

特集：発生予察とシミュレーション〔1〕

発生予察のためのシミュレーションモデルをめぐって

——害虫管理理論・技術の再構築——

農林水産省九州農業試験場 ^{すず}鈴 ^き木 ^{よし}芳 ^と人

はじめに

環境への配慮と経済的最適化という二つの側面を合わせ持つ総合的害虫管理（IPM）が提唱されてから既に長い年月が経過し、その基本理念自体は今では広く理解されている。IPM の必要性が盛んに論じられた当初から、個体群生態学やシステム生態学はその実現にむけて主導的役割を演じることが期待されていた。実際に 1960 年代から 1970 年代にかけて、個体数変動機構の解析方法が次々に開発され、生命表研究を軸とする昆虫の個体群生態学の研究はブームといえるほど隆盛になった。なかでも害虫の発生動態を予測するシミュレーションモデルの開発は、IPM システム構築の基幹をなすものと広く認識され、モデルに基づく発生の予察、要防除水準の設定、防除手段の効果の事前評価に基づく最適管理戦略の策定など、先駆的な試みが次々に生みだされた。

しかし、大きな期待を背負った IPM が、実用技術として十分な実効をあげず定着に至らなかったこと、技術開発の基盤をなすべき個体群生態学も衰退傾向にある実態が真剣に取り上げられたのは、IPM 提唱後 20 年余りが経過した 1985 年、本誌 39 巻 10 号の「害虫防除と生態学」の特集である。この特集の 4 人の執筆者、藤家 梓、小山重郎、大串龍一、小林富士男によってなされた IPM 推進のための提言は、行政、研究開発、普及現場にまたがる問題点を踏まえた重要な示唆に富んでいる。しかし、さらに 10 年近くを経過した今日においても、IPM は建前としてその理念が語られることはあっても、害虫管理技術としての定着からはほど遠いのが現状である。この事実を重く受けとめる必要があろう。

IPM の進展が遅れている原因は多岐にわたる。例えば、殺虫剤のスケジュール散布を発生予察に基づく使用に変更することが困難な現実など、害虫管理技術を現場に普及する段階に様々な障害やギャップが存在すること、小山（1985）、古橋（1988）、久野（1988）、井上（1990）の指摘するとおりである。しかし、何より大きな原因は、IPM を念頭においた基礎研究と技術開発の停滞

にある、と私は思う。作物の多様化、栽培品種や栽培方法の変遷の加速化など、農業自体の変化がひきおこす害虫の発生の変化に速やかに対応して管理技術を構築することが、オーソドックスな個体群生態学の研究方針と研究方法では困難になりつつある。IPM の理念に根ざす害虫管理技術の構築のためには研究の方法論の抜本的な見直しが必要ではないか。これが、本誌の特集の契機となった今年 3 月の昆虫学会・応動昆合同大会における小集会「発生予察のためのシミュレーションモデルの有効性と限界」を企画した、九州農試情報処理研究室の 3 名の共通認識である。

従来の方法論のどこに弱点があり、害虫管理研究のフロンティアをどう開拓してゆくのか。今求められているのはその具体的提言であろう。本稿では、今後その論議が活発になされることを期待しつつ、一年生作物の害虫管理を念頭においていくつかの問題点を指摘したい。

I 理学としての個体群生態学の限界

個体群生態学は確かに害虫管理のための応用生態学として発展した一面を持っている。しかし、その主流の関心は長期にわたり、害虫管理法の確立には直結しない主題に置かれていた。まず、応用昆虫学者にも多大な影響を及ぼした、数理モデルを用いた理論的研究をとりあげよう。Lotka, Volterra にはじまる理論的研究は、一貫して捕食者—餌動物（寄主—寄生者）間の相互作用系を扱い、個体群の永続性の機構、永続する系の変動パターンや安定平衡状態における密度を規定する要因を解析してきた。これらの一連の閉鎖系モデルは、さらに多種系のモデルに拡張され、近年は格子モデルによる構造化された空間における系の解析に発展している。しかし、系の永続性が主題であることに変わりはない。捕食者—餌動物系の理論的研究は、森林や果樹の害虫管理、とりわけ導入天敵による生物的防除理論には貢献してきた。その反面、農作物に高い比重を占める一年生作物の害虫管理の基礎理論に対する寄与はきわめて少なかった。

一方、野外個体群の実証的研究は、早くから不均質でパッチ状の分布をする生息地の構造を踏まえて行われた。時・空間的な個体群動態の解明というスローガンの

もとに精力的に行われた野外研究が数々の成果をもたらしたことは広く知られている。しかし、人為的な攪乱ができるだけ入らない条件下で行われた「自然個体群」の研究も、種（地域）個体群の存続を可能にしている機構の解明に焦点があった点では理論的研究と基本的に変わりはなく、直接害虫を対象とした研究を除けば一年生作物の害虫管理に役立つ成果は得られなかった。ただし、自然個体群の研究は、種の保全など環境保護の分野ばかりでなく、害虫の広域管理を考える上では重要な基礎になることは留意したい。

個体数の変動とその機構について普遍性をもつ認識を得ようとする、課題は限られてくる。実際に観察された個体数変動が、長期的周期変動などのきわだった特徴的なパターンを示す例はきわめてまれであり、大部分の変動は平均密度の高低と変動の分散の大小という、数少ない基準で類型化されることになるからである。変動の機構は調節過程と変動過程に2元化され、生物学的な興味はいきおい調節過程に向けられることになる。以上は非常に単純化した見方かもしれないが、これが理学としての個体群生態学の関心が個体群の永続性ないし密度調節機構に集中した理由であり、比較対象をうまく選択しない限り、個体群動態の研究が個別知識の集積に終わりやすい原因であると思う。

応用の心をもたずに行われた個体群生態学は、害虫管理の基礎に貢献することはなく、応用現場へのフィードバックという永続的発展のサイクルから外れたら、個体群生態学というすぐれて応用的な研究分野はすたれるだけであるといったら言い過ぎであろうか。

II 生命表研究

害虫個体群動態研究の柱、むしろ必須とされてきたのが生命表研究である。日本では盛んに推奨された生命表研究の長期継続について、その問題点が論議されたことはこれまでなかったように思う。実際にこのアプローチを採用した研究者は、この方法だけでは個体数変動機構すらほとんど解明できず、発生予測に使える個体群モデル開発に必要な情報はわずしか得られない経験を持つ人が少なくないのではなかろうか。例えば、よく使われる変動の主要因分析法によって明らかになるのは、加害世代の密度や総死亡率の分散に対する各要因の寄与率であり、変動機構はブラックボックスに包まれたままである。しかも、回帰分析の制約として、結果を予測に使えるのは、データを得た条件の範囲内に限定される。もちろん、実際には研究対象に応じて分析法が工夫され、空間分布の解析や実験的な手法を併用して個体数の変動が

解析されてきた。しかし、生命表アプローチ自体の有効性と限界についてはきっちりとなされるべきであると思う。少なくとも個体群モデルの開発にはこの方法は不可欠ではない。実際の個体群モデルの多くは、发育速度など生活史の基本的特性と、加入と消失に影響する主要な要因の効果を個別に測定したパラメータ値を決定し組み立てられている。

個体群動態機構の解析手段としても発生予測のためにもシミュレーションモデルの活用はますます求められている。一般性の高いモデルの開発が目的ならば時間にこだわる必要はない。しかし、重厚なデータの裏付けを持つことにこだわり過ぎると、モデルを開発したときにはそれを使える現場が消失していることになりかねないし、適用範囲の狭いモデルになりやすい。時間をかける生命表研究は、この点からもその適否の検討が必要であろう。

III 一年生作物の害虫管理に対する天敵の活用

IPMの理念としては最も活用が期待されながら、防除の現場では存在すら忘れられがちなのが天敵である。そして、期待度の高さに比べ研究が最も遅れているのが天敵の潜在的な役割の評価である。とりわけ理念と現実のギャップが大きいのは一年生作物である。

一年生作物の害虫管理は、それを個々の営農単位で行うか、移動分散範囲を考慮にいたした広域管理が可能であるかによって管理戦略は変わりうる。後者の場合は害虫と天敵の移入、移出をコントロールする道が開け、個別に害虫管理をはかるよりも少ないコストで高い効果をあげる方策や、恒久的管理を実現する可能性が生まれる。ここでは個々の農家による作付けから収穫までの害虫管理が行われることを前提に、天敵利用のための基礎研究を考えたい。

桐谷・中筋(1977)、中筋(1988)はIPMの基本的考え方を次のように要約している。IPMの基本は害虫個体群を低密度で小さい変動幅に抑制することであり、まず防除手段として天敵や抵抗性品種などを導入する。しかし、ときとして生ずる害虫個体群の増加に対して、可能なかぎりその働きを弱めない形で一時的に害虫密度を低下させる手段を投入する。

害虫個体群を低密度安定に維持管理する、という基本方針は広く受け入れられてきたし、それゆえに天敵が害虫個体群を調節する働きがあるか否かに大きな関心が払われてきた(KUNO, 1987)。しかし、変動を小幅に維持する必要性があるだろうか。EIL以下の低密度に害虫個体群を管理するという一点だけが管理の目的として十分な

はずである。

一年生作物の害虫と種特異性の高い天敵の大部分は高い移動性をもち、外部から圃場に侵入する個体群を出発点として、加害期に達するまでに経過する世代数は1～3世代、多くても数世代である。この間に害虫の資源となる作物の量と質は速やかに変化する。侵入密度がともに低い場合は害虫の初期の増殖率は高く、天敵の増殖は世代期間がよほど短くないかぎり遅れの反応を示すケースが多い。天敵が害虫密度を小さな変動幅に調節する効果はもともと期待薄である。害虫管理の目的でも天敵の評価基準でもない害虫密度の調節に対するとらわれから解放され、天敵の活用をもっと柔軟に考えるべきではないだろうか。

お わ り に

害虫管理の基礎理論として必要なのは個体群生態学であって、行動生態学や進化生物学はあまり関係がないという見方が今日もなお少なくないことを残念に思う。もともとこれらの分野は相互に密接な関係をもっている。農生態系は小進化が眼前に起こっている舞台である。新しい殺虫剤、抵抗性品種は、それが有効と判断されれば急速に普及する。この高い人為的な選択圧が、殺虫剤抵抗性やバイオタイプの発達を繰り返しもたらしてきたことは周知の事実である。いわば密度変動の主要因が個体群の遺伝的組成の変化であるこれらの事例は、はたして

例外的なケースだろうか。行動や繁殖の遺伝的特性の変化は目につきにくいだけで、実際には農業の変化に伴って広範に起こっているのではないだろうか。また、個体群動態の解明は個体の行動レベルまで掘り下げることによって飛躍的にすすんだ一面をもっている。行動生態学の手法と成果を導入することによって、個体数変動の主要な過程の理解が深まることは疑いない。

振り返ってみると、IPMは日本では初めからあまりに理想的なものとして考えられ、そのベースについても個体群生態学の重要性が強調され過ぎていたと思う。それが、一方では発展した関連分野に対する無関心を長引かせ、他方では集団生物学の諸分野や生理・生化学の研究者の参入を遅らせる原因になっていたように思う。応用の心をもった様々な分野の研究者の協力は、いつでもIPMの基盤研究のフロンティアを広げていく鍵である。

引 用 文 献

- 1) 藤家 梓 (1988): 植物防疫 39: 449～454.
- 2) 古橋嘉一 (1988): 同上 42: 547～551.
- 3) 井上雅央 (1990): 同上 44: 354～357.
- 4) 桐谷圭治・中筋房夫 (1977): 害虫とたたかう—防除から管理へ, 日本放送出版協会, 東京, 229pp.
- 5) 小山重郎 (1985): 植物防疫 39: 455～460.
- 6) 久野英二 (1988): 同上 42: 509～510.
- 7) ——— (1987): Adv. Ecol. Res. 16: 250～337.
- 8) 中筋房夫 (1988): 植物防疫 42: 511～516.
- 9) 大串龍一 (1985): 同上 39: 461～466.

本 会 発 行 図 書

『芝草病虫害・雑草防除の手引』

芝草農業研究会 編 A 5判 口絵カラー40ページ 本文256ページ

定価 3,500円(本体3,398円) 送料310円

芝草に有害な病虫害・雑草について口絵カラー写真による紹介と病害編、害虫編、雑草編、農薬編、付録に分けた解説書。各編ともに総論での解説と、各論ではそれぞれの学名・英名・別名を取り上げ、発生、生態、防除法までを詳しく解説し、付録ではゴルフ場での芝生管理を基本的な要点と実際について解説してあります。ゴルフ場など芝草を栽培管理する関係者にとりその病虫害・雑草防除の適切な方法が求められている現在、関係指導者も含めて必携となる指導・解説書です。

お申し込みは前金(現金書留・郵便振替・小為替など)で本会へ