性を考慮し20頭目の調査を終えた時点で装置の左右を交換した。

### 試験3 巣箱照射による帰巣率の向上

本試験では、巣箱をUVライトで照射することによる帰巣率の向上効果を検討した。

本所内単棟雨よけハウス（6m幅、長さ50m）3棟を4mm目合いのネットで連結し、3棟のハウス内をクロマルが自由に行き来できるようにした。天井

被覆資材は試験2の結果により、クロマルが近紫外線を感じやすいと思われるフィルムを使用した。トマトは品種「桃太郎8」を栽培し、定植期の異なる株が混在している状況での試験とした。

連結した3棟のうち左右の棟の中央部付近に巣箱を1箱ずつ設置し、片方の巣箱には上方からUVライトで照射を行った。照射は試験1で使用した機器を使用し、発光面から巣箱の距離は約40cm、照射時間帯は日中6時～18時とした（図2）。

両区とも非接触型通過センサー（商品名 KEYENCE：PG-602）を用い、マイコン制御（岐阜県情報技術研究所のカウント用ソフトを開発）によってハチの巣箱への出入り数をカウントし、入巣数/出巣数により帰巣率を算出した。初期放飼日は7/12、8/1とし、それぞれ新しい巣箱を用いた。



図2 巣箱の照射状況

### 試験4 トマト花房照射による定着の促進

本試験では、トマトの花房をUVライトで照射することによる、トマトの花房への定着促進効果を検討した。

使用ハウス、ネット被覆方法、巣箱の設置位置、天井被覆資材、トマト栽培概要は試験3と同様とした。片方の巣箱には、巣箱から目視できる位置のトマト8株の上方に、試験1で使用したUVライトを4基設置した。発光面からトマト生長点までの距離は約40cm、照射時間帯は6時から18時とした（図3）。



図3 トマト花房の照射状況

照射されたトマトの株を含むハウスと、その反対側に位置するハウスのそれぞれ6地点（図4）において、各5株を対象に花房におけるバイトマーク数と開花数を調査した。初期放飼日は8/16、9/1とし、それぞれ新しい巣箱を使用した。

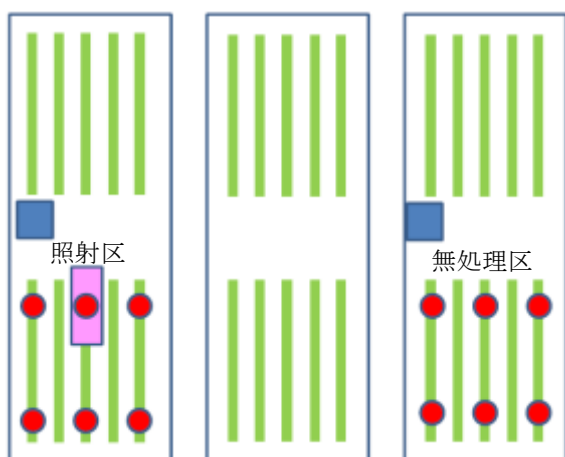


図4 花房照射試験のハウス見取り図  
※正方形は巣箱、長方形はUVライトの照射位置、丸印は調査地点（各5株調査）を示す。

## 結 果

### 試験1 Y迷路装置の光源ライトの選択

装置に入れたクロマルは、左右の迷路終点に展開されたフィルムを通して認識できる光源に向かい、飛んだり歩いたりして移動した。クロマルは、2回の試験ともにUVライトを設置した側に向かうことが認められた（表1）。

	第1回	第2回
UVライト	40	40
一般蛍光灯	0	0

### 試験2 Y迷路装置を使用したフィルムの選択

Y迷路装置に使用する光源は、試験1の結果からUVライトを使用した。

装置に入ったクロマルは、左右の迷路終点に展開されたフィルムを通して認識できる光源に向かい、どちらかに飛んだり歩いたりして移動した。また、フィルムに到達するまでの時間は試験1より長い傾向にあった（目視による）。

すべての組み合わせで試験を行った結果、Aフィルムは他の3種のフィルムに対し多くのクロマルが選択し、回数には有意な差が認められた。またCフィルムとBフィルムの比較では前者を選択するハチが有意に多かった（表2）。

	対A	対B	対C	対D	平均
Aフィルム	—	32*	36*	37*	35.0
Bフィルム	8*	—	13*	24	15.0
Cフィルム	4*	27*	—	21	17.3
Dフィルム	3*	16	19	—	12.7

<sup>2</sup>Z-testにより、\*：5%水準で有意差あり。

### 試験3 巣箱照射による帰巣率の向上

両区の巣箱からは定期的にハチが入り出し、活動が認められた。（目視による）。

初期放飼後3日間における6時から18時の帰巣率は、UVライトで照射した巣箱で高まる傾向が認められた（表3）。

また、照射区と無処理区で出巣数及び入巣数にかなりの差が認められた。これは、巣箱の個体差（巣箱への出入りのみを繰り返す個体の存在）やセンサーの感度によるものと推測されたが、センサーの特性から帰巣率の算出に与える影響は少ないと判断した。

表3 初期開始後の帰巢率(6～18時)

初期放飼日	区	放飼1日後			放飼2日後			放飼3日後		
		出巢数	入巢数	帰巢率	出巢数	入巢数	帰巢率	出巢数	入巢数	帰巢率
7月12日	照射区	65	51	78%	64	54	84%	91	80	88%
	無処理区	216	166	77%	423	325	77%	272	224	82%
8月1日	照射区	84	72	86%	137	131	96%	144	130	90%
	無処理区	196	139	71%	350	227	65%	311	169	54%

表4 各調査日におけるバイトマークの有無 (単位:個、MJ/m<sup>2</sup>)

区	放飼開始 8/16						放飼開始 9/1							
	8/19		8/23		8/24		8/26		9/2		9/5		9/9	
	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
照射区	123	26	7	53	18	55	44	41	3	90	0	72	28	24
無処理区	112	14	5	57	4	75	0	97	1	73	0	63	17	58
積算日射量	27.9		17.5		15.8		13.5		8.4		14.9		38.2	
有意差	n.s.		n.s.		**		**		n.s.		n.s.		**	

<sup>2</sup>積算日射量は、調査前日までの3日間で算出。

<sup>x</sup>マン・ホイットニー検定により、\*\*：1%水準で有意差あり。n.s: 有意差なし。

#### 試験4 トマト花房照射による定着の促進

バイトマークの発生率(バイトマーク数/開花数)は、2回の調査ともにUVライトの照射により増加する傾向であり、特に寡日照時にはその差が大きくなる傾向であった。また、調査日によって大きく変動しており、調査日までの日射量の多少により影響を受けたと考えられた。

調査日8/26の時点では、照射区で50%を越える発生率が確認できたが、無処理区のバイトマーク発生率は0%であった。このことは8/26前数日間に同一群のクロマルが照射区には訪花したが、無処理区には訪花しなかったことを示している(表4)。

害虫防除は、薬剤散布を含み慣行に準じた栽培方法(表5)を行ったが、UVライトの花房照射の有無にかかわらず、アザミウマ類による被害果(白ぶくれ果)は確認されなかった(観察)。また、コナジラミ類は少発生であり、栽培上に問題のない程度であった。

表5 害虫を対象とした農業防除

日付	薬剤名	使用量、倍率
5/20	モスピラン粒剤	1g/株
6/17	ノーモルト乳剤	2000倍
7/2	チェス顆粒水和剤	5000倍
7/24	マツチ乳剤	2000倍
8/13	チェス顆粒水和剤	5000倍
8/20	チェス顆粒水和剤	5000倍
9/1	ゼンターリ顆粒水和剤	1000倍
9/18	アフアーム乳剤	2000倍

#### 考 察

試験1において、UVライトが発する近紫外線波長域の光線に惹かれて移動したと考えられたことから、UVライトは一般の蛍光灯よりクロマルに感応されやすいと判断できた。そのため、Y迷路装置で近紫外線カットフィルムの比較を行う場合には、光源としてUVライトを使用することが適当と考えられた。その理由として、可視光線の影響を少なくすることで、フィルムが持つ近紫外線の除去性能による比較がしやすくなることが挙げられた。

また、巣箱やトマト花房の認識性を高めることを目的とした照射を行う場合は、UVライトを使用することが効果的と考えられた。

試験2において、クロマルは近紫外線カットフィルムを通した光源を判別できることが明らかとなり、また供試したA～Dフィルムの中では、Aフィルムを透過した光線をより強く感応することが明らかとなった。Aフィルムを天井被覆資材として使用することにより、巣箱やトマト花房の認識性が向上する可能性が示唆された。

一方で近紫外線カットフィルムの本来の目的である害虫侵入抑制効果について今回は未検討であるが、害虫の感応しやすい波長域がクロマルと重なる場合には害虫の侵入抑制効果が低くなると考えられるので、害虫の発生消長に十分注意することが必要と考えられた。

試験3において、UVライトで照射された巣箱への帰巢率が向上する傾向であったことから、近紫外線波長域の光線によってクロマルの巣箱の認識性が

高まっていることや、UVライトそのものがハウス内で巣箱の位置を示す目印になっていることの可能性が示唆された。

夏秋トマト雨よけ栽培でマルハナバチを導入する場合は、巣箱内温度の上昇を避けるため直射日光が巣箱に直接当たらないように配慮することとされており、このことから巣箱はマルハナバチから認識されにくくなっていることが想定できる。巣箱の照射は帰巣率を高め、結果的に花粉を集める働きバチの個体数を維持し巣箱の長寿命化を図る手段になり得ると考えられた。

また、マルハナバチは順次新しい世代の成虫が出巢していくことから、巣箱の照射は継続して行うことが必要と考えられた。

試験4において、UVライトで照射した花房やその付近の花房でバイトマークの発生率が向上したことは、ハチによる花房の視認性が高まっている可能性が示唆された。特に寡日照時には、近紫外線カットフィルム下のトマト花房の認識性はかなり低下すると推測され、照射の効果が大きくなりバイトマークの発生率に影響したものと考えられた。

しかし、ブラックライトでの照射位置から20m程度離れた位置にある無処理区において、安定したバイトマーク率を確認できなかったことから、照射された花房を学習したクロマルが照射されていない花房を学習するまでには時間を要すると考えられた。そのため、広い範囲で安定した効果を確保するためには、照射箇所を増やすことや照射する範囲を拡大することが必要と考えられた。

また、巣箱を開放する時の留意事項（興奮状態で放飼しないことや放飼する時間帯）や、ハウス外への逸脱対策が十分に施されていることなどと併せて実施することで効果を現すと考えている。

今回の試験で使用したUVライトは、目に有害な紫外線（300nm以下）を放射しない特性をもっているが、近接位置で長時間の作業をする場合などは紫外線カット作用をもった眼鏡を着用することや直視をしないことの配慮が必要である。その他UVライトの種類によって放射する紫外線が異なるので、十分に確認して使用することが必要である。

## 謝 辞

本研究にあたり、クロマルの生態や試験方法のアイデアについてご教示いただいた岐阜大学応用生物科学部昆虫生態学教室、土田浩治教授に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 小出哲哉・山田佳廣・山本文秋・矢部和則. 2007. 紫外線カットフィルムがマルハナバチ2種の訪花活動に及ぼす影響(日本応用動物昆虫学会大会講演要旨(51). p.39)
- 樋口聡志. 2008. UVカットフィルム下でのクロマルハナバチの利用法について(第9回マルハナバチ利用技術研究会発表資料. p.1-5)
- 樋口聡志・行徳裕. 2009. 近紫外線除去フィルム下におけるクロマルハナバチの未帰巣数とバイトマーク率の関係(九州病害虫研究会報 第55巻. p.197)
- Lora A Morandin・Terence M Laverty・Robert J Gegeer・Peter G Kevan. 2002. Effect of greenhouse polyethylene covering on activity level and photo-response of bumble bees. (The Canadian entomologist. Volume134. p539-549)