

<調査2> 取得画像の目視識別による識別能力の評価>

1) 調査の目的

撮影画像を目視で識別・計測し、同システムの識別能力を検証する。

2) 調査方法

(1) 調査対象

ウンカ類（トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ）※1、

ツマグロヨコバイ、ミナミアオカメムシ、コブノメイガ、イネツトムシ※2

※1 ウンカ類については、画像のみでの識別は困難だったため、疑義虫として計測した。また、ミナミアオカメムシとアオクサカメムシについても判別が困難であったため、同一虫として計測した。

※2 コブノメイガと合算してカウントされるイネツトムシについては、本調査では確認されなかった。

(2) 調査方法

調査1の2023年8～9月における計61日分の撮影画像（2709枚）について、調査対象の誘殺数を目視で識別・計測し、LEDシステムの自動識別による計数結果と比較した。

(3) 結果および考察

目視識別とLEDシステムによる識別の結果を表11に示した。

害虫種ごとの認識率（その害虫種として認識した割合）はいずれも約85～100%と高かったが、正解率（目視とLEDシステムの判定が一致した割合）については、虫種によって差が見られた。

ウンカ類とコブノメイガについては、誤認識が頻発したことで正解率は0～約7%と低かった。誤認識される対象としては、ウンカ類は体色の似たヨコバイ類や他のウンカ類、コブノメイガについては他の蛾類が主であった（図24）。なお、コブノメイガは背景に残った汚れや虫体の一部を誤認識した（図25）割合が全体の約21%を占めており、背景の清掃能力を向上させることで、正解率も向上する可能性がある。また、トビイロウンカ、セジロウンカ、コブノメイガについては、目視識別でその虫種と認められた個体は、LEDシステムでも全て正しく識別されていたため、本調査の条件では似た形態を持つ虫が多数誘殺されることで、正解率が低下していると考えられた。ヒメトビウンカについては、目視でヒメトビウンカと識別した個体が、LEDシステムでは全てトビイロウンカやセジロウンカとして識別されており（図24）、システム自体の識別精度を向上させる必要がある。

ツマグロヨコバイとミナミアオカメムシについては、正解率は約85～88%で比較的高かった。ウンカ類と比べて正解率が高い要因としては、ミナミアオカメムシは体サイズが大きく形態を判別しやすいこと、ツマグロヨコバイは特徴的な体色等の形態を有していることで、誤認識が起こりづらいためと考えられる。しかし、ミナミアオカメムシはツヤアオカメムシ、ツマグロヨコバイは他のヨコバイ類と誤認識される（図24）ため、似た形態を持つ虫が多く誘殺される条件下では留意する必要がある。なお、ツマグロヨコバイについては、

1枚で約100頭を目視識別した画像でもLEDシステムの識別数は目視識別とほぼ同数であった事例があり（データ略）、誘殺数が多い条件でも高い識別能力が認められた。

表11 各調査対象における目視確認およびLEDシステム識別による計測結果

虫種	(調査対象の) 認識数	(虫体としての) 非認識数	認識率 (%)	正解数	不正解数	正解率 (%)
トビイロウンカ	1080	0	100.0	78	1002	7.2
セジロウンカ	319	0	100.0	19	300	6.0
ヒメトビウンカ	7	0	100.0	0	7	0.0
ツマグロヨコバイ	744	81	90.2	633	111	85.1
ミナミアオカメムシ	64	11	85.3	47	6	88.7
コブノメイガ	158	0	100.0	2	156	1.3

※認識率 (%) = 認識数 / (認識数 + 非認識数) × 100

※正解率 (%) = 正解数 / (正解数 + 不正解数) × 100

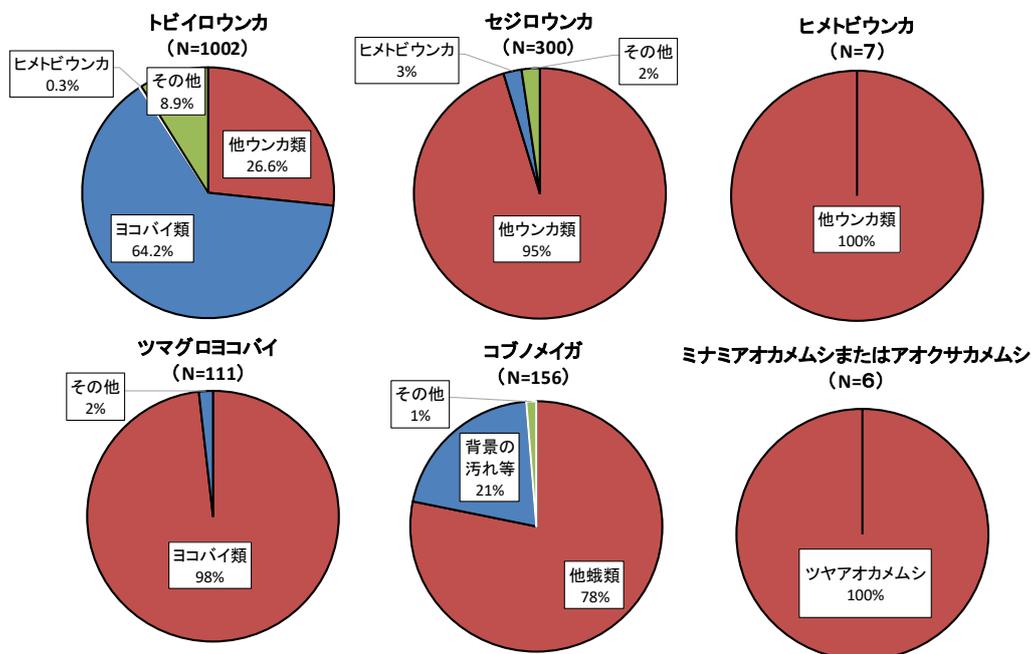


図24 システムが誤認識した虫種の内訳



図25 背景の汚れや虫体の一部をコブノメイガと識別している画像
(左: 8月20日18:45撮影、右: 9月20日0:12撮影)

＜調査3＞ 種が明確な飼育個体の投入実験による識別能力の評価

1) 調査の目的

種が明確な飼育個体のみを LED システムに投入することで、同システムの識別精度を検証する。

2) 調査対象

ウンカ類飼育個体群

- ・トビイロウンカ（以下、トビイロ） 2013年採集（熊本県合志市）、1997年採集（長崎県）
- ・セジロウンカ（以下、セジロ） 2007年採集（熊本県合志市）

3) 調査方法

2023年6月下旬～10月中旬の計7日間、人工気象室内で飼育した各種長翅型成虫を LED システムの機材吸引口に8パターン投入した。各パターンはそれぞれ2～5回ずつ実施し、投入数に対する LED システムの自動識別による計数結果から、虫体認識率※1及び正答率※2、正答検出率※3を算出した。なお、ファンのスピードは15%で実施した。

- ・パターン①：セジロ 12頭（背景：白バック）
- ・パターン②：トビイロ 20頭（背景：白バック）
- ・パターン③：トビイロ 40頭（背景：白バック）
- ・パターン④：セジロ 20頭（背景：白バック）
- ・パターン⑤：セジロ 20頭＋トビイロ 5頭（背景：白バック）

【参考】

- ・パターン⑥：トビイロ 10頭（背景：金網）
- ・パターン⑦：トビイロ 20頭（背景：金網）
- ・パターン⑧：セジロ 12頭（背景：金網）

※1：虫体認識率＝（全ての識別頭数／投入数）×100

※2：正答率＝（正しく識別した頭数／全ての識別頭数）×100

※3：正答検出率＝（正しく識別した頭数／投入数）×100

4) 結果と考察

各投入パターンと識別結果を表12に示した。

○害虫種の違い

トビイロとセジロの識別精度の差について、それぞれ20頭ずつ投入した場合（パターン①・④の比較）、虫体認識率はセジロの方がやや高く、正答率はトビイロの方がやや高かったことで、正答検出率に大きな差は見られなかった。また、パターン①～④の結果を害虫種ごとに平均して比較すると、虫体認識率はセジロの方が約13%高く、正答率はほぼ同等だったことで、正答検出率はセジロの方が約12%高かった。このことから、今回供試した2種の識別精度については、頭数の影響を考慮する必要はあるが、総合的にセジロの方が識別精度は高いと考えられた。

○頭数の増加

投入頭数を増加させた場合の識別精度への影響について、トビイロの投入数を20頭から40頭に増加させた場合(①・②の比較)、虫体認識率はほぼ同等で変わらず、正答率は約14%、正答検出率は約5%低下した。また、セジロの投入数を12頭から20頭に増加させた場合(③・④の比較)、虫体認識率、正答率ともに低下し、正答検出率は約13%低下した。このことから、今回供試した2種については、投入数の総数を考慮する必要があるが、頭数の増加により識別精度が低下すると考えられた。

○2種の混合投入

セジロとトビイロを混合投入した場合の識別精度への影響について、セジロ20頭・トビイロ5頭を混合投入した場合とセジロを20頭投入した場合を比較すると(④・⑤の比較)、セジロについて、正しく識別された平均頭数はどちらも差は見られなかった。

(参考) 背景の変更

背景条件を金網から白バックへ変更することによる影響について、トビイロをそれぞれ20頭投入した場合(①・⑦の比較)、正答率はどちらもほぼ同等だったが、虫体認識率と正答検出率については、白バックではどちらも約26%低下した。セジロをそれぞれ12頭投入した場合(③・⑧の比較)、正答率はどちらもほぼ同等だったが、虫体認識率と正答検出率については、白バックではどちらも約10%向上した。また、投入パターン①～⑤の結果を背景条件ごとに平均して比較すると、全ての項目(虫体認識率、正答率、正答検出率)で金網の方が優位な結果となった。このことから、背景を白バックに変更すると、今回供試した2種については、総合的には識別精度は低下する傾向が見られたが、虫種によっては識別精度が向上する可能性がある。

○総括

・誤認識については、調査2の目視識別では確認されなかったトビイロをヒメトビウнка、セジロ、イナズマヨコバイに、セジロをヒメトビウнка、トビイロと識別した例が見られた。
・パターン①～⑤の結果を平均すると、トビイロとセジロの正解率は約93%と高かったが、虫体認識率は約60%と低く、正答検出率も約56%と低下した。調査2の目視識別では、虫体認識率は高かったが、この要因としては、調査2で確認した画像より投入頭数が多かったことや、ウнкаを一度に投入するため局在することが多いことが考えられた(データ略)。さらに、目視識別の結果を踏まえると、実際の運用では似た虫を誤認識してしまうことが最も大きな課題であり、識別精度をさらに高めていくことが重要であると考えられた。

・本調査と調査2の結果は合致しない部分がある(例:セジロより識別精度が劣り、また誘殺頭数も多いトビイロの識別精度がセジロとほぼ変わらない等)。この要因としては、ウнка類が自然個体と飼育個体で識別結果が異なる可能性や、試験方法(例:一度にウнка類を投入するため、虫が局在する傾向にある等)による影響が推測される。このことから、識別精度の検証については、本調査の方法では正確な検証は難しく、別の調査方法もしくは虫体の非破壊回収機能の活用を検討する必要があると考えられた。

表 12 種が明確なウンカ類成虫個体に対する LED システムの識別結果

No.	投入パターン	試行回数	判定結果(平均頭数)					虫体認識率 (%)	正答率 (%)	正答検出率 (%)
			トビイロ	セジロ	ヒメトビ	イナスマヨコバイ	無判定			
①	トビイロ20頭	5	10.6	-	-	-	9.4	53.0	100.0	53.0
②	トビイロ40頭	4	22.3	-	1.3	-	16.5	54.2	86.1	47.9
③	セジロ12頭	4	0.3	8.3	-	-	3.5	70.8	97.9	68.8
④	セジロ20頭	4	0.3	11.3	1.0	-	7.5	62.5	89.7	56.3
⑤	セジロ20頭+トビイロ5頭	3	2.0	11.0	3.0	-	9.0	64.0	-	-
平均			-	-	-	-	-	60.9	93.4	56.5
平均(トビイロ)※⑤除く			-	-	-	-	-	53.6	93.1	50.5
平均(セジロ)※⑤除く			-	-	-	-	-	66.7	93.8	62.5

参考

⑥	トビイロ10頭・金網	2	5.0	-	-	-	5.0	50.0	100.0	50.0
⑦	トビイロ20頭・金網	5	15.6	0.2	-	0.2	4.0	80.0	97.8	78.0
⑧	セジロ12頭・金網	5	0.0	7.2	-	-	4.8	60.0	100.0	60.0
平均			-	-	-	-	-	63.3	99.3	62.7

※虫体認識率 = (全ての識別頭数 / 投入数) × 100

※正答率 = (正しく識別した頭数 / 全ての識別頭数) × 100

※正答検出率 = (正しく識別した頭数 / 投入数) × 100

6 総合評価

今回の調査では、水稻の主要害虫であるウンカ類（トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ）について、LED システムの識別精度は実用レベルに達していないと考えられ、自動識別のみで発生予察を行う場合の実用性は低いと評価された。ウンカ類は飛来状況の観測に正確な識別が求められる上、画像の目視識別も困難であることから、今後さらに学習を進めることで識別精度を向上させる必要がある。また、ニセトビイロウンカ等が誘殺される条件下では、少なくとも初飛来を観測するまでは現物確認は必須であると考えられるため、新たに搭載される虫体の非破壊回収機能にも期待したい。しかし、現状の性能でも消長の大まかな把握は可能と考えられるため、多少の誤差が問題にならない発生量の多い時期については、防除の判断等に活用できる可能性がある。

また、今回の調査ではツマグロヨコバイとミナミアオカメムシについては、識別精度が比較的高い結果となり、この2種については画像での目視識別も可能であることから、実用性は高いと評価された。しかし、カメムシ類については、アオクサカメムシ等の識別が難しい虫種の発生状況や同一個体のダブルカウントには留意する必要がある。また、コブノメイガについてはウンカ類と同様に識別精度は低く、現状の実用性は低いと評価された。予察灯による誘殺は、現行のフェロモントラップと比べて雌成虫も誘殺されることから、より精度の高い発生量の把握が可能となると考えられるが、8～9月の期間中、目視で識別した誘殺数はフェロモントラップよりも劣っていたため（データ略）、発生量の多い年に再度検証する必要がある。

7 その他

①PC やアプリからの操作が反映されないことがある。

→不定期で発生したことで、誘引効果や誘殺数の観測に支障がでた。要因については不明であり、検証する必要がある。

②ウンカ類、コブノメイガについては、誤認識が多かったことで識別精度は低かった。また一度に誘殺される虫数が増える多発年では、さらに精度が低下する可能性がある。また、今回識別精度の比較的高かったツマグロヨコバイ、ミナミアオカメムシについても、誤認識はあるため、似た形態をもつ虫の発生に注意する必要がある。

→今後も LED システムの識別精度を高めていくことは必要であるが、識別精度にどこまで正確さが求められるかは、虫種や時期によって変わるため運用方法の工夫も求められる。例えば、ウンカ類の飛来シーズンの観測には正確さが求められるため、現状の精度では正確な目視識別、現物確認が必須となるが、昨期の後半の発生量の多い時期では多少の誤差は問題とならないため、目視識別のみの対応も可能だと考えられる。

③大型昆虫はエアアーで除去されずに画面内に残ったり、背景の汚れや翅等の部位が映り込み続けることで、複数回カウントしてしまう場合がある (図 21、22)。

→機械の構造を変更する以外の対策としては、ファンスピードの調整が考えられる。ファンの出力を上げればある程度除去できると考えられるが、その場合は他の微小害虫への影響や誘引性能の変化についても検証し、適正なスピードを検討する必要がある。

また、清掃用の空気の出力を上げる等の方法で背景の清掃能力を向上させる必要がある。

④微小害虫 (特にトビイロウンカ) については、画像のみを目視で確認して、正確に誘殺数を計測するのは困難。

→画質を向上させることで、ある程度識別しやすくなると考えられるが、外観で識別できないと推測される虫種 (例: ミナミアオカメムシとアオクサカメムシ) や、正確な識別が求められる時期 (例: ウンカ類の初飛来の観測) については、実物確認は必須と考えられる。

⑤識別の際に表示される確信度 (各対象の特徴と何%一致しているかの数値) について、低い確信度でもカウントしてしまう。

→現在の仕様では、確信度ごとに分類することができない。低い確信度のデータを排除する等の整理ができるようになれば、より正確な発消長を把握できる可能性がある。

⑥夏場は蜘蛛の巣が張るため、定期的に除去する必要がある。また、内部に巣を張られると、捕獲された虫が識別の障害になる。

→外部の巣は、管理者が除去する。内部の巣については、自動的に除去できる仕様もしくは人が容易に除去できるような仕様に変更する等の対策が必要。また、誘殺数にどれだけ影響するかについても検証が必要。

(4) 日本曹達株式会社

担当機関・部署	日本曹達株式会社 榛原フィールドリサーチセンター
担当者	中村武彦

1. 試験目的

LED 光源の害虫モニタリングシステムによる害虫識別精度を検証する。

2. LED システムの設置場所

静岡県牧之原市坂部62-1

(日本曹達株式会社 榛原フィールドリサーチセンター)

3. 調査期間

調査① 2023年10月20日

調査② 2023年10月25日

4. 調査内容

供試害虫：セジロウンカ、ヒメトビウンカ

調査①：セジロウンカの識別調査（撮影背景別）

セジロウンカをモニタリングシステムへ投入し AI による識別結果を基に精度を判定する。旧型のデバイスを用いているため、新型のデバイス撮影画面を模した撮影を行った。

表 13 セジロウンカ撮影個体数と正答率

画像No.	背景種	ファンスビード %	撮影個体数	デバイス識別種		正答率%*
				ウンカ種	個体数	
図1	濾紙(5mm切りこみ)	50	1	セジロウンカ	1	100
図2	キムワイプ		3	セジロウンカ	1	33
				識別なし	2	
図3	濾紙(2mm穴)	4	セジロウンカ	4	100	

*：正解個体数／撮影個体数x100

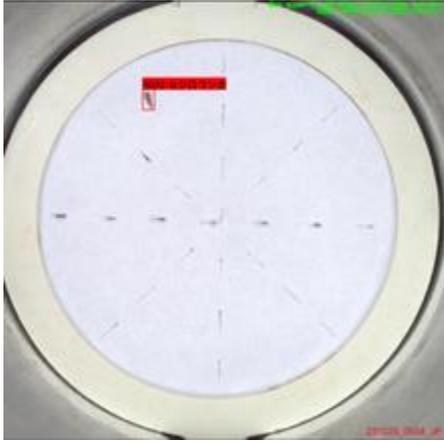


图 26

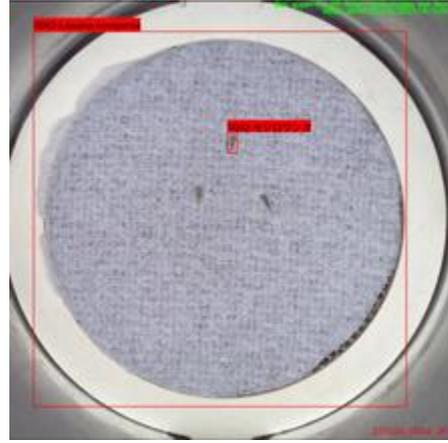


图 27

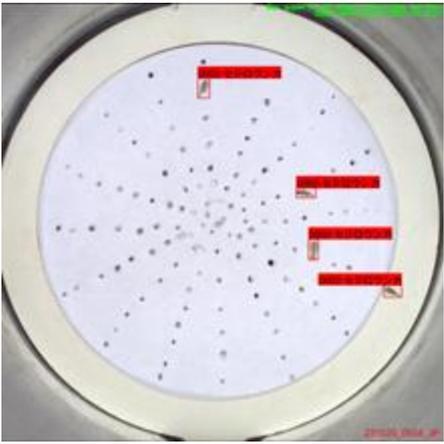


图 28

調査②：ヒメトビウンカの識別調査

ヒメトビウンカをモニタリングシステムへ投入し AI による識別結果を基に精度を判定する。旧型のデバイスを用いているため、濾紙を背景に新型のデバイスを模した撮影を行った。

表 14 ヒメトビウンカ撮影個体数と正答率

画像No.	背景種	ファンスビード %	撮影個体数	デバイス識別種		正答率%*	
				ウンカ種	個体数		
図4	濾紙(2mm穴)	50	1	セジロウンカ	1	0	
図5			4	ヒメトビウンカ	3	75	
				識別なし	1		
図6 (上記再撮影)			4	ヒメトビウンカ	2	50	
				セジロウンカ	1		
				識別なし	1		
図7 (上記再撮影)			5	4	ヒメトビウンカ	2	50
					セジロウンカ	1	
					識別なし	1	
図8			50	7	ヒメトビウンカ	5	71
					セジロウンカ	1	
					識別なし	1	
図9 (上記再撮影)	5	8	ヒメトビウンカ	6	75		
			セジロウンカ	1			
			識別なし	1			
図10 (上記再撮影)	0	6	ヒメトビウンカ	3	50		
			セジロウンカ	1			
			識別なし	2			
図11 (上記再撮影)	0	5	ヒメトビウンカ	2	40		
			セジロウンカ	0			
			識別なし	3			
図12 (上記再撮影)	0	6	ヒメトビウンカ	4	67		
			セジロウンカ	1			
			識別なし	1			

*：正解個体数／撮影個体数x100

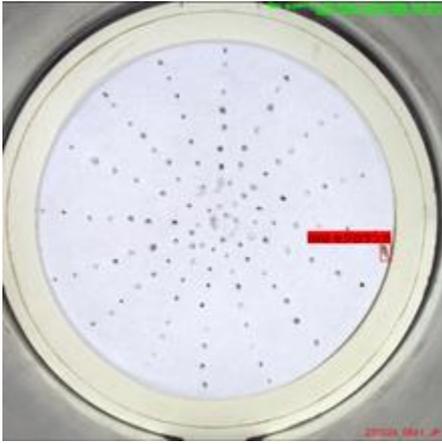


图 29

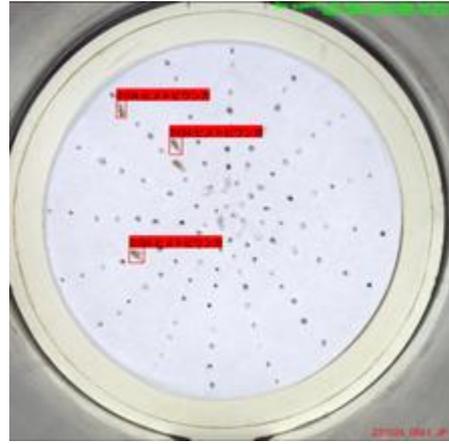


图 30

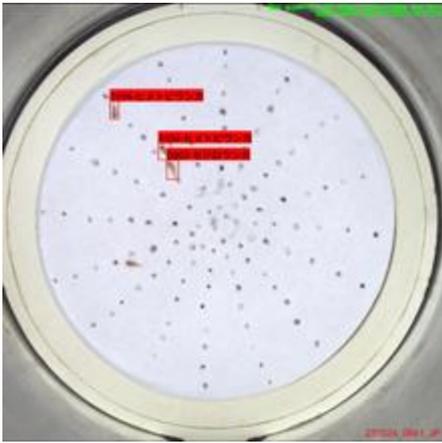


图 31

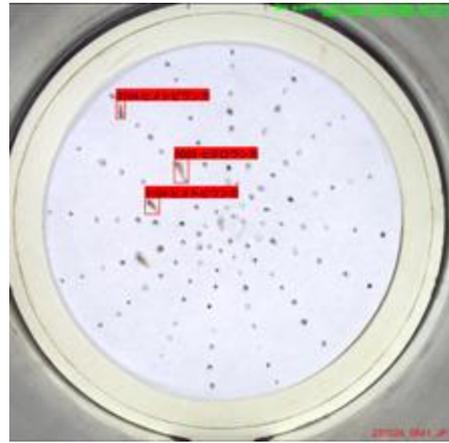


图 32

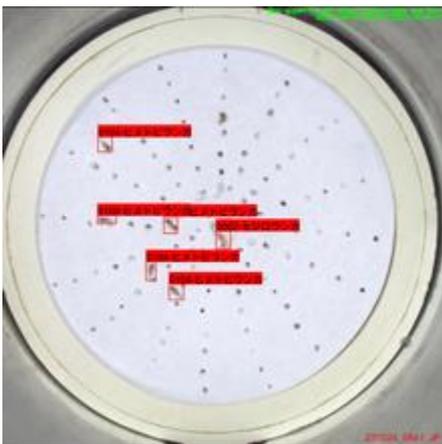


图 33

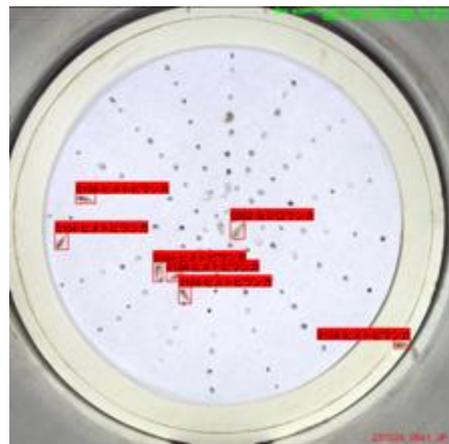


图 34

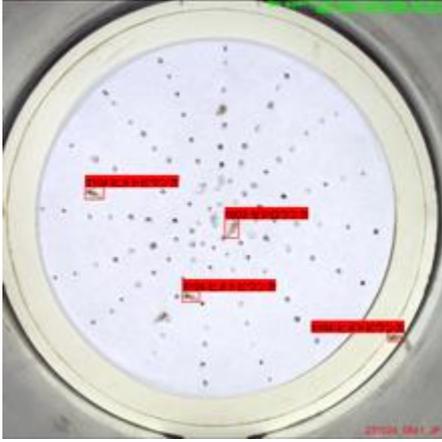


图 35

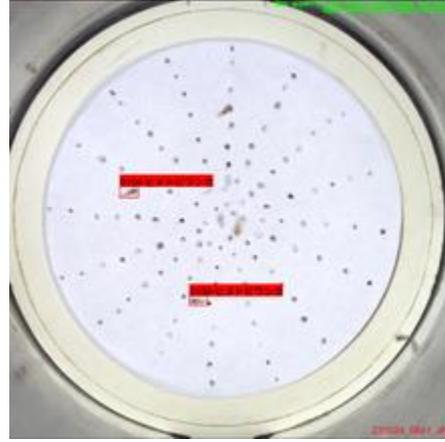


图 36

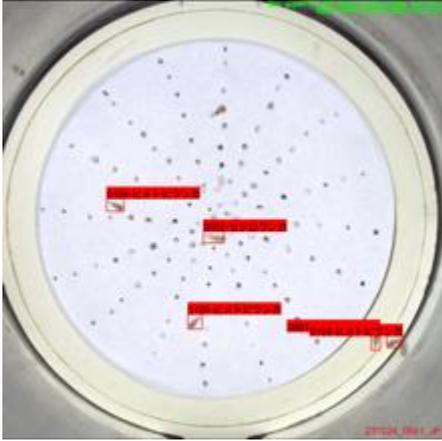


图 37

5. 調査結果

調査① セジロウンカ識別試験（撮影背景別）

図 26

直径 7 cm 濾紙に 5 mm 間隔の切りこみを放射状に 4 直線入れメッシュ上に設置した。ファンスピード 50% でセジロウンカ成虫を 5 頭投入したが、撮影されたのは 1 頭のみであった。デバイスはセジロウンカと識別した。

図 27

投入後の歩留まりが悪かった為、直径 7 cm に切り取ったキムワイプを設置し、ファンスピード 50% でセジロウンカを 5 頭投入したが、撮影されたのは 3 頭であった。デバイスは 1 頭をセジロウンカと識別したが、他 2 頭は識別できなかった。

図 28

濾紙の歩留まりを上げる目的で 1 mm 程度の穴を 3 mm 間隔で開けた直線を放射状に 8 本作成した濾紙をメッシュ上に設置した。ファンスピード 50% でセジロウンカ成虫を 5 頭投入したが、撮影されたのは 4 頭のみであった。デバイスは 4 頭全てをセジロウンカと識別した。

以上の結果より、濾紙を使用することでセジロウンカの高い識別確度が得られることが判明した。この方法によりその他害虫についても識別試験が可能と思われた。ただし、投入後の歩留まりが悪いことからさらに改善が必要である。

調査② ヒメトビウンカ識別試験

図 29～37

背景に濾紙を用い、ファンスピードを変えて撮影を行った。ヒメトビウンカの正答率は 40%～75% を示した（1 頭撮影時の 0% を除外）。同じ個体の識別でも正答率に差が生じる現象が観察された（図 29 および図 30）。ファンスピードの強さと正答率の変動に相関は観られなかった（図 31～図 37）。

以上の結果より、ヒメトビウンカの正答率にばらつきがあったものの、昨年度の正答率 0%（旧型デバイス）からは格段の改善が見られた。一部の個体はヒメトビウンカとして識別できない場合があり、さらに改善が必要な点と思われる。今後、2 種以上のウンカ種を混合した場合の正答率の調査を検討予定。

4. 総合考察

<各害虫に対する LED システムの誘殺能力について>

LED システムの誘殺能力については、令和4年度に秋以降の調査データのみを用いた検証がなされており、それによると、ウンカ類、ミナミアオカメムシおよびホソミドリカスミカメ類は 60W 白熱灯と同等かそれ以上の、チャバネアオカメムシとツヤアオカメムシ、シロオビノメイガについては 100W 水銀灯と同等かそれ以下の、ハスモンヨトウとオオタバコガ、シロイチモジヨトウについてはフェロモントラップと同等かそれ以下の誘殺能力がそれぞれあるとされている。令和5年度の本事業では春から秋まで対象となる害虫の全発生期間での捕獲消長を調査し、既存の手法と比較しての捕獲数の多寡ではなく、発生予察に十分な捕獲が LED システムで得られたか否かをもとに、本システムの誘殺能力を評価した。

評価の結果を表 15 にまとめた。多くの水稻害虫や大型カメムシ類などの誘殺データは、従来の調査手法と同様に各害虫の野外での発生活長の把握に利用できる可能性が高いと考えられた。これら害虫には令和4年度の報告においても既存の予察灯と同程度とされたものがすべて含まれており、同様の結果が複数年次の実証で確認されたこととなる。一方で、ヤガ類の3種ハスモンヨトウ、オオタバコガ、シロイチモジヨトウについては発生活長を把握できるほどの捕獲は確認できなかった。一般にヤガ類は波長 570nm 前後の黄色光に対して忌避効果を示すこと、またこれら3種に対しては令和4年度の報告においても既存のフェロモントラップと同等かそれ以下の誘殺能力を示すとされていることから、本 LED システムでこれらヤガ類の発生活長の把握は困難であると考えられた。なお、クモヘリカメムシ等のその他の主要害虫については実施した3県いずれにおいても本年の発生量が少なかったため、今後それら害虫の多発年に検証を実施する必要がある。

表 15 各害虫に対する LED システムの誘殺能力

予察に十分な誘殺能力あり	トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメ、イネカメムシ、コブノメイガ、ツマグロヨコバイ、チャバネアオカメムシ、クサギカメムシ、ミナミアオカメムシ、ツヤアオカメムシ、シロオビノメイガ、コナガ、フタスジヒメハムシ
十分な誘殺能力を確認できず	ハスモンヨトウ、オオタバコガ、シロイチモジヨトウ

＜AI による識別精度について＞

令和4年度の検証では、大型の害虫の識別精度はある程度高いものの、ウンカ類をはじめとする小型の害虫では別の昆虫や昆虫以外のものを誤って認識する事例が多いと報告されている。そのような事例は令和5年度の検証においても見られたものの、AIによる識別精度は多くの害虫で向上していた。これは撮影部の背景を金網から白色に変更して画像中の害虫のコントラストを明瞭にしたこととや、RYNAN 社において識別AIの追加学習が行われたことによるものと考えられる。

全体として識別精度は向上しているものの、実用の観点からはまだ十分な精度は得られていないため、ここでは実用性の観点から各害虫を以下の4グループに分けて評価した。

(1) 実用に近い害虫

チャバネアオカメムシ、クサギカメムシ

これら2種はAIによる識別と画像の目視による計数の結果がほぼ一致しており、AIによる自動計数が実用に近いと考えられる。ただし、チャバネアオカメムシについては現時点でAI識別に対応していないツヤアオカメムシを誤ってチャバネアオカメムシと判定してしまう事例が、クサギカメムシについては撮影部分の壁面に留まった個体がAIに認識されない事例がそれぞれ確認され、実用化に向けてこれら課題の解決が望まれる。

(2) 今後改善の余地がある害虫

ツマグロヨコバイ、ミナミアオカメムシ、シロオビノメイガ、 ハスモンヨトウ、コブノメイガ、コナガ

ツマグロヨコバイでは、他のヨコバイ類やカスミカメ類を誤って本種と識別する事例が多く、これら他の虫が多数捕獲される状況下においてもAIによる識別精度を維持するためにはさらなる学習が必要と考えられる。ミナミアオカメムシはチャバネアオカメムシと同様、ツヤアオカメムシを誤って本種と判定してしまう事例が多いため、ツヤアオカメムシを識別できれば識別精度は大幅に向上すると考えられる。ただし、ミナミアオカメムシとアオクサカメムシは画像の目視による識別も困難であることから、AIによりこれら2種を識別するのは困難と考えられる。

シロオビノメイガやハスモンヨトウでは他のチョウ目昆虫を誤認識する事例はあるものの、これら大型でかつ斑紋が特徴的な種では学習による識別精度の向上は比較的容易であると考えられる。ただし、ハスモンヨトウはLEDシステムへの誘殺が少ないことから、効率的な誘殺のための工夫も必要である。コブノメイガと

コナガについては色彩や形状の似た個体や他のチョウ目昆虫を誤って識別する事例が多いものの、画像上ではそれぞれの特徴的な斑紋を確認できることから、精度向上により AI による識別も可能と思われる。

(3) AI による識別は困難と思われる害虫

トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ

トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカの3種は他のウンカ類や小型の昆虫を誤って識別する事例が極めて多く、正解率が10%に満たないデータも多かったことから、現時点ではAIによる識別は困難であると考えられる。

(4) 新たに識別用のAIを作成すべき害虫

アカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、イネカメムシ、 ツヤアオカメムシ、フタスジヒメハムシ

これら害虫はいずれもLEDシステムへの誘殺が多く、識別用のAIを作成することで自動で発生消長を把握できる可能性がある。カスミカメ類はツマグロヨコバイと誤認識される事例が、ツヤアオカメムシはチャバネアオカメムシやミナミアオカメムシと誤認識される事例がそれぞれ多いことから、これらに対応したAIの開発は誤認識されている害虫の識別精度の向上にもつながる。なお、アカヒゲホソミドリカスミカメについては他のホソミドリカスミカメ類との識別は困難であると考えられるため、ホソミドリカスミカメ類全般を対象としたAIとしての開発も検討の余地がある。

<LEDシステムの問題点>

令和4年度の報告書では以下の3点が問題点として指摘されている。

- (1) 学習結果の検証や重要な害虫種の初発確認のために、誘殺された個体を破碎せずに回収できる機能が必要である
 - (2) 曇天においてもデータ欠損が生じないように、バッテリー容量を改善する必要がある
 - (3) 操作アプリの利便性の向上と、国内でデータを集約するシステムの構築が必要
- (1) については令和5年度に発売された新型モデルでは誘殺された個体を破碎せずに回収する機能が搭載されており、この問題は解決されている。(2) について、本事業ではバッテリーを高性能のものに交換して調査を実施したところ、奈良県の旧型機でバッテリー上がりが1回発生したもののその他の地域では問題は生じなかった。

(3) については最新のアプリでは過去の画像データもすべて閲覧可能とするなどのアップデートが実施されており、利便性は向上したと考えられる。国内でのデータを集約するシステムの構築については国や都道府県等の行政部局が検討すべき事案のため本事業では検証しなかった。

令和5年度では、AIによる画像識別精度を向上させることを目的として、従来は金網となっていた画像撮影部分を白色の背景に変更した。この変更はAIによる対象害虫の認識率や識別精度の向上に寄与したと考えられるが、この変更に伴い、誘引された害虫、特に大型のカメムシ類の一部が撮影部壁面のメッシュ部分に留まってしまう問題が新たに生じた。これにより同一の個体が重複してカウントされてしまう事例や、壁面部分の画像の歪みにより対象害虫として認識されない事例が多発した。背景を白色に維持しつつ同一個体の壁面への滞在を阻止するための改良が必要であるが、この点についてはすでに双日九州株式会社とRYNAN社が具体的な対応を進めており、早晚解決される見込みである。

<LEDシステムの利点>

LEDシステムの最大の利点はAI・ICTを利用した害虫の発生データの省力的かつ迅速な把握である。現時点ではAIによる識別精度が十分でないため本LEDシステムの利点を最大限に享受することはできないが、今後AIの識別精度の向上が進めば既存の発生予察法の代替手段としての普及が期待できる。

AIによる誤認識が多い害虫については、自動カウントの結果を、目的とする害虫が誘殺された可能性があることを把握するためのアラートとして活用し、アラート発生にのみ画像や回収個体の目視により正しい誘殺状況を確認するなどの対応により、従来の方法よりも調査に係る労力を軽減できる。また、LEDシステムに誘殺されにくいヤガ類の一部については、現在、LEDシステムでのフェロモン成分の利用を検討しており、これが実現すればLEDでは誘殺されにくい害虫の調査も可能となる。

この他、本事業により新たに実証された利点として、従来の調査方法では不可能であった時間別の誘殺状況の把握が可能となった。兵庫県での検証において、イネカメムシの誘殺時刻が日没後から夜の前半に集中していることが明らかとなり、これまで不明であった本種の夜間の活動生態の一端が明らかとなった。このような知見は、重要害虫はもとより、新規発生害虫の生態解明やそれに基づく防除対策の構築に有効活用できる。

<害虫種ごとのLEDシステムの検証結果>

これまで述べたLEDシステムの誘殺効率やAIの識別精度、今後の精度向上の見込みを総合的に勘案し、各害虫の発生予察に対する現時点でのLEDシステムの利用可能性を表16の5段階で評価した。なお、今回の評価は、

- ・今年度1年間の実証結果をもとに判定したものであり、来年度以降も検証の積み重ねは必要である
- ・撮影部側面のメッシュ部分に害虫が留まるという機器の構造上の課題は今後改善が期待できる

の2点を前提として実施し、野外試験を実施した奈良県、兵庫県、熊本県でそれぞれ個別に評価した。害虫ごとの評価結果を表17に示し、以下にグループごとの評価の概要と根拠を記述した。

○ 水稲：ウンカ類（トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ）

ウンカ類3種に対する評価はいずれもBが2県、Cが1県であり、その根拠も同様のものであった。3種とも予察に十分な数の誘殺があることは確認できたが、AIによる診断では別種を誤って認識する事例が極めて多く、本来発生がない時期にも捕獲ピークがあると判断されるなど、発生量を過大評価してしまう問題がある。B評価とした奈良県においても、正確な発生消長の把握には捕獲されたサンプルを回収し、目視による同定が必要であると判断しており、AIによる自動カウントのみでこれらウンカ類の発生消長を把握することは現時点では困難であると考えられる。

一方、現時点でもAIによる認識率はいずれの害虫においても高いことから、LEDシステムに誘殺された個体を見落とす可能性は低い。そのため、自動カウントの結果を対象の害虫が誘殺された可能性があることを示すアラートとして活用し、アラートの発生時に誘殺されたサンプルを回収して目視で同定するという運用は現時点でも可能と考えられる。

表16 LEDシステムの利用可能性の評価基準

カテゴリー	判定内容
A	LEDシステムによる予察が可能
A ⁻	条件付きで予察が可能
B	軽微なシステムの改良により予察できる可能性がある
C	LEDシステムによる予察は困難
D	判定不能（発生がみられなかった、検証対象としなかった、等）

○ 水稲：カメムシ類（アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメ、イネカメムシ）

アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメ、イネカメムシについて、現時点でこれらを識別できる AI は実装されていないものの、兵庫県の調査では LED システムと既存の予察灯での誘殺消長が概ね一致していたことから、識別 AI が実装されれば自動カウントも可能であると考えられる。また、カスミカメ類はツマグロヨコバイに誤同定されることが多いことから、カスミカメ類の識別 AI を実装することでツマグロヨコバイの識別精度の向上も期待できる。ただし、アカスジカスミカメとホソミドリカスミカメ類の一部の種は形態が類似していることから、AI でアカスジカスミカメのみを正確に識別するのは困難であることが予想される。奈良県では、アカヒゲホソミドリカスミカメ単独ではなく、ホソミドリカスミカメ類としての予察であれば実用上問題ないと判定している。

現時点での LED システムの運用としては、誘殺されたサンプルもしくは撮影された画像から目視で種を判定することが想定される。

○ 水稲：その他（コブノメイガ、ツマグロヨコバイ）

コブノメイガとツマグロヨコバイはいずれも LED システムへの十分な誘殺が確認できた。コブノメイガの評価は3県で A、B、C と割れたが、いずれの県も AI による識別精度の向上を課題として挙げている。他のガ類だけでなく、背景のゴミなどもコブノメイガと誤認識してしまう事例もあり、自動カウントの実現には AI の識別精度の大幅な向上が必要と考えられる。ツマグロヨコバイについては撮影部の背景を白色にしたことで認識率は向上したが、その一方で他のヨコバイ類をツマグロヨコバイと誤認識する事例も増加した。ただし、ツマグロヨコバイはウンカ類よりは体サイズも大きく、他のヨコバイ類とは目視でも識別しやすいという形態的特徴があることから、今後の識別 AI の改良が期待できる。

現時点での LED システムの運用としては、カメムシ類と同様、誘殺されたサンプルもしくは撮影された画像から目視で種を判定することが想定される。

○ 水稲以外：カメムシ類（チャバネアオカメムシ、クサギカメムシ、ツヤアオカメムシ、ミナミアオカメムシ）

上記4種の評価は A~B と概ね良好であった。特にチャバネアオカメムシとクサギカメムシについてはツヤアオカメムシの誤認識による精度低下や撮影部分の壁面に留まることによる認識率の低下といった課題はあるものの、既存の予察灯と同等の発生消長

を自動カウントで得られることから、実用性はかなり高いと考えられる。技術の完成に向けて上記課題の解決が望まれる。ツヤアオカメムシについてはいずれの県でも十分な誘殺が確認されており、識別 AI が実装されれば自動カウントが可能と考えられる。また、ツヤアオカメムシは他のカメムシ類の誤認識要因となっていることから、本種の識別 AI の実装は、他のカメムシ類の識別精度の向上にもつながる。ミナミアオカメムシについては、ツヤアオカメムシを誤認識する事例が多いことや、形態が酷似しているアオクサカメムシとの識別が実用化に向けての課題となる。

チャバネアオカメムシとクサギカメムシについては、今後検証を重ねる必要はあるものの、LED システムの自動カウントの実用化が期待できる。ツヤアオカメムシとミナミアオカメムシについては、誘殺されたサンプルもしくは撮影された画像から目視で種を判定することが可能である。

○ 水稲以外：ガ類（シロオビノメイガ、コナガ、ハスモンヨトウ、オオタバコガ シロイチモジヨトウ）

シロオビノメイガとコナガは LED システムへの十分な誘殺を確認できた。シロオビノメイガについては、本種が多発する 8 月以降の発生消長を AI による自動カウントで捉えることができたが、奈良県の検証では本種の発生が少ない 5 月～6 月に別種を誤認識する事例が多かったことから、年間を通して自動カウントを運用するためには AI の識別精度の向上が必要と考えられた。コナガについては発生期間を通して誘殺は見られたものの、色彩や形状の似た別種を誤認識する事例が多く、現時点で AI による自動カウントは困難であると考えられた。ハスモンヨトウ、オオタバコガ、シロイチモジヨトウについては、LED システムへの十分な誘殺が確認できなかった。

現時点では、シロオビノメイガとコナガについては誘殺されたサンプルもしくは撮影された画像から目視で種を判定することで発生消長は把握できると考えられる。その他の 3 種については LED システムでの調査は困難であり、フェロモントラップ等の既存の方法による調査が必要である。

○ 水稲以外：コウチュウ類（フタスジヒメハムシ）

兵庫県の調査において、既存の予察灯ではほとんど誘殺されなかったフタスジヒメハムシの発生ピークを捉えることができた。本種は体の背面に特徴的な模様（黒すじ）があり、AI による識別が比較的容易であると推察されることから、識別 AI の実装による自動カウントが期待できる。

現時点では、誘殺されたサンプルもしくは撮影された画像から目視で種を判定することで発生消長は把握できる。

表 17 各害虫に対する LED システムの利用可能性の評価結果

害虫名	奈良県	兵庫県	熊本県
水稲：ウンカ類			
トビイロウンカ	B	C	B
セジロウンカ	B	C	B
ヒメトビウンカ	B	C	B
水稲：カメムシ類			
アカヒゲホソミドリカスミカメ	C	B	D
→ホソミドリカスミカメ類	A	D	D
アカスジカスミカメ	D	B	D
イネカメムシ	D	B	D
水稲：その他			
コブノメイガ	A ⁻	C	B
ツマグロヨコバイ	D	B	A ⁻
水稲以外：カメムシ類			
チャバネアオカメムシ	A	B	D
クサギカメムシ	A	B	D
ツヤアオカメムシ	A ⁻	B	B
ミナミアオカメムシ	A ⁻	B	A ⁻
水稲以外：ガ類			
シロオビノメイガ	A ⁻	A	D
コナガ	A ⁻	B	D
ハスモンヨトウ	D	C	D
オオタバコガ	D	D	D
シロイチモジヨトウ	D	D	D
水稲以外：コウチュウ類			
フタスジヒメハムシ	D	B	D

A~D の評価基準は表 16 に示した通り

5. 参考資料

(1) 設計検討会質疑応答（抜粋）

- 【質問1】 高梨委員 AIによるウンカの判別について、令和4年度の検証では判別精度は低かったと聞いている。本年度は精度の改善は期待できるのか
- 笠（双日九州） 機器の撮影部分の背景をメッシュから白色プレートに変更するなどの改良をしているため、期待できる
- 【質問2】 宮田（農研機構） 取得した画像データをベトナムの RYNAN 社に提供するということか
- 笠 ベトナムのシステムと日本のシステムでは画像を管理するサーバーを分けている
- 城野（植防課） データを海外で管理することの是非については本省内で確認をしているところ
- （補足）後日、RYNAN 社では、本事業で取得した画像は AI の学習等、診断目的以外の用途には利用しないことを確認
- 【質問3】 松倉（農研機構） 新型機種では誘引源として液体フェロモンを利用できるとのことだが、具体的な種は決まっているのか
- 笠 具体的な種は決めていない。本機械では液体のフェロモンを定期的に噴射して害虫を引き寄せさせる。フェロモンにより誘引する際は LED は点灯しない運用を想定しているので、限られた害虫のみが捕獲されることが期待できる
- 【質問4】 富原（兵庫県） 昨年は点灯時間が設定時間とずれていた。この点は改良されるのか
- 笠 点灯時刻になっても、周辺が明るいと点灯しない設計となっている
- 【質問5】 井村（奈良県） 昨年は手元のアプリでは過去の画像すべてを見ることはできなかった。今年は見られるのか。また、点灯時間については時間のみで設定するようにはしてほしい
- 笠 過去の画像の件については、新型機種は対応済み

- 【質問6】 松倉 旧型の機器の改造計画について双日九州から説明してほしい
- 笠 旧型については撮影部のメッシュを白色プレートに変更する予定。時期は7月末～8月前半を見込んでいる。また、バッテリーについても新しいものと交換することで性能の向上を予定
- 【質問7】 高梨 兵庫県での検証について、昨年の成績ではトビイロウンカと誤判別した数がものすごく多かったが、その原因は何か
- 富原 トビイロウンカの疑義虫やゴミもトビイロウンカと判定してしまった結果と考える
- 【質問8】 高梨 トビイロウンカに比べてセジロウンカの正答率が高かった理由は何か
- 富原 ゴミや他の多岐にわたる害虫をトビイロウンカと誤識別しやすかったため、トビイロウンカの正答率が低かったためと考える
- 【質問9】 高梨 今年も昨年と同程度の判別能力のAIで検証するのか。もしAIを改良していないならあまりやる意味はないのではないか
- 笠 昨年不正解だった画像は不正解データとして学習させるなど、AIの改善には務めている。ただし、実際にどの程度判別率が向上するかは検証してみないとわからない

(2) 中間検討会質疑応答(抜粋)

- 【質問1】 藤田委員 奈良県での検証データについて、ヤガ類の捕獲が少ないが、LEDの波長に忌避された可能性はないか
- 井村(奈良県) あるかもしれないが検討していない。仮にあったとしても多岐にわたる害虫の調査対象とする予察灯の性質上、ヤガ類のために波長を調整することは困難と思う
- 【質問2】 松倉(農研機構) 奈良県と兵庫県の検証データについて、チャバネアオカメムシ、クサギカメムシは、一部認識率は低いものの発消長の把握に活用できそうという認識でよいか
- 井村 よいと思う。ただし、多発生が予測される年に検証を重ねる必要がある
- 富原(兵庫県)
- 【質問3】 松倉 ツヤアオカメムシとミナミアオカメムシは互いに誤認識が多いという理解でよいか
- 笠(双日九州) 現在、AI識別のためのツヤアオカメムシのデータを整えており、ツヤアオカメムシの識別AIが完成すれば、これら2種を分けられる可能性はある
- 井村 他のカメムシ類でもいえることだが、誘引数が多ければ多少の誤認識があっても消長の把握は可能と思う。少数しか捕獲されないものについては、AIの誤認識による影響が大きくなる
- 【質問4】 松倉 熊本県ではミナミアオカメムシの発消長が現行の予察灯と概ね一致したと報告されているが、この中にはツヤアオカメムシやアオクサカメムシは混ざっていないのか
- 守田(熊本県) 混ざっている
- 【質問5】 藤田 兵庫県ではイネカメムシも捕獲されていたが、これもAIで識別できるのか
- 笠 現在は学習に必要なデータが足りないためできない。今後各県に協力してもらうことで識別用のAIを作成することは可能

- 【質問6】 松倉 チョウ目害虫については、LED システムでの調査は難しいという理解でよいか
- 井村 チョウ目については、既存の予察灯では鱗粉が剥げてしまい同定が困難となる。捕獲して間もない害虫の画像データを利用できることは LED システムの利点。ただし現時点では AI による判定はあてにならない
- 【質問7】 松倉 野外調査を実施した3県いずれからも、円筒側面の金属メッシュ部分に害虫が留まり、これが重複カウントの原因となっているという指摘があった
- 笠 新たな課題として認識している。現時点では具体的な改良策は申し上げられないが、来年以降の調査に向けた改善法を検討したい

(3) 成績検討会質疑応答（抜粋）

- 【質問1】 高梨委員 LED システムでの捕獲数が少ない原因のひとつとして、LED システムの点灯時間の問題が挙げられているが、これはシステムの仕様なのか
- 守田（熊本県） もともとの仕様では、LED の点灯開始時間は周囲の明るさに依存していたので、害虫の活動時間となっても LED システムが点灯していないケースがあったと考えられる。ただし、現在は時刻に応じて点灯するように使用が変更されており、今後は問題にはならないと思う
- 【質問2】 松村（農研機構） 熊本県のデータで、システム上ではミカンコミバエが捕獲されたとある。ミカンコミバエは植物検疫上の重要害虫であり、その捕獲の有無は正確に判断されるべきものである。LED システムの自動認識からは外したほうがよいのではないか
- 岡田（植防課） ミカンコミバエは侵入警戒調査でモニタリングしているため、発生予察事業では対象外となる。ただし、LED システムで自動認識される機能自体はあっても問題はないと考える
- 守田 参考として、今回 LED システムでミカンコミバエと判定されたサンプルは完全に別種であった
- 【質問3】 松倉（農研機構） セジロウンカについて、熊本県の調査では、後半にシステム上でセジロウンカと判定された個体はほぼすべて別種であったとの説明であったが、これはヒメトビウンカを誤認識していたのか
- 守田 ほとんどが雑多なウンカ類であった。ヒメトビウンカは誤認識されたサンプル全体の3%ほどであった
- 【質問4】 藤田委員 LED システム上でセジロウンカとヒメトビウンカはしっかりと分けられているのか
- 守田 熊本県の LED システムはサンプルを回収できる機能がないため、画像での目視による評価となるが、現時点では両種を明確には区別できていないと思う

- 【質問5】 松倉 兵庫県ではフタスジヒメハムシは LED システムに捕獲されたデータが示されているが、キスジノミハムシも同様に捕獲されているのか
- 岩橋（兵庫県） フタスジヒメハムシほどではないが、キスジノミハムシもそれなりに捕獲される
- 【質問6】 高梨 奈良県ではチョウ目害虫のフェロモントラップ調査の代替として、LED システムの利用が想定されるとの説明であったが、果樹カメムシ類についても利用できないか
- 井村（奈良県） 果樹カメムシ類のフェロモントラップは誘引力が強すぎるため、周辺圃場への影響を考慮して実施していない。そのため LED システムが果樹カメムシ類のフェロモントラップの代替となるかは判断できないが、果樹カメムシ類の予察については 100W水銀灯のほうが使い勝手がよさそうな印象がある
- 【質問7】 高梨 ライトトラップ同士で比較すると、LED システムでも予察は可能ということだが、果樹カメムシ類はある時期に突如大量に捕獲されるという特徴がある。これを踏まえても LED システムは防除意思決定に利用できるという認識か
- 井村 現時点ではそこまでの手ごたえはない。来年は果樹カメムシ類の多発が予想されているので、検証を重ねたい
- 【質問8】 松村 新型の LED システムについて、撮影後に外部に排出されたサンプルはいつでも回収できるのか。また、毎日回収すれば、既存の予察灯と同様に毎日の捕獲消長を把握できるのか
- 井村 サンプルは機器外部に設置してある袋にすべて集められる。袋はひとつしかないので毎日手動で回収する必要はあるが、毎日回収すれば捕獲消長の把握は可能

(4) LED システム仕様書 (旧型)

RIM - SYSTEM RYNAN® INSECT MONITORING NETWORK



RYNAN TECHNOLOGIES VIETNAM JSC.
Longtri Hamlet, Longduc Ward,
Travinh City, Travinh Province, Vietnam
Tel.: +84 2943 746 991- Fax: +84 2943 746 992
Website: www.rynan.net
E-mail: info@rynan.net

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Dimension (W x D x H)	1.50 x 1.36 x 2.29m
Material	Stainless steel
Power supply	Battery 12V - 100Ah, solar charger integrated
Working method	Use LED light (UV, RGBW) to lure pests on wide area
Supervision method	Apply artificial intelligence to analyze pest photograph images
Communication method	4G/3G and GPS
Working environment	Temperature from 0 to 70°C and humidity from 0 to 95%

FEATURES

The system automatically identifies and provides statistics for quantities, densities and types of pests.

More accuracy with edge computing in real-time.

The system automatically sends push notifications and pest predictions through the SaaS central management software.

The system has integrated with air spray systems, automatic cleaning of insect collecting parts after an operation.

The machine learning systems can be customized to different areas and types of crops to identify new types of pests and diseases.

MANAGEMENT SOFTWARE

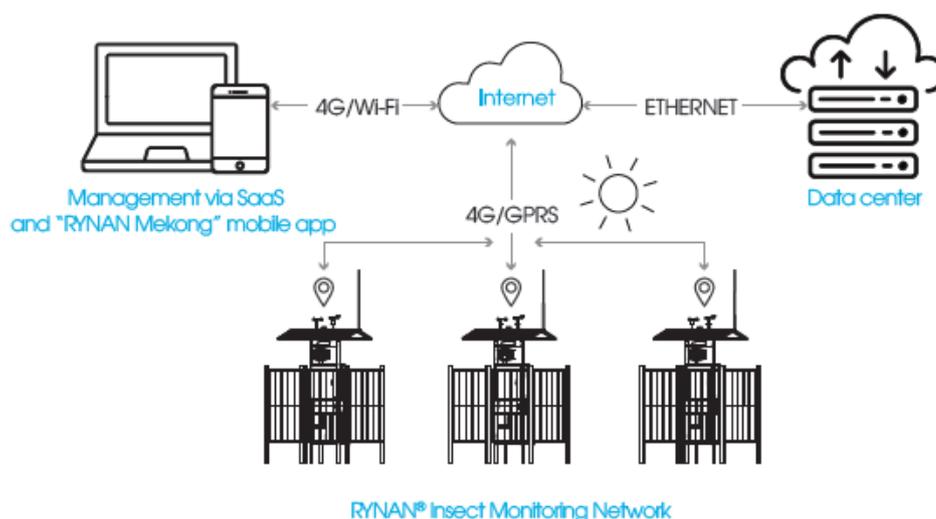
Free mobile application available on Google Play and App Store with the keyword **"RYNAN Mekong"**.

Monitor insects anytime, anywhere with statistics, charts, and visual photos from the system.

Management via SaaS and mobile application provided.

Supported features: export data, images, reports, download file and charts.

Classification, statistics of numbers, densities, warnings and forecast on pest status.



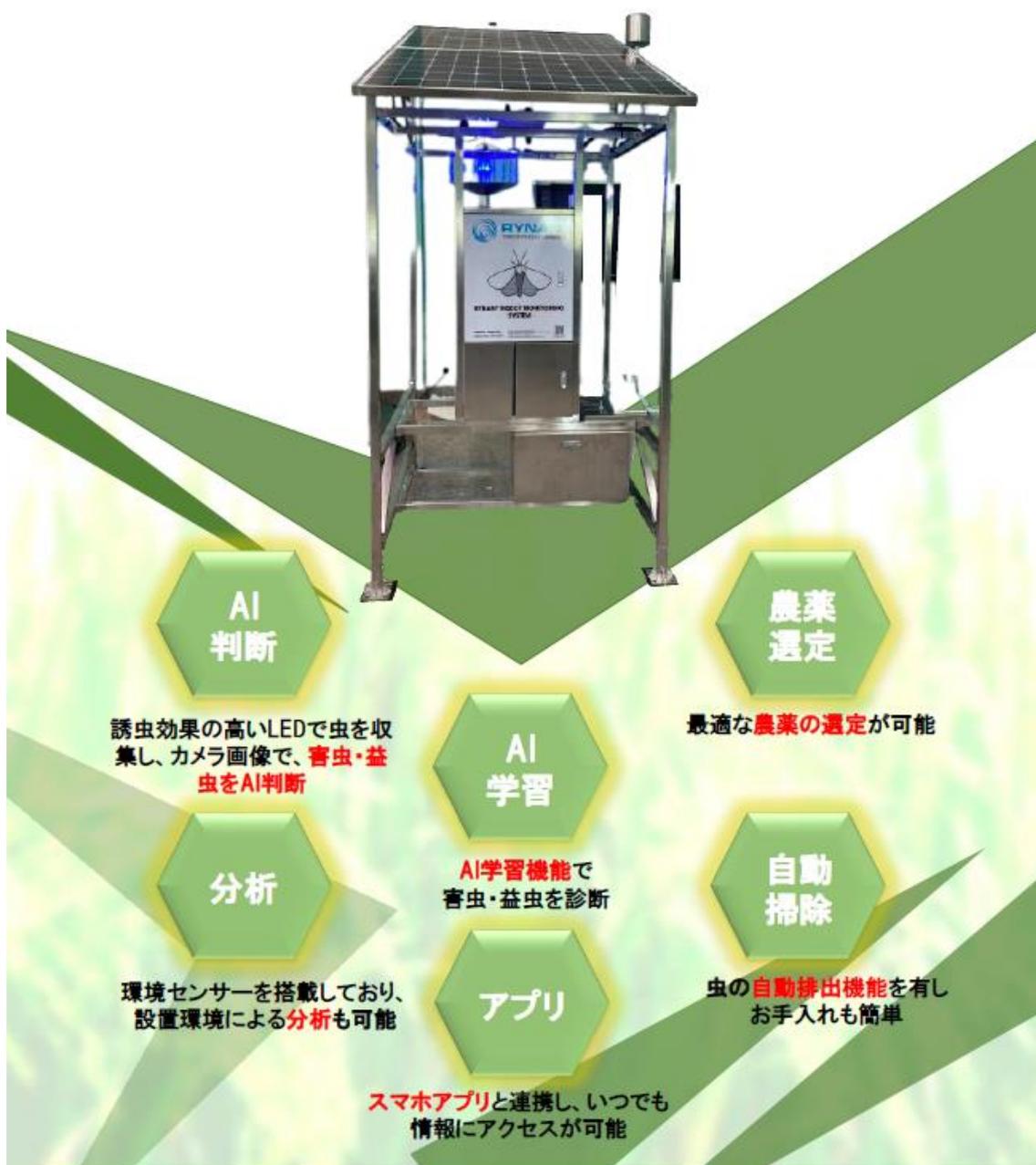
(4) LED システム仕様書 (新型)



【問い合わせ先】
双日九州株式会社 
機械・開発部機械一課

INSECT MONITORING NETWORK

害虫監視ネットワーク



仕様 装置型式M30A2SA

価格(税抜)	¥ 3,181,818-
サイズ (W x L x H)	1515 x 1373.5 x 3072 mm
材料	ステンレススチール
電源	バッテリー 12 V - 110 Ah, ソーラー550W
使用方法	LED light (UV、緑/青/白色を使用し、広範なエリアで害虫を捕捉 撮影した害虫の画像をAIでどういった種類の害虫か分析を行う
通信	4G
使用環境	気温： 0-70 °C 湿度： 0-95 %
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 害虫の数、種類、密度を画像から認識 ・ アプリを通じて通知を送付し、害虫の発生状況を把握。 自動クリーニングシステムも装備されており、手入れが容易。 ・ 機械学習システムをさまざまな地域や作物の種類に合わせて カスタマイズし、新しい種類の害虫や病気の設定が可能。 ・ 捕虫バック 15ℓ
ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> ・ WEBブラウザ上で利用可能なアプリケーションを提供しており、 アプリ上で統計情報、チャート、リアルタイム画像を使用して、 いつでもどこでも害虫を監視。 ・ WEBアプリケーションと携帯アプリによるデバイス管理が可能。 サポート機能：データ、画像、レポート、ダウンロードファイル、 グラフ、分類、統計、密度、警告及び害虫の特定。

