

- 2 土着天敵を活用する害虫管理の最新技術
- 3 土着天敵の利用に役立つ知見と個別技術の紹介
- 1 水田・畑地における土着天敵利用

2.3.1.1 周辺環境や気象条件が土着天敵の発生に及ぼす影響

1. はじめに

土着天敵のもつ害虫防除機能を利活用するために、さまざまな天敵の保護・温存技術が開発されている。農耕地は人為的かく乱を受け、また冬季や休閑期など植生の少ない季節があるため、土着天敵個体群は圃場内だけでは維持されず、圃場外の生息地からの移入によって維持されている。そのため、生息地となる周辺環境、すなわち景観^{*1}が、天敵類の個体群維持に重要な役割を果たすと考えられる (Tscharncke et al., 2007)。また景観のみならず、気候や地形といったより広いスケールの環境要因も、天敵類の個体数や種構成に大きな影響をおよぼす。特に南北に長い日本列島では、地域によって気候が異なることから、気象条件の影響は重要と考えられる。本プロジェクト研究では、各課題の対象地域において、土着天敵の活用技術が開発された。しかしながら、地域によって環境条件が異なり、それによって天敵類の個体数が異なるため、開発された技術が他の地域に適用できるとは限らない。したがって、開発された技術の適用可能範囲を予測し、また適用する地域に適した技術とするためには、周辺環境や気象条件が天敵個体数におよぼす影響を解明することが重要である。本研究では、景観スケールおよび広域スケールにおいて、土着天敵の個体数や種構成の広域パターンを明らかにし、それらに対する環境要因の影響を解明することを目的とした。本稿ではそれらの成果を紹介するとともに、上記の影響を明らかにするための方法論についても簡単に触れる。

2. 景観スケールの要因

2-1. 農法および景観が生物におよぼす影響

化学肥料・農薬の使用量を減らし環境に配慮した環境保全型農業は、土着天敵等を保全する効果があることが示された (農林水産省農林水産技術会議事務局ら, 2012)。一方、農地周辺の景観は、土着天敵類の供給源として重要な役割を担うため、農法の効果は景観の違いによって異なることが予想される。さらに、景観が生物におよぼす影響は、各生物のもつ生活史や、利用する環境によって大きく異なる可能性がある。例えば、アカガエル類では、繁殖および卵・幼生 (オタマジャクシ) の発育は水田で行われるが、カエルに変態後は森林で生活するため、その生息にとって、農地以外の景観要素が不可欠であり、周囲に森林が多い水田で個体数が多いことが知られている (Kato et al., 2010)。逆に水田以外の環境を利用しない生物にとって、水田以外の景観要素は生息地とならず、むしろ生息地の減少や分断化を通じて、個体数の減少をもたらすかもしれない。そこで、土着天敵類に対する農法および景観の影響を

明らかにするために、水田と畑地の2種類の農地において、農法の異なる圃場を対象として、景観を地理情報システム (Geographic Information System) ^{*2} を用いて定量化することによって、農法と景観の影響を解析した。

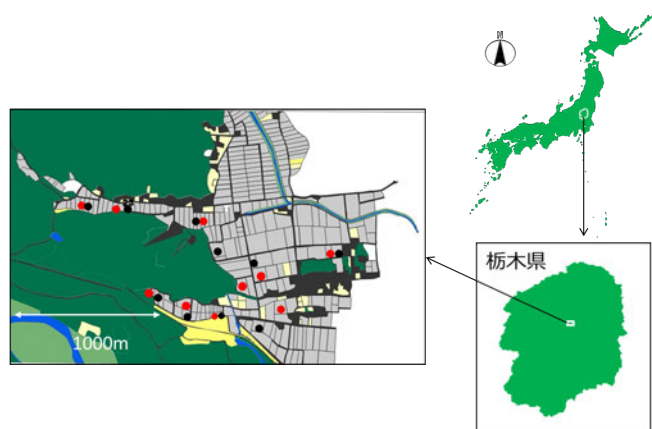


図1 調査地である栃木県塩谷町風見・風見山田地区のベクタデータ。丸印は調査を行った水田を表す。●環境保全型水田、●慣行水田

2-2. 水田

調査地として選んだ場所は、栃木県塩谷郡塩谷町風見地区と風見山田地区である。この地区は、東西にかけて水田が卓越する景観から森林が卓越する景観へと推移するため、景観の影響を調べるうえで適している (図1)。調査圃場として、環境保全型水田 (特別栽培水田) 10 筆と慣行栽培水田

10筆の計20圃場を選んだ(図1)。両タイプの圃場は、殺菌剤と除草剤が使用されている点で共通するが、慣行栽培水田では殺虫剤(育苗箱施用剤および本田防除剤)が使用されているのに対し、環境保全型水田では殺虫剤が使用されていない点で異なる。また、環境保全型水田では、化学肥料の使用量を減らして有機肥料が使われている。

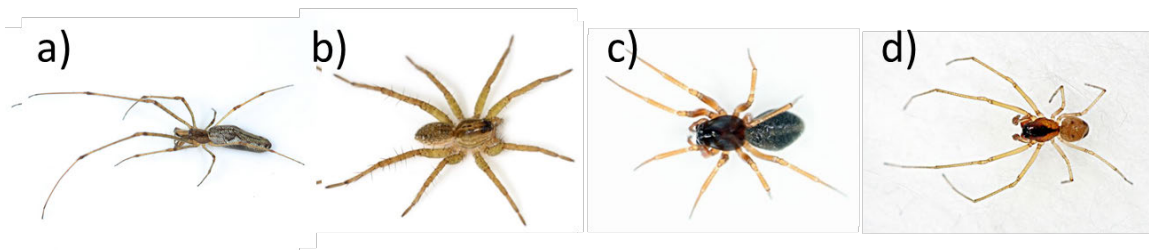


図2 調査対象とした分類群。a) アシナガグモ属、b) コモリグモ科、c) コサラグモ類、d) アゴブトグモ属

調査対象とした生物はクモ類である(図2)。これらのうち、アシナガグモ属とコモリグモ科は水田の指標生物としてすでに個体数の調査法が確立されているため(農林水産省農林水産技術会議事務局ら、2012)、それに従い、アシナガグモ属は捕虫網による掬い取り(1圃場につき20回振り×2か所)、コモリグモ科はイネ株の見取り(1圃場につき5株×4か所)によって個体数を調べた。イネ株見とりの時には、コモリグモ科と合わせて、水田で優占するコサラグモ類およびアゴブトグモ属も調査対象とした。調査は2012年と2013年の7月中旬(イネ出穂直前～出穂期)および8月上旬(慣行水田の本田防除後)に1回ずつ行った。調査地の景観データについては、地理情報システムのソフトウェアであるArcGIS ver10.0(Esri ジャパン株式会社)を用いて、調査地の国土基本図と空中写真を元にベクタデータを作成し、そのデータを元に調査圃場から50m, 100m, 200mの異なる範囲(バッファー)に含まれる土地利用(森林、建造物)面積を算出した(図3)。これらのデータを元に、景観要素(森林被覆割合・建造物被覆割合)と、農法(特別栽培と慣行栽培)を説明変数、各生物群の個体数を目的変数とする一般化線形モデル(Generalized Linear Model)を構築し、農法と景観が生物にあたえる影響を評価した。解析にはフリー統計解析ソフトウェアであるR ver2.15.1を用いた。一連の手順は図3に示す。

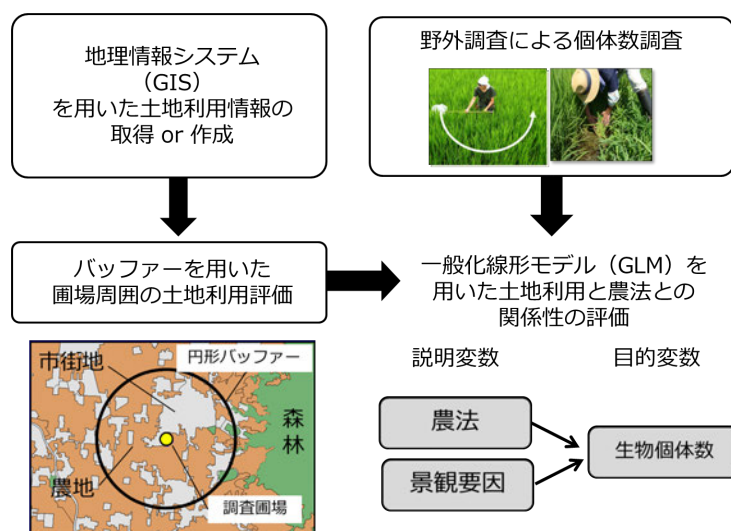


図3: 調査解析の流れ

調査解析の結果、以下のことが明らかとなった。クモ類は四つの分類群ともに環境保全型水田で個体数が多かったが、景観から受ける影響は分類群によって異なった。造網性クモ類であるアシナガグモ属と地表徘徊性のコモリグモ科のクモは、周囲200m以内の森林被覆割合が高い水田ほど個体数が増加した。逆にコサラグモ類は、周囲200m以内の森林被覆割合が高い水田ほど個体数が減少し、アゴブトグモ属については景観による影響はみられなかった。これらの違いは各分類群による周辺環境の利用の仕方の違いを反映していると推測される。

2-3. 露地栽培ナス圃場

露地栽培ナス圃場を対象に、水田と同様の手順で(図3)、農法と景観が土着天敵に及ぼす影響を調べた。土着天敵として、ミナミキイロアザミウマの有力な天敵であるヒメハナカメムシ類に注目した。調査地は、奈良県の葛城市、五條市、奈良市、天理市の4地域における計14のナス圃場である(図4)。多くの圃場ではヒメハナカメムシ類への影響が

少ない選択性殺虫剤が用いられているが、一部の圃場では非選択性殺虫剤が使用されている。一圃場あたり 50 株のナス花を調査することにより、ヒメハナカメムシ類の個体数を評価した。この調査を 2013 年 6 月から 9 月にかけて圃場ごとに計 7 回実施した。

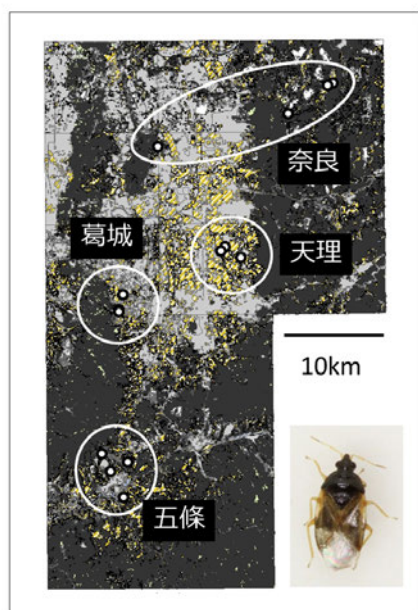


図4 ナス圃場の位置

圃場周囲の土地利用の評価には、環境省の 1/25000 植生図（第 6-7 回植生調査）を用いた (<http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>)。地理情報システムのソフトウェアの Arc GIS ver10.0 を用いて、圃場の中心部から 100 m 刻みで異なる半径 (100~1,000 m) の円形バッファを発生させ、各範囲に含まれる土地利用面積を算出した (図 3)。土地区分は、大区分を元に耕作地、森林、市街地の 3 つに再分類した。6 月から 9 月までのヒメハナカメムシ類の合計個体数を目的変数とし、景観要因と農法 (非選択的殺虫剤の使用回数) がヒメハナカメムシ類に与える影響を、一般化線形モデルによって評価した。景観要因として、各土地利用がどの割合で含まれるかを表す景観要素と、圃場周囲にどのくらい多様な景観要素が存在するかを表す景観異質性^{*3}の 2 つに注目した。景観要素は、森林が耕作地・市街地に対して強い負の相関を示すため、主成分分析により一つの変数にまとめた。景観異質性については、多様度指数であるシンプソン指数 (Simpson's Index : D) を用いて評価した。

調査解析の結果、圃場周囲 200m 以内の空間範囲に含まれる景観要素がヒメハナカメムシ類の個体数に影響をおよぼすことが分かった。すなわち、周囲に耕作地や市街地が多い圃場ほどヒメハナカメムシ類の個体数が多かった。この結果は、市街地や農地周辺の雑草地を生息地とするヒメハナカメムシ類の生態的特性と概ね一致している。

2-4. 景観スケールの要因：まとめ

環境保全型農業 (殺虫剤不使用等) は、水田および畑地の土着天敵を増加させる効果のあることが明らかになった。一方、圃場周辺の景観は、それらの土着天敵の個体数を決定する上で重要であり、そのため同じ農法の圃場でも景観によって土着天敵の個体数が異なること、景観の影響は分類群によって異なることがわかった。これらのことから、土着天敵の害虫抑制機能を活用する際には、圃場の管理法の検討のみならず、周囲の環境が天敵の生息や増殖に適した条件であるかどうかも十分に検討する必要がある。

3. 広域スケールの要因

3-1. 調査の概要

農地の生物の個体数や種構成は、景観のみならず、気候や地形など、より広域の環境要因の影響を受けて変異する (Nyffeler and Sunderland, 2003, Amano et al., 2011)。こうした天敵類の変異パターンを明らかにすることは、地域に適した害虫防除システムを構築する上で有用な知見を提供できると期待される。そこで水田の代表的な捕食者として、日本全国に分布し全国共通の指標生物となった (農林水産省農林水産技術会議事務局ら, 2012) コモリグモ科とアシナガグモ属のクモに注目し、個体数と種構成の緯度に沿った変異パターンを明らかにした。

農林水産省委託プロジェクト研究 (「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法を開発」2008~2011年度) で得られた全国 10 か所の環境保全型水田 (有機水田または殺虫剤不使用水田) におけるク

モの個体数・種構成の既存データに加え、新たに沖縄県（石垣島）、鹿児島県、広島県、石川県、栃木県、福島県、北海道の7か所の環境保全型水田において、クモ類の個体数・種構成の調査を行った。調査法は栃木県塩谷町での方法（2-2）と同様である。調査は主に7～8月に行われたが、石垣島では二期作目である10月に実施された。

3-2. 個体数

アシナガグモ属の個体数は、北海道と沖縄県で少なく、本州と九州で多い傾向がみられた。一方、北海道・沖縄県を除外した本州・九州のデータでは、北方に行くほど個体数が増加する傾向が見られた。コモリグモ科についてもアシナガグモ属と同様に、北海道および沖縄県で個体数が少なく、本州・九州で多い傾向がみられたが、本州・九州では北方にいくほど個体数が増加する傾向はみられなかった。

3-3. 種構成と多様性

アシナガグモ属の種構成は、緯度勾配に沿って大きく変化した（図5）。まず沖縄県ではオナガアシナガグモとヒカリアシナガグモが、九州南部ではヒカリアシナガグモが、本州西部ではヤサガタアシナガグモやシコクアシナガグモが優占した。一方、本州東部・北部では、本州西部でみられた種に加えて、トガリアシナガグモやハラビロアシナガグモが見られるようになり、全体的に種の多様性が高くなる傾向がみられた。一方、北海道ではハラビロアシナガグモ一種のみが優占し、種の多様性が著しく低下した（図5）。こうした緯度勾配に沿った種構成の変化を反映し、アシナガグモ属の種多様度は、福島県・栃木県などの北関東から東北南部にかけて最も高くなることが明らかとなった。

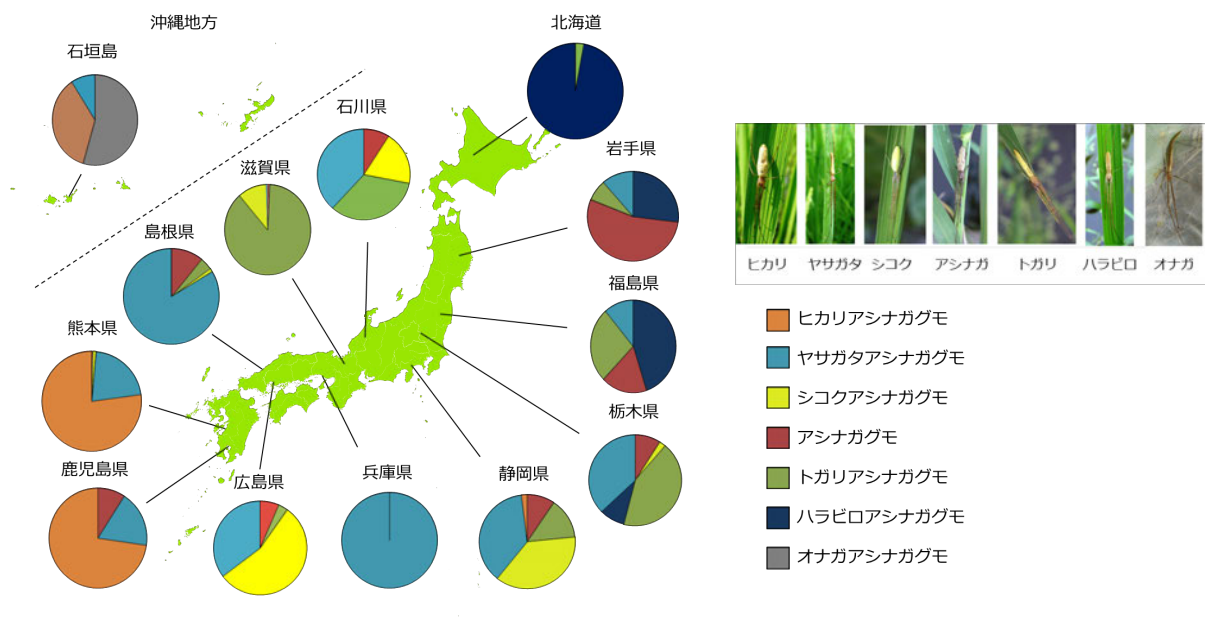
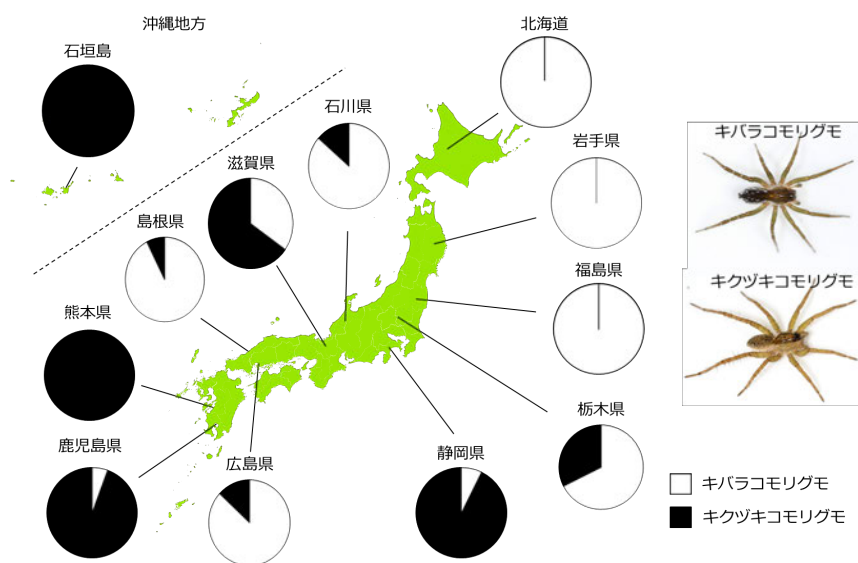


図5 アシナガグモ属の種構成にみられる地理的変異

コモリグモ科のクモでは、キクヅキコモリグモとキバラコモリグモの2種が優占していた。南方および太平洋岸側ではキクヅキコモリグモが多く、北方および内陸にいくほどキバラコモリグモの比率が高まる傾向がみられた（図6）。これは2種それぞれの生息に好適な気候の違いを反映していると考えられる。一方、栃木県から広島県にかけて、2種の比率のバラツキが非常に大きく、これらのばらつきは気候要因のみではうまく説明できないと考えられる。2種が同一圃場に生息する栃木県内の水田では2種の個体数に負の相関が見られたことから、分布パターンの形成に種間の相互作用が関わっている可能性も考えられる。



以上の結果から、広域の地理的スケールにおいてクモの個体数や種構成に大きな地理的変異があること、さらにその変異のパターンはクモのグループによっても異なることが分かった。これらの結果は、同じ農法や圃場管理を施しても、地域によって増加する土着天敵の種類や個体数が異なることを意味しており、それに伴い天敵による害虫防除機能も変化する可能性を示唆している。

図6 コモリグモ科の種構成にみられる地理的変異

4. 技術の実用化に向けた課題等

本研究の成果により、圃場管理や農法以外の環境条件によって、土着天敵群集が大きく変化することが示された。これらの変異パターンが生じる仕組みはよくわかっていないため、それを解明するためのさらなる調査が必要である。また、応用面においては、これらの土着天敵の個体数や種構成の変化が害虫密度の抑制にどのように影響するのかといった、天敵の群集構造と生態系機能との関係性も今後明らかにする必要がある。

用語説明

※1 景観 (Landscape)・・・ある空間範囲に含まれる森林や農地、草地などの局所生態系の集合。景観を構成する個々の生態系を景観要素 (Landscape element)、景観要素の配置や構成のことを景観構造 (Landscape structure)と呼ぶ。

※2 地理情報システム (Geographic Information System)・・・デジタル化された地図データと、統計データや位置の持つ属性情報などを統合的に扱う情報システムのこと。

※3 景観異質性 (Landscape heterogeneity)・・・ある空間範囲に含まれる景観要素の多様性。景観要素の種類が多いほど (もしくは異なる景観要素が均等に存在する場合)、景観異質性は高くなる。

参考文献

- 1) Amano, T. et al. (2011) Ecol. Lett. 14: 1263-1272.
- 2) Kato, N. et al. (2010) Wetlands 30: 1171-1179.
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局ら (2012) 「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル I. 調査法・評価法」
- 4) Nyffeler, M. and K.D. Sunderland (2003) Agric. Ecosys. Environ. 95: 579-612.
- 5) Tscharrntke, T. et al. (2007) Biol. Control 43: 294-309.

(馬場友希・楠本良延・田中幸一：農業環境変動研究センター)

2.3.1.2 カブリダニ類の下草から果そう葉への移動分散

1. はじめに

日本ではこれまでに 90 種のカブリダニが報告されている (江原・後藤 2009)。カブリダニの形態学的な特徴に基づく分類は時として困難を伴う。さらに、大量のカブリダニを同時に解析することはほとんど不可能に近い。以前、我々はモモ果そう葉で採集された多数のカブリダニを一度に解析し、種構成を推定する手法を確立した (Sonoda et al. 2012) (以下従来法と記述)。従来法は 5 種のカブリダニ (ミヤコカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、ケナガカブリダニ、ミチノクカブリダニ、コウズケカブリダニ) のみを対象としたものであった。ところが、その後の調査により、モモ果そう葉や下草には 5 種以外のカブリダニが生息していることが明らかとなった。そこで、本研究では、新たに見つかったカブリダニも含めて解析できるよう、従来法の改良を行った。改良された手法 (以下改良法と記述) を用いて、防除圧の異なるモモ圃場において、モモ果そう葉と下草におけるカブリダニの種構成を調べた。また、下草の有効利用によるカブリダニのハダニ密度抑制機能の強化を目標として、カブリダニの下草からモモ果そう葉への移動について検証した。

2. モモ果そう葉と下草に生息するカブリダニ種の同定と種特異的塩基配列部位の検出

モモ果そう葉と下草から採集されたカブリダニを豊島真吾博士 (農研機構) に依頼して同定していただいた。その結果、モモ果そう葉において新たにフツウカブリダニが確認された。また、下草ではモモ果そう葉で確認されたフツウカブリダニを含む 6 種に加えて、オキナワカブリダニ、マクワカブリダニが生息していることが明らかとなった。これら新たに確認されたカブリダニを解析できるように従来法の改良を試みることにした。

岡山県のモモ圃場での生息が確認された 8 種の 28S リボソーム DNA の塩基配列を ClustalW

(<http://www.ddbj.nig.ac.jp/>) を用いて比較し、それぞれの種ごとに塩基配列が他の 7 種とは異なる部位 (種特異的塩基配列部位) を探索した。カブリダニの 28S リボソーム DNA の塩基配列情報は日本典秀博士 (農研機構) より提供していただいた。種構成推定に必須の作業であるダイレクトシーケンシングにおける利便性 (1 回の分析で全ての部位を解析できることが望ましい) を考え、492 番目、705 番目、624 番目、652 番目、465 番目、656 番目、475 番目、479 番目の塩基をそれぞれ、ミヤコカブリダニ、ケナガカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、ミチノクカブリダニ、コウズケカブリダニ、フツウカブリダニ、オキナワカブリダニ、マクワカブリダニの種特異的塩基配列部位とした (図 1)。本手法は種特異的塩基配列部位が検出される限り、解析対象種を拡げることができる。

3. 種構成推定法の確立

本手法の詳細については、既報の論文 (Sonoda et al. 2012, 園田 2012, Wari et al. 2014) を参照していただきたい。ここでは採集されたサンプルのおおまかな解析手順についてのみ記す。

1) 野外で採集されたカブリダニよりゲノム DNA を抽出し、2 つのプライマー

(rD43: 5'-gacccgctgaacttaagcat-3' と rD13dp: 5'-cgtgtttcaagacgggtcaataact-3') を用いて PCR を行う。

2) PCR 産物のダイレクトシーケンシングをプライマー (rD25: 5'-gggaaagttaaagaactc-3') を用いて行う。

3) 塩基配列のクロマトグラム上の各種特異的塩基配列部位 (図 1) を観察し、2 つのピークが存在する

かどうかを確認する。2つのピークの存在は、解析に用いたカブリダニサンプルに当該カブリダニ種が含まれていることを意味する。2つのピークが認められた場合は、各ピークの高さを計測する（実測値）。著者はピークの高さの計測に Photoshop CS3 ver. 10.0.1 (Adobe) を用いている。

4) 各種ごとに算出された二次元回帰式 (Wari et al. 2014) に実測値を当てはめ、補正を行う（補正值）。種ごとに算出された補正值の合計は必ずしも 100%とはならない。そのためデータとして公表する際には合計が 100%となるように再度補正を加える。目視による実測値が 0 もしくは 1.0 の場合は、二次元回帰式にあてはめることなく、0%もしくは 100%として扱う。

注意すべき点は、本手法で推定される種構成は各カブリダニの生物量 (DNA 量) を反映したものであり、個体数を反映したのではないことである。

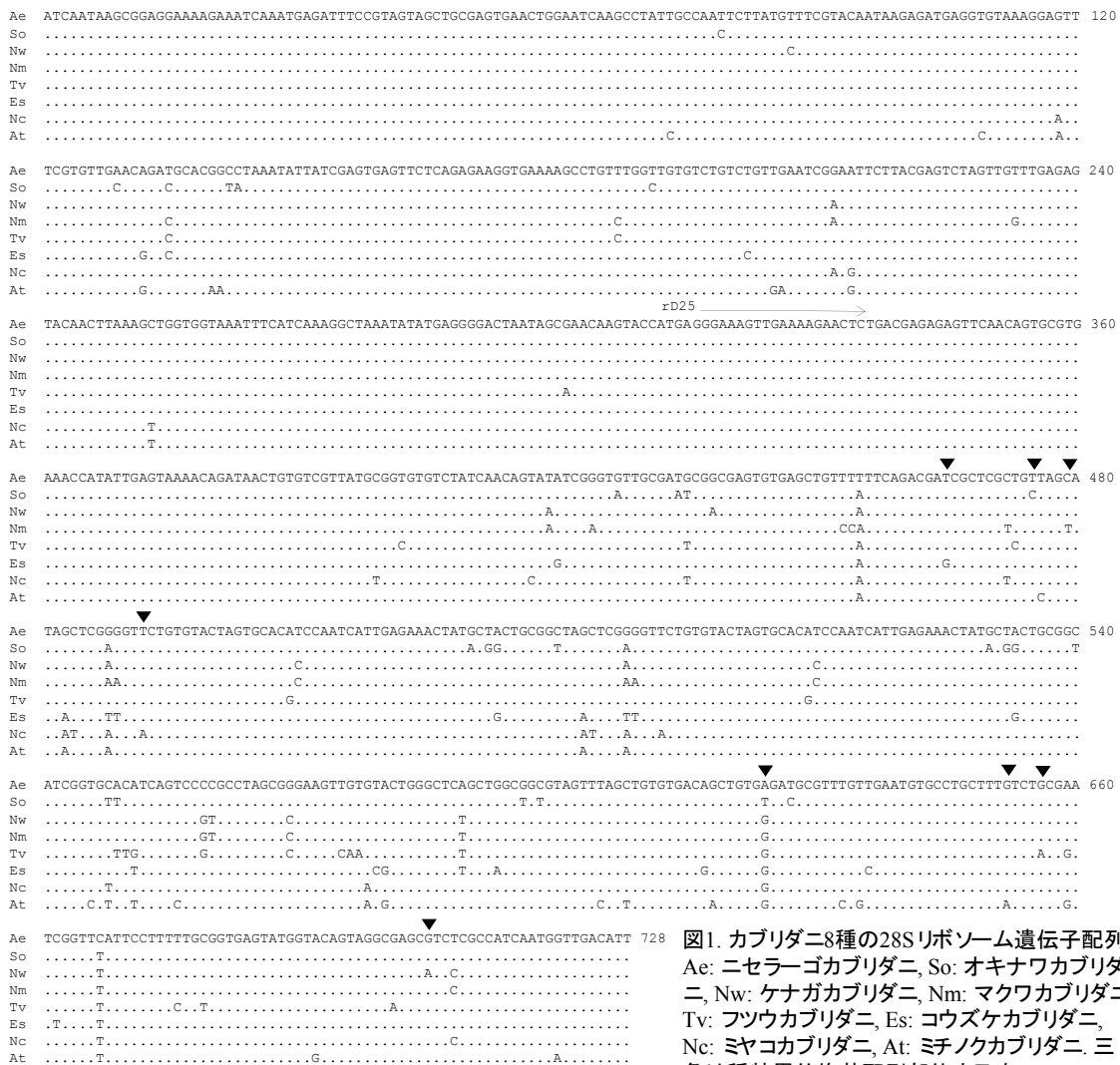


図1. カブリダニ8種の28Sリボソーム遺伝子配列。Ae: ニセラゴカブリダニ, So: オキナワカブリダニ, Nw: ケナガカブリダニ, Nm: マクワカブリダニ, Tv: フツウカブリダニ, Es: コウズケカブリダニ, Nc: ミヤコカブリダニ, At: ミチノクカブリダニ。三角は種特異的塩基配列部位を示す。

4. 改良法を用いたモモ果そう葉と下草におけるカブリダニの種構成の推定

調査を行った岡山県倉敷市の防除圧の異なる6つのモモ圃場は以下の通りである。

圃場 I: 有機栽培、下草有；圃場 II: 慣行栽培、下草有；圃場 III: 慣行栽培、下草無；圃場 IV: 特別栽培、下草有；圃場 V: 慣行栽培、下草有；圃場 VI: 慣行栽培、下草有。

各圃場において調査木として8樹を設定し、1樹あたり20葉、合計160葉を採取した。下草については、オオイヌノフグリ、カタバミ、ヤイトバナ、イヌタデを対象に「11号のビニール袋(20cm×30cm)に入りきる程度」を目安に採取した。ハダニとカブリダニはハダニ払い落とし器(大起理化学工業株式会社)を用いて回収した。カブリダニの個体数を性や発育ステージに関わりなく数えた後、DNA抽出に供した。調査は2012年4月23日から2012年11月12日まで、1週間毎に行った。

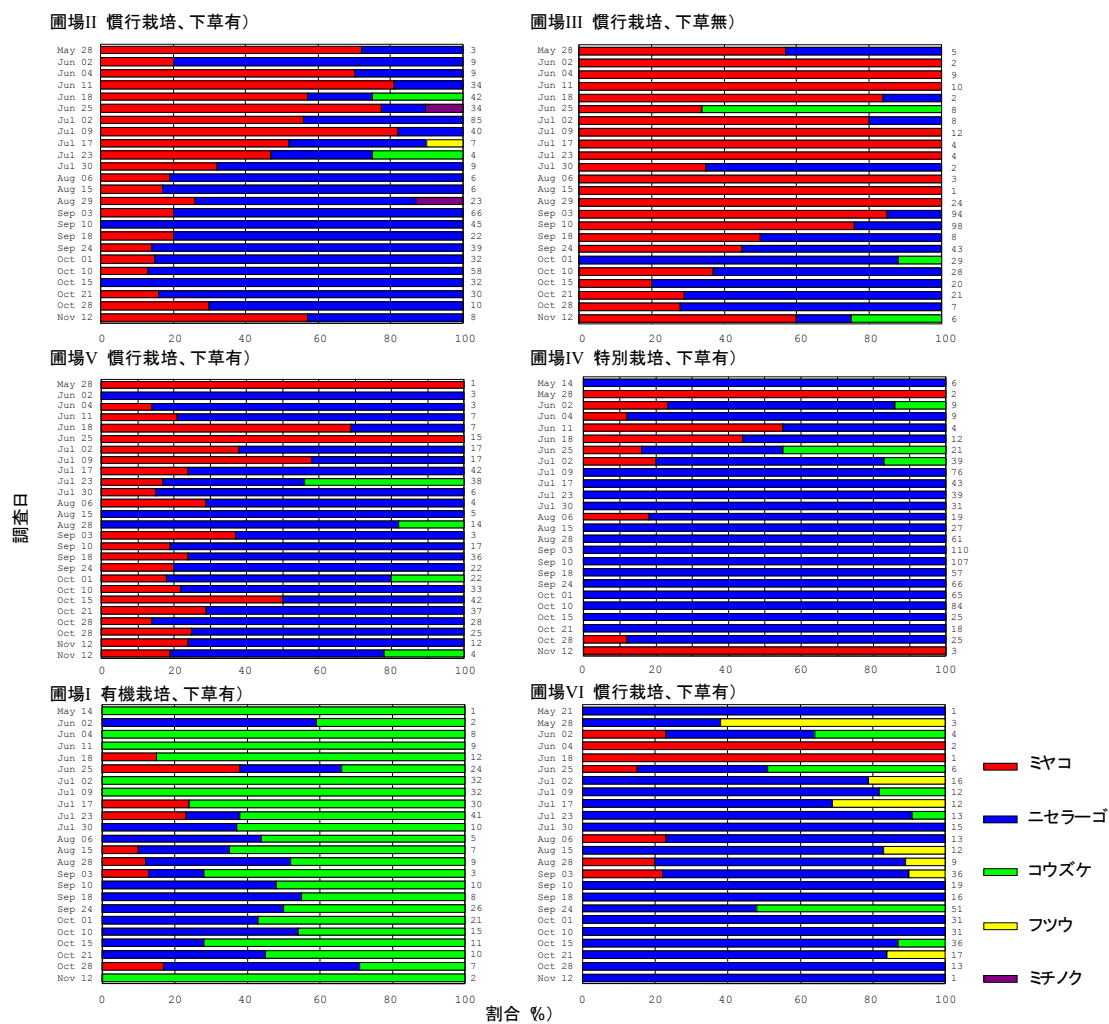
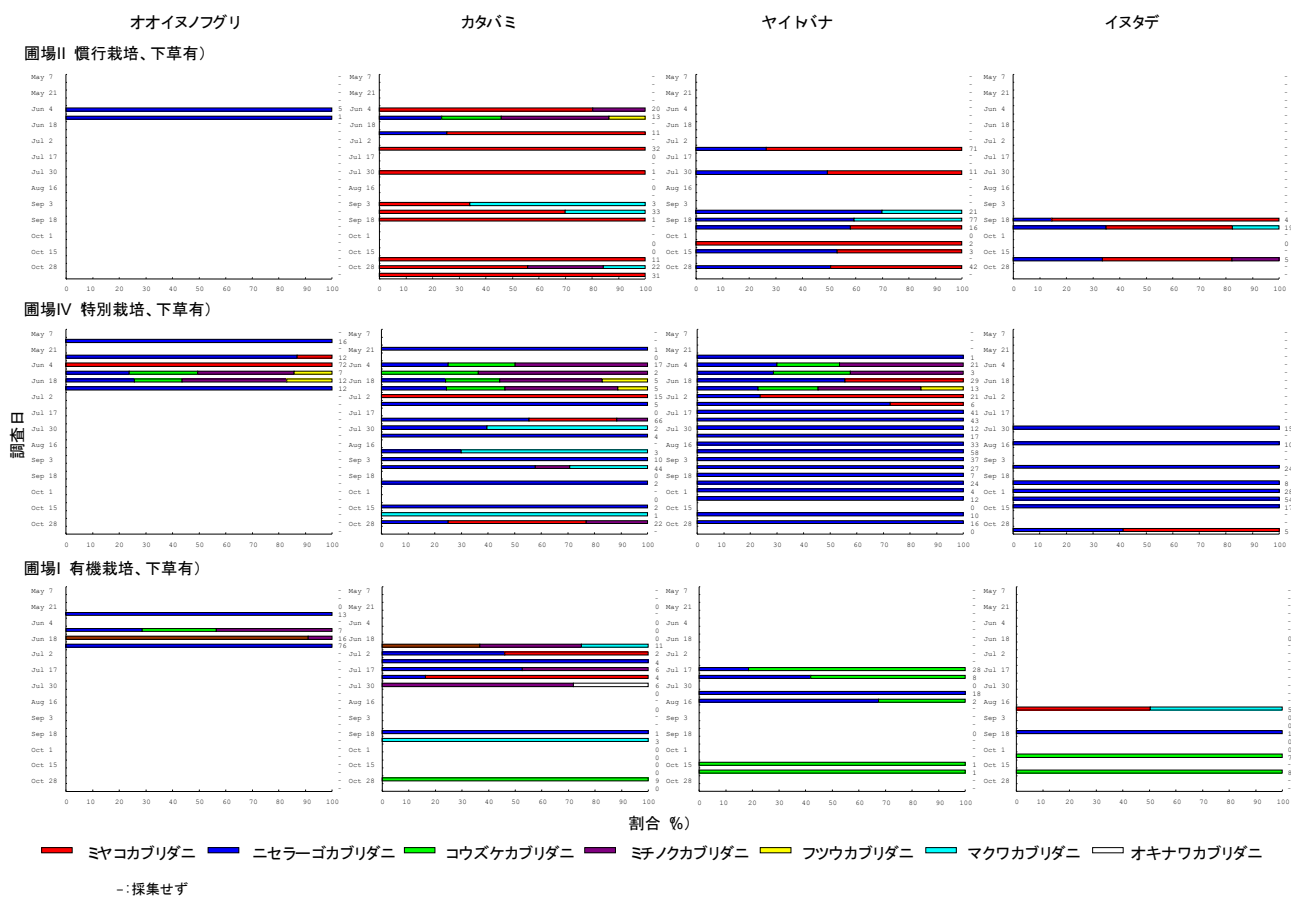


図2.モモ果そう葉におけるカブリダニの種構成推定. グラフの右側の数値は解析したカブリダニ数を示す.

改良法によって推定されたモモ果そう葉におけるカブリダニの種構成を図2に示した。一般に、下草のない慣行栽培圃場(圃場 III)ではミヤコカブリダニが優占種であった。その他の慣行栽培圃場(圃場 II、圃場 V、圃場 VI、いずれも下草有)では、ミヤコカブリダニよりもニセラーゴカブリダニが優占していた。特別栽培圃場(圃場 IV、下草有)ではさらにニセラーゴカブリダニの割合が高くなった。有機栽培圃場(圃場 I、下草有)ではコウズケカブリダニが優占種であった。同様に圃場 I、圃場 II、圃場 IVの下草(オオイヌノフグリ、カタバミ、ヤイトバナ、イヌタデ)において採集されたカブリダニの種構成を図3に示した。4種の野生植物におけるカブリダニの種構成はモモ果そう葉に比べると複雑であるが、一般的には7月下旬までは複数のカブリダニ種が検出されるものの、その後次第に構成種数は少なくなり、盛夏以降はモモ果そう葉における種構成との類似性が認められるようになった。典型的な例は、

ヤイトバナにおけるミヤコカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニの割合であり、それぞれ、圃場 II、圃場 IV、圃場 I で高かった。



5. カブリダニの下草からモモ果そう葉への移動

上述の通り、モモ果そう葉と下草におけるカブリダニの種構成は類似していることが示された。それでは、下草に生息するカブリダニはモモ果そう葉へ移動するのであろうか？この点は、本研究の目標である、下草の有効利用によるカブリダニのハダニ密度抑制機能の強化を考える上で重要である。

韓国のカンキツ圃場ではミヤコカブリダニは下草で越冬する (Kawashima and Jung 2010)。一方、ニセラーゴカブリダニは同国のカキ圃場では樹上で越冬するという (Kawashima, 未発表)。コウズケカブリダニの越冬場所については不明であるが、同属の *Euseius finlandicus* はギリシャのモモ圃場では樹上で越冬する (Broufas et al. 2002)。このように、モモ果そう葉で発生するミヤコカブリダニの供給源は主に下草であると推測されるが、他の2種が下草から供給されるのかどうかは不明である。

カブリダニの温存植物として選抜されたカタバミ (本マニュアル II-3-2) -3b 参照) には多数のカタバミハダニが寄生していた。カタバミハダニは世界中に分布するが、通常カタバミ属の植物のみに寄生する。著者らの経験上、少なくともモモ果そう葉からカタバミハダニが回収されたことはない。そのため、モモ果そう葉で採集されたカブリダニからカタバミハダニの DNA が検出されれば、カブリダニの下草からモモ果そう葉への移動を証明できると考えた。モモ果そう葉で採集されたカブリダニDNA サンプルの中から、ミヤコカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニのみで構成されることが改良法で示されたものを用いて、カタバミハダニのリボソーム遺伝子のITS (internal transcribed spacer) 配列を増幅した。その結果、ミヤコカブリダニ (14 サンプル中 2 サンプルで検出)、ニセラーゴカブリダニ (79 サンプル中 3 サンプルで検出)、コウズケカブリダニ (17 サンプル中 2 サンプルで検出) のいずれの種からもカタバミハダニの ITS 配列が増幅された。以上の結

果より、カブリダニは下草からモモ果そう葉へ移動していることが証明された。これに続く課題はカブリダニを温存し、そのハダニ密度抑制機能を強化する植物の選抜と効果の確認である。この点については本マニュアルの「果樹栽培における下草でのカブリダニ類の温存・強化」を参照いただきたい。

参考文献

Broufas et al. (2002) *Exp. Appl. Acarol.* 26: 1~12.

江原昭三・後藤哲雄 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑, 全国農村教育協会, 東京, p. 349.

Kawashima and Jung (2010) *Appl. Entomol. Zool.* 45: 191~199.

Sonoda, S. et al. (2012) *Exp. Appl. Acarol.* 61: 9~22.

園田昌司 (2012): 植物防疫 66: 337~341.

Wari, D. et al. (2014) *Exp. Appl. Acarol.* 63: 313~332.

(園田昌司¹・山下 純: 岡山大学資源植物科学研究所、¹現 宇都宮大学農学部)

2.3.1.3 ハダニ類の土着天敵類を対象とした簡易採集・増殖技術

1. はじめに

ハダニ類は果樹や野菜等の重要害虫であり、化学合成農薬に対して抵抗性を発達させやすい難防除重要害虫として知られている。施設栽培作物ではチリカブリダニやミヤコカブリダニ等の生物農薬を用いた生物的防除が広く行われているが、露地栽培作物（果樹、野菜、イチゴの育苗期等）では生物農薬が使うことができないため、化学農薬による防除に強く依存しているのが現状である。一方、圃場内およびその周辺植生上には多種多様な土着天敵類が生息しており、害虫発生初期から有力な土着天敵を圃場内へ導入できれば、害虫個体群の密度抑制に貢献すると期待できる。地域に生息している土着天敵を農家自身が増強・採集・放飼することは、農薬取締法でも特定防除資材（特定農薬）として認められており、土着天敵を地域単位で利用する場合に非常に有効な方法であると期待されるが、このような手法のシステムは未だ確立されていない。そこで本研究では、圃場内外に生息する土着天敵を効率的に採集し、圃場近辺の有休ハウス等で簡易に増殖・維持し、適切な時期に必要な数を地域内の圃場に放飼できるようにするための開放型天敵飼育システムの構築を目標として、ハダニ類の有力土着天敵であるケナガカブリダニを主な対象とした簡易採集・増殖法の開発を行った。

2. ハダニ類の有力土着天敵の生態と特徴

果樹等の露地栽培作物、あるいはその周辺の植生上には、様々な種類の土着天敵が存在する。ハダニ類の土着天敵はカブリダニ類と天敵昆虫類に大別され、それぞれ異なる特徴を持つ（図1）。カブリダニ類は捕食能力や移動能力が低いのが特徴だが、増殖能力や作物上での定着性に優れ、圃場内では害虫密度が低い時期から働くことが知られている（Mochizuki, 2003; Funayama, 2010）。一方、天敵昆虫類はカブリダニ類とは逆の特徴を持ち、多発したハダニ類を集中的に攻撃し、密度を短期間で低下させることができると考えられている（Shimoda and Takabayashi, 2001）。土着のカブリダニ類や天敵昆虫類は採集や増殖が容易ではなかったため、天敵への影響が少ない選択性農薬の使用等を通じ、圃場での土着天敵の保護が進められてきた。一方、近年の研究の進展により、土着のカブリダニ類や天敵昆虫類の放飼による積極的利用の可能性も示唆されている。そこで本研究では、近い将来のカブリダニ類の採集、増殖、放飼法の確立を目標として、土着天敵カブリダニ類（ケナガカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ等）の効率的な採集法、ならびに簡易増殖法の開発を行った。また、土着の捕食性天敵昆虫類（ハダニタマバエ、ハダニアザミウマ、ケシハネカクシ類、クロヒメテントウ類）についても採集および簡易増殖法の開発を試みた（図1）。



図1 ハダニ類の有力土着天敵であるカブリダニ類および天敵昆虫類

3. カブリダニ類の簡易採集

土着カブリダニ類を圃場や周辺植生上で直接採集する方法は、発生する時期や場所、植物等の専門知識や経験が必要であり、本研究の主旨である簡易採集としては適当ではない。そのため、本研究では、

これらの知識や経験がほとんどなくても採集可能なインゲントラップ法を用い、カブリダニ類が良く採集される場所や時期について検討した。主な採集ターゲットは、ハダニ類の有力天敵であるケナガカブリダニ (Mochizuki, 2003; Funayama, 2010) と、ハダニ類やアザミウマ類の土着天敵であるニセラーゴカブリダニ (Kishimoto, 2005) とした。インゲントラップは國本ら (2009) の方法をベースとし、ポット植えのインゲンマメ株 (室内または温室内栽培、3～5粒播種/9 cm 径黒ポット、播種後約2週間を使用) に所定量のナミハダニ (雌成虫 10～30 頭/葉、1～2 日間接種) を接種したものをを用いた。ナミハダニはインゲンマメ株による累代飼育系統 (薬剤に対する感受性が高い系統) を用いた。

採集に適した場所や時期を明らかにするため、以下の野外調査を実施した。2012 年の 6 月上旬から 10 月下旬にかけて、茨城県つくば市のチャ園 (薬剤無散布) や雑草地 (クズ群落 2 か所)、街路樹付近、および牧草地にインゲントラップを設置し (約 10 日ごとに交換)、回収したインゲンマメ葉をチャック付きポリビニール袋に入れて持ち帰る方法によって、カブリダニの種構成と発生消長を調査した。その結果、6 月中旬から 7 月下旬にかけて、チャ園において多数のカブリダニが採集され、その他の調査地においても採集数が多くなる傾向が伺えた (図 2)。チャ園で採集された天敵の優占種はニセラーゴカブリダニであり、7 月中下旬にはケナガカブリダニも多数捕獲された。以上の結果から、6 月から 7 月にチャ園 (薬剤無散布園が採集に適する) にインゲントラップを設置することで、有力土着天敵であるカブリダニ類を効率的に採集できることが分かった。なお、チャ園ではカンザワハダニが害虫として問題となることから、トラップに用いるナミハダニが害虫化するリスクは小さいと考えられる。

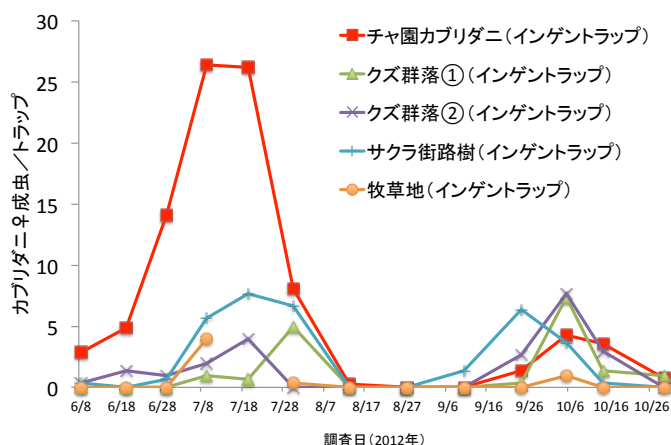


図 2 インゲントラップの設置風景および各種調査地点におけるカブリダニ類の捕獲状況

3. ケナガカブリダニの開放型飼育法の開発

インゲントラップ法を用いて採集したケナガカブリダニを対象に、解放型飼育システムの開発を行った。ナミハダニを接種 (雌成虫 20 頭/ポット) したポット植えインゲンマメ (3～5 株/ポット) にケナガカブリダニ (雌成虫 1 頭/ポット) を接種し、水を張ったトレイに入れた状態で、8 月中旬から 9 月中旬にかけて雨よけハウス内で 28 日間維持した。その結果、接種時の密度に対して雌成虫では約 35 倍、全ステージでは約 230 倍にカブリダニが増殖し、本手法によるケナガカブリダニの簡易増殖は可能と結論された。本研究で用いたナミハダニは薬剤に対する感受性が高い系統 (研究室で累代飼育中) であり、薬剤散布下で害虫化するリスクは低いと考えられるが、試験終了後にはインゲンマメ上のナミハダニはほぼ食い尽くされたことから (図 3)、ハダニの密度を極力低下させた状態で天敵を増殖し、その後の天敵放飼を行うことが可能と考えられた。また、同様の飼育試験を異なる季節 (例: 6 月や 7 月) に実施した結果、果樹園等でハダニ類の発生が本格化する以前からの天敵飼育も可能であることが分かった。

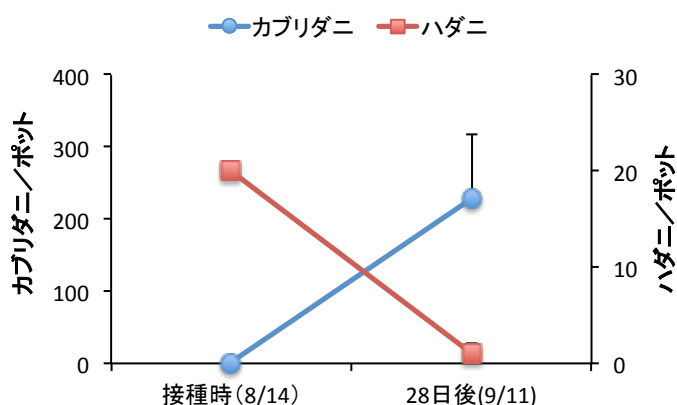


図3 ナミハダニ寄生インゲンマメを用いた簡易天敵増殖風景(左)、ならびに同手法によるケナガカブリダニの増殖状況とハダニの残存状況(右:平均+標準誤差)

さらに、ナミハダニよりも害虫化しにくいナミハダニモドキを用いた同様の飼育を試みた。ナミハダニモドキが寄生するクズ葉を採集し、ポット植えインゲンマメ(3~5株/ポット)上に1~2日間設置(雌成虫約100頭以上/ポット)し、寄生させた。その後、ケナガカブリダニ(1~2頭/ポット)を接種し、8月中旬から9月中旬にかけて雨よけハウスで20日間維持したところ、接種時の密度に対して雌成虫で約5~8倍、全ステージで約30~33倍に天敵が増殖した。クズでは5月~9月にかけてナミハダニモドキの発生が多く、この時期にナミハダニモドキを採集し、天敵の増殖に利用できると考えられた。

4. ケナガカブリダニの利用方法

本研究で採集・簡易増殖を行ったケナガカブリダニはハダニ類の有力土着天敵であり、生物農薬(チリカブリダニ、ミヤコカブリダニ等)の適用対象外である露地栽培作物(果樹、野菜、イチゴの育苗期等)での放飼利用が期待される。ケナガカブリダニの放飼にあたっては、雨よけハウス等の解放型飼育システムにおいて増やした天敵をインゲンマメ葉ごと対象作物上に接種する方法が考えられる。ただし、インゲンマメ葉上には餌となるナミハダニも少数ながら残存しており、放飼時に天敵と一緒に作物上に移動する可能性は否定できない。作物上に移動したナミハダニの大半はケナガカブリダニに捕食されると予想され、結果的に天敵の定着をむしろ助長する可能性が高いが、本研究で使用した系統のように、薬剤に対して感受性が高い系統を餌とした方が放飼後に害虫化するリスクは小さいと考えられる。さらに本研究では、ナミハダニよりもさらに害虫化しにくいナミハダニモドキを餌とした簡易天敵増殖も可能であることを示した。ナミハダニモドキはインゲンマメ上ではあまり増殖せず、ケナガカブリダニの簡易増殖には接種数を多くする必要があるが、害虫化のリスク回避を重視する場合や、野外から採集したハダニを餌とする場合には、クズに寄生するナミハダニモドキを用いた方が望ましいと考えられる。

本研究では有力土着天敵であるケナガカブリダニの簡易採集・増殖法の開発を行った。今後の研究課題としては、カブリダニ類の効率的な放飼技術の開発、ならびに放飼によるハダニ類の密度抑制効果の検証を行う必要がある。

5. 土着天敵昆虫類の簡易採集および飼育法

ハダニ類の土着天敵昆虫類(ハダニタマバエ、ハダニアザミウマ、ケシハネカクシ類、クロヒメテントウ類)の飼育はカブリダニ類よりも難しく(Kishimoto, 2003; 下田, 2004)、数百頭以上の規模で飼育する技術は開発されていなかった。そこで本研究では、近い将来の解放系簡易増殖法の確立を目指し、

室内条件下における簡易増殖法の開発を試みた。天敵昆虫類の増殖には大量の餌ハダニを必要とするため、ポット植えの植物にナミハダニを高密度で寄生させる方法で研究を進めた。インゲンマメで累代飼育中のナミハダニをポット植えのコマツナ株に接種し（3～5株/ポット、ハダニ雌成虫約400頭/ポット）、これを天敵昆虫が入った飼育容器内に約1週間毎に与え、25℃条件下において2週間から約1ヶ月後の天敵の増殖程度を調査した。比較対象として、ナミハダニが寄生したポット植えのインゲンマメやリママメを用いた同様の飼育試験を実施した。その結果、ハダニタマバエではコマツナを用いた場合に最も天敵増殖数が多くなり（図4）、他の天敵でも同様の結果が得られた（Shimoda et al., 2015）。インゲンマメやリママメで増殖性が低かった理由としては、葉上に密生するカギ状の毛茸に天敵昆虫類が引っかかり死亡する等の影響があった。以上の結果から、ナミハダニ寄生コマツナを用いることで、天敵昆虫類の簡易飼育が可能であることが明らかとなった。

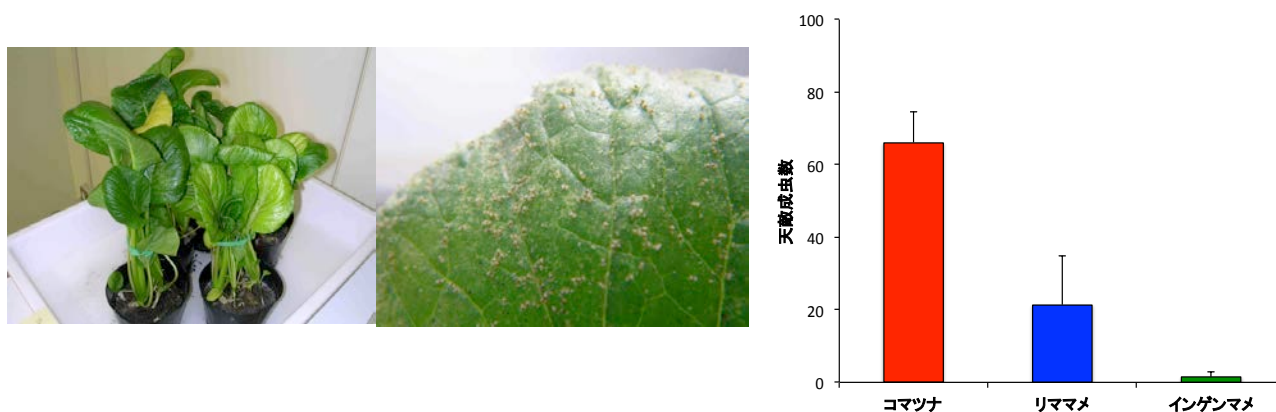


図4 天敵昆虫飼育に用いたナミハダニ寄生コマツナ（左、中央）、ならびに各種ハダニ寄生植物を用いた場合のハダニタマバエの2週間後の増殖状況（右：平均+標準誤差）

次に天敵昆虫類の簡易採集法についてであるが、これらの天敵は圃場ではハダニ密度が高い時期に発生が限られているため、目視による採集は難しいのが一般的である。チャ園やクズ群落では、インゲントラップを設置することで土着天敵昆虫類も確認できたが、それらの大半は葉上に密生するカギ状の毛茸に引っかかり、生きた状態での回収が困難であることが分かった（回収時の生存率は30～50%程度）。そのため、本手法を用いた天敵昆虫類の採集は可能ではあるが、より効率的な採集を必要とする場合には別の方法を開発する必要があると考えられた。そこで、前述のハダニ寄生コマツナポットをトラップとして利用する方法を検討した結果、チャ園やクズ群落において多数の土着天敵昆虫類が捕獲され、回収時の生存率も95%以上と非常に高いことが分かった（Shimoda et al., 2016）。

6. 技術の利用上の留意点

土着天敵カブリダニ類を目視で採集することは容易ではないため、インゲントラップの設置・回収による天敵採集が望ましい。ケナガカブリダニ（ハダニの天敵）やニセラゴカブリダニ（ハダニやアザミウマの天敵）の場合、6～7月にチャ園（薬剤無散布園が望ましい）で簡易採集を行うことが可能である。採集したケナガカブリダニは、有休ハウス等の解放系において、ハダニを寄生させたポット植えインゲンマメ上で簡易増殖することができる。簡易増殖にはナミハダニが適するが、薬剤に対して感受性が高い系統を用いる方が天敵放飼後に害虫化する危険性を回避する上で望ましい。さらに害虫化のリスクを軽減するためには、クズに発生するナミハダニモドキを餌とした用いる方法がある。ナミハダニモドキはインゲンマメ上では増殖しにくいいため、接種数は多くする必要がある。

土着天敵昆虫類は室内条件下での簡易増殖が可能である。ナミハダニを高密度に寄生させたポット植

エコマツナを定期的に与えることで、従来の小規模飼育法よりも容易かつ大規模に飼育可能になった。天敵昆虫類は成虫が飛翔するため、解放系での簡易飼育法の開発は今後の課題である。また、野外での採集についても、目視による採集は極めて難しく、インゲントラップによる採集においても生存率が低くなるため、効率的な採集を行うには、ハダニを寄生させたポット植えコマツナをトラップとして用いる方法が好ましい。

なお、増殖したカブリダニ類や天敵昆虫類は特定防除資材（特定農薬）として認められており、土着天敵を地域単位で利用することは可能であるが、他の地域（例：異なる都府県）で使用することはできないので、注意が必要である。

7. 技術の実用化に向けた課題等

本研究の成果から、6月から7月にチャ園（薬剤無散布園が採集に適する）等にインゲントラップを設置することで、ハダニ類の有力土着天敵であるカブリダニ類（ケナガカブリダニ等）を効率的に採集可能であることが分かった。また、ナミハダニ（薬剤感受性が高い系統）やナミハダニモドキを寄生させたインゲンマメを用い、雨よけハウスでのケナガカブリダニの簡易飼育が可能であることを示した。技術の実用化に向けては、採集・増殖したケナガカブリダニを作物上（露地栽培作物）に効率的に放飼するための技術開発、天敵放飼による害虫密度抑制効果の検証、ならびに天敵放飼時に分散・移動した餌（ハダニ類）の害虫化のリスク評価等を行う必要がある。また、ハダニ類やアザミウマ類の有力天敵であるニセラーゴカブリダニについては、花粉を利用した室内増殖技術が開発されており（Kishimoto, 2005）、これを応用した雨よけハウス等での簡易増殖技術および放飼技術の開発が期待される。

ハダニ類を捕食する土着天敵昆虫類については、簡易飼育法が開発されていなかったため、本研究ではハダニ寄生コマツナを用いた室内飼育技術や簡易採集法を開発した（Shimoda et al., 2015, 2016）。今後は、カブリダニ類を用いた本研究の流れを追従する形で採集・簡易増殖・放飼技術の開発を進めていきたい。

ハダニ類の土着天敵類はカブリダニ類と天敵昆虫類に大別でき、生態や天敵としての役割がそれぞれ異なるのが特徴である。果樹等の露地栽培作物では両者が相補的に働くことでハダニ類の密度が自然に抑えられている。利用者である農家には天敵の生態を十分に理解してもらい、その上で、ケナガカブリダニ等の土着天敵の放飼利用を進めていくことが今後重要である。

参考文献

- 1) Funayama, K. (2010): *Applied Entomology and Zoology* 45: 177~181.
- 2) Kishimoto, H. (2003): *Applied Entomology and Zoology* 38: 15~21.
- 3) Kishimoto, H. (2005): *Applied Entomology and Zoology* 40: 77~81.
- 4) 國本ら (2009): *日本ダニ学会誌* 18: 7~16.
- 5) Mochizuki, M. (2003): *Biocontrol* 48: 207~221.
- 6) 下田武志 (2004): *日本応用動物昆虫学会誌* 48: 95~100.
- 7) Shimoda, T. and J. Takabayashi (2001): *Population Ecology* 43: 15~21.
- 8) Shimoda, T. et al. (2015): *Biological Control* 80: 70~76.
- 9) Shimoda, T. et al. (2016): *Applied Entomology and Zoology* 51: 233~240.

(下田武志・日本典秀：中央農業研究センター)

2.3.1.4 地上徘徊性捕食者および捕食寄生者を利用したネギのチョウ目害虫防除の将来技術

1. はじめに

ネギの主なチョウ目害虫としてハスモンヨトウ、シロイチモジヨトウ、ネギコガなどが挙げられる。これらチョウ目幼虫の防除は主に薬剤散布に頼ることが多い。しかし、化学薬剤への依存が強まれば害虫の薬剤に対する感受性低下という問題がおこってくる。現にハスモンヨトウもシロイチモジヨトウも有機リン剤や合成ピレスロイド剤など複数の薬剤に対する感受性低下が各地で報告されている。また薬剤散布は頻度が増すほどコストがかさむとともに、生産者にとって労力的にも大きな負担となることから、化学薬剤散布以外の防除技術の開発が求められている。したがって、土着天敵を有効に活用できれば薬剤抵抗性発達の遅延、防除コスト削減、労力軽減が期待される。ネギ作ではネギアザミウマの防除が問題となることが多いが、ネギ圃場の畝間にオオムギを間作することでネギアザミウマの天敵であるカブリダニ類、クモ類や捕食性カメムシ類を活用できるといった報告がある。しかしながらチョウ目害虫においてはこのように天敵を活用する技術は確立されていない。そこで本研究では、将来、土着天敵を利用したチョウ目害虫防除技術を確立するための基礎データを蓄積すべく、土着天敵の強化を目指したムギ間作やインセクタリアープランツの導入、および土着天敵の保護を視野に入れた薬剤防除がチョウ目害虫の天敵相に及ぼす影響について調査した。ただし、今回の調査地ではハスモンヨトウが主に見られるチョウ目害虫であったので、本研究ではハスモンヨトウの防除を念頭に試験した。

2. 天敵類の調査方法

圃場に生息する天敵類として、地表を主な活動場所とする捕食者、植物上を主な活動場所とする捕食者、さらにチョウ目害虫の卵や幼虫を寄主とする捕食寄生者が想定される。本研究では、地表を活動する捕食者の調査方法として、プロピレングリコール20%水溶液を入れたプラスチックカップの上端が地表面に揃うように埋めた落とし穴トラップ（図 1）を利用した。また、ネギ株上の捕食者に対しては目視による調査を実施した。卵を寄主とする捕食寄生者の調査としては、ハスモンヨトウの卵塊を使用した卵トラップ（図 2）を設置して回収・飼育して寄生蜂の発生を確認した。幼虫を寄主とする捕食寄生者の調査はネギ圃場で自然発生したハスモンヨトウ幼虫を採集し室内飼育することで、寄生の有無を確認した。



図 1. 落とし穴トラップ



図 2. 卵トラップ

3. 植生管理：インセクタリアープランツ、ムギ間作が天敵類に及ぼす影響

ネギ品種は‘夏扇4号’を使用した。インセクタリアープランツ区として 2013 年はネギ圃場周囲の一

辺にホーリーバジル（シソ科）、一辺に千日紅（ヒユ科）、二辺にフレンチマリーゴールド（キク科）を植えた。2014 年はホーリーバジルのみでネギ圃場周囲全体を囲んだ（図 3）。ムギ間作区（図 4）として、マルチ大麦‘百万石’を畝間に 2 条播きにした。また、何も植えない区をコントロール区として設定した。いずれの区でも薬剤防除は、2013 年は月 1 回散布（使用した殺虫剤：カスケード乳剤、フェニックス顆粒水溶剤、プレオフロアブル、フローバック DF、マトリックフロアブル、ノーモルト乳剤）、2014 年はベストガード粒剤およびプレオフロアブルを各 1 回ずつ使用した。



図 3. インセクターープランツ区
(2014 年 7 月 17 日)



図 4. ムギ間作区
(2013 年 7 月 19 日)

調査の結果、地表で活動する主な捕食者は、ゴミムシ類（オオアトボシアオゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、ミイデラゴミムシなど）、クモ類（コモリグモ類、サラグモ類、ヒメグモ類など）、オオハサミムシであった。このうちゴミムシ類はムギ間作の導入やインセクターープランツを植えることで多くなる傾向がみられた（図 5）。クモ類に対しては植生管理による影響は認められなかった。オオハサミムシは調査年により傾向が異なっていたため、植生管理による影響は不明瞭であった。

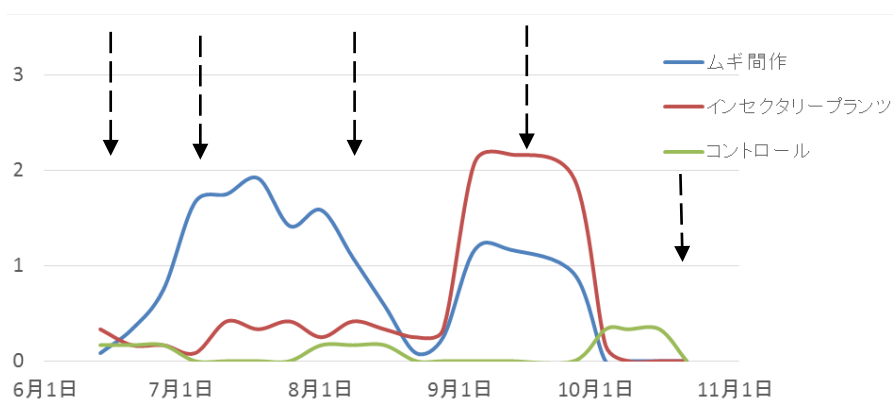


図 5. 地表の捕食者調査結果（ゴミムシ類）
(矢印は選択性殺虫剤の散布時期を示す)

一方、ネギ株上の主な捕食者は、ネギ株間に造網するクモ類（コガネグモ類、アシナガグモ類）およびネギ株上を徘徊するササグモであった。これらの個体数については、植生管理による差は認められなかった。また捕食寄生者のうち卵寄生蜂については、2013 年、2014 年で計 509 卵塊の卵トラップを設置したが、ムギ間作区の 1 卵塊にタマゴクロバチ（図 6）による寄生が、バジル上の 1 卵塊にタマゴコバチ類による寄生が確認されたのみであった。幼虫寄生蜂については、2013 年、2014 年に採集した 67 頭のハスモンヨトウ幼虫のうち、インセクターープランツ区で採集した 5 頭の中の 1 頭にギンケハラボ

ソコマユバチ（図 7）による寄生が、4 頭にハスモンサムライコマユバチによる寄生が確認された。ネギ圃場周囲に植えたホーリーバジルにはオオタバコガ幼虫が多数発生しており、ギンケハラボソコマユバチやハスモンサムライコマユバチなどの幼虫寄生蜂の繭がしばしば見かけられた。これらの幼虫寄生蜂がネギ圃場内のハスモンヨトウ幼虫にも寄生したと考えられる。しかし、ハスモンヨトウに対する寄生率は低く、ハスモンヨトウを防除できるレベルではないと考えられた。



図 6. *Telenomus nawai* Ashmead



図 7. ギンケハラボソコマユバチ

4. 薬剤防除圧

天敵類に対する薬剤散布の影響を調べるため、防除圧の異なる 3 つの処理区「無散布区」、「少散布区」、「多散布区」を設定した。

少散布区：月 1 回施用

使用した殺虫剤：カスケード乳剤、フェニックス顆粒水溶剤、プレオフロアブル、フローバック DF、マトリックフロアブル、ノーモルト乳剤

多散布区：月 2～3 回施用

使用した殺虫剤：アフーム乳剤、ウララ DF、ベストガード粒剤、ダントツ粒剤、プレオフロアブル、アクタラ顆粒水溶剤、アディオオン乳剤、トルネードフロアブル、フローバック DF、ランネート 45、マトリックフロアブル、ディアナ SC

地表で活動する主な捕食者（ゴミムシ類、クモ類、オオハサミムシ）のうち、オオハサミムシは多散布区で多くなる傾向がみられた（図 8）。オオハサミムシは夜行性のため薬剤散布の影響を受け難く、さらに非選択性薬剤の散布等によりアリ類が排除されることによる餌資源や生息場所に対する負の影響が軽減したのも一要因と考えられる。

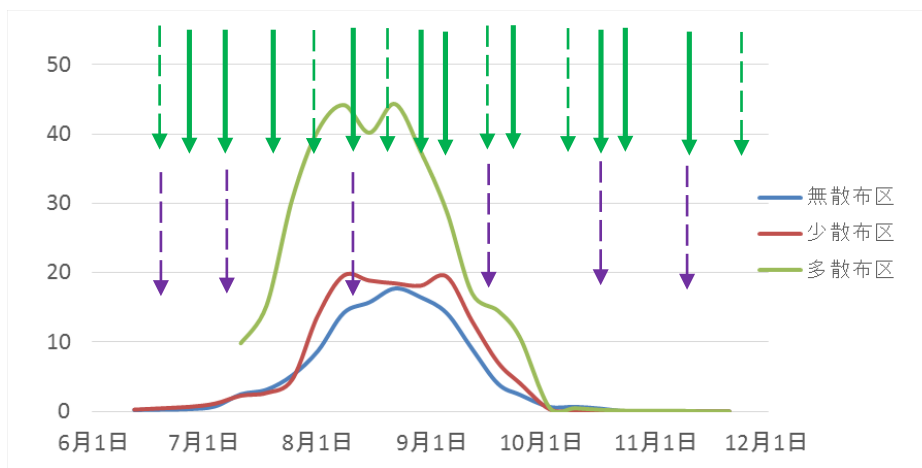


図 8. オオハサミムシに対する薬剤散布の影響

(多散布区と少散布区での薬剤散布時期をそれぞれ緑色と紫色の矢印で示した。)

実線は非選択性殺虫剤、点線は選択性殺虫剤を表す。)

ゴミムシ類やクモ類については、防除圧の違いによって明瞭な影響の違いは認められなかった。一方、ネギ上の主な捕食者であるクモ類に対しては、防除圧の違いによる影響は認められなかった。

5. 技術の実用化に向けた今後の課題

- ・ 地表に生息するゴミムシ類、クモ類、オオハサミムシがチョウ目幼虫の防除にどの程度影響を及ぼすのかを明らかにし、チョウ目幼虫防除で最も活用すべき捕食者を選定することが必要と考えられる。
- ・ 捕食寄生者をチョウ目害虫の防除に活用するには、ネギ圃場周囲のインセクタリアープランツに飛来したハスモンヨトウの卵寄生蜂、あるいは幼虫寄生蜂を圃場内へさらに誘引する技術を開発する必要がある。

参考文献

- 1) Berry, J. A. and G. P. Walker (2004): New Zeal J Zool 31: 33~44
- 2) EarL. H. and Jr. Tryon (1986): Fla Entomol 69: 336-343.
- 3) Fukuda T. et al. (2007): B Entomol Res 97: 185~190.
- 4) Marko V. and B. Keresztes (2014): Biocontrol Sci Techn 24: 574~596.
- 5) 山中久明ら(1972): 応動昆 16: 205~214.

(飯田博之・北村登史雄¹・河野勝行・武田光能：農研機構野菜花き研究部門、¹現 九州沖縄農業研究センター)

2.3.1.5 キャベツのチョウ目害虫を対象とした植生管理による地表徘徊性捕食性天敵の強化

1. はじめに

キャベツの主要な害虫としてチョウ目やアブラムシ類などがあるが、チョウ目幼虫による食害が特に大きな問題である。キャベツを食害する主要なチョウ目害虫として、コナガ、オオタバコガ、タマナギンウワバ、ヨトウガ、ハスモンヨトウ、モンシロチョウなどが挙げられる。

チョウ目害虫の防除には主に殺虫剤が使用されてきたが、古くから使用されている有機リン系、カーバメート系、合成ピレスロイド系などの非選択性殺虫剤に加え、近年では昆虫病原性細菌であるバチルス・チューリンゲンシスから製剤化された BT 剤や、昆虫成長制御剤(IGR)、ピリダリル、ジアミド系など、チョウ目以外に効果が低い選択性殺虫剤が多く使われるようになり、天敵を保護・強化する防除体系も可能になってきた。これまでにウヅキコモリグモ幼体(浜村ら, 2006; 河野ら, 2009)、オオハサミムシ幼虫(Kohno et al, 2007)、オオアトボシアオゴミムシ成虫(河野, 2011)に対して悪影響の小さい殺虫剤が室内試験により明らかにされている。しかしながら、最も新しいジアミド系殺虫剤に対する感受性の低下が既にコナガで報告されるなど、殺虫剤のみに頼った防除体系には常に危うさが伴っている。

また近年、環境に対する負荷を軽減するため、殺虫剤、殺菌剤、除草剤などの化学合成物質に頼らない病害虫・雑草の管理技術として、間作や被覆作物など植生管理の研究が行われるようになった。キャベツにおいても被覆作物を同時に栽培することにより、チョウ目害虫による食害が軽減され、それと同時にゴミムシ類等の土着捕食性天敵の個体数が増えることが報告されている(増田・宮田, 2008; 増田・2009)。植生管理による害虫被害軽減の生態的機構として、捕食性天敵や寄生性天敵が集ったり定着したりしやすい環境になることによる「天敵効果」、物理的・化学的に産卵が抑制されたり、視覚刺激の低減により作物の定位が阻害されたりするように、害虫にとっての資源である作物の集中度が下がって餌利用効果が小さくなる「資源分断効果」などが想定されるが(山下, 2009)、キャベツで報告されている事例では、被覆作物によるモンシロチョウの産卵抑制効果は確認されているものの(増田, 2009)、天敵を介した生態的機構は明瞭になっていない。

そこで本研究では、害虫管理における被覆作物の利用法を提案するための基礎的データを提供するために、被覆作物自体が天敵誘引効果を持つのか、あるいはそこに発生するチョウ目害虫に天敵が誘引されるだけなのかを明らかにするための圃場試験を行った。

2. キャベツ圃場で見られる地表徘徊性捕食性天敵

キャベツ害虫に対する天敵として、コナガの幼虫や蛹に対するコナガサムライコマユバチ、コナガチビヒメバチ、モンシロチョウの幼虫や蛹に対するアオムシサムライコマユバチ、アオムシコバチ、様々なチョウ目の卵に寄生するタマゴコバチ類などの寄生性天敵もあるが、クモ類、オオハサミムシ、ゴミムシ類などのように、主に地表を徘徊したりキャベツの株に登ったりして、チョウ目害虫の種類にあまり関係なく、卵、幼虫、蛹を捕食する地表徘徊性捕食性天敵がある。

キャベツ圃場にみられる主要な地表徘徊性捕食性天敵としてウヅキコモリグモ(図1)、オオハサミムシ(図2)、オオアトボシアオゴミムシ(図3)、セアカヒラタゴミムシ(図4)が挙げられる。これらの種はほぼ全国的に分布し、畑地生態系によく見られる種である。これらの他に、クモ類としてキクヅキコモリグモは水田に近い場所に多く見られる。微小なクモであるサラグモ類のノコギリヒザグモもキャベツ圃場で多く見られる。ゴミムシ類は種類が非常に多いが、金属光沢があるキンナガゴミムシや、オオアトボシアオゴミムシによく似たキボシアオゴミムシ、アトワアオゴミムシも畑地でよく見られる。



図1 ウツキコモリグモ



図2 オオハサミムシ



図3 オオアトボシアオゴミムシ



図4 セアカヒラタゴミムシ

3. 被覆作物が地表徘徊性捕食性天敵の個体数に与える影響

1) 選択性殺虫剤の撒布によるチョウ目害虫の除去効果

被覆作物が地表徘徊性捕食性天敵を呼び寄せるかどうかを明らかにするため、2013年に三重県津市の農研機構野菜茶業研究所内圃場において被覆作物としてマルチ大麦またはマメ科植物（5月定植の春作ではクローバー、9月定植の秋作ではヘアリーベッチ）を全面に施してキャベツを栽培し（比較のため、キャベツを植えないで被覆作物のみの区も設定した）、天敵類に悪影響がない選択性殺虫剤を撒布してチョウ目害虫を除去する区を設け、落とし穴トラップを使用して地表徘徊性捕食性天敵の個体数を調査した（河野ら、2015）。

春作ではオオアトボシアオゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、キンナガゴミムシ、オオハサミムシ、ハラクロコモリグモ、ウツキコモリグモなどが多数捕獲されたが、選択性殺虫剤を撒布して餌となるチョウ目幼虫を除去した区で有意に個体数が少なかった天敵はオオアトボシアオゴミムシとセアカヒラタゴミムシだった。しかしながら、チョウ目幼虫を除去した区においても除去しなかった区（無撒布区）の半数程度の個体数が捕獲された（図5、図6）。

秋作ではオオハサミムシ、ウツキコモリグモ、セアカヒラタゴミムシ等が比較的多数捕獲されたが、春作と比較すると全体的に（特にゴミムシ類の）個体数が少なく、選択性殺虫剤撒布の有無で個体数に有意な差が認められた天敵はなかった。

撒布した殺虫剤は天敵類に対する殺虫効果は無いので、撒布区で天敵類が減ったのは餌となるチョウ目幼虫が減ったことによる間接的な効果と判断された。しかしながら、撒布区においても無撒布区の半数程度の個体数が得られたことから、被覆作物自体にも天敵誘引効果があると示唆された。しかしなが

ら、秋作では天敵の個体数が少なかった影響も考えられるが、明瞭な結果は得られなかった。

なお、マルチ大麦は初期生育に優れ、キャベツに対する被覆作物としての効果が期待できるように感じられたが、クローバーやヘアリーベッチは初期生育が遅いので被覆効果は極めて限定的だと感じられた。また、いずれの区においてもキャベツの生育が悪かったので、被覆作物の施用法を検討する必要があると思われた。

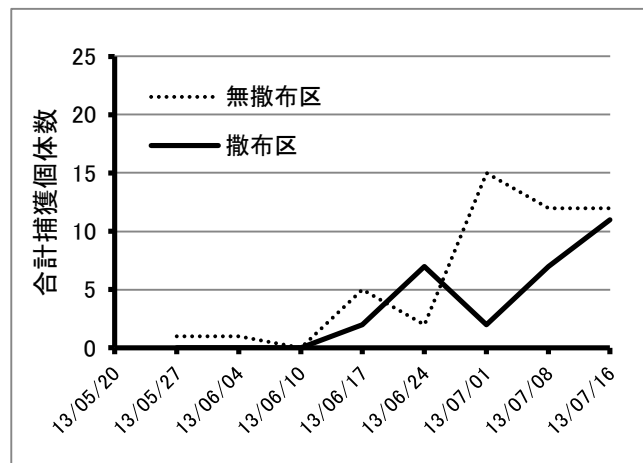
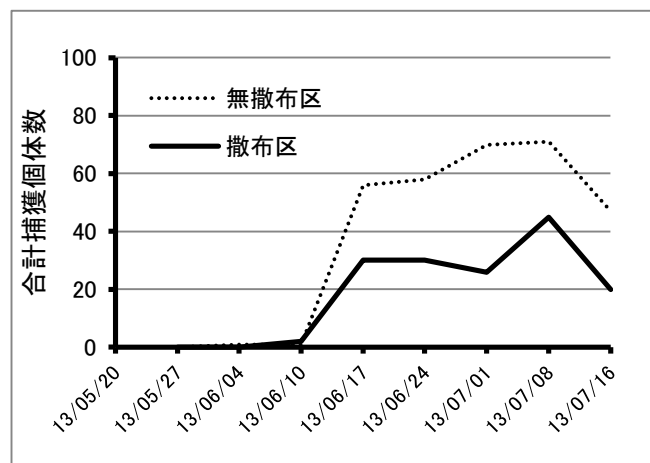


図5 無撒布区と撒布区におけるオオアトボシアオゴミムシの捕獲消長 (2013年春作)

図6 無撒布区と撒布区におけるセアカヒラタゴミムシの捕獲消長 (2013年春作)

2) 全面に選択性殺虫剤を撒布した状況での被覆作物の影響

2013年の圃場試験の結果から、被覆作物単独でも天敵類を誘引する効果があると示唆されたので、2014年には全面に選択性殺虫剤を撒布してチョウ目幼虫を除去して天敵類にとって餌が極めて少ない条件において、被覆作物（初期生育が早いマルチ大麦のみを対象とした）の同時栽培の有無とキャベツの有無の違いが地表徘徊性捕食性天敵類の個体数に与える影響を2013年と同じ圃場で同様の方法で調査した（論文準備中）。

春作（5月定植）において多数捕獲された天敵類は、オオハサミムシ、ウヅキコモリグモ、オオアトボシアオゴミムシ、ヨツボシミズギワゴミムシ、キンナガゴミムシ、ノコギリヒザグモであり、幼虫が捕食性だと推測されるマダラチビコメツキも多数捕獲された。これらのうち、オオアトボシアオゴミムシとノコギリヒザグモは被覆作物を同時に栽培した区で有意に多く捕獲されたが、オオハサミムシとヨツボシミズギワゴミムシは被覆作物の無い区で有意に多く、ウヅキコモリグモ、キンナガゴミムシ、マダラチビコメツキの捕獲数は被覆作物の有無で有意な差が認められなかった。

秋作（9月定植）において多数捕獲された天敵類は、オオハサミムシ、ウヅキコモリグモ、ヨツボシミズギワゴミムシ、キクヅキコモリグモであり、幼虫が捕食性だと推測されるマダラチビコメツキも比較的多かった。しかしながら、オオハサミムシを除けば全体的に天敵類の個体数は少なかった。また、被覆作物を同時に栽培した区と被覆作物の無い区の間で捕獲数に有意な差が認められた天敵類はなかった。

以上のように、キャベツと同時に被覆作物（ここではマルチ大麦）を栽培した場合、天敵の種類によって個体数が増えるものもあれば少なくなるものもあることが明らかになった。ここでは餌が極めて少ない条件で調査が行われたので、この結果は被覆作物を栽培することそのものの効果が反映されたものと思われる。この中でオオアトボシアオゴミムシやセアカヒラタゴミムシはチョウ目幼虫に対する有力な捕食性天敵だということが明らかになっているので（Suenaga and Hamamura, 1998）、これらの天敵の個体数を増やす効果のある被覆作物の同時栽培は、害虫管理の手段として有力であると考えら

れる。個体数が多いオオハサミムシは被覆作物が無い場合に個体数が多くなるが、食性など生態的特徴については十分に明らかになっておらず、今後の研究課題である。

4 被覆作物の利用法における今後の課題

試験においては、キャベツ害虫および天敵に対する被覆作物の効果を強く反映させることを念頭に置いてキャベツの株に近い場所にマルチ大麦を播種した(図7)。このため、マルチ大麦を同時に栽培した区ではキャベツの肥大の遅れが明確になった(図8)。マルチ大麦の天敵に対する効果については一定の知見を得ることができたが、キャベツの生育に悪影響を与えない被覆作物の栽培法については改めて検討する必要がある。



図7 秋作キャベツ定植およびマルチ大麦播種 15日後(2015年9月30日) 図8 春作キャベツ結球初期(2015年6月16日)

参考文献

- 1) 浜村徹三ら(2006): 応動昆 50: 253~255.
- 2) 河野勝行(2011): 関西病虫研報 53: 93~94.
- 3) Kohno, K. et al. (2007): Appl. Entomol. Zool. 42: 502~505.
- 4) 河野勝行ら(2009): 関西病虫研報 51: 73~74.
- 5) 河野勝行ら(2015): 関西病虫研報 57: 49~56.
- 6) 増田俊雄(2009): 北日本病虫研報 60: 208~211.
- 7) 増田俊雄・宮田将秀(2008): 北日本病虫研報 59: 153~157.
- 8) Suenaga, H. and T. Hamamura (1998): Environ. Entomol. 27: 767~772.
- 9) 山下伸夫(2009): 農業技術 64: 169~174.

(河野勝行・飯田博之・北村登史雄¹・武田光能: 農研機構野菜花き研究部門、¹現九州沖縄農業研究センター)

2.3.1.6 ナスにおけるオオタバコガの土着天敵としての卵寄生蜂等の効果

1. はじめに

近年、露地ナス栽培においてもミナミキイロアザミウマのように多くの殺虫剤に対して抵抗性が発達した難防除害虫が出現し、殺虫剤のみによる防除が難しくなっている。このため、このような殺虫剤抵抗性を有する害虫の防除にヒメハナカメムシ類などの土着天敵が活用されつつある。また、マリーゴールドなどのインセクタリアープランツの植栽による土着天敵の活動を強化することも試みられている。このような防除体系は標的以外のチョウ目害虫等の害虫に対して土着天敵に対して影響の少ない選択性殺虫剤による防除が必要である。しかし、チョウ目害虫においても殺虫剤に対する抵抗性は深刻な問題で、ナスの重要害虫であるオオタバコガについても合成ピレスロイド剤、BT 剤などに対する抵抗性についての報告がある。チョウ目害虫に対する選択性殺虫剤として使用されているジアミド系殺虫剤についてもコナガで抵抗性が報告されており、露地ナス栽培においてもチョウ目害虫に対して土着天敵を活用した防除法の開発が必要である。そこでナスの重要害虫であるオオタバコガの土着天敵による防除法の開発を目的として、減農薬ナス圃場におけるオオタバコガの土着天敵相の調査を行い、見出された土着天敵のオオタバコガに対する密度抑制要因としての可能性を検討した。

2. オオタバコガの寄生性天敵の探索

オオタバコガを対象に卵および幼虫に対する寄生性天敵を調査した。野菜茶業研究所内に減農薬露地ナス圃場を設け、あらかじめオオタバコガ成虫に2日間産卵させたナスの苗（卵トラップ：図1）を圃場に2日間設置して卵寄生者の有無を調査した。また、幼虫の寄生性天敵調査は圃場内に自然発生したオオタバコガの中老年幼虫を採取し、これを実験室内で飼育することで寄生者の有無を調査した。

ナス圃場に設置した卵トラップからタマゴコバチ類の寄生が確認された。タマゴコバチ類は調査した7月下旬から9月上旬まで見られ、その寄生率は7~40%程度であった。



図1 ナス圃場に設置したオオタバコガ卵トラップ（上）およびタマゴコバチ類に寄生されたオオタバコガ卵（下）

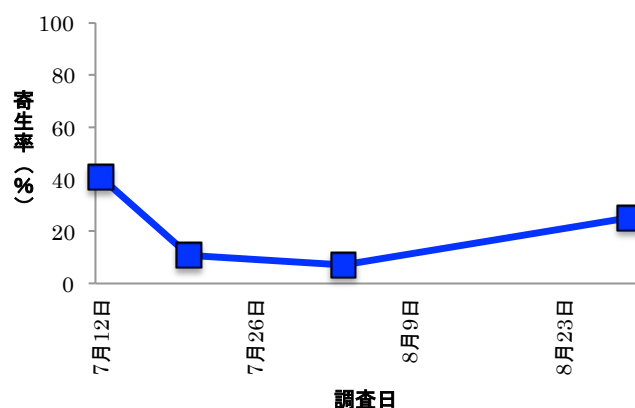


図2 ナス圃場に設置した卵トラップにおけるタマゴコバチ類の寄生率

オオタバコガ幼虫は少発生であったが、採集できた 10 頭を実験室内で人工飼料を餌に飼育したところ、10 頭全てが成虫まで成長した (図 3)。このため、今回の調査では幼虫に対する寄生性天敵は少なく、土着天敵として利用は難しいと考えられた。

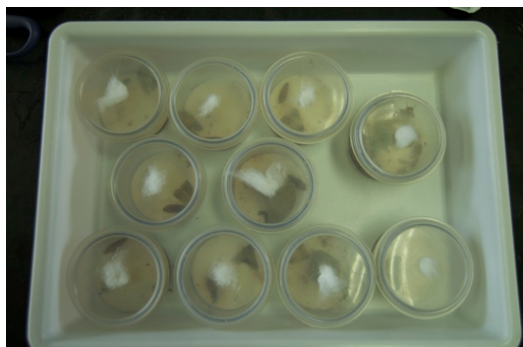


図 3 露地ナス圃場から採取したオオタバコガ幼虫の飼育試験

3. 圃場周辺へのホーリーバジル植栽がタマゴコバチ類のオオタバコガ卵への産卵に与える影響

オオタバコガの土着天敵としてタマゴコバチ類が見出されたが、その寄生率は 7~40% であり高くなかった。このため、タマゴコバチ類によるオオタバコガの防除効果を強化するための植生管理としてアザミウマ類の土着天敵であるヒメハナカメムシ類の強化に利用されているホーリーバジルを用いて、その植栽によるタマゴコバチ類の寄生率への影響を 2013 年および 2014 年に調査したところ、ホーリーバジルを植栽した区で若干高い傾向を示したが、顕著な差は無く、いずれも高い寄生率であった。

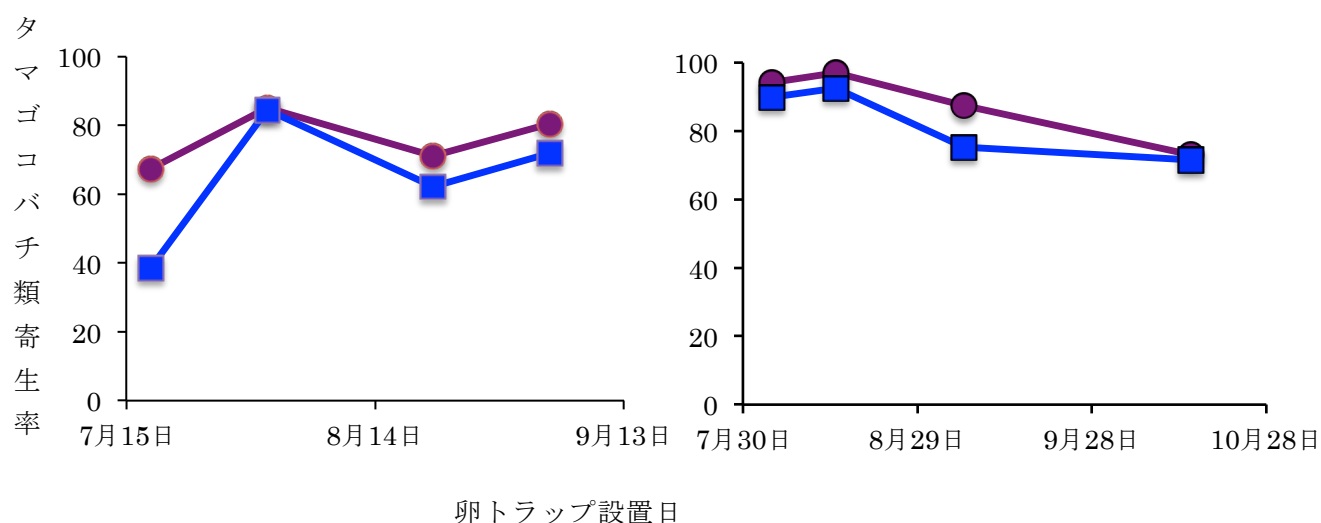


図 3 ホーリーバジルの植栽の有無によるオオタバコガ卵トラップへのタマゴコバチ類の寄生率への影響 (左: 2013 年、右: 2014 年)

2012 年作におけるタマゴコバチ類の寄生率との違いについて、単なる年次変動もしくは 2013~14 年作においてホーリーバジル植栽区と無植栽区との間に差が見られないことからホーリーバジルに誘引されたタマゴコバチ類が区間 (2013 年作では 10m、2014 年作では 50m 程度) を跨いで寄主であるオオタバコガ卵を探索した可能性も示唆されるが、十分な検討は出来なかった。

4. 技術の実用化に向けた課題

タマゴコバチ類のオオタバコガ卵に対する寄生率は非常に高く、密度抑制要因として十分に機能して

いると考えられた。さらに、2015年8月にナス株に産下された卵数を計数したオオタバコガ卵トラップをナス圃場に設置し、2日後に残存する卵数を調査したところ、20～30%と低く、オオタバコガ卵に対する捕食性天敵の存在が示唆された(図4)。卵トラップの観察により捕食性天敵としてヒメハナカメムシ類(図5)やアリ類などが観察された。今後はタマゴコバチ類だけでなく、捕食性天敵も併せて調査する必要があると考えられる。

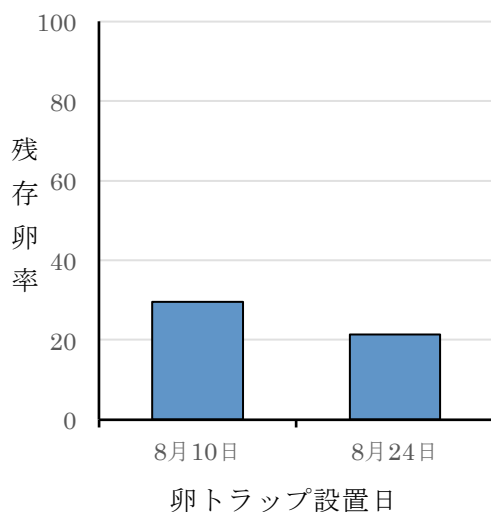


図4 露地ナス圃場に設置したオオタバコガ卵トラップの2日後の残存卵率



図5 オオタバコガ卵を捕食中のヒメハナカメムシ類

本試験では殺虫剤の散布回数は0回または1回で行ったが、実際の栽培現場ではカスミカメムシ類やニジュウヤホシテントウのような土着天敵の活用が出来ない害虫を対象とした殺虫剤の使用が考えられるため、タマゴコバチ類に影響の少ない殺虫剤を明らかにし、土着天敵を活用したアザミウマ類・オオタバコガの防除体系を確立する必要がある。

参考文献

- 1) 井村岳男・神川諭(2012): 関西病虫研報 54: 163~165.
- 2) 井村岳男ら(2012): 奈良農セ研報 43: 31~37.
- 3) 清水健ら(2014): 関東東山病虫研報 61: 137~140.
- 4) 藤本義ら(2013): 関東東山病虫研報 60: 129~130.

(北村登史雄¹・飯田博之・河野勝行・武田光能: 農研機構野菜花き研究部門、¹現九州沖縄農業研究センター)