講演

不妊虫放飼法によるウリミバエの根絶*

(沖縄県農業試験場) 垣花 廣 幸

1. はじめに

ウリミバエ(melon fly, *Bactrocera cucurbitae*)は、写真1に示すように、体長8~9mmで淡黄褐色から淡黄赤褐色の美しいハエであるが、東南アジアを中心に、東アフリカ、ミクロネシア、ポリネシア、ハワイなど広い地域に分布する農業害虫である。日本では、1919年に八重山群島で初めて記録され、10年後の29年には宮古群島へも侵入した。その後、約40年間ウリミバエの分布拡大は見られなかったが、70年に久米島への侵入が確認された後は急速にその分布域を拡大し、72年沖縄本島、73年与論島と沖永良部島、74年奄美大島・喜界島まで侵入し、九州本土を脅かすようになった(第1図)。

ウリミバエの寄主植物は約100種類に及び、その中にウリ科、ナス科の多くの果菜類だけでなく、パパイヤやマンゴウのような熱帯果物など多くの農作物が含まれていて、それらの大害虫となっている。そのため、ウリミバエは国際植物検疫上、最も侵入警戒を要する重要害虫の一種となっている。また、国内といえども、ウリミバエが分布している南西諸島から未発生地域への寄主植物の移動は植物防疫法によって厳しく禁止または制限されていた。この寄主植物の移動制限は、ウリミバエによる農作物への直接的な加害に加えて、温暖な気候を利用した南西諸島における農業振興上の大きな障害となっていた。また、植物防疫法ではウリミバエによる被害の多少ではなく、ウリミバエが

写真1 ウリミバエの成虫

Eradication of the Melon Fly by means of the Sterile Insect Technique : Hiroyuki KAKINOHANA.

*本稿は、1997年10月15日、日本原子力学会主催「第11回原子力オープンスクール」(沖縄県宜野湾市)で行われた講演の草稿に補筆したものである。

(1998年 1月6日 受理)

生息しているか否かが問題であり、この法的な障害を解消し、農作物を自由に出荷するためには、ウリミバエを1匹残らず根絶する必要があった。

農作物の害虫に対しては殺虫剤を散布し防除するのが一般的であるが、同じ殺虫剤を長期間連続的に使用すると、害虫がその殺虫剤に対して抵抗性を獲得するようになる。また、多量の薬剤散布は天敵なども同時に殺してしまうため生態系が攪乱されたり、食物への農薬残留問題や環境汚染を引き起こす恐れもある。まして殺虫剤の散布だけで害虫を1匹残らず根絶してしまうことは不可能である。これらの問題を解決し、対象とするウリミバエだけを根絶する防除手法として不妊虫放飼法(SIT: Sterile Insect Technique)が採用された。

2. 不妊虫放飼法

不妊虫放飼法は、1995年4月、第11回日本国際賞を受賞した米国のニプリング博士(E. F. Knippling)によって開発された害虫防除法である。不妊虫放飼法を適用する場合、まず対象害虫を人工的に大量増殖しなければならない。次いで、増殖された害虫を放射線照射や化学不妊剤などにより不妊化する。不妊化する場合、放射線照射などによる体細胞や行動への影響を可能な限り少なくして、生殖細胞(生殖能力)だけを破壊する。不妊雄による卵の不妊化メカニズムは、一般的には、外観上は正常であるが優性致死突然変異を起こしている精子が卵と受精し、それにより胚子発育が中断されることによると考えられている。

このようにして生産された不妊虫を野生虫より多数野外に放飼すると、多くの野生虫は不妊虫と交尾し、正常な野生虫同士での交尾頻度が少なくなるため次世代の数が減少する。さらに、同じ数の不妊虫を何世代にもわたって連続的に放飼し続ければ、野生虫間での交尾機会はますます減少する。その結果、最終的には野生虫同士での繁殖は不可能となり、その害虫は根絶に至るのである。Knippling(1964)は、不妊虫放飼法が成功するための条件として、①交尾行動と交尾競争力に悪影響を及ぼすことなく昆虫を不妊にできること、②大量飼育ができること、③低密度期における自然個体群の密度が知られていること、④不妊虫放飼法が行えるレベルまで他の方法で自然個体群を減少できること、⑤必要とされる不妊虫率を決定するために個体群の増加率が知られていること、⑥従来の防除費用プラス被害額が、抑圧防除費用プラス不妊虫放飼に要する

費用より高いこと, ⑦再侵入により根絶が無理な場合, 不妊虫放飼を継続させる費用が従来の防除費用プラス被害額との関係で見合うこと, ⑧費用の点で見合わなくても, 従来の防除法では人間や環境に対し危険を生ずる場合, ⑨放飼する不妊虫自身が無害であるか, あるいはその害が防除の利益に比べて遙かに小さい場合, ということを立てている。このように, 不妊虫放飼法が成立するためには, 対象害虫の野外における基礎生態学的研究を始め, 多くの技術確立が必要である(第2図)。

沖縄が日本復帰した1972年から, 不妊虫放飼法によるウリミバエ根絶実験事業が久米島で実施された。この実験事業は, 不妊虫放飼法のわが国における最初の適用事例であり, 南西諸島全域からのウリミバエ根絶方法を確立するために重要な意味を持っていた。この根絶事業のため, 那覇市の沖縄県農業試験場(以下, 沖縄農試)に不妊化施設, 石垣島の沖縄農試八重山支場に大量増殖施設が建設され, 大量増殖法, 不妊化法, 輸送方法, 放飼法などの基礎研究が進められた。

3. 石垣島におけるウリミバエの大量増殖

数100万頭規模で昆虫を増殖し続ける場合, 工場感覚での飼育生産が必要である。このため, 変異の大きい野生の虫から人工的環境に適応する個体群を淘汰し, コンスタントな生産を図らねばならない(第3図)。しかし, 増殖効率のみを追って過度に淘汰された飼育虫個体群は, 家畜のように野生の形質を失う危険性が高い。このように

第2図 不妊虫放飼法による根絶技術確立までの基本的な流れ

虫質の劣化した飼育虫を不妊化して野外に放飼した場合, 野生雌をめぐり野生雄との競争に太刀打ちできなくなり, 防除効果を上げることはできない。

農林省熱帯農業研究センター沖縄支所の杉本(杉本, 1978 a, b; 杉本ら, 1978)は, 人工飼育条件に対する過度の淘汰を避けることを基本としながら, ハワイを中心とした外国で開発されたミバエ類の飼育法を導入・再検討し, 沖縄で

のウリミバエ飼育に適応でき、さらに効率的な飼育法へと改良を進めた。この基礎技術は、沖縄農試八重山支場のウリミバエ大量増殖施設に導入され、更なる改良が加えられた。

(1) 成虫飼育

ウリミバエ成虫は、温度27℃、湿度60～70% RHの環境で飼育される。蛍光灯による飼育室内照明は通常8:30～17:30までとし、その前後は北面の窓による自然採光としたが、採卵日には24時間照明して産卵を刺激した。成虫飼育箱は、90×60×120 cmの合板製で、上面と背面の一部を網張にしてサーキュレーションを確保し、内部は2室に仕切られている。成虫飼育箱1台の飼育密度は50,000頭で、餌として蛋白加水分解物と砂糖を1:5の割合で混合して与える。第3図は大量増殖系統と野外から導入し3世代を経過した野生系統のウリミバエの産卵経過を示している。野生系統は大量増殖系統に比べて産卵前期間が長く産卵量も非常に少ない。この結果から、大量増殖系統では、飼育期間を7週間、羽化後2週目までは産卵前期間とし、3～7週目の成虫から採卵した。人工採卵器は直径6.5 cm、長さ20 cmのプラスチック製円筒で、上半面に直径0.5 mmの採卵孔が50～70個あけてある。採卵器に60メッシュのナイロンネットを内張りした後、内面をカボチャジュースで潤し、飼育箱にセットする。卵は水で洗い出して回収し、メスシリンダー内で沈殿させ卵量を測定する。この場合、1 cc当たりの卵数は約9,600個である。水中に沈殿させた卵100 cc当たり、水675 cc、3.5%塩酸25 cc、トマトジュース400 ccを加えて卵接種に備える。

(2) 幼虫と蛹の飼育

幼虫を飼育するための人工培地組成を第1表に示す。これらの材料をミキサーで混合し、37×31×5 cmのトレイに2 lずつ小分けし薄く広げる。接種された卵が水没して孵化が妨げられるのを防ぐため、培地表面にちり紙を敷き、準備された卵を攪拌しながら自動分注器で接種する。

幼虫の人工飼育培地は小麦フスマと大豆粕を基材としたものであるが、小麦の銘柄によって飼育できるpHの範囲

第1表 ウリミバエの幼虫飼育培地組成

材 料	36% 当りの量
小麦フスマ (1 CW)	5,400 g
大豆粕	1,080 g
ビール酵母	1,080 g
グラニュー糖	2,010 g
安息香酸ナトリウム	18 g
塩酸 (3.5%)	1,600 cc
ちり紙	850 g
水	28,000 cc

が大きく異なることがわかった(第4図)。この結果、1CWは高い蛹歩留まりの得られる範囲が広いのに対し、WWではpH4.8～5.0の狭い範囲にとどまることがわかった。高いpHで飼育することは発酵やカビの発生による障害を受ける可能性が大きいことなどから、使用する銘柄を1CWに指定することが決められた。

幼虫は、温度27℃、湿度80～90% RH、9時間照明で飼育する。孵化直後の若齢幼虫は培地表面をはい回りながら摂食するが、成熟が進むにつれて培地内に潜り込み摂食ようになる。その際、培地は幼虫の代謝熱によって発熱する。培地発熱は、卵接種後2日目から始まり5日目にはピークに達し、老熟幼虫の跳び出しが始まると下降する。老熟幼虫の跳び出しとは、老熟幼虫が土中に潜って蛹化するために、被害果実からピンピン跳ねながら脱出する行動のことである。跳び出し行動には日周リズムがあり暗期から明期へ切換え時に起こる。また、降雨などによる温度変化刺激などによっても引き起こされる(新井, 1975)。この性質を利用すると幼虫と培地を効率よく分離することが可能となる。老熟幼虫の跳び出しは、卵接種後5日目から始まり6～7日目にピークに達する。

第3図 大量増殖系統と野生系統の産卵経過

第4図 フスマの銘柄を変えたときの幼虫培地pHと蛹歩留りの関係

第5図は、幼虫飼育室の温度と幼虫培地温度との関係を示している。実験1は卵接種後6日目まで室温27℃で飼育し、7日目に室温を20℃に下げて、幼虫の跳び出しを促したものである。実験2では卵接種後の室温27℃から2日目の午後に25℃、3日目の午後に20℃と下げ、6日目の午後には翌日の幼虫追い出し操作(老熟幼虫の跳び出しを促すため、飼育室温を高温から低温にし、幼虫培地に散水すること)のため27℃にした。この場合、培地内の温度は低く保たれ、最高でも29℃であった。第2表は実験1と実験2で飼育されたウリミバエの蛹歩留まり、蛹重、成虫羽化率を示している。実験1と2の歩留まりはおおの62.3%と77.8%となり、両処理間差が15.5%であり、羽化率はおおの62.3%と91.3%で、その差は29%であった。このことは、幼虫自身の代謝発熱による高温の影響が次の蛹のステージで現れ、幼虫期よりもむしろ蛹期により多数の死亡を引き起こすことを示している。

幼虫培地を脱出した老熟幼虫は水の中にはいと静止する。また、20℃では24時間水に浸しておいても害はない。そこで、幼虫飼育トレイの収容能力の少ない飼育箱の使用を廃止し、飼育室全体を飼育箱に見立てた改造を行い、空間の利用効率を上げることで飼育能力の向上を図るとも

第5図 幼虫飼育室の温度管理と幼虫培地温度の変化
(注) 最終日の幼虫追い出し操作は午前9時に行い、これ以外の温度変更は午後3時に行った。

第2表 実験1と実験2における蛹歩留まり、蛹重および成虫羽化率

実験	蛹歩留り	羽化率	蛹重
1	62.3 %	62.3 %	14.8 mg
2	77.8 %	91.3 %	15.0 mg

に、飼育室の床を水の張れる構造にして脱出した幼虫を受け、水とともに流し集めて回収した。

前述のように、野外ではウリミバエの老熟幼虫は果実から脱出し土中に潜って蛹化するが、大量増殖施設内で重量の重い土や砂を大量に使用することは作業性が非常に悪い。このため、軽量のオガクズやバーミキュライトをしいたプラスチック製衣裳箱に、水を切った老熟幼虫約50,000頭を潜らせて室温25℃で蛹化させる。蛹が十分に形成されるまで25℃で3日を要するので、その間容器を静置した後、蛹とオガクズを篩い分ける。

(3) 飼育工程の組立と蛹の温度管理

沖縄農試八重山支場の大量増殖施設は週100万頭の蛹生産を目標に建設されていた。しかし、この生産量では久米島における不妊虫の放飼数が足りないことがわかり(後述)、同じ施設でより大量の蛹を生産する必要に迫られた。そこで、週1回の幼虫飼育工程を2回にし、2つの飼育工程から得られた蛹化日の異なる蛹を、異なる温度条件で管理して同じ日に羽化させることを試みた。各温度条件下における蛹の发育速度が調べられ、蛹の发育零点は9.16℃、幼虫の跳び出しから成虫羽化までの有効積算温度は平均172.7日度である。第6図は、各温度処理における蛹の发育を有効積算温度で示してある。このように、石垣島から那覇間の蛹輸送までの有効積算温度は120~140日度と发育段階をほぼそろえることができた。

第3表は組み立てられた飼育工程を示している。毎週月曜日から火曜日にかけて採卵し、火曜日に卵接種する工程と水曜日から木曜日にかけて採卵し、木曜日に卵接種する工程からなる。火曜日の卵接種工程では、翌週の日曜日から老熟幼虫の脱出が始まり、火曜日の追い出し操作で終了する。また、木曜日の卵接種工程の老熟幼虫脱出は翌週の日曜日に始まり木曜日に終了する。この2つの飼育工程か

第6図 各温度処理された蛹の有効積算温度
①、②はそれぞれ石垣島から那覇へ、那覇から久米島へ蛹を空輸する曜日を示す。

[illegible]

照射線量	0	60 Gy	80 Gy
蛹 数	1,109	631	434
羽化数	1,014	564	392
羽化率 (%)	91.4	89.4	90.3

第5表 γ 線照射線量と羽化後の成虫生存率(Teruya *et al.*, 1975)

羽化後 の日数	0		60 Gy 照射		80 Gy 照射	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	100 (267)	100 (274)	100 (172)	100 (164)	100 (152)	100 (150)
30	97.3	97.8	97.7	97.6	96.7	93.3
60	94.4	96.0	94.8	97.6	91.4	90.7
90	91.2	89.2	88.4	91.5	—	—

数字は生存率(%)、()内の数字は供試虫数を示す

第6表 60Gyおよび80Gy照射されたウリミバエの各交尾組合せにおける産卵数と妊性(Teruya *et al.*, 1975)

照射線量 (Gy)	供試成虫数				産卵数	孵化率(%)
	U♂: I♂	U♀: I♀				
試 0	40	40			2,823	82.2
験 60		40	40		2,167	1.8
A 60	40			40	0	—
試 0	50	50			1,808	76.5
験 60		50	50		810	0
験 60	35			35	0	—
B 80		43	43		1,288	0
80	50			50	0	—

Uは非照射虫、Iは照射虫を示す。

なかった。ウリミバエの雌は未交尾でも産卵するので、この結果は、照射によって雌の造卵機能が害されたことを示している。

以上の結果から、羽化2日前の蛹に対する γ 線照射によるウリミバエ雄の完全不妊化線量は60Gyから80Gyの間であり、雌の完全不妊化線量は60Gy以下であることがわかった(Teruya, *et al.*, 1975)。これらの結果から、放飼虫の不妊化には60~80Gyの照射線量を採用することとした。また、大量増殖虫を使った試験でも、羽化2日前の蛹に60~70Gyの γ 線を照射した場合、羽化率、寿命および交尾能力に顕著な影響はないことが明らかとなった(照屋, 1994)。

実際に照射され久米島に放飼された蛹は羽化するのに数日かかるため、結果的に、羽化2~4日前の蛹に70Gy照射し放飼したことになったが、防除効果に対する悪影響はなかったものと思われる。

5. 久米島からのウリミバエ根絶

不妊虫放飼法では、野生虫に対する不妊虫の比率が大きいほど効果も大きいため、不妊虫を放飼する前に、防除対象地域である久米島に生息するウリミバエの個体数を知る必要がある。Itô *et al.* (1974)はマーキング法(記号放逐法)を使って個体数推定を行い、久米島におけるピーク時の雄の個体数は約250万頭であるとの推定値を得た。石垣島の

大量増殖施設の当時の生産能力は週100万頭であり、250万頭の野生虫に対して放飼するには不十分であった。そのため、不妊虫放飼に先立ち、雄の誘引剤に少量の殺虫剤を加えた誘殺剤や餌となる蛋白加水分解物に少量の殺虫剤を加えた毒餌剤の散布によって野生雄を減らすための密度抑圧防除を実施した後、1975年2月から不妊虫放飼に着手した。石垣島の大量増殖施設から、発熱を防ぐため考案された特殊な輸送容器(一戸, 1976)に入れて、週1回那覇に空輸された蛹は、 γ 線照射で不妊化し、久米島へ空輸した。久米島では、蛹に蛍光色素をまぶしてマークした後、全島の約200ヵ所に配置した放飼容器に蛹を入れ、自然に羽化させる放飼方法が採られた。

蛹に蛍光色素をまぶすマーキングは、防除効果を判定するために設置したモニタートラップに誘殺されたウリミバエを、野生虫と不妊虫に識別するために不可欠な作業である。ウリミバエは頭部に前額嚢と呼ばれる袋状の器官があり、土中で羽化した成虫は、これを繰り返し膨らませることで土を押しつけて地上に出てくる。前額嚢は成虫のクチクラが固まると頭部に取り込まれてしまうため、この器官に付着した蛍光色素は入れ墨のように頭部に取り込まれて脱落することはないのである。野生虫と不妊虫の比を調べるトラップ調査は月2回実施した。防除効果を判定するもう一つの方法は寄主植物調査である。これは、ウリミバエの寄主植物であるオキナワズズメウリやケカラスウリなどの野生ウリ類やニガウリ、カボチャなどの栽培ウリ類の果実を毎月1回採集し、ウリミバエによる寄生の有無(寄生果率)調べるものである。

当初、週当たり約100万頭の不妊虫を久米島全域に放飼したが、ウリ類の寄生果率はあまり減少せず、この原因は不妊虫放飼数の不足であった。このため、前述のような大量増殖技術の改善が図られ、週400万頭まで放飼数を増加した結果、1976年にはウリミバエに寄生された果実はゼロとなった。この寄生果ゼロの状態は1年以上継続し、久米島のウリミバエは根絶されたものと判断された(Iwahashi, 1977)。

6. 県全域からのウリミバエ根絶計画

久米島での根絶成功を踏まえて、沖縄県全域からウリミバエを根絶する年次計画が策定された(第7表)。沖縄県

第7表 沖縄県におけるウリミバエ根絶年次計画

年 度	項 目
1980	大量増殖施設の建屋建設（総面積は週1億頭生産規模）
1981-82	週3,000万頭生産用の設備建設
1983	不妊化施設建設
1984-86	宮古群島放飼用不妊虫生産（週3,000万頭） 大量飼育用機械設備を週1億頭生産用へ増設
1987-89	沖縄群島放飼用不妊虫生産
1990-	八重山群島放飼用不妊虫生産

は、沖縄群島(約14万ha)、宮古群島(約2万ha)、八重山群島(約6万ha)の3地域からなり、最大の沖縄群島では、少なくとも週1億頭以上(久米島の約25倍)の不妊虫が必要であると考えられた。週1億頭規模の不妊虫生産は、これまでの手作業による家内工業的な感覚では達成不可能であり、大規模生産工場の感覚に基づく機械力の導入、飼育作業の単純化とルーチン化によって生産効率を高めることが不可欠である。また、週1億頭の不妊虫生産は、我々が経験したことのない領域であり、技術的にも未知な部分が多くあるものと思われた。そのためこの計画では、まず週3,000万頭規模の不妊虫生産を行い、最も小さい宮古群島での放飼を実施し、その過程で大量増殖から不妊虫放飼にいたる防除のあらゆる局面での問題点の洗い出しと、技術改善を図ることとした。また、宮古群島での防除と並行して飼育設備を増強し、週1億頭以上の不妊虫生産と沖縄群島での防除に着手する。最後に、台湾に最も近い八重山群島での防除を実施する、というものであった。

写真2は、那覇市の沖縄県ミバエ対策事業所に完成した新不妊虫大量増殖施設である。この施設は、飼育するウリミバエに障害の少ない機械化や作業のルーチン化を図り生産効率を高めること、生産された虫の品質管理に配慮する

写真2 沖縄県ミバエ対策事業所に建設された週産1億頭以上のウリミバエ不妊虫大量増殖施設

こと、施設から飼育虫が逃亡しないこと、大量増殖によって生じる公害対策などに特に配慮されて建設された。また、 ^{60}Co 線源を収納する新不妊化施設も、作業性と安全性に特に配慮し、日本原子力研究所の技術指導を受けながら建設された。

7. 沖縄県におけるウリミバエ根絶経過

(1) 宮古群島からのウリミバエ根絶

不妊虫放飼に先立つ個体数推定の結果、発生ピーク時に宮古群島に生息するウリミバエの雄成虫は約3,440万頭と推定された。しかし新施設における不妊虫生産能力は週3,000万頭であり、野生虫を減らすための抑圧防除が実施された。宮古群島での密度抑圧防除は、誘殺剤を染みこませた直径0.7cmの木綿ロープを、5cmにカットしながらヘリコプターから投下する方法でなされた。この密度抑圧防除で、野生雄の個体数は1/20以下に減少したものと推定された。

1984年8月から、週3,000万頭の不妊虫放飼がスタートした。那覇市のミバエ対策事業所から宮古島のウリミバエ不妊虫放飼センターに送られてきた蛹は、マーキングされ、新たに開発された羽化箱で成虫が羽化するまで保管する。不妊虫の放飼にも、新たに開発された冷却麻醉法と袋放飼法が採用された。冷却麻醉法とは、羽化した成虫を4℃に移して冷却麻醉し、麻醉状態を維持したままヘリコプターから成虫のみを放飼するものである。袋放飼法は、砂糖をまぶした仕切りのある紙袋で成虫を羽化させ、袋ごと開口部を付けながらヘリコプターから投下するもので、この手法は宮古島から遠距離にある多良間島に適用された。

不妊虫放飼開始後約1年を経過しても防除効果は期待されたほどあがらず、特に野菜栽培地域を中心に野生虫が多発した(第7図)。このような野生虫多発地域のことを、ホットスポットという。この原因は、宮古群島に放飼する不妊虫の羽化率が70%台で、放飼までの生存率も40~60%と低く、正常に飛翔できる成虫の数も少ないことにあった。この障害は、大量増殖工程で蛹とパーミキュライトを篩い分ける時期が早く、機械篩いの振動で変態過程の飛翔筋が損傷(droopy wing syndrome)を受けたことに起因していることが判明した。このため、蛹の機械篩いの時期を蛹化後3日目から5~6日目まで遅らせるとともに、羽化箱内の形状を羽化直後の成虫の展翅と餌の摂取が容易にできるように改良することで解決できた。また、照射直前まで20℃で保管した照射雌の中にわずかながら産卵する個体が出現したが、これは照射前日の夜から蛹保管温度を27℃にすることで解決した(祖慶, 未発表)。これらの改善とホットスポットへの不妊虫の追加放飼によって防除効果は著しく向上し、1986年11月以降寄主果実への寄生は見られず(第8図)、トラップ調査でも1987年2月以降、野生虫はゼロとなり(第9図)、宮古群島でのウリミバエ根絶が達

左：不妊虫，右：野生虫，円の大きさはトラップされたウリミバエの数を示す。

第7図 宮古群島における不妊虫と野生虫の分布(1985年8月)

第8図 宮古群島におけるウリミバエ寄主果実の調査果数と寄生果率の推移

第9図 宮古群島におけるウリミバエ誘殺虫数の推移

成された。

(2) 沖縄群島からのウリミバエ根絶

沖縄群島におけるウリミバエ根絶防除は、1986年5月から着手したが、この時期は宮古群島での根絶防除が最終段階に入っており、両地域での防除を同時に推進しなければならなかった。このため、沖縄群島では防除地域を中南部、北部、その他離島と大きく区分けし、次第に防除地域を拡大する戦術をとり、密度抑圧防除、不妊虫放飼と順次着手した(第10図)。

不妊虫放飼の初期には対象地域全体に均一に放飼したが、宮古群島と同様、防除の過程でホットスポットが現れてきた。沖縄本島の場合、個体数推定の結果から野生虫は中南部に多く、特に南部の野菜栽培地域では防除前からホットスポットのできる可能性が予測されていたので、これらの地域に対して不妊虫放飼開始の5ヵ月後から地上放飼、さらに1988年3月からはヘリコプターによる追加放飼を実施した。また、沖縄本島中部の石油備蓄基地の上空は飛行禁止となっていて航空機による不妊虫放飼ができない

上、石油備蓄基地内の防災緑地帯では多数の野生寄主植物が繁茂していたため、ここで繁殖した野生虫が周辺の地域に分散し多発した。この地域に対しても地上からの追加放飼を実施した結果、1989年12月以降、トラップ調査(第11図)、寄生果率(第12図)ともゼロとなり、沖縄群島からもウリミバエは根絶された。

(3) 八重山群島からのウリミバエ根絶

最後のウリミバエ根絶目標地域である八重山群島の防除も、石垣島および近接の竹富島とその他の島々との2つのグループに分けて着手した。密度抑圧防除の後、1990年1月から石垣島と竹富島に対して4,400万頭、その他の島々では1990年11月から4,300万頭の不妊虫放飼を開始した。八重山群島での寄主植物調査では(第13図)、1991年6月に寄生果実ゼロとなった。トラップ調査(第14図)では1991年9月にいったん野生虫ゼロを記録したが、1992年6月に1頭の野生虫が与那国島で誘殺された。与那国島では1991年9月以来9ヵ月間、野生虫の捕獲はなかったので、発生地からの飛び込みによる一過性のものである可能性も考えら

- I : 1986年11月から週8,700万頭放飼
 II : 1987年3月から週2,000万頭放飼
 III : 1988年1月から週4,000万頭放飼(本島)と週600万頭放飼(南・北大東島)
 IV : 1988年4月から週6,000万頭放飼(II + III)で北部全域に放飼地域拡大
 V : 1988年7月から週700万頭放飼

第10図 沖縄群島におけるウリミバエ防除経過

第11図 沖縄群島におけるウリミバエ誘殺虫数の経過

第12図 沖縄群島におけるウリミバエ寄主果実の調査個数と寄生果率

第13図 八重山群島におけるウリミバエ寄主植物調査結果

第14図 八重山群島におけるトラップ調査結果

れたが、慎重を期し調査を継続した結果その後の発生は見られず、八重山群島からのウリミバエ根絶が達成された。

8. おわりに

沖縄県でのウリミバエ根絶事業概要(第8表)で示すように、約21年の歳月と約100億円の巨費を投じてウリミバエが防除され、八重山群島での根絶達成で日本国内の全地域からウリミバエが完全に駆除されたのである。しかし、国際的に人や物の交流が激しい今日では発生地域からの再侵入の危険に絶えずさらされている。ウリミバエが再侵入した場合、防除法は不妊虫放飼法しかなく、早期発見、早期防除体制の維持が求められる。沖縄県では、現在でも調査を継続するとともに、不妊虫放飼体制を維持して再侵入に対する警戒を続けている。

技術的には、毎週数千万頭から数億頭というウリミバエを一定の空間で安定的に生産し続けるためには、ルーチン化された工場の感覚で大量増殖を実施しなければならない。経験的にいえば、大量増殖の段階での質の悪い虫を生産すると、その後のγ線照射、輸送、放飼作業に伴うハンドリングで虫が受けるダメージは累積的に増加するので、大量増殖から不妊虫放飼までの各作業段階での品質管理が不可欠である。また、長期間の累代飼育によって、飼育虫が室内環境に適応した家畜化現象が起こる危険性もある。国内から野生のウリミバエが一掃された現在、改めて野生虫を導入して虫質の改善を図ることも不可能となった。こ

第 8 表 沖縄県におけるウリミバエ根絶防除事業概要

項 目	久米島	宮古群島	沖縄群島	八重山群島	合 計
防 除 期 間 (年) *	1972-1977	1983-1987	1986-1990	1989-1993	1972-1993
防 除 面 積 (ha)	5,992	22,714	137,920	58,612	225,238
不妊虫放飼数 (万頭)	35,671	634,197	3,094,104	1,543,771	5,307,743
事 業 費 (百万円) **	309	1,558	4,562	2,774	9,203
延べ従事者数 (人)	30,068	70,516	135,250	82,098	317,932

*: 密度抑圧防除期間を含む。

** : 密度世圧防除費を含むが、根絶防除が着手されるまでの期間に実施した被害軽減防除費75百万円と施設建設費4,306百万円は含まれていない。

のため、現在飼育されているウリミバエの虫質を維持改善するための集団遺伝学的基礎研究を継続することが求められている。

本稿の内容は1997年10月15日、沖縄県で開催された日本原子力学会「第11回原子力オープンスクール」で講演したものである。この講演は、数多くの原著論文や総説を基になされたものであるが、参考文献として主な総説のみをあげた。個々の引用文献については筆者に問い合わせられたい。

— 参 考 文 献 —

- (1) 伊藤嘉昭：“虫を放して虫を滅ぼす，沖縄・ウリミバエ根絶作

戦私記”，中公新書，(1980)。

- (2) 伊藤嘉昭, 岩橋 統, 垣花廣幸, 杉本 渥：日本におけるミバエ問題Ⅰ—不妊オス放飼法によるウリミバエ根絶事業を中心に，科学，46, 348～356 (1976)。
- (3) 石井象二郎, 桐谷圭治, 古茶武男(編)：“ミバエの根絶—理論と実際”，農林水産航空協会，(1985)。
- (4) 岩橋 統, 伊藤嘉昭, 木場 訓：日本におけるミバエ問題Ⅱ—久米島のウリミバエ根絶実験事業と奄美諸島のミカンコミバエ，科学，46, 436～444 (1976)。
- (5) 小山重郎(編)：久米島のウリミバエ根絶実験事業報告書：沖縄県農林水産部，(1979)。
- (6) 沖縄県農林水産部：沖縄県ミバエ根絶記念誌，沖縄県農林水産部，(1994)。