

土着天敵昆虫類の大量増殖システムの開発と 都市施設園芸への応用

千葉大学環境健康フィールド科学センター
千葉大学大学院園芸学研究科

あまの 天野 洋・高垣 美智子・大山 克己
ひろし たかがき みちこ おおやま かつみ

はじめに

「学術研究」の果たす目的が、社会の混乱を鎮めて持続的発展（サステイナブル・デベロップメント）に寄与するためであるならば、我々農学系の研究者にとって、「異分野が協力して、安心・安全な農産物を安定して供給できる低エネルギー投入型の新システム」を構築することは大変重要な目標である。地域、ひいては国の持続的発展にとって食料自給率の向上は中でも最優先の課題である。カロリーベースで自給率40%を切った我が国の食産業（もちろん、農家を含む）を基盤から改善するには、従来どおり細分化された学問領域単独で対応するのではなく、生産者の視点に立った領域横断型の学問分野の再構築とその成果の応用が必要である。

それぞれが専門分野を異にする筆者らは、生産地と消費地（居住地）に近い特徴を有する都市園芸に着目し、多角的な視点からその生産性の最適化を目指すとともに、居住者の周辺環境も同時に配慮することを目的とした「都市環境園芸学」という新規学問分野を創設し、その普及を目指している。これまで、農学系の研究の多くは農産物生産に主眼を置いてきたが、我々が創設・普及を目指している「都市園芸環境学」では、農産物の生産性向上とともに、都市を構成する要素としての園芸（植物）の存在意義、都市と植物との融合、植物と人とが接することによる癒しの効果など、これまで農学系の研究ではあまり着目されてこなかった部分に主眼を置いている。その構築のための活動として、千葉大学柏の葉キャンパス（柏市）内にある環境健康フィールド科学センターでは、大学内の主要分野から専門家を集結し、生産者・消費者・近隣住民の関連が持続的に保たれるシステムの創出を目指している（図-1）。

本稿では、その一例として、社会的問題として危惧されている、化学物質、特に農薬類の周辺環境への影響対

策をアクションプランとしてとりあげ、安全・安心かつ低エネルギー投入型の新システムを構築するための全体構想を示す。中でも、農産物生産時に最も重要な技術の一つとなる防除にかかわる部分を主として紹介する。なお、本稿の内容は、現段階では、構想を具体化するための一歩を踏み出したばかりであることをあらかじめ付記する。

I 土着天敵昆虫類の利用にかかわる 社会的・学術的背景

前章までに述べた目標を達成するために、筆者らは作物生産を優先課題として開発され、広く利用されている半閉鎖的な施設（温室など）の改良を考えた。これにより、消費者や周辺住民の要望を満たすとともに、環境保全の観点から、都市施設園芸の減農薬化、さらには無農薬化を進める。あわせて、柏の葉キャンパス（学内では、新領域/融合領域研究を目指す実証キャンパスとして位置付けされる）を都市施設園芸生産地の「モデル」と見立て、「環境インパクト」低減のための一つの手法として、土着天敵昆虫類の有効活用法を確立する。その端緒として、効率的かつ環境保全型の土着天敵昆虫類大量増殖システムを開発し、天敵を効率的に増殖し、生産者だ

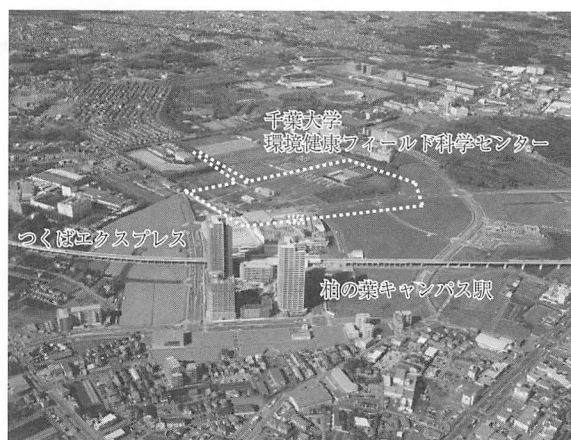


図-1 土着天敵利用プロジェクトが実施される千葉大学
柏の葉キャンパスの周辺環境

Development and Application of Mass-production System of
Natural Enemies in Urban Protected-horticulture. By Hiroshi
AMANO, Michiko TAKAGAKI and Katsumi OHYAMA

(キーワード：温室，環境インパクト，減農薬，IPM，天敵，ダ
ニ)

けではなく都市に居住する一般の園芸愛好家までも容易に利用できる害虫の生物的防除手法を確立する。

ここで、土着天敵昆虫類の有効活用法に関する学術的背景として、筆者の一人（天野）が関与する有害ダニ類の生物的防除を紹介する。1950年代に入り、世界的なハダニ被害の増大に起因して、その天敵であるカブリダニ類の研究が世界的に進められた（例えば、CHANT, 1959 など）。一連の研究の結果、捕食性の高いカブリダニ種は、いわゆる「生物農薬」として広く天敵利用されるに至った。しかし、現在我が国で市販されている「生物農薬」の多くは外来種であり、施設周辺に逸出した場合には、我が国固有の生態系をかく乱する懸念があり、社会の求める「生態系の持続性」を損なう可能性が危惧されている。「生物農薬」ではないが、施設園芸で授粉のために利用されてきた外来生物のセイヨウオオマルハナバチは、特定外来生物による生態系などにかかる被害の防止に関する法律、いわゆる「外来生物法」により、その飼育や使用に際して届け出が必要となったことにも社会的な懸念が表されている。

他方、「生物農薬」として利用されるカブリダニ種は、一般にハダニ類と比較して薬剤感受性が高く、殺ダニ剤だけではなく多くの殺虫剤、殺菌剤に対しても耐性が低い（真梶, 1976；浜村, 1985 等）。ただし、温室や植物工場のような施設内では、環境制御を徹底すれば発生する重要害虫種の種数は圃場と比して少なく、使用する選択性農薬の使用も容易となる。また、半閉鎖的な施設である温室の場合、施設外に意図せず流出する農薬量（例えば、ドリフトなど）は少なく、それに起因して総散布量は少なくすむと予想される。あわせて、温室のような施設は、その半閉鎖的であるという特徴のために、天敵昆虫類が施設外へ逸出する確率は、適切な措置（例えば、側窓に適切なメッシュの網を張るなど）が講じられれば比較的低い。たとえ土着の天敵昆虫類が施設外に逸出しても、一時的にその近隣の生息数は増加するが、やがては、天敵昆虫類のエサである害虫との均衡が取れた状態に戻る（図-2）。したがって、外来の天敵昆虫類が施設外に逸出した場合と比して、生態系のかく乱という「環境インパクト」は小さい。

このような学術的・社会的背景を考慮すると、都市施設園芸における化学物質の流出や生態系のかく乱といった「環境インパクト」を軽減するためには、土着天敵昆虫類の大量増殖システムの開発が大変重要な意味をもっている。個々の農家の視点を大切にしながら、将来の園芸分野全体への拡大・普及を視野に入れ、早期の確立を目指したい。

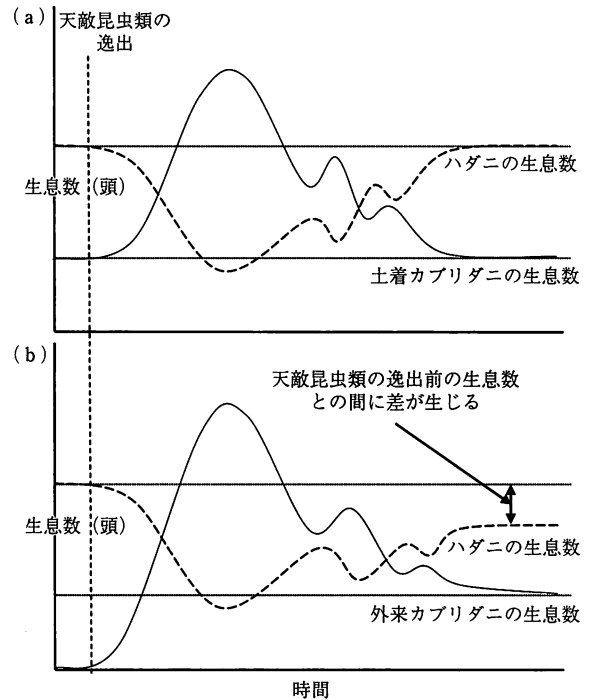


図-2 ハダニの天敵昆虫類である(a)土着および(b)外来カブリダニが施設外へ逸出した場合の、施設近隣のハダニおよびカブリダニ生息数の推移を表す模式図

カブリダニが逸出した場合、一時的にカブリダニ生息数は増大し、ハダニ生息数は減少する。一般的に、その後両者とも増減を繰り返した後、土着カブリダニの場合にはもとの生息数の水準に落ち着くのに対し、外来カブリダニの場合にはもとの生息数との間で差（増減）が生じる。

II 土着天敵昆虫を大量増殖するためのシステム開発とその利用

本取り組みは、「応用動物昆虫学（特に天敵学）」と「農業環境工学」の融合した基盤に立脚し、さらに他分野の参入により土着天敵昆虫類という有用生物を効率的かつ環境保全的に大量増殖する新しい研究である（図-3）。実際の農産物生産現場で利用しづらい、もしくは現実的ではない机上の技術とならないよう「園芸学・農作業学」との融合を進め、それぞれの学問分野および生産現場との整合性を保ちつつ「土着天敵昆虫類の大量増殖システムの開発と都市施設園芸への応用」という一つの目標を目指す。

現在、上述の取り組みの端緒として、土着カブリダニ類を効率的かつ環境保全的に、生産現場もしくはその近隣において簡便に大量増殖するシステムを開発している

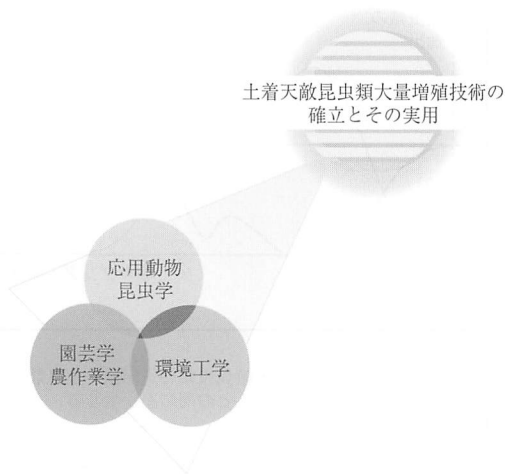


図-3 本構想と既存学問分野との関係を表す模式図
それぞれの学問分野の研究分野（研究者）が、一つの目標に向かい学問領域を横断して解決法を模索する。

(図-4)。

具体的には、まず、土着カブリダニ類を採取、調査し、土着天敵として利用できる系統を選抜する。次に、ハダニ類の好むインゲンなどを閉鎖されたシステム内で育成し、土着カブリダニ類の餌となるハダニ類を効率的に増殖する。利用する増殖システムとして、光に不透明な断熱壁で覆われた構造物を利用し、ハダニ類の餌となるインゲンの栽培には、蛍光ランプのような高効率の光源を利用する。なお、農業環境工学の分野では、これまでに植物苗のような小さな植物体を大量増殖する「工場の」施設の開発が盛んに行われ（古在，1999；古在ら，2005），現在，普及範囲が拡大している。本取り組みの中では、その特徴である好適な環境条件を与えることができる利点を活用し、土着天敵昆虫類の餌となるハダニ類および土着天敵昆虫類であるカブリダニ類の増殖システムとして利用する。

その後、ハダニ被害の発生している温室に土着カブリダニ類が定着したインゲンを移し、ハダニ被害の低減効果やそれぞれの生息数の推移を調査する。これまで、天敵昆虫類を「生物農薬」として温室のような施設内で利用する場合、ボトルもしくはパッケージ詰めされた天敵の卵、幼虫、蛹もしくは成虫を施設内に施用している。しかし、本取り組みにおいては、土着天敵昆虫類が生息する植物を温室のような生産施設の現場へ簡易に施用する手法を採用したい。この点は、新規性だけではなく、各栽培現場（農家）での将来の簡易な実用化を見越して

の判断である。

これらの成果は、①最適環境条件下での土着天敵昆虫類の大量増殖技術の確立，②土着天敵昆虫類を有効活用することによる施設近隣生態系かく乱の回避，③施設外への化学物質の流出低減による環境負荷の低減，④都市施設園芸における減農薬・無農薬化の推進，⑤簡易なシステムの構築による迅速な実用化，に貢献する。さらに、都市施設園芸による安全・安心な農産物の安定供給を保証し、生産地近隣に居住する人々の生活へは最小限の負荷のみを与える。なお、ここでは、都市施設園芸における総合防除体系（IPM）の一端を担うことを最終的な目標にしているが、将来的には施設園芸分野全体における IPM の一端を担えるように発展させたい。

他方、本稿で述べてきたような土着天敵昆虫類の利用およびその大量増殖に関する利点をより明確にするには、

(A) [農薬散布作業にかかわるエネルギー
(労働)]

+

[農薬を作り出すためのエネルギー]

と、

(B) [土着天敵昆虫類の生息する植物体の
温室設置作業にかかわるエネルギー]

+

[土着天敵昆虫類の生息する植物体を作り出す
ために消費されたエネルギー]

とを比較する必要がある。(A) > (B) であるならば、本稿で述べてきた土着天敵昆虫類の大量増殖システムの利用は、「環境インパクト」の低減効果とともに、農産物生産全体の投入エネルギーの低減を達成できたことになる。(A) = (B) の場合には、農産物生産全体の投入エネルギーは一定のまま、「環境インパクト」の低減を図れたことになる。ただし、(A) < (B) である場合には、「環境インパクト」の低減効果という利点と「(B) - (A) の価値」とを天秤にかける必要がある。

農産物生産という経営的観点から、「環境インパクト」の低減効果と「(B) - (A) の価値」を金額換算し、その得失により導入の可否を判断することとなる。両者とも、社会的な要求や情勢により金額は変動すると予想される。ただ、昨今の社会的な期待を考慮すれば、「(B) - (A) の価値」が多少大きくなったとしても、「環境インパクト」の低減効果を重視する可能性は高いと予想される。もちろん、(A) ≥ (B) となるように、土着天敵昆虫類の増殖および利用方法の改良に努める必要はある。

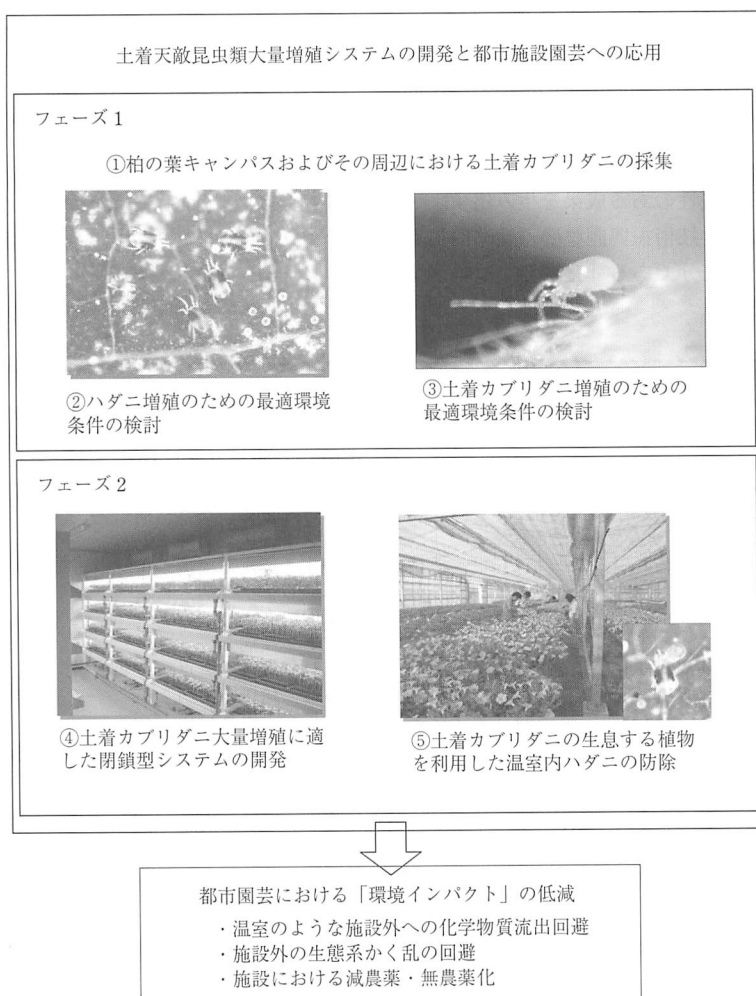


図-4 土着天敵昆虫類であるカブリダニを大量増殖するシステムを開発するために取り組むべきテーマをまとめた模式図
 便宜的に基礎的な実験部分を「フェーズ1」、実用段階の実験を「フェーズ2」と記す。

おわりに

筆者らは、生産地と消費地（居住地）が近い特徴を有する「都市園芸」に着目し、その生産性の最適化とともに、居住者の環境も同時に配慮することを目的とした新規学問分野である「都市環境園芸学」の構築を目指している。この活動の一環として、取り組みを開始した土着天敵昆虫類の大量増殖システムの開発とその応用のための背景にある社会的・学術的背景を解説するとともに、今後その具体化のために取り組むべきテーマを明示した。

ここでは、我が国の食生産だけではなく健全な環境保全に対しても大きく貢献してきた、個々の農家の視点を

システム作りに生かし、簡便で持続性のある機能を作り上げる。このような萌芽的研究を行う場合、ある特定の専門分野（研究者）だけの努力では最終目標に到達することは困難であり、長い時間を要する。これらの問題を解決するには、それぞれが専門の実績を有するコンパクトな集団が、共通の目標に向かい対等に議論することができる場を設ける必要がある。現在は環境健康フィールド科学センターのみで組織される千葉大学柏の葉キャンパス（柏市）は、冒頭で述べたように学内では新領域/融合領域研究を目指す実証キャンパスと位置付けされ、地域（農業従事者も多い）のキャンパス都市作りの中核的役割をもつ施設である。したがって、ここまで述べて

きた内容を実践する場所として適した条件を有する。さらに、センターに在籍する様々な分野（園芸栽培学、医学、薬学、工学、教育学等）の研究者の協力を今後仰ぐことで、本構想をより確実なものにするとともに、その応用範囲を広げたい。現代においては、「食と健康と環境」は一体となって持続性のある成果を生み出す。

本稿は、文部科学省科学技術振興調整費（戦略的拠点育成）事業の千葉大学担当分である「食と健康」に関する研究の支援を受けている。

引 用 文 献

- 1) CHANT, D. A. (1959): Canadian Entomologist 91(Suppl. 12): 1 ~ 166.
- 2) 浜村徹三 (1985): 植物防疫 39: 252 ~ 257.
- 3) 古在豊樹編著 (1999): 閉鎖型苗生産システムの開発と利用—食料・環境・エネルギー問題の解決を目指して、養賢堂、東京、151 pp.
- 4) ———ら (2005): 最新の苗生産実用技術—閉鎖型苗生産システムの実用化が始まった—、農業電化協会、東京、150 pp.
- 5) 真梶徳純 (1976): 果試報 E1: 103 ~ 116.

(新しく登録された農薬 19 ページからの続き)

稲（無人ヘリコプターによる散布）：いもち病：収穫 21 日前まで

●トリシクラゾール・フェリムゾン粉剤

22193：プラステクト粉剤 DL（住友化学）08/07/09

トリシクラゾール：0.50%，フェリムゾン：2.0%

稲：いもち病，ごま葉枯病，穂枯れ（ごま葉枯病菌），穂枯れ（すじ葉枯病菌），変色米（カーブラリア菌）：収穫 21 日前まで

●メトコナゾール水和剤

22196：日産芝美人フロアブル（日産化学工業）08/07/09

メトコナゾール：20.0%

芝（ペントグラス）：ダラスポット病，葉腐病（ブラウンパッチ），炭疽病：発病初期

芝（ペントグラス）：雪腐小粒菌核病，紅色雪腐病：根雪前

芝（ライグラス）：雪腐小粒菌核病，紅色雪腐病：根雪前

芝（日本芝）：葉腐病（ラージパッチ）：発病初期

●ベンチオピラド水和剤

22209：アフエットフロアブル（三井化学）08/07/23

ベンチオピラド：20.0%

キャベツ：菌核病：収穫前日まで

きゅうり：灰色かび病，菌核病，うどんこ病：収穫前日まで

メロン：うどんこ病：収穫前日まで

トマト：灰色かび病，菌核病，葉かび病，うどんこ病：収穫前日まで

ピーマン：灰色かび病，うどんこ病：収穫前日まで

なす：灰色かび病，菌核病，すすかび病，うどんこ病：収穫前日まで

いちご：灰色かび病，うどんこ病：収穫前日まで

たまねぎ：灰色腐敗病：収穫前日まで

レタス：灰色かび病，菌核病：収穫前日まで

バンジー：灰色かび病：発病初期

22210：アフエットフロアブル 15（三井化学）08/07/23

ベンチオピラド：15.0%

おとう：灰星病，幼果菌核病，炭疽病：収穫前日まで

なし：黒星病，赤星病，うどんこ病：収穫前日まで

ぶどう：灰色かび病，黒とう病：収穫 7 日前まで

もも：灰星病：収穫前日まで

りんご：黒星病，赤星病，うどんこ病，斑点落葉病，モニリア病，すす点病，すす斑病，黒点病，褐斑病：収穫前日まで

22211：ガイア顆粒水和剤（三井化学）08/07/23

ベンチオピラド：50.0%

芝（ペントグラス）：葉腐病（ブラウンパッチ），ダラスポット病，フェアリーリング病：発病初期

芝（日本芝）：フェアリーリング病，葉腐病（ラージパッチ）：発病初期

●銅水和剤

22214：コサイド DF（デュボン）08/07/23

22215：クミアイコサイド DF（クミアイ化学）08/07/23

22216：三共コサイド DF（三共アグロ）08/07/23

22217：三共コサイド DF（北海三共）08/07/23

水酸化第二銅：61.4%

いんげんまめ：かさ枯病：—

あずき：褐斑細菌病：—

だいず：斑点細菌病：—

ばれいしょ：疫病，軟腐病：—

やまのいも：葉渋病：—

トマト：疫病：—

アスパラガス：斑点病，茎枯病，褐斑病：—

いちご：角斑細菌病：—

にんじん：黒葉枯病：—

にんにく：春腐病：—

たまねぎ：りん片腐敗病：—

きゅうり：斑点細菌病：—

はくさい：軟腐病：—

てんさい：褐斑病：—

野菜類：軟腐病，褐斑細菌病，黒腐病：—

りんご：斑点落葉病，すす点病，すす斑病，輪紋病，褐斑病：—

ぶどう：べと病，さび病：—

びわ：がんしゅ病：—

おとう：せん孔病：収穫後（6～8月）

キウイフルーツ：花腐細菌病：休眠期～叢生期（新梢長約 10 cm）

かんきつ：かいよう病：発芽前，発芽期，—

かんきつ：黒点病，褐色腐敗病：—

もも：せん孔細菌病：開花前まで，収穫後から落葉まで

ネクタリン：せん孔細菌病：開花前まで，収穫後から落葉まで

ごま：斑点細菌病：—

とうがん：果実汚斑細菌病：—

ブロッコリー：花蕾腐敗病：—

「除草剤」

●イソウロン・シアナジン・DBN 粒剤

22182：ワイドウェイ X 粒剤（グリーン & ガーデン）08/07/09

イソウロン：1.0%，シアナジン：4.0%，DBN：2.0%

樹木等（公園，庭園，堤とう，駐車場，道路，運動場，宅地，墓地，鉄道等）：一年生雑草，多年生広葉雑草，スギナ

22183：ネコソギエース X 粒剤（レインボー薬品）08/07/09

イソウロン：1.0%，シアナジン：4.0%，DBN：2.0%

樹木等（公園，庭園，堤とう，駐車場，道路，運動場，宅地，墓地，鉄道等）：一年生雑草，多年生広葉雑草，スギナ

(50 ページに続く)