

ミニ特集：バンカー法の研究開発の現状と将来展望

バンカー法の歴史と将来展望

近畿大学農学部 矢野 栄二

はじめに

バンカー法は、施設栽培で害虫防除のために天敵を供給する方法の一つであり、英語では **banker plant system** または **open rearing unit** と呼ばれる。当初は「バンカー植物法」と前者の訳語が使用されていたが(矢野, 2003)、日本語としては誤解を招きやすいので、現在ではバンカー法と呼ばれることが多い(長坂ら, 2010)。なおバンカー法の「バンカー」は「銀行家」という意味であり、天敵を温存する場であることを示していると思われる。**open rearing unit** (開放飼育ユニット) は、バンカー法の特徴をよく著している表現であり、施設内で天敵を放し飼いにすることを意味している。バンカー法は、概念的には通常天敵繰り返し放飼の欠点を克服できる優れた方法であるが、技術的に難しい面もある。そのため2008～2010年に農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の課題として、「施設園芸害虫防除のための在来捕食性天敵バンカーの開発」(以下バンカープロジェクトと略記)を実施し、新たなバンカー法の開発を行った。このミニ特集では、本プロジェクトの成果として開発された、ショクガタマバエ、ミヤコカブリダニ、キイカブリダニのためのバンカー法について紹介するとともに、それに先行する高知県におけるコレマンアブラバチのバンカーの実用化と問題点を紹介する。本稿では前段として、バンカー法の歴史と将来展望について概説する。

I バンカー法の歴史

バンカー法は通常、害虫ではない天敵の寄主昆虫(代替寄主または餌)の着生した植物(バンカー植物)を温室内に持ち込んで天敵を飼育して放飼する方法であり、天敵の定着率、生存率を高め、少数ずつの安定した放飼が可能となる。

バンカー法は当初は温室内の天敵の飼育に害虫を用いる方法が開発されたが(Stacey, 1977)、害虫の放飼は好ましくないため、その後害虫ではない代替寄主(餌)を

用いる方法が開発され普及した。代替餌を利用して最初に開発されたのが、バンカー植物としてソラマメ、代替寄主としてソラマメ類を加害するアブラムシ *Megoura viciae* を利用した、ショクガタマバエ *Aphidoletes aphidimyza* のバンカー法であり、ピーマンのモモアカアブラムシの防除のためデンマークで開発された(Hansen, 1983)。続いてアブラバチ *Aphidius matricariae* およびコレマンアブラバチ *A. colemani* のためのバンカー法がバンカー植物としてオオムギまたはコムギ、代替寄主としてムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi* を利用してイギリスで開発された。ムギクビレアブラムシをショクガタマバエの代替餌として利用したバンカー法も開発された(Bennison, 1992; Bennison and Corless, 1993)。これらのバンカー法はキュウリのワタアブラムシの防除に有効であることが実証された。その後1990年代から現在に至るまで各国で様々なバンカー法の研究開発が行われたが、対象害虫はほとんどがワタアブラムシ、モモアカアブラムシを主体とするアブラムシ類であり、バンカー植物としてはムギ類のほか、トウモロコシ、ソルゴー等も用いられる。天敵としてはコレマンアブラバチを主体とするアブラバチ類が広く利用されている。捕食者用のバンカー法の開発はショクガタマバエ以外は限られている(Frank, 2010; 表-1)。

我が国でも高知県で温室栽培ナスのアブラムシ類の防除対策としてコレマンアブラバチのバンカー法が実用化された。バンカー植物としてはオオムギ、代替寄主としてはムギクビレアブラムシが利用された。

II バンカー法の特徴と問題点

天敵の放飼技術としては、おおまかに、まき餌法、ドリブル法(害虫の発生調査に基づく放飼、または発生調査を行わない定期的繰り返し放飼)、およびバンカー法に分けられる(矢野, 2003)。まき餌法は、少数の害虫を人為的に放飼してから、タイミングを見計らって天敵を放飼する方法で効果が安定する。1970年前後にイギリスでチリカブリダニやオンシツツヤコバチの利用技術が確立された際に開発された。通常天敵放飼法として最も広く使われているのが、ドリブル法である。当初は発生調査で害虫の初期発生を確認してから放飼する方法

History and Prospect of the Banker Plant System. By Eizi YANO

(キーワード：バンカー法、バンカー植物、生物的防除、天敵)

表-1 温室や野外における実証試験が行われたバンカー法 (FRANK, 2010 より作成)

天敵の種類		対象害虫	バンカー植物	代替寄主	作物
コレマンアブラバチ	アブラバチ科寄生蜂	ワタアブラムシ, モモ アカアブラムシ	オオムギ, コムギ, トウモロコシ, キ ビ, イネ科雑草	ムギクビレアブラムシ	キュウリ, スイ カ, メロン
<i>Aphidius matricariae</i>	アブラバチ科寄生蜂	ワタアブラムシ	コムギ	ムギクビレアブラムシ	キュウリ
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	アブラバチ科寄生蜂	ワタアブラムシ	ソルゴー, イネ科 雑草	ムギミドリアブラムシ	キュウリ, ピー マン
<i>Ephedrus cerasicola</i>	アブラバチ科寄生蜂	モモアカアブラムシ	ピーマン	モモアカアブラムシ	ピーマン
<i>Aphidius ervi</i>	アブラバチ科寄生蜂	ジャガイモヒゲナガ アブラムシ, チューリッ プヒゲナガアブラムシ	?	ムギクビレアブラムシ	キュウリ
<i>Aphelinus abdominalis</i>	ツヤコバチ科寄生蜂	モモアカアブラムシ, チューリッヒゲナガ アブラムシ	ジャガイモ, エン バク	チューリッヒゲナガ アブラムシ, ムギヒゲ ナガアブラムシ, ムギ クビレアブラムシ	ピーマン, バラ
<i>Diaeretiella rapae</i>	ツヤコバチ科寄生蜂	ダイコンアブラムシ	キャベツ	ダイコンアブラムシ, モモアカアブラムシ, チューリッヒゲナガ アブラムシ	カリフラワー
オンシツツヤコバチ	ツヤコバチ科寄生蜂	オンシツコナジラミ	トマト	オンシツコナジラミ	トマト
<i>Eretmocerus hayati</i>	ツヤコバチ科寄生蜂	タバココナジラミ	カンタローブ	タバココナジラミ	カンタローブ
ショクガタマバエ	タマバエ科捕食者	ワタアブラムシ, モモ アカアブラムシ	オオムギ, コムギ, ソラマメ	ムギクビレアブラム シ, ムギミドリアブラ ムシ	メロン, キュウ リ
<i>Dicyphus hesperus</i>	カスミカメムシ科捕食者	オンシツコナジラミ	ミューレン	ミューレン ^{a)}	トマト

a) ミューレンは雑食性の *Dicyphus hesperus* の野外の寄主であり, 産卵, 増殖が可能である。

が試みられたが, 発生調査に労力がかかる, 捕獲された虫の確認が困難である, 発生確認が遅れる場合がある, 等の理由で, 現在では発生調査を行わずに天敵を繰り返し放飼する方法もよく利用される。これらの通常天敵放飼法では, 放飼後大部分の天敵が, 害虫を発見できずに死亡したり, 分散してしまうため効果が低下していると考えられる。これらの弱点を克服できるのがバンカー法である。バンカー法は, まき餌法から派生していると言われている (STACEY, 1977)。まき餌法で行う害虫の人為的放飼を, バンカー植物に対して行い天敵を飼育する系を確立するというねらいである。後に害虫は, より安全な代替寄主 (餌) に変えて技術開発が行われた。天敵放飼の時期はその効果に強く影響する。放飼は一般に, 対象害虫の発生が確認され次第できるだけ早く行うのがよいとされる。バンカー法においては, 害虫の発生にかかわらず温室内に天敵が存在するため, 害虫発生後すみやかに天敵が害虫を攻撃できるのが利点である。害虫の

放飼密度と放飼回数の関係では, 総放飼数が同じであれば多くの回数に分けて放飼すると効果はより確実であるといわれている (YANO, 2006)。バンカー法では少数の天敵を継続的に放飼するので, この意味からも安定した効果が期待できる方法である。

バンカー法は天敵利用法のうち, 人為的繰り返し放飼を行う放飼増強法 (生物農薬の利用) と土着の天敵を保護して利用する天敵保護利用の両面を併せ持つ (FRANK, 2010)。バンカー法では天敵の飼育に代替寄主 (餌) を利用するが, これは土着天敵の保護利用における主要な技術の一つである。一方, 放飼増強法のように, 特定の天敵種を温室内に定着させ, 対象害虫を防除することが目標とされる。

バンカー法が効果を発揮するのは, 天敵を継続的に供給できるかどうかにか強く依存している。しかし通常プランター植えのバンカー植物に代替寄主 (餌) を接種してから天敵を接種して, これらを長期間維持するのは容易

ではなく技術的な工夫が必要である。代替餌が増えすぎるとバンカー植物が枯れ、それにより代替餌が減少したり、質が低下すると、天敵の増殖率が低下する。天敵が代替餌を食い尽くすか、過寄生状態になると代替餌が全滅し、その後天敵も全滅する。代替餌が増えてもバンカー植物が維持できれば系の維持は可能である。また1個のバンカーの長期間の維持をめざすのではなく、時期を変えて複数のバンカーを設置するという方法も考えられる。

高知県ではコレマンアブラバチのバンカー法の弱点が実用化後に明らかとなった。一つはコレマンアブラバチに寄生する二次寄生蜂の発生である (NAGASAKA et al., 2010)。二次寄生蜂が発生すると、コレマンアブラバチの密度が大幅に低下し、アブラムシ類に対する防除効果も低下する。もう一つはコレマンアブラバチが寄生できる主要害虫のアブラムシがモモアカアブラムシとワタアブラムシに限定され、ジャガイモヒゲナガアブラムシやチューリップヒゲナガアブラムシが発生すると防除できないことである。さらに7月以後にはバンカー植物であるムギが枯れてしまい、バンカーのシステムを存続させることが不可能となる。

Ⅲ バンカープロジェクト

バンカープロジェクトは、在来捕食性天敵を利用したバンカー法の開発に特徴がある。在来天敵を利用するのは、外来天敵の利用による環境リスクを避け、国内の環境条件によく適応した天敵を利用するねらいがある。捕食性天敵を利用したバンカーはシヨクガタマバエを除けばあまり開発されてこなかった。理由は不明であるが、捕食量が多い種の場合、食い尽くしが起こり易い懸念があったのかもしれない (BENNISON, 私信)。そこで捕食量が比較的少ないカブリダニでは開発の可能性があると考えられた。

コレマンアブラバチに替わるアブラムシ類防除のためのバンカー法として、捕食性天敵のシヨクガタマバエのバンカー法が考えられた。我が国ではシヨクガタマバエを攻撃する寄生蜂は少なく、シヨクガタマバエの幼虫はアブラムシであればたいいの種を捕食する。したがってコレマンアブラバチのバンカー法で問題となった欠点は回避できる。シヨクガタマバエのバンカー法は、すでにイギリスでコレマンアブラバチと同じバンカー植物と代替寄主の組合せを利用して開発されていた。しかし高温での発育が困難なムギ類は、我が国でのバンカー植物としては不向きである。そこで近畿中国四国農業研究センターでは近畿大学農学部と協力して、バンカー植物としてソルゴー、代替寄主としてヒエノアブラムシを利用し

たバンカー法を開発した。ここで利用するシヨクガタマバエの系統は京都府由来の在来系統である。ソルゴー上のヒエノアブラムシは、高温でもよく増殖し、シヨクガタマバエもヒエノアブラムシを餌としてよく増殖する (YANO et al., 2011)。温室栽培の万願寺トウガラシの実証試験においても、ワタアブラムシは開発されたバンカーの設置により防除された (安部ら, 2011)。

高知県では、温室栽培ナスのミナミキイロアザミウマを防除するための在来捕食性天敵キイカブリダニのバンカー法が開発された。この場合バンカー植物はオオムギ、代替寄主はクサキイロアザミウマである。京都府では、施設栽培のトウガラシのハダニ類を防除するために、畝の上にモミ殻をネット袋に入れて置き、発生した微小動物を、放飼したミヤコカブリダニの餌とするバンカー法が開発された。この場合バンカーは植物ではなく、モミ殻である。

Ⅳ バンカー法の展開と将来展望

バンカー法に関する最近の動向としては、従来と異なるシステムや環境で利用できる技術の開発が進んでいる。

海外では天敵の餌として代替寄主を用いず、花粉を利用する技術が開発されている。デジェネランスカブリダニは、トウゴマの花粉でよく繁殖するので、オランダでトウゴマをバンカー植物として利用する技術が開発された (RAMAKERS and VOET, 1996)。ブラジルでは、土着のヒメハナカメムシ *Orius insidiosus* に対してマリーゴールドをバンカー植物として利用し、バラ温室のミカンキイロアザミウマの防除に成功したが (BUENO et al., 2009)、この場合、マリーゴールドは花粉だけではなく餌としてのアザミウマ類の供給源になっている。また代替餌は特には供給されていない。しかし後に *O. insidiosus* はマリーゴールドだけでは増殖できず、ガーベラやトウゴマでは増殖できることが確認された (WAITE et al., 2011)。イギリスにおける研究では、アリッサムにミカンキイロアザミウマが誘引され、さらにヒメハナカメムシ *O. laevigatus* がそれを餌として増殖することが確認された。アリッサムは害虫を誘引するトラップ植物とバンカー植物の働きを併せ持っている。イチゴのミカンキイロアザミウマを防除するため、バンカー植物としてのアリッサムの利用が期待されている (BENNISON et al., 2011)。

我が国におけるミヤコカブリダニのバンカー (モミ殻) と同じように、ジャガイモの皮から作られた有機資材のマルチにコナダニ類を接種して、土壌性の捕食性ダニ *Macrocheles robustulus* を増殖させ、土壌中のキノコバエ幼虫を防除する方法も開発されている (GROSMAN et al.,

2011)。この場合、有機資材は植物ではないが、代替餌を増殖させる機能を持っている。

露地における代替寄主(餌)を供給する植物の利用は、バンカー植物と呼べるかどうかは議論のあるところであるが、天敵に対する機能は同じなので、広い意味ではバンカー法と呼べるかもしれない。PICKETT et al. (2004)は、露地でタバコナジラミのバンカー植物として、コナジラミにあまり選好されないが、ツヤコバチ *Eretmocerus hayati* がよく増殖するカンタロープの品種を選抜した。この品種を露地で栽培品種と混作するとタバコナジラミの発生がよく抑えられた。我が国においても、チャのカンザワハダニを防除するために、ナミハダニを放飼してからケナガカブリダニを増殖させたチトニアを茶園に隣接させて植えると、チトニアで増殖したケナガカブリダニが増殖し、茶園内に移動してカンザワハダニの発生を抑圧したことが報告されている(富所・磯部, 2010)。

結論として、施設栽培でも露地でも天敵に餌を与えて増殖させるような技術は元来のバンカー法と機能的には同じである。しかしバンカーが天敵の成虫の生存に必要な糖類をも供給するとは限らない。逆に土着天敵の保護利用でよく使われる蜜源植物は成虫の餌として有用である場合が多く、天敵の成虫を生存させるには役立つが増殖には積極的に役立っていないと考えられる。今後は天敵を増殖させるための寄主(餌)の供給と、蜜源植物利用などによる天敵の成虫に対する餌の供給の両方を考慮した技術開発が必要であろう。また天敵を誘引したり、

定着させるような行動制御技術も必要である。そのため植物の利用も有望であると考えられる。

お わ り に

バンカー法は施設栽培において利用されてきた技術であるが、天敵に餌を与えて放し飼いする技術である。餌の与え方はバンカー植物に代替餌を接種する以外にも、有機資材を利用して代替餌を増やしたり、天敵を餌と一緒に放飼する技術も開発されている。また露地でも活用できると考えられる。このような天敵の放飼増強法と保護利用の特徴を併せ持つ技術の開発が今後期待される。

引 用 文 献

- 1) 安部順一郎ら (2011): 関西病虫研報 **53**: 37 ~ 46.
- 2) BENNISON, J. A. (1992): Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent. **57/2B**: 457 ~ 466.
- 3) ——— and S. P. CORLESS (1993): IOBC/WPRS Bull. **16** (2): 5 ~ 8.
- 4) ——— et al. (2011): ibid. **68**: 15 ~ 18.
- 5) BUENO, V. et al. (2009): ibid. **49**: 183 ~ 187.
- 6) FRANK, S. D. (2010): Biol. Control **52**: 8 ~ 16.
- 7) GROSMAN, A. et al. (2011): IOBC/WPRS Bull. **68**: 51 ~ 54.
- 8) HANSEN, L. S. (1983): ibid. **6** (3): 146 ~ 150.
- 9) 長坂幸吉ら (2010): 中央農研報 **15**: 1 ~ 50.
- 10) NAGASAKA, K. et al. (2010): Appl. Entomol. Zool. **45**: 541 ~ 550.
- 11) PICKETT, C. H. et al. (2004): Biocontrol **49**: 665 ~ 688.
- 12) RAMAKERS, P. M. J. and S. J. P. VOET (1996): IOBC/WPRS Bull. **19** (1): 127 ~ 130.
- 13) STACEY, D. L. (1977): Pl. Path. **26**: 63 ~ 66.
- 14) 富所康広・磯部宏治 (2010): 応動昆 **54**: 1 ~ 12.
- 15) WAITE, M. O. et al. (2011): IOBC/WPRS Bull. **68**: 189 ~ 192.
- 16) 矢野栄二 (2003): 天敵—生態と利用技術, 養賢堂, 東京, 296 pp.
- 17) YANO, E. (2006): Popul. Ecol. **48**: 333 ~ 339.
- 18) ——— et al. (2011): IOBC/WPRS Bull. **68**: 195 ~ 198.

新しく登録された農薬 (23.10.1 ~ 10.31)

掲載は、**種類名**、登録番号:**商品名**(製造者又は輸入者)登録年月日、有効成分:含有量、**対象作物**:対象病害虫:使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、適用雑草等を記載。(登録番号:22973 ~ 22994)種類名に下線付きは新規成分。※は新規登録の内容。

「殺虫剤」

●スピネトラム水和剤 ※新規参入

22983:スピネアタック(住化グリーン)11/10/12

スピネトラム:25.0%

芝:シバツトガ, タマナヤガ, スジキリヨトウ, シバツトガ, タマナヤガ, スジキリヨトウ:発生初期

●ブプロフェジン水和剤 ※処方変更

22985:アブロードゾル(日本農薬)11/10/12

ブプロフェジン:40.0%

稲:ツマグロヨコバイ幼虫, ウンカ類幼虫:収穫7日前まで(無人ヘリコプターによる散布)

稲:ツマグロヨコバイ幼虫, ウンカ類幼虫:収穫7日前まで(空中散布)

稲:ツマグロヨコバイ幼虫, ウンカ類幼虫:水田耕起前(空中散布)

小麦:ヒメトビウンカ幼虫:収穫7日前まで(空中散布)

●BT水和剤 ※新規参入

22986:家庭園芸用バシレックス水和剤(エス・ディー・エス バイオテック)11/10/12

バチルス チューリンゲンシス菌の生芽胞及び産生結晶毒素:10.0%

野菜類:アオムシ, コナガ, タマナギンウワバ:発生初期ただし, 収穫前日まで

りんご:ヒメシロモンドクガ, アメリカシロヒトリ, ハマキムシ類:発生初期ただし, 収穫前日まで

かき:カキノヘタムシガ, イラガ類:発生初期ただし, 収穫前日まで

さんしょう(実):アゲハ類:発生初期ただし, 収穫前日まで

樹木類:トビモンオオエダシヤク:発生初期

フェニックス・ロベレニー:トビモンオオエダシヤク, 発生初期

つばき類:チャドクガ:発生初期

(11 ページに続く)