

不妊虫放飼法の60年

——ニプリング氏の日本国際賞受賞に寄せて——

元農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所 小 山 重 郎

不妊虫放飼法の創始者として名高い E. F. ニプリング博士が、1995 年度（第 11 回）の日本国際賞（Japan Prize）を受賞した。この賞はノーベル賞の日本版といわれているが、独創的な研究成果によって人類の平和と繁栄に著しい貢献をした世界の研究者・技術者に与えられる。ニプリング氏は環境保全重視の農林水産科学・技術分野で「不妊虫放飼等による害虫総合防除技術の開発に関する先駆的業績」により選ばれたものである。

受賞式に出席した白髪のカニプリング氏は、86 歳の高齢にもかかわらず、かくしゃくとして、その害虫管理への情熱は少しも衰えをみせなかった。筆者は同氏の来日日程のほとんどに同席する機会に恵まれたので、その印象を交えながら不妊虫放飼法の 60 年に及ぶ歴史を振り返ってみた。

I 不妊虫放飼法の誕生

ニプリング氏はアメリカ南西部テキサス州の農家で 10 人兄弟の 9 番目に生まれた。当時、アメリカ南西部には家畜害虫のラセンウジバエが猛威をふるっていた。このハエは牛、馬などの温血動物がなんらかの原因で傷つくと、そこに卵を産み、幼虫が内部に潜って生きた肉を食う。動物はひどく苦しみ、死に至ることもある。時には人間も被害を受けた。子供の頃からラセンウジバエに悩まされてきたニプリング氏が、兄弟の中で唯一人大学に進学し、アメリカ農務省の試験場に入ったとき、このハエの防除に情熱を傾けたことは想像に難くない。

アメリカ農務省がラセンウジバエの防除に本格的に取り組んだのは、1933 年にこのハエがこれまでいなかったアメリカ南東部に侵入したときからである。フロリダ半島で越冬したハエは、毎年北上して南東部の諸州に被害をもたらした（図-1）。当時の防除法は、家畜の傷からハエの幼虫を掘り出して、そのあとに殺虫剤を塗りつけるという「治療」であった。特に放牧した家畜の被害を見付けて治療するには、大変な労力がかかった。また鹿などの野生動物の被害は放置されており、「治療」は根本的解決にならないとニプリング氏は考えた。

受賞式のあと、日本の害虫研究者との懇談会の席上、

「博士は、不妊虫放飼法をどのようにして思いつかれたのか」という質問が出た。博士は「ラセンウジバエを観察すると、雌は一生に 1 回しか交尾しない。そして野生虫の密度は低く、特に冬季は南部の狭い越冬場所にいただけだった。ハエの人工飼育はできたので、野生の雄を上回る数の不妊の雄を作って越冬地に放し、野生雌と交尾させれば根絶できると思った。」と答えた。

ラセンウジバエは生きた肉しか食わないと考えられ、初めのうち、殺虫剤の効果試験に使うハエは傷をつけたウサギによって飼育されていたが、共同研究者のブシュランドは、挽肉と血液にホルマリンを加えて動物の体温に暖めることによって、幼虫の飼育に成功していた（MELVIN and BUSHLAND, 1940）。

問題は、不妊化の方法であった。これは 1920 年代に遺伝学者の MULLER (1927) がショウジョウバエに X 線を当てて人為的に突然変異を起こさせる方法を発見していた。適量の放射線を当てた雄の精子は、雌の卵を受精させることはできるが、受精卵は胚発生の途中で死に、ふ化しない。このような変異を「優性致死突然変異」と呼ぶ。第二次大戦後、アメリカ農務省本部に移っていたニプリング氏は、1950 年に初めてこのことを知り、ブシュランドにラセンウジバエの放射線による不妊化の研究を頼んだ。やがて X 線とガンマ線による不妊化の方法が確立され、実験室のカゴの中で不妊雄は正常な雄とよく競争し、正常な雌の産む卵のふ化率を低下させることが示

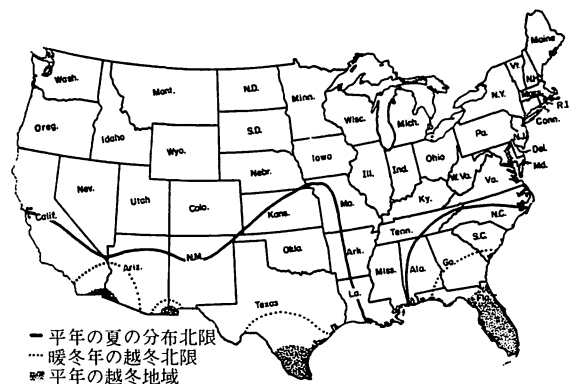


図-1 アメリカ合衆国におけるラセンウジバエの分布 (1935～1957) (LaChance et al., 1967 による)

Sixty Years of Sterile Insect Technique—When Dr. E. F. KNIPLING was Awarded 1995 Japan Prize. By Juro KOYAMA

された (BUSHLAND and HOPKINS, 1951, 1953)。ニブリング氏もモデル計算で不妊虫放飼による根絶の可能性を示した (KNIPLING, 1955)。

II アメリカ南東部のラセンウジバエ根絶

ニブリング氏は来日中に、先頃ウリミバエ根絶に成功した沖縄を訪れたが、そこで新聞記者の「これまで一番苦労されたことはなにか」との質問に、すかさず、「この技術を行政官に説明して予算をとることだった。」と答えて、研究上の困難を予想していた人々を驚かせた。

当面の目標であるアメリカ南東部での根絶には、莫大な費用が予想された。実験室の結果やモデル計算だけでは、行政官は納得しない。そこでフロリダ半島に近い小島で予備試験をしたあと、南米ベネズエラ沖合 64 km のキュラソー島 (440 km²) で放飼実験が行われた。毎週 1 km² 当たり雄雌 154 頭の不妊虫放飼を半年続けることによって、1954 年に根絶は達成された (BAUMHOVER et al., 1955)。この成功と、南東部の畜産業者の強い要望に基づき、1957 年から根絶計画がスタートした。1957 年の冬は特別に寒く、フロリダ半島の南半分に残ったハエに対して、週 1,400 万頭の不妊虫が放飼され、翌年には北半分にも放飼が拡大された結果、1961 年までに南東部全域での根絶が達成された (LaCHANCE et al., 1967)。

この成功によって、南西部を含むアメリカ合衆国全域での根絶計画が考えられるようになった。また不妊虫放飼法は対象害虫だけに効果があり、環境保全と両立する方法として、カーソンのサイレントスプリング (1962) にもいちちはやく取り上げられた。

III アメリカ南西部とメキシコでの根絶

アメリカ南西部での根絶費用は約 500 万ドルと推定され、もし根絶できれば畜産業者は年々約 1 億ドルの利益を受けることになる。しかし、南西部は国境を接するメキシコから絶えずハエが侵入する位置にあり、フロリダ半島のように越冬地が隔離されていなかった。そこで考えられたのは、メキシコとの国境地帯に幅 160 km (のちには 480 km) の緩衝地帯を設け、ここにも不妊虫を放して侵入を食い止めながら、アメリカ国内の根絶を達成しようとする作戦である。政府は容易に腰を上げなかったが、テキサス州の畜産業者達が自ら 300 万ドルの募金を集め、国境に近いテキサス州ミッションに週産 2 億頭の不妊虫生産工場を建設するに及んで、1962 年から不妊虫放飼が始まった。その結果、1964 年には家畜の被害件数が 400 件と 1962 年の 50,850 件に比べて激減した。ところが 1972 年にはこれが 95,642 件と跳ね上がり、防除開

始前を上回るまでになったため (ANONYMOUS, 1973)、その原因についてサイエンス誌上で激しい論争がまき起こった。CALMAN and SMITH (1973) は放飼している不妊虫が大量増殖の過程で遺伝的に変化し、野生虫とうまく交尾できなくなったのではないかと述べた。BUSHLAND (1974) は、増殖虫はすでに何回も野外から新しい系統を導入しており、被害が増えたのは、多雨と異常な暖冬によってハエの繁殖がよかったことと、畜産業者が被害の減ったことに慣れて、家畜の管理を怠ったのが原因であると主張した。しかし、不妊虫の活動性が野生虫より劣ることは認めざるを得なかった。

最終的には、強い増殖系統を育成し、不妊虫の能力を絶えずチェックする「品質管理」を徹底すると共に、侵入源であるメキシコでも根絶を図ることになった。1972 年、アメリカとメキシコは費用を 4 対 1 に出しあった共同の根絶計画を発足させ、メキシコ南部チアパス州に週産 5 億頭の不妊虫生産工場を建てた。防除費用は年 9,000 万ドルかかるが、根絶の利益は年 5~6 億ドルと試算された (USDA, 1976)。

1967 年から始まった不妊虫放飼により、1991 年にメキシコ国内での根絶が宣言された。現在さらに南のグアテマラとベリーズで防除が進んでおり、また 1989 年に北アフリカのリビアに侵入したラセンウジバエはメキシコから空輸された不妊虫の放飼によって水際で根絶された (FAO, 1992)。

IV 不妊虫放飼法の適用拡大

沖縄県ウリミバエ不妊虫大量増殖施設を視察したニブリング氏 (図-2) は、「沖縄の施設と根絶技術は世界的にみてもすばらしいものだ」と絶賛した。それは、フロリダ半島で根絶成功後、世界各地でラセンウジバエ以外の

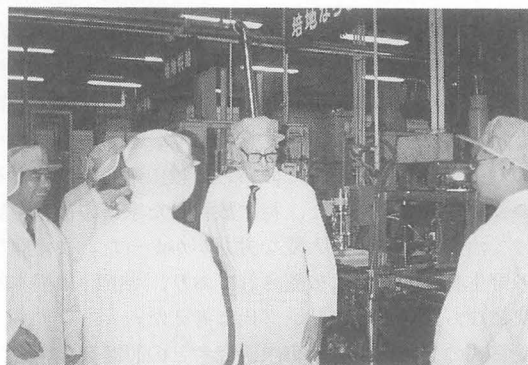


図-2 沖縄県ウリミバエ不妊虫大量増殖施設を訪れたニブリング氏 (中央)

多くの害虫で不妊虫放飼が試みられてきたが、現在までの成功例がきわめて少ないからである。

1970年に国際原子力機関(IAEA)と国際食糧農業機関(FAO)が主催した不妊虫放飼法に関する国際シンポジウムによれば、この時点で世界中で100種を超える害虫に不妊虫放飼法が試みられている(IAEA, 1971)。しかし、多くは実験室内での増殖や不妊化の研究にとどまり、実際に大量に野外に不妊虫を放飼するところまでいったものは、果実や野菜の害虫のミバエ類、アフリカで家畜や人間の眠り病を媒介するツェツェバエ、リング害虫のコードリング、ワタ害虫のワタミゾウムシなどである。

ミバエ類では、ウリミバエが1963年にマリアナ諸島のロタ島で根絶に成功したのが、沖縄での根絶事業に先立つ唯一の成功例であった(Steiner et al., 1965)。このあと、メキシコへのチチュウカイミバエの侵入防止が1982年に成功している。ミバエ類は、大量増殖が比較的容易であったことが成功の一因である。

ツェツェバエは胎生で、幼虫を一回に1頭しか産まないという大量増殖上の困難がある。コードリングやワタミゾウムシでは、不妊化に必要な量の放射線を当てると、寿命が極端に短くなる。

こうしたさまざまな困難のため、一時は世界中に広がった不妊虫放飼法の試みは、ミバエ類やツェツェバエについてIAEAを中心とした努力は現在も続けられているものの、しだいに下火になっていった。そういう中で、沖縄県と奄美群島のウリミバエ類根絶防除は、小笠原群島でのミカンコミバエとともに、着実に成功に向かったのであるから、ニプリング氏がほめるのも当然といえる。

V ウリミバエ根絶成功の要因

ニプリング氏は、キュラソー島でのラセンウジバエ根絶成功を報告した論文(Knipling, 1955)の中で、不妊虫放飼法の成功のために、次の五つの条件を挙げている。ここでその一つ一つについて、日本のウリミバエ根絶事業ではどうであったかをみてみよう(小山, 1994)。

(1) 対象害虫の大量増殖ができること

ウリミバエの大量増殖法は、アメリカ農務省ハワイミバエ研究所の方法を参考にしたが、特に重視されたのは、野生虫のもつ遺伝的性質をなるべく残すようにした点である。中でも卵を産ませる成虫の取り扱いに注意し、果実に似せた円筒型の採卵器に自然寄主のカボチャのジュースをいれて採卵し、成虫飼育室の照明も自然の明暗にあわせてハエの日周リズムを残すようにした。人

件費節約のために大幅に機械化が取り入れられたが、採卵作業は最後まで人力によった。沖縄ではこの方法で最終的には過産2億頭、奄美では過産5,500万頭の不妊さなぎが生産された。

(2) 不妊虫がよく分散すること

不妊虫に印をつけて野外に放し、さまざまな距離に置いたトラップで回収し、飛翔距離を野生虫と比較した。後には、円筒容器の内側に粉をぬり、歩いてはい出せないようにした飛翔力測定装置によって、飛翔力のあるハエの割合を常時測定した。もし飛翔力が劣る場合には、増殖、照射、輸送、放飼の各工程をチェックして改善する品質管理体制が取られた。

(3) 不妊化によって雄の交尾行動が変わらないこと

ウリミバエの場合、不妊化によって交尾行動が変わることはなかった。しかし、問題は放飼された不妊雄が野生雄と競争できるかどうかである。この点に注目し、野生虫との性的競争力を評価する方法が考案された。大量飼育の世代数が増えるにつれて、この競争力は低下する傾向がみられたため、沖縄では2回、奄美では1回、野外から新しい野生虫を取り入れて増殖系統を作り直してきた。

(4) 雌は一生に1回しか交尾しないが、もし多数回交尾する場合は、不妊雄の精子が正常な雄の精子と競争できること

ウリミバエの雌は室内実験では1回以上交尾する。しかし一度交尾した雌はしばらく雄を避けるようになる。放射線を当てた雄は、優性致死効果をもつ精子をつくるがその量はきわめて少なく、数回の交尾で使い果たしてしまう。しかし、雌の再交尾を抑制する能力は衰えることがないので、野生雌の野生雄との再交尾が妨げられ、根絶防除に役立つことが明らかになった。

(5) 対象害虫の密度がもともと低いか、他の方法で低くすることができ、不妊虫がこれを上回ることで経済的に可能なこと

野生虫の密度を調べたところ、沖縄ではha当たり最高約600頭であった。そこで、誘引剤と殺虫剤を混ぜて野外に置き、あらかじめ1/10~1/20に密度を減らした上でそれを上回る不妊虫が放飼された。しかし、野外のハエの密度は、場所によって異なり、均一に不妊虫を放飼したのでは全域の根絶はできなかった。そこで、野生虫の密度に応じて不妊虫を増減することにより、限られた不妊虫数で最大の効果を上げ根絶に至った。

このように多くの研究によって、ニプリング氏の挙げた五つの条件をクリアしながら、20年余をかけて日本のウリミバエの根絶は1993年10月に達成されたのである。

る。今、沖縄県と奄美群島での次の根絶目標は、本土にいないサツマイモ害虫のアリモドキゾウムシとイモゾウムシに移っている。この根絶には大きい困難が予想されるが、基礎と技術の両面で研究を積み重ねるならば、これらの困難も乗り越えられることであろう。

VI 広域的害虫管理の提唱

ニプリング氏は、来日中の一連の講演の中で、害虫防除についての新しい提案を行った。それは、天敵の大量増殖とその広域的な放飼による害虫管理である。この考えは、不妊虫放飼法から発展したものである。

天敵、とくにその害虫を主な寄主とする特異的な寄生虫は、不妊虫と共通の特徴をもっている。それは広く飛び回って、対象害虫を探すということである。また、いずれも対象害虫のみを減らすという点が殺虫剤と異なり、環境保全上望ましい方法である。

ただ、どちらも広く飛び回るため、農家が畑ごとに使うのには適さない。狭い場所で放した寄生虫はどこかへ飛んでいってしまうし、まわりから害虫が入ってくる。これが、これまで天敵の大量放飼がビニルハウスなど限られた環境以外では実用化されなかった理由の一つである。殺虫剤は散布したその場所で効果があるため、小面積でも利用できる。

そこで一時的・散発的な害虫には、これまでどおり殺虫剤を使ってもよいが、毎年のように広い地域で大被害を出す害虫には、寄生虫を大量増殖して、寄主害虫と寄生虫の分散範囲を超えるような広い面積に放飼することをニプリング氏は提唱している。個々の農家が殺虫剤を使いながら毎年のように被害を出すよりは、例えばアメ

リカの1州を超えるような広範囲での共同の天敵放飼による害虫管理がむしろ経済的で、また環境保全と両立する道である。日本のような島国では、この方法が取り入れやすいのではないかと同氏はいう。

「このまま進めば、近い将来に人類は必ず食糧危機に陥る。同時に環境保全への要求もますます強まる。そのときこそ、広域的害虫管理の真価が認められるであろう。」と力強く語るニプリング氏のことばに筆者は深い感銘を受けたのであった。

引 用 文 献

- 1) ANONYMOUS (1973): Nature 242: 493~494.
- 2) BAUMHOVER, A. H. et al. (1955): J. Econ. Entomol. 48: 462~466.
- 3) BUSHLAND, R. C. (1974): Science 184: 1010~1011.
- 4) BUSHLAND, R. C. and D. E. HOPKINS (1951): J. Econ. Entomol. 44: 725~731.
- 5) ——— (1953): ibid. 46: 648~656.
- 6) CALMAN, J. and R. H. SMITH (1973): Science 182: 775.
- 7) FAO (1992): The New World Screwworm Eradication Programme, North Africa 1988~1992, Rome, 192 pp.
- 8) IAEA (1971): Sterility Principle for Insect Control or Eradication, Vienna, 542 pp.
- 9) KNIPLING, E. F. (1955): J. Econ. Entomol. 48: 459~467.
- 10) 小山重郎 (1994): 応動昆 38: 219~229.
- 11) LaCHANCE, L. E. et al. (1967): In "Pest Control, Academic Press, New York and London", pp. 147~196.
- 12) MELVIN, R. and R. C. BUSHLAND (1940): J. Econ. Entomol. 33: 850~852.
- 13) MULLER, H. J. (1927): Science 66: 84~87.
- 14) STEINER, L. F. et al. (1965): J. Econ. Entomol. 58: 519~522.
- 15) USDA (1976): Progress in Screwworm Eradication, 5 pp.

お 知 ら せ

○第10回報農会シンポジウム『植物保護ハイビジョン1995』のご案内

——IPM (総合的有害生物管理) の現状と将来——

趣 旨: 我が国における植物防疫の発展を推進するため、植物防疫の学術・技術の研究、交流及び普及を図る一環として、このシンポジウムを開催する。今回は第10回の記念の会になる。

主 催: 財団法人 報農会

日 時: 平成7年9月29日(金) 10:00~17:00

場 所: 家の光会館・7階講堂 (都内新宿区市谷船河原町11), JR・地下鉄: 飯田橋駅下車

TEL 03-3266-9054

講 演:

10:10~11:10 IPMにおける天敵の利用
(株)トーメン) 和田哲夫氏

11:15~12:15 IPMにおける抵抗性害虫対策
(名古屋大学) 宮田 正氏

13:30~14:30 わが国の野菜病害の総合防除
(野菜・茶業試験場) 手塚信夫氏

14:35~15:35 東南アジアにおけるIPMの現状と将来
(農業研究センター) 持田 作氏

15:50~16:50 総合討論

17:00~19:00 功労者表彰式および懇親会
(1階会議室)

参加費: 5,000円 (当日参加 6,000円), 学生 1,000円
講演会参加者は全員表彰式および懇親会に招待されます。

申込み: 参加希望者は9月12日までに下記口座へ参加費をお振込み下さい。前もってテキストと名札をお送り致します。

郵便振替 00100-5-103214 財団法人 報農会
連絡先: 財団法人 報農会 事務局

吉田孝二氏, 仲川正義氏

〒187 小平市鈴木町2-772 植物防疫資料館内
TEL 0423-81-5455