

ISSN 1881-5502

# 研究報告

第 23 号

2014. 12

秋田県林業研究研修センター

# 目 次

1. 秋田県内での菌床シイタケ栽培における害虫（ハエ目、チョウ目）とその防除に関する研究	
－ カラートラップとLEDによる誘引・忌避効果の検討 －	
.....菅原冬樹・阿部実 .....	1～15



# 秋田県内での菌床シイタケ栽培における害虫（ハエ目、 チョウ目）とその防除に関する研究

## － カラートラップと LED による誘引・忌避効果の検討 －

菅原冬樹・阿部実

### Studies on control of the harmful insects ( **Diptera** and **Lepidoptera** ) occurring in *Lentinula edodes* cultivation in Akita prefecture

#### － Consideration of attractant and repellent effect using colored ribbon traps and the LED light source －

Sugawara Fuyuki, Abe Minoru

## 要 旨

本県の菌床シイタケ栽培において、クロバネキノコバエ類（主にチビクロバネキノコバエ）、ナガマドキノコバエ、ショウジョウバエ、ガガンボ類およびムラサキアツバが確認された。菌床シイタケ栽培施設の主な害虫であるクロバネキノコバエ類の発消長は、シイタケの発生時期と同調しており、シイタケの発生が繰り返されることで、その生息数は徐々に増加し、菌床が廃棄される約6ヶ月後にピークを迎えた。キノコバエ科とガガンボ科の飛翔昆虫は、自然条件下で成虫が生存していない時期に菌床シイタケ施設で確認されることから、外部からの侵入というよりは、施設の一角に潜んでいた個体が繁殖したと考えられる。

カラートラップを用いた色彩による誘引捕殺では、クロバネキノコバエ類は主に黄緑や黄、橙、ガガンボ類は黄緑や黒、茶の色彩に誘引効果が認められた。また、LED による誘引・忌避効果を調べた結果、クロバネキノコバエ類は、紫外線領域と 545～625nm の波長領域に誘引効果が認められた。一方、ナガマドキノコバエは 450～590nm の波長領域に、ガガンボ類は 450～700nm の波長領域で忌避効果が認められた。従って、カラートラップと LED を利用した物理的な害虫防除法は、発生する全ての害虫に誘引効果を示した黄緑の色彩と 450nm より短い波長の光を組み合わせることで捕殺することが最も効果的であると考えられる。



## I. はじめに

農林家の貴重な収入源となっているきのこ栽培にとって、害菌・害虫に起因する収量の減少は、経営に大きなダメージを与える。特に菌床栽培では、一度発生すると大規模となり、その被害は甚大となりやすい傾向にある。きのこ生産者からの相談では、害菌や害虫に関する問い合わせが最も多く、早急な対処が求められている。

全国的に増え続けている菌床シイタケ栽培の害虫被害の実態を秋田県内で調査した結果、ケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae* による子実体の食害と奇形の誘発、および菌床への害菌伝播が認められた(菅原ら, 2011)。しかし、キノコバエ科 (**Mycetophilidae**) やガガンボ科 (**Tipulidae**) の幼虫による被害報告は多いものの、その種の同定や発生時期、およびその防除法の確立には至っていない。石谷ら(1994)は、千葉県のクロバネキノコバエ類として、ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella mali* , チバクロバネキノコバエ *Bradysia paupera* , チビクロバネキノコバエ *B. agrestis* を確認している。また、ナガマドキノコバエ *Neoempheria ferruginea* やオオショウジョウバエ *Drosophila immigrana* も報告されている(岩澤, 1999)。ガガンボ科では、オオキバネヒメガガンボ *Metalimnobia bifasciata* のシイタケ菌床での発生と子実体への侵入が報告され(堀田ら, 1996)、ヒメガガンボ類は、ダニ類のベクターとしても知られている(末吉ら, 2008)。また、ヤガ科のムラサキアツバ *Diomea cremate* の幼虫によるシイタケ菌床表面および子実体の食害が報告されている(吉松ら, 2003, 杉本ら, 2006)。

一方、その防除に関しては、ツクリタケクロバネキノコバエが捕虫用青色光に誘引されることから粘着シートとの併用による光誘引粘着トラップが考案され(岩澤ら, 2005)、ナガマドキノコバエも紫外線 LED と家畜用乳酸発酵液に誘引効果があるとの報告がある(阿部, 2010)。また、井戸ら(2005)は、浸水操作によるクロバネキノコバエ類の幼虫の除去について報告している。

光を防除に利用することは、誘蛾灯に代表されるように稲作や園芸作物の害虫防除として実用化されている。白熱灯、蛍光灯、水銀灯などで調べられ、主に短波長でエネルギーの強いものが有効であるとの報告事例が多い。光には、誘引だけではなく忌避効果も期待できる。夜行性のヤガ類は、夜間に飛来し、食害や産卵を行う。黄色系の光(570nm 付近)で忌避効果があり、交尾・産卵行動も抑制され、野菜などの食害を軽減することができる。その一方で、目的とする害虫の光源に対する反応が異なるため、効果的な防除のためには、異なる波長特性をもつ光源について比較しなければならない。近年、消費電力が少なく、長寿命である発光ダイオード(LED)が普及し、その特性である特定の波長を簡単に利用することから、光を利用した誘引・忌避効果について容易に調べることが可能となった。

そこで本報告では、菌床シイタケ栽培施設で被害を与える害虫の種類や発生時期について5年間調査し、カラートラップとLEDを用いて、色彩と光による誘引・忌避効果について検討した。

## Ⅱ. 材料および方法

### (1) カラートラップによる害虫の色彩に対する反応

横手市および仙北市の菌床シイタケ栽培施設で、カラートラップによる飛翔昆虫の捕獲調査を実施した(図1)。横手市の菌床シイタケ栽培施設の調査室内は、約650m<sup>2</sup>で部分的に自然光が射し込む鉄筋構造である。栽培品種は北研607号を使用し、栽培方法は上面栽培である。出入り口は、防虫ネットで覆われ、外部から昆虫類の侵入は防げる構造となっている。照明は、作業時のみ蛍光灯を点灯した。温度管理は、6:00から18:00まで22℃、18:00から6:00まで13℃に設定している。仙北市の菌床シイタケ栽培施設の調査室内は、約150m<sup>2</sup>で部分的に自然光が射し込み、断熱材で覆われたパイプハウス構造である。栽培品種は北研607号を使用し、栽培方法は発生初期に上面栽培で、約3ヶ月後からトレー栽培を行っている。出入り口は、防虫ネットで覆われ、外部から昆虫類の侵入は防げる構造となっている。照明は、作業時のみ蛍光灯を点灯した。温度管理は、6:00から18:00まで20℃、18:00から6:00まで13℃以下に設定している。

カラートラップは、透明な「捕獲用捕虫シート」(100×400mm、カモ井加工紙株式会社製)に各々14色のビニールテープ(赤、黄、青、緑、白、黒、金、空、橙、灰、茶、黄緑、ピンク、紫、金、ヤマト株式会社)を貼り付け調製した。対照として透明な捕獲用捕虫シートと黄色の「新型虫捕りシート」(株式会社北研)を用いた。これら16種のトラップを1セットとして、栽培施設内2箇所の高さ1.8mの高さに2セット設置した。場所の違いによる影響を避けるため、シート交換時には前回と異なる位置に設置した。各色粘着シートの設置は、2012年2月1日から2月15日までの2週間とし、1週間ごとに交換回収し、付着した害虫の種類と個体数を調査した。



図-1 カラートラップによる成虫の捕獲(横手市)

図-2 LEDによる害虫の誘引・忌避(横手市)

### (2) 発光ダイオード(LED)による害虫の誘引・忌避効果の検討

「(1) カラートラップによる害虫の色彩に対する反応」と同様に透明な「捕獲捕虫シート」

を設置し、発光ダイオード（LED）による害虫の誘引・忌避効果について、横手市及び仙北市の菌床シイタケ栽培施設で2010年から2012年の3年間実施した（図2）。調査期間は、横手市の生産施設で2010年1月4日から2010年6月3日、2010年9月22日から2011年6月8日及び2011年10月26日から2012年2月1日に、仙北市の生産施設で、2010年1月7日から2010年6.18、2010年9月1日から2011年6月15日及び2011年8月3日から2012年2月1日とした。LEDランプは、横手精工株式会社製のピーク波長が450nmの青、545nmの緑、590nmの黄、625nmの橙、660nmの赤と白色の6種類とし、対照区としてピーク波長が254nmの紫外線ランプ（GL15、東芝ライテック株式会社）と無灯区を設定した。各種光源の特性は、携帯型分光放射計MS-720（英弘精機株式会社）を用いて測定した。使用する電照資材の特徴を図3と表1に示す。青LED（450nm、図3左図）、緑LED（545nm）、黄LED（590nm）、橙LED（625nm）、赤LED（660nm）からは、それぞれ単一波長の光が照射され、それ以外の波長光は照射されない。白LEDは、470nmにピークをもつ波長光と500nmから700nmの範囲の光を照射する。一方、蛍光灯は、405nm、435nm、546nm及び579nmにピークをもち、308nmから700nmの範囲の光を照射する（図3右図）。また、光源からの距離と角度の違いによる放射照度は、LI-250A Light Meter（LI-COR Biosciences社製）を用いて測定した。LEDと紫外線ランプを栽培施設内7箇所の高さの約1.8mの高さに取り付け、光源から30cmの距離で左右45°の角度の位置に透明な「捕獲捕虫シート」を設置した。各種光源の設置位置は、定期的に移動した。その際、光源からの距離と角度の違いによる放射照度を測定した（表2）。蛍光灯は広範囲に光が照射されるが、LEDは真下に光が放射され、左右45°には放射されにくい。このような条件の光源を用いて、横手市と仙北市の生産施設で光源1箇所あたり2枚の粘着シートとし、1週間ごとに交換回収し、付着した成虫の種類と個体数を調査した。加えて、仙北市の生産施設では2010年1月から2014年3月までの5年間、「新型虫捕りシート」に捕獲された成虫の種類について調査した。

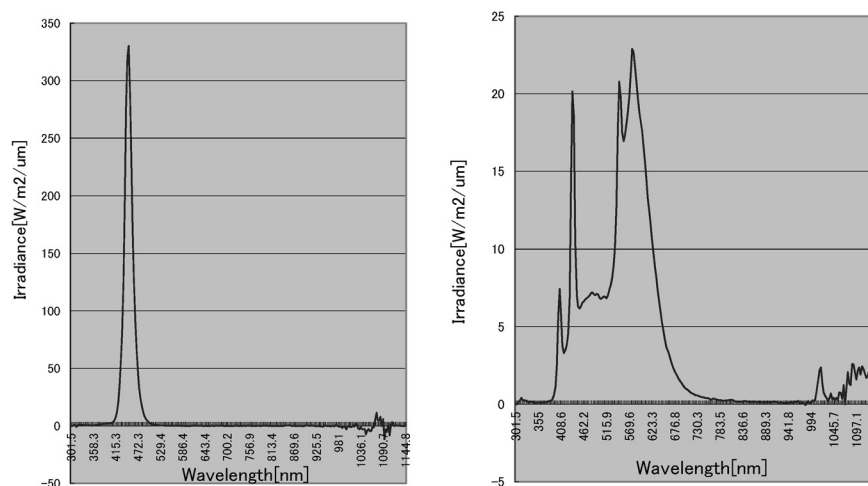


図-3 青色LED（左図）と蛍光灯（右図）の波長

表-1 供試光源の特徴

	照度(illuminance) ( lx )	光量子束密度(photon flux density) ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ )	放射照度(irradiance) ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	波長(wavelength) ( nm )
青LED (B)	277.2	33.0	8.7	450
緑LED (G)	1097.1	8.5	1.9	545
黄LED (Y)	293.8	2.9	0.6	590
橙LED (O)	356.6	7.2	1.4	625
赤LED (R)	133.0	13.8	2.5	660
白LED (W)	954.0	13.7	3.1	-
蛍光灯 <sup>※</sup>	1044.8	13.2	2.9	-

※: ナショナルラビットスター FLR OS WM-X 40W

表-2 光源からの距離と角度の違いが放射照度( $\text{Wm}^2$ )へ与える影響

光源からの距離 照射角度	30cm			1m		
	真下	45° 右	45° 左	真下	45° 右	45° 左
青LED (B)	1560	200	94	248	93	83
緑LED (G)	850	40	35	108	47	40
黄LED (Y)	360	30	19	32	7	11
橙LED (O)	1070	197	225	102	38	45
赤LED (R)	1525	195	66	144	30	26
白LED (W)	2690	37	53	250	9	9
蛍光灯 <sup>※</sup>	1600			426		

### Ⅲ. 結果

#### (1) カラートラップによる害虫の色彩に対する反応

カラー粘着トラップによる飛翔昆虫の色彩に対する反応を調べた結果を図 4, 5 に示す。

横手市生産施設で飛翔昆虫が多く誘引された色彩は、緑、黄緑、黄、橙、黒および「新型虫捕りシート」の黄色で、透明な「捕獲用捕虫シート」と比較して 5% レベルで有意な差が認められた。特に黄緑、黄、橙および「新型虫捕りシート」の黄色で透明な「捕獲用捕虫シート」の 2~3 倍程度捕獲された (図 4)。捕獲された昆虫の中には、クロバネキノコバエ類に混じってやや大型のキノコバエが若干見られ、翅の中央やや上にある横長の長方形で囲まれた部位があり (短辺が濃い)、胸部背面の黄色と黒の虎模様があることからナガマドキノコバエと同定された (図 6)。捕獲された飛翔昆虫は、クロバネキノコバエ類とナガマドキノコバエの 2 種が確認されたが、その大多数がクロバネキノコバエ類である。

仙北市栽培施設では、クロバネキノコバエ類、ナガマドキノコバエ及びガガンボ類の 3 種を確認した。誘引効果が認められた色彩は「新型虫捕りシート」の黄で、透明な「捕獲用捕虫シート」の約 2 倍捕獲され、5% レベルで有意な差が認められた (図 5)。また、有意差は認められなかったものの、橙にクロバネキノコバエが多く誘引された。さらに、調査期間中にカラートラップで捕獲されたガガンボ類の総個体数を図 7 に示す。ガガンボ類は、「新型虫捕りシート」の黄色に誘引効果は見られず、緑、黄緑、金、赤、茶および黒で多く捕獲された。

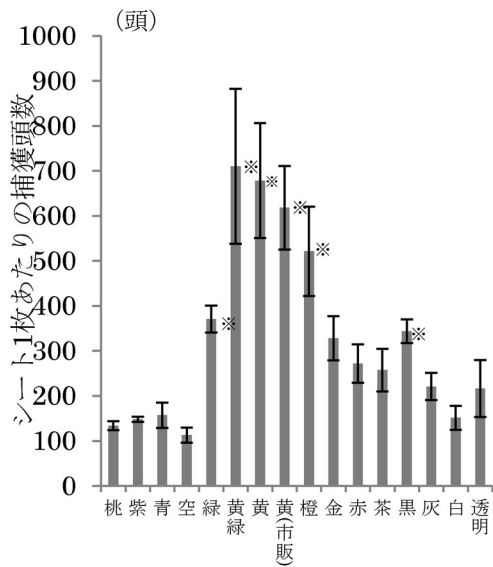


図-4 カラートラップで捕獲された害虫の平均個体数  
(横手市)

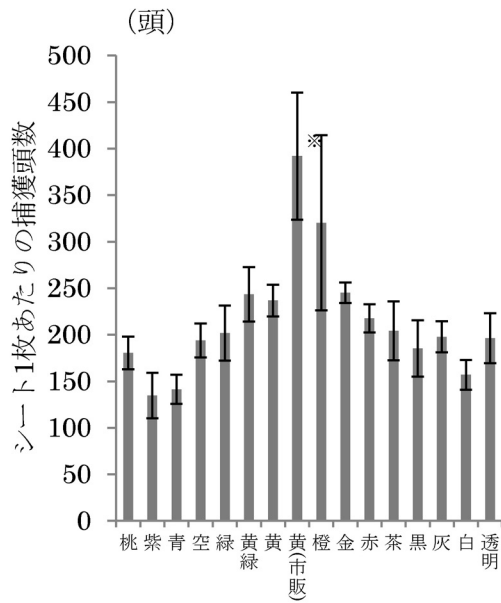


図-5 カラートラップで捕獲された害虫の平均個体数  
(仙北市)

エラーバーは標準誤差を示す。 ※は透明シートを対照としたときに有意差あり(Dunnett,  $p < 0.05$ )

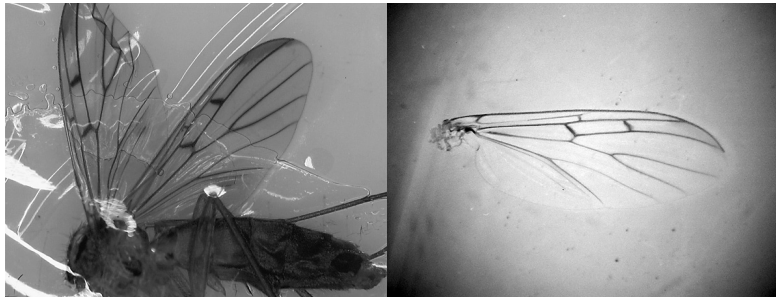


図-6 捕獲されたナガマドキノコバエの胸部(左)と翅脈(右)

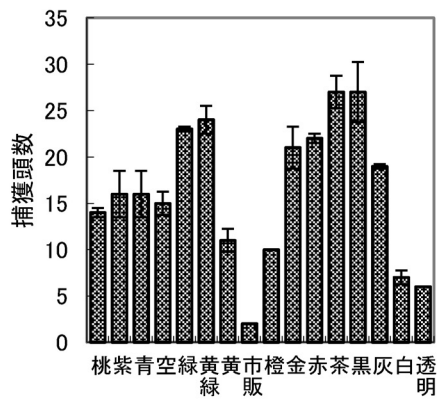


図-7 調査期間中にカラートラップで捕獲されたガガンボ類の総個体数(仙北市)  
エラーバーは標準誤差を示す。

## (2)発光ダイオード (LED) による害虫の誘引・忌避効果の検討

### 【横手市生産施設】

3年間の調査期間中、クロバネキノコバエ類、ナガマドキノコバエおよびガガンボ類の3種を確認した。捕虫シートに捕獲された成虫の時期別変動を図8, 9, 10に示す。捕獲された全成虫の9割以上がクロバネキノコバエ類であるため、図8~10の変動は、クロバネキノコバエ類の変動パターンとほぼ一致する。クロバネキノコバエ類は、11月上旬から12月中旬(1回目)、1月中旬から2月下旬(2回目)および4月中旬以降(3回目)に増殖する。クロバネキノコバエ類の発生消長は菌床操作と関連性が認められた。1回目と2回目のピークは子実体収穫終了後に現れ、3回目のピークは発生操作後、約6ヶ月を経過した老化菌床が入っている状態にあった。また、調査期間ごとに捕獲された光源別クロバネキノコバエ類のシート1枚あたりの平均頭数を表3に示す。全調査期間で紫外線ランプは、クロバネキノコバエ類を0.1%レベルで有意に誘引した。また、黄LEDは、2010年1月4日から2010年6月3日の調査では5%レベルで、2010年9月22日から2011年6月8日の調査では、0.1%レベルで有意な誘引効果が認められたが、2011年10月26日から2012年2月1日の調査では、黄LEDに有意差は認められなかった。一方、2011年10月26日から2012年2月1日の調査では、橙LEDで1%レベル、緑LEDは5%レベルで有意差が認められた。全調査期間の平均捕獲頭数で見ると、紫外線ランプは0.1%レベル、黄LEDが1%レベル、緑LEDが5%レベルでクロバネキノコバエ類の捕獲に有意な誘引効果が認められた。

次に、ナガマドキノコバエ成虫について、2010年9月22日から2011年6月8日の光源別捕獲数の変動を図11に示し、2010年9月22日から2011年6月8日及び2011年10月26日から2012年2月1日の光源別捕獲数を表4に示す。ナガマドキノコバエは、シイタケ発生操作直後から現れ、12月上旬頃から徐々に増え始め、3月下旬以降に一気に増殖し、幼虫による子実体への付着や食害が確認された。9月から3月までは個体数に大きな変動はなく、捕虫シート1枚当たり2頭以下で推移するため、その被害は微害である。しかし、シイタケ発生操作後約6ヶ月を経過した老化した菌床が入っている3月下旬以降は個体数が増加し、幼虫の食害による菌床や子実体への被害も甚大となりやすい。調査期間毎と全調査期間の平均捕獲頭数について、誘引効果の知られている紫外線ランプを対照区としてダネット検定をおこなったところ、全ての試験区間で有意差は認められなかった。しかし、全調査期間の平均捕獲頭数で見ると、無点灯区は紫外線ランプと同程度に捕獲できたが、LED照射は紫外線ランプおよび無点灯区と比較して、捕獲頭数が少なかった。

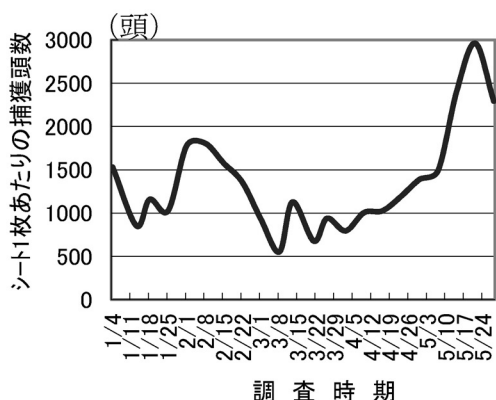


図-8 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2010.1.4～2010.6.3)

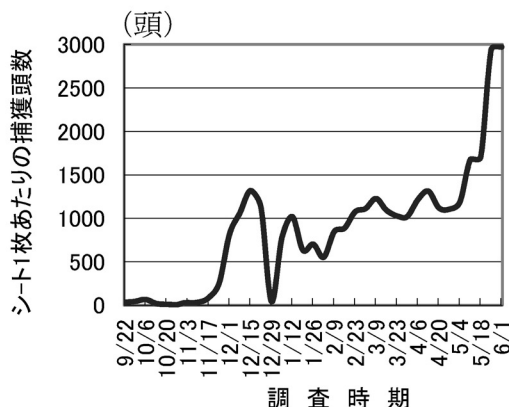


図-9 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2010.9.22～2011.6.8)

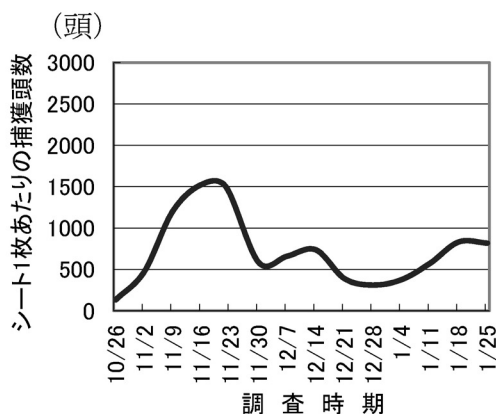


図-10 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2011.10.26～2012.2.1)

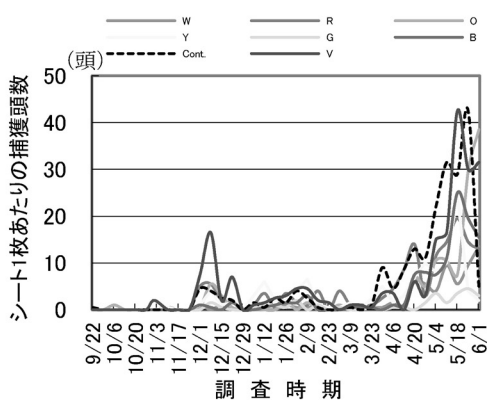


図-11 光源別のナガマドキノコバエ成虫捕獲頭数の変動 (2010.9.22～2011.6.8)

凡例は表1と同様, Cont.: 無点灯

表-3 各種光源でのクロバネキノコバエ類成虫の捕獲頭数(横手市生産施設)

	調査期間			全調査期間の平均捕獲数
	2010.1.4～2010.6.3	2010.9.22～2011.6.8	2011.10.26～2012.2.1	
青LED (B)	851.6 ± 106.6 <sup>a</sup>	430.9 ± 57.1	659.7 ± 167.2	601.6 ± 57.6
緑LED (G)	1668.2 ± 165.4	795.0 ± 132.2	884.6 ± 83.4 <sup>**</sup>	1075.3 ± 101.3 <sup>**</sup>
黄LED (Y)	1719.1 ± 205.9 <sup>**</sup>	1624.5 ± 244.2 <sup>***</sup>	712.1 ± 144.8	1478.0 ± 147.7 <sup>***</sup>
橙LED (O)	792.5 ± 101.5	281.6 ± 37.5	1083.6 ± 147.4 <sup>**</sup>	589.4 ± 59.6
赤LED (R)	1503.4 ± 151.2	881.6 ± 203.4	258.3 ± 38.2	949.4 ± 123.9
白LED (W)	1125.6 ± 122.9	506.3 ± 55.8	688.9 ± 214.2	727.9 ± 69.2
無点灯	1148.1 ± 156.5	589.4 ± 85.8	378.5 ± 54.1	698.9 ± 70.1
紫外線ランプ (V)	3489.1 ± 284.6 <sup>***</sup>	2181.7 ± 206.4 <sup>***</sup>	1180.2 ± 113.9 <sup>***</sup>	2212.4 ± 140.3 <sup>***</sup>

a: 平均値 ± 標準誤差

※: Dunnett test,  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

表-4 各種光源でのナガマドキノコバエ成虫の捕獲頭数(横手市生産施設)

	調査期間		全調査期間の平均捕獲数
	2010.9.22～2011.6.8	2011.10.26～2012.2.1	
青LED (B)	2.9 ± 1.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.2	2.2 ± 0.7
緑LED (G)	0.7 ± 0.2	1.6 ± 0.6	1.0 ± 0.2
黄LED (Y)	3.0 ± 0.8	0.3 ± 0.2	2.3 ± 0.6
橙LED (O)	3.4 ± 1.3	1.1 ± 0.3	2.8 ± 1.0
赤LED (R)	3.8 ± 0.9	0.9 ± 0.3	3.0 ± 0.7
白LED (W)	1.7 ± 0.5	1.1 ± 0.4	1.5 ± 0.4
無点灯	5.5 ± 1.6	0.9 ± 0.2	4.3 ± 1.2
紫外線ランプ (V)	5.7 ± 1.8	0.6 ± 0.3	4.3 ± 1.2

a: 平均値 ± 標準誤差

### 【仙北市生産施設】

発生した飛翔昆虫は、クロバネキノコバエ類、ナガマドキノコバエ、ショウジョウバエ、ガガンボ類およびムラサキアツバである。捕虫シートに捕獲された飛翔昆虫の時期別変動を図 12, 13, 14 に示す。横手市生産施設と同様、捕獲された全成虫の 9 割以上がクロバネキノコバエ類である。従って、図 12~14 の変動はクロバネキノコバエ類の変動パターンとほぼ一致する。クロバネキノコバエ類は、9 月下旬から 12 月中旬（1 回目）、1 月上旬から 2 月中旬（2 回目）および 2 月中旬以降（3 回目）に増殖し、横手市生産施設と同様、その発生活長は子実体発生操作と関連していた。また、調査期間ごとに捕獲された光源別クロバネキノコバエ類の平均頭数を表 5 に示す。2010 年 1 月 7 日から 2010 年 6 月 18 日の調査では、無点灯区を対照としてダネット検定を行った結果、紫外線ランプはクロバネキノコバエ類を 0.1% レベルで有意に誘引した。また、橙 LED は 5% レベルで忌避効果を示した。2010 年 9 月 1 日から 2011 年 6 月 15 日の調査では、緑と黄 LED に 0.1% レベルで誘引効果があり、白 LED も 5% レベル誘引効果が認められ、2011 年 8 月 3 日から 2012 年 2 月 1 日の調査では、緑 LED に 0.1% レベルで有意な誘引効果が認められた。全調査期間の平均捕獲頭数についてみると、緑と黄 LED に 5% レベルで有意な誘引効果が見られ、青と赤 LED に 5% レベルで有意な忌避効果が確認された。

ガガンボ類の光源別捕獲数の変動を図 15 に、光源別捕獲数を表 6 に示す。ガガンボ類は、2 月以降に増殖が見られ、9 月から 1 月までは個体数に大きな変動はなく、捕虫シート 1 枚当たり 2 頭以下で推移した。また、無点灯区を対照としてダネット検定をおこなったところ、全ての LED 点灯区で有意差は認められなかった。しかし、全調査期間の平均捕獲頭数では、有意差はなかったものの無点灯区と比較して、LED 照射区では捕獲頭数が減少した。

ナガマドキノコバエの時期別変動を図 16, 17 に、光源別捕獲数を表 7 に示す。図 16, 17 より、4 月以降成虫が観察され、主に 8 月下旬から 10 月中旬まで個体数が増加し、幼虫による子実体への付着や食害が確認された。12 月下旬から 3 月までは、棲息数は激減し、捕虫シート 1 枚当たり 1 頭以下で推移した。表 7 より、無点灯区を対照としたダネット検定をおこなったところ、全調査期間において、黄と白 LED 区に 1% レベルで有意な捕獲頭数の増加が認められた。



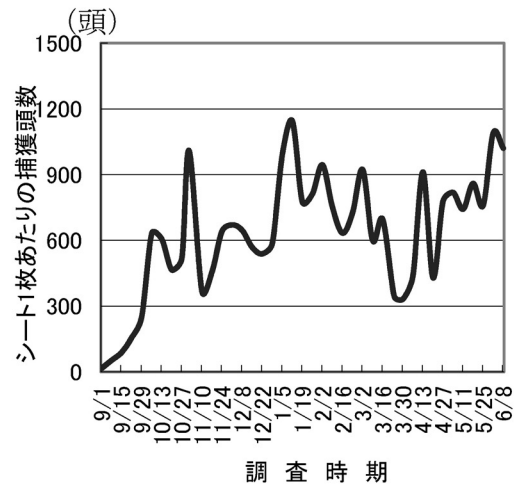
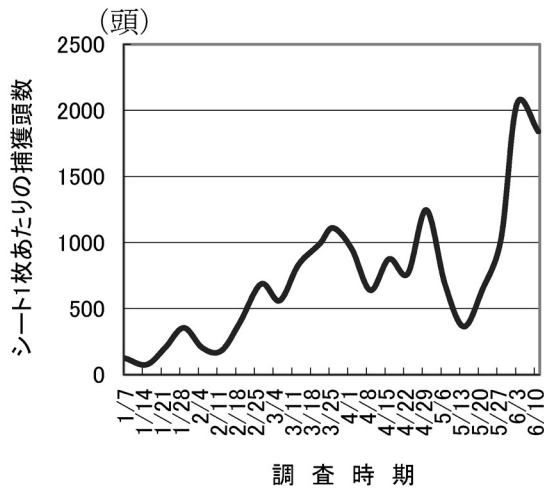


図-12 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2010.1.7~2010.6.18) 図-13 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2010.9.1~2011.6.15)

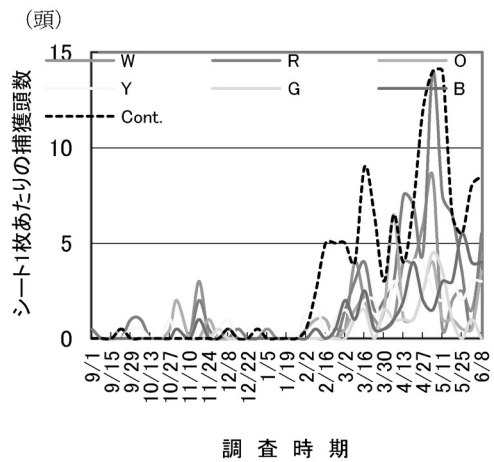
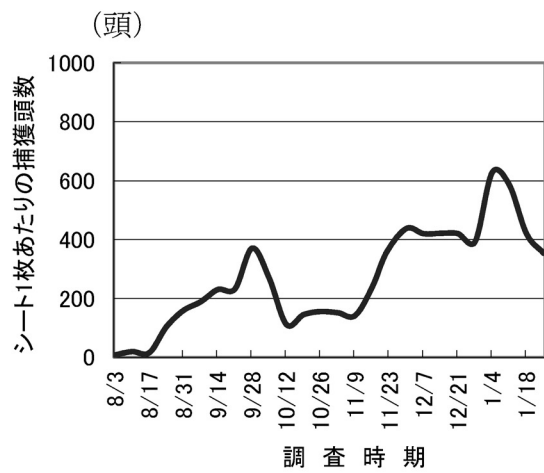


図-14 成虫捕獲頭数の時期別変動 (2011.8.3~2012.2.1) 図-15 光源別のガガンボ類成虫捕獲頭数の変動 (2010.9.1~2011.6.15)

凡例は表1と同様, Cont.: 無点灯

表-5 各種光源でのクロバネキノコバエ類成虫の捕獲頭数(仙北市生産施設)

	調査期間			全調査期間の平均捕獲数
	2010.1.7~2010.6.18	2010.9.1~2011.6.15	2011.8.3~2012.2.1	
青LED (B)	626.2 ± 92.6 <sup>a</sup>	317.9 ± 28.5 <sup>**</sup>	160.1 ± 18.8	351.1 ± 33.0 <sup>**</sup>
緑LED (G)	945.4 ± 149.8	872.9 ± 88.6 <sup>***</sup>	496.4 ± 106.3 <sup>***</sup>	782.7 ± 66.1 <sup>**</sup>
黄LED (Y)	642.1 ± 104.8	922.5 ± 69.3 <sup>***</sup>	261.4 ± 35.5	659.8 ± 51.8 <sup>**</sup>
橙LED (O)	536.9 ± 88.7 <sup>**</sup>	593.9 ± 56.7	286.6 ± 31.7	490.5 ± 38.1
赤LED (R)	657.4 ± 100.0	349.8 ± 25.5	103.0 ± 12.5	357.1 ± 35.5 <sup>**</sup>
白LED (W)	652.5 ± 104.1	728.8 ± 63.4 <sup>**</sup>	307.4 ± 49.4	587.6 ± 45.8
無点灯	886.6 ± 121.8	522.1 ± 64.3	186.4 ± 26.3	508.4 ± 50.5
紫外線ランプ (V)	1425.4 ± 216.3 <sup>***</sup>			1425.4 ± 72.5 <sup>***</sup>

a: 平均値 ± 標準誤差

※: Dunnett test,  $p < 0.05$ , ※※:  $p < 0.01$ , ※※※:  $p < 0.001$

表-6 各種光源でのガガンボ類成虫の捕獲頭数(仙北市生産施設)

	調 査 期 間			全調査期間の平均頭数
	2010. 1. 7 ~ 2011. 6. 18	2010. 9. 1 ~ 2011. 6. 15	2011. 8. 3 ~ 2012. 2. 1	
青LED (B)	1.6 ± 3.1 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.2	0.5 ± 0.7	1.0 ± 0.2
緑LED (G)	2.0 ± 5.0	0.5 ± 0.2	0.3 ± 0.5	0.8 ± 0.3
黄LED (Y)	1.1 ± 2.3	1.7 ± 0.2	0.5 ± 0.7	0.9 ± 0.2
橙LED (O)	0.7 ± 1.4	0.8 ± 0.2	0.3 ± 0.5	0.6 ± 0.1
赤LED (R)	1.2 ± 2.5	1.9 ± 0.5	0.4 ± 0.5	1.3 ± 0.3
白LED (W)	2.5 ± 7.3	1.1 ± 0.3	0.7 ± 0.9	1.4 ± 0.4
無点灯	1.6 ± 3.3	3.1 ± 0.6	0.6 ± 0.7	2.0 ± 0.4

a : 平均値 ± 標準誤差

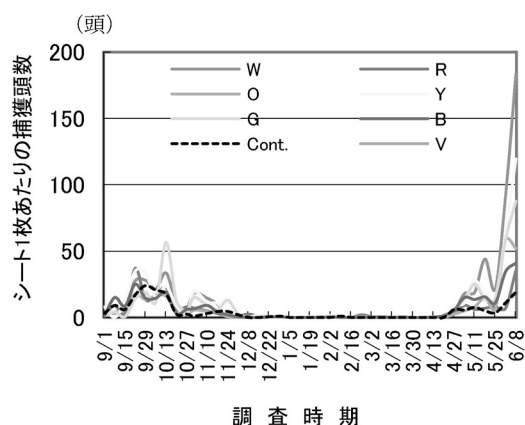


図-16 光源別のナガマドキノコバエ成虫捕獲頭数の変動

(2010.9.1~2011.6.15)

凡例は表1と同様, Cont.: 無点灯

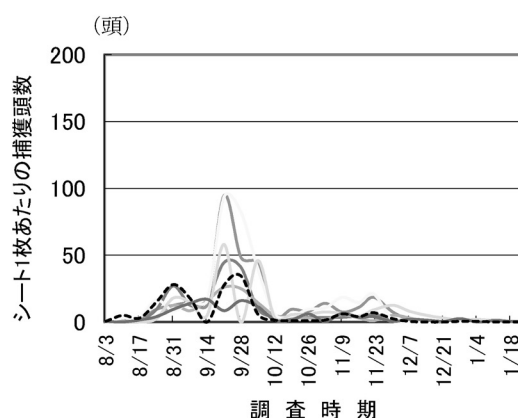


図-17 光源別のナガマドキノコバエ類成虫捕獲頭数の変動

(2011.8.3~2012.2.1)

凡例は表1と同様, Cont.: 無点灯

表-7 各種光源でのナガマドキノコバエ成虫の捕獲頭数(仙北市生産施設)

	調 査 期 間		全調査期間の平均捕獲数
	2010. 9. 1 ~ 2011. 6. 15	2011. 8. 3 ~ 2012. 2. 1	
青LED (B)	6.5 ± 1.5 <sup>a</sup>	4.4 ± 1.0	5.7 ± 1.0
緑LED (G)	9.5 ± 2.8	8.4 ± 2.7	9.1 ± 2.0
黄LED (Y)	11.1 ± 3.4 <sup>**</sup>	14.0 ± 4.7 <sup>**</sup>	12.2 ± 2.7 <sup>**</sup>
橙LED (O)	5.9 ± 1.9	5.5 ± 1.4	5.8 ± 1.3
赤LED (R)	5.3 ± 1.4	7.5 ± 2.4	6.2 ± 1.2
白LED (W)	13.9 ± 5.0 <sup>**</sup>	12.6 ± 4.1 <sup>**</sup>	13.4 ± 3.4 <sup>**</sup>
無点灯	4.3 ± 1.0	6.3 ± 1.9	5.1 ± 1.0

a : 平均値 ± 標準誤差

\*\* : Dunnett test, \*\*:  $p < 0.01$

#### IV. 考察

キノコ栽培では、害虫駆除のための農薬使用は認可されておらず、紫外線ランプを用いた捕虫・捕殺器や粘着シートなどで対処している。本県の生産施設でも被害の報告はあるものの、害虫の種類や発生時期、詳細な被害実態については知られていない。今回調査し

た2箇所の菌床シイタケ栽培施設から、クロバネキノコバエ類（主にチビクロバネキノコバエ）、ナガマドキノコバエ、ショウジョウバエ、ガガンボ類およびムラサキアツバが確認された。これらの昆虫は、菌床シイタケの害虫として知られており、キノコバエ科やガガンボ科の幼虫は、菌床や子実体を食害する（坂田ら，1999，岡部，2006，川島ら，2010，北島，2012）。また、ヤガ科のムラサキアツバは、幼虫が菌床表面や内部にまで侵入し菌床や子実体を食害する。その結果、幼虫による菌床の損傷により収量が激減し、成虫が包装パック内に混入し、子実体内部や菌傘内側に棲息する幼虫を発見できずに出荷するなど問題となるケースが後を絶たない。そのため、生産現場では、害虫の駆除を行うとともに包装パック時に幼虫の有無を確認し、成虫が混入しないよう注意を払う必要がある。今回の調査で秋田県内での菌床シイタケ栽培において、ナガマドキノコバエとムラサキアツバによる被害が初めて観察された。ナガマドキノコバエは、今回調査した両施設で確認されたが、県内全域で幼虫による食害が多数認められている。また、ムラサキアツバは、仙北市生産施設で確認されたが、2012年に湯沢や羽後でも幼虫による食害を確認しており、今後、被害の拡大が懸念される。

クロバネキノコバエ類の発生時期は、シイタケの発生と同調していた。施設内に新たな菌床搬入時には、施設内でクロバネキノコバエ類は確認されないが、シイタケの発生が繰り返されることで、徐々に増加し、その生息数は菌床が廃棄される約6ヶ月後にピークを迎える。ナガマドキノコバエは3月下旬から10月に、ショウジョウバエは5月から10月にかけて生息が確認された。また、ガガンボ類は2月から8月、ムラサキアツバは5月に確認された。特にキノコバエ科とガガンボ科の飛翔昆虫は、自然条件下で存在しない時期に菌床シイタケ施設で確認された。おそらく外部からの侵入というよりは、施設の一角に潜んでいた個体が繁殖したものと考えられる。菌床シイタケ栽培施設は、1年を通して10℃以上の温度に保たれており、飛翔昆虫にとっては好適な環境となっている。従って、新たな菌床に入れ替える際は、1週間以上施設を開放して十分に乾燥させた後、薬剤による燻蒸を行うことで、施設内の害虫を死滅させることが可能である。しかし、周囲を防虫ネットで覆っていても栽培過程で、人間を介して施設内に飛翔昆虫が侵入し、繁殖を繰り返した結果、個体数が増加し、生産に甚大な被害をもたらすことも事実である。そのため、早期に害虫を発見し、生息密度が高くなるように管理しながら安定生産を継続することが大切である。

害虫の物理的防除法の中には、色彩や光を利用したものが多い。これは、色彩や光に対する昆虫の誘引性や忌避性を利用したものである。誘引性の利用では、昼行性の昆虫類の中には、黄色粘着トラップに誘引・捕殺される種類が知られている。黄色に誘引される昆虫類としては、ウンカ類、ヨコバイ類、アブラムシ類、コナジラミ類、アザミウマ類、ハモグリバエ類など農作物の害虫が含まれており、黄色粘着シートはこれらの害虫の重要な物理的防除法にもなっている（松本，2012）。忌避性の利用では、夜行性の害虫であるヤガ類やカメムシ類の黄色灯による行動抑制効果や交尾阻害による防除効果が実証されている（平間ら，2007）。

仙北市生産施設では、カラートラップによる害虫の色彩に対する反応において、2月上旬の冬期間に調査したにもかかわらず、7日間で粘着トラップ1枚あたり、100～750頭の成虫が捕獲され、施設内で繁殖が繰り返されていた(図4, 5)。クロバネキノコバエ類を捕殺する場合は黄緑、黄及び橙を用い、ガガンボ類を捕殺する場合は黒や茶のカラートラップを用いることが効果的である。図5から、「新型虫捕りシート」と黄色粘着シートは、同じ黄色系統であっても誘引性に大きな差が認められた。クロバネキノコバエ類は、黄色系統の色調に誘引性が高いが、特に「新型虫捕りシート」はJIS規格の色名による“さえた黄”で、最も高い誘引性を示した。一方、横手市生産施設の結果では、クロバネキノコバエ類が黄色系の色調に誘引性を示したが、黄緑や黄色も「新型虫捕りシート」と同様に誘引性が見られた(図4)。この施設間での色に対する誘引性の違いは、カラートラップが反射する光質に依存したものと考えられる。施設内には、蛍光灯や間接的に自然光を取り込む窓があり、それらの光の反射が影響したと考えられる。ガガンボ類は、黄緑や黒、茶の色彩に誘引効果が認められた(図7)。ナガマドキノコバエも緑や黄緑で捕獲できることから、全ての害虫に対して誘引性を示した黄緑のトラップが害虫の捕獲に最も効果的と言える。また、カラートラップによる飛翔害虫の誘殺は、施設内に侵入した害虫の種やおおまかな生息密度の把握が可能となるため、発生予察にも活用できる。

また、LEDによる誘引・忌避効果を調べた結果、クロバネキノコバエ類は、紫外線領域と545～625nmの波長領域に誘引効果が認められた。一方、ナガマドキノコバエは450～590nmの波長領域に、ガガンボ類は450～700nmの全波長領域で忌避効果が認められた。クロバネキノコバエ類は、黄色を中心とした545～625nmの波長領域で誘引効果を認めたが、使用する際は補色関係や混色現象に注意する必要がある。例えば660nmにピーク波長を持つ赤と545nmにピーク波長を持つ緑を同時に照射すると見た目は黄色になる。また、590nmにピーク波長を持つ黄も黄色に見える。すなわちLEDを用いたスペクトル光のような単色の黄と、赤と緑の混じった混色の黄がある。他にも赤と緑は補色の関係にあり、白色光から緑の波長光を除くと赤に見える。同じように白色光から赤の波長光を除くと緑になる。緑色にクロバネキノコバエ類の誘引効果が見られたが、おそらく白色光から赤の波長光を除いた緑色光には反応しないと考えられ、実用化の際にはこの点に注意を要する。今回は、紫外線領域を除いた450nmより短い波長領域について調査していないため、捕殺に最も有効な波長領域は不明である。今後は、これらの波長領域について詳細な検討が必要である。

以上の結果をまとめると、両施設で捕獲された飛翔昆虫の種類は、クロバネキノコ類、ナガマドキノコバエ、ショウジョウバエ、ガガンボ類およびムラサキアツバであった。飛翔昆虫の発生時期は、クロバネキノコバエ類は11月以降に見られ、特に5月以降、夏場にかけて増殖が確認された。ナガマドキノコバエは3月下旬～10月、ショウジョウバエは5月～10月、ガガンボ類は2月～8月、ムラサキアツバは5月に確認された。これらの飛翔昆虫の色彩と光を利用した物理的な害虫防除法は、発生する全ての害虫に誘引効果を示し

た黄緑の色彩と 450nm 以下の LED を組み合わせて捕殺することが最も効果的であると考えられる。

## 謝 辞

ナガマドキノコバエの同定結果と生態について情報をいただいた北島博氏（森林総合研究所森林昆虫研究領域）に深謝する。また、ご協力いただいた生産者および関係者の皆様にお礼申し上げる。

## 引用文献

- 阿部正範(2010)菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエ(*Neoempheria ferruginea* Brunetti)の誘殺器の開発. 徳島森林研究報告 6:1-4.
- 平間淳司・関憲一・細谷直輝・松井良雄(2007)黄色 LED 光源を用いた物理的害虫防除装置の試作—ヤガ類の行動観察結果—. 植物環境工学 19(1):34-40.
- 堀田義昭・岩澤勝巳・石谷栄次(1996)千葉県におけるオオキバネヒメガガンボ(*Metalimnobia bifasciata*)の発生と防除試験. 日林関東支論 48:83-84.
- 井戸好美・大橋章博(2005)シイタケの上面発生時に多発するキノコバエ類の浸水処理による防除. 岐阜県森林研究報告 34:33-36.
- 井戸好美・大橋章博(2005)岐阜県の菌床シイタケ栽培施設におけるキノコバエ類の被害. 岐阜県森林研究報告 34:7-10.
- 石谷栄次・笹川満廣(1994)千葉県の菌床きのこ栽培施設に発生するクロバネキノコバエ類. 日林論 105:71-72.
- 岩澤勝巳(1999)菌床シイタケ生産施設に発生したナガマドキノコバエとオオショウジョウバエの捕獲試験. 日林関東支論 50:167-168.
- 岩澤勝巳・石谷栄次(2005)千葉県で発生したきのこ害虫と防除法の検討(続). 森林防疫 54(10):213-219.
- 川島祐介・國友幸夫(2010)菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの生態と防除に関する研究. 群馬林業試験研究報告 15:1-15.
- 北島博・川島祐介(2012)菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエ成虫の生存日数, 産卵数, および孵化率に対する餌および温度の影響. 日本林学会誌 94:209-213.
- 北島博(2012)日本におけるきのこ害虫の生態と防除方法. 日本きのこ学会誌 20(2):116-118.
- 松本英治(2012)黄色粘着トラップでの捕獲によるアスパラガスのネギアザミウマの冬季防除. 農耕と園芸 3:123-126.
- 岡部貴美子(2006)日本における食用きのこの害虫. 森林総合研究所研究報告 5(2):119-133.
- 坂田勉・瀧謙治・荊尾ひとみ(1999)ナガマドキノコバエによるシイタケ子実体食害とその防除の試み. 森林応用研究 8:225-226.

- 末吉昌宏・岡部貴美子・中村剛之(2008)キノコを利用するガガンボ、ガガンボを利用するダニ. 九州の森と林業 83:1-3.
- 菅原冬樹・阿部実・戸田武・福島淳・藤晋一・古屋廣光(2011)きのこの害菌防除に関する研究. 秋田県森技研 1-22.
- 杉本博之・井上祐一(2006)シイタケ菌床栽培施設に発生したムラサキアツバの生態. 森林防疫 55(5):92-95.
- 吉松慎一・仲田幸樹(2003)シイタケの害虫としてのムラサキアツバ (鱗翅目: ヤガ科). 昆虫 6:101-102.

## 研究報告（第23号）

平成26年12月発行

編 集 編集委員長 福井敬二

編 集 委 員 松橋久敏, 金子智紀, 須田邦裕, 松本浩和,  
小木田隆雄

発 行 秋田県秋田市河辺戸島字井戸尻台47-2

**秋田県林業研究研修センター**

郵便番号 019-2611

T E L 018-882-4511

F A X 018-882-4443

U R L <http://www.pref.akita.lg.jp> (美の国あきたネットからアクセス)

e - mail forest-c@pref.akita.lg.jp

BULLETIN  
OF  
THE AKITA FOREST RESEARCH AND TRAINING CENTER  
No. 23 2014. 12

- 1 . Studies on control of the harmful insects ( **Diptera** and **Lepidoptera** ) occurring in *Lentinula edodes* cultivation in Akita prefecture
- Consideration of attractant and repellent effect using colored ribbon traps and the LED light source —

Sugawara Fuyuki, Abe Minoru ······ 1~15