

水稻の栽培環境の変化と生物群集

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	桐谷, 圭治
巻/号	10巻6号
掲載ページ	p. 43-48
発行年月	1987年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



水稲の栽培環境の変化と生物群集

桐谷 圭治

1. 水稲の生産環境の変化と害虫相

第2次世界大戦後から現在までの過去40年間に稲

作をめぐる栽培条件は大きく変化をとげた。稲作における品種、作期、農業機械、農業資材の変化、さらには米の生産過剰にともなう米の需要の変化、麦や飼料作物の栽培など各種の稲作をとりまく要因が、

表1 各種の農業的要因が水稲害虫の盛衰（密度と被害）に及ぼす影響（桐谷 1986）

要因	作用の仕方	関係する害虫及びウイルス病	その他の問題点
品 種	○抵抗性品種の普及	イネカラバエ(-), しま葉枯病(-) イチモンジセセリ(+), セジロウンカ(+)	バイオタイプの出現, 耐病性品種での媒介虫の増殖
	○穂重型から穂数型への移行	ニカメイガ(-)	
作 期	○移植・収穫期の早期化	ニカメイガ(-), カメムシ類(+), ヒメトビウンカと縞葉枯病(+), ツマグロヨコバイと萎縮病(+)	早期化に伴う混作と害虫の繁殖
	○晩化栽培	サンカメイガ(-)	
機 械 化	○箱育苗と機械移植による早期化	イネドロオイムシ(+), イネゾウムシ(+), イネノハモグリバエ(+), イネアザミウマ(+), コブノメイガ(+), ニカメイガ(-), キリウジガガンボ(-)	
	○コンバインハーベスター, バインダーの普及	ニカメイガ(-)	
農 業 資 材	○耕うん機による冬・春耕	ツマグロヨコバイと萎縮病(-)	
	○土壌改良剤珪カルの施用	ニカメイガ(-)	
	○N肥料の増加	各種の害虫(+), とくに鱗翅目害虫とウンカ, ヨコバイ類	
	○保温折衷苗代の普及	イネノハモグリバエ(+), イネミギワバエ(+)	
裏 作	○塩素系殺虫剤の導入	サンカメイガ(-), クロカメムシ(-), イナゴ(-), ツマグロヨコバイ(+)	潜在害虫のリサージェン ス; 害虫の抵抗性の 発達
	○苗箱施薬	イネドロオイムシ(-), 水田初期害虫とウイルス病(-)	保険的施用による抵抗 性の発達
	ムギ類の栽培	ヒメトビウンカと縞葉枯病(+), アカヒゲホソミドリメクラカメムシ(+)	
米の需要	消費量の減少とともに		低い要防除密度の導入
	○高品質米の要求に伴う検査規格の厳格化	カメムシ類による斑点米(+)	
そ の 他	○減反にともなう休耕・休閑田の増加	ツマグロヨコバイと萎縮病(+), カメムシ類(+)	
	○イネ科牧草の栽培面積の増加	カメムシ類(+), ヒメトビウンカ(+)	
	○緑の革命に伴う熱帯での害虫の増加	各種の移動性害虫(+), 日本未発生のウイルス病(+)	
	○侵入害虫	イネミズゾウムシ(+)	

Keizi KIRITANI: Arthropod communities as affected by the changes in the rice production system.

水稻害虫の盛衰に直接、間接的に影響を及ぼした。

表1は過去40年間を振り返ってまとめたものである。

この期間は、大きく分けて2つの時期に区切ることができる。1945~1970年の稲作は、米の高収量・安定生産を目標とした。すなわち、BHCやパラチオンなどの合成殺虫剤による害虫の化学的防除、稲作の早期化、穂数型品種への移行、麦作の減少と休耕、休閑田の増加、耕耘機や除草剤の利用による省力化、化学肥料やケイ酸石灰の施用と密植による生産性の向上などで特長づけられる。

この期間の1950年代には、イネクロカメムシやイナゴなどの年1回しか発生しない害虫は、殺虫剤による死亡率の高まりが、その増殖率を上回ったためか急速に姿を消した。同じ頃、水田の内外でトンボやホタルも激減した。西南暖地ではイネ単食性のサンカメイガが減少した。かわってツマグロヨコバイ、ヒメトビウンカとそれらが媒介するウイルス病の流行を招いた。

1970年から現在に至る時期は、高品質、省力生産の米作とともに稲作の低コスト化が追究されてきた。水田面積の3分の1に及ぶ減反政策は、休耕地を発生源とするカメムシの斑点米問題を大きくした。この期間の栽培技術上の大きな変化は、移植と収穫の機械化である。それに伴って移植期がさらに早まるとともに箱育苗や薬剤の苗箱処理などの新技術が導入され害虫相にも大きな影響を与えることとなった。

この期間には、ニカメイガの潜在害虫化、耐病性品種の導入によるウイルス病流行の沈静化など従来の減収要因が軽減した。しかし機械移植と品種の早生化は北日本ではイネドロオイムシ、イネゾウムシ、イネミギワバエなどの水田初期害虫による被害の増加をもたらしている(安部1977; 永野1982; 小嶋・江村1982; 城所ら1982; 江村1986)。また休耕地の増加やイネの出穂期の早期化などによってカメムシの増殖と加害を誘発し、米の品質重視の政策と相まって、カメムシ類がにわか的重要害虫として登場する結果となった。

国内における稲作環境の変化と直接的な因果関係はないが、イネミズゾウムシが1976年に愛知県で初発見され、その後全国に分布を拡大したこと、中国大陸での発生状況を反映してコブノメイガ、トビイロウンカ、セジロウンカのような長距離移動性害虫による被害の頻発も1970年以降の特徴と言える。

2. ツマグロヨコバイとクモ類

前節で過去40年間における水稻害虫相の変化を栽培環境との関連で概観した。害虫相の変化は、それだけにとどまらず、害虫に依存している各種の天敵類にも影響を与える。さらに害虫類の場合と同様、殺虫剤の使用などの栽培条件が直接的影響を天敵相にももたらす。ここでは、イネの重要害虫ツマグロヨコバイ及びニカメイガをその天敵とともに取り上げ、ニカメイガについては新たに成立した寄主-寄生者関係についてもふれたい。

ツマグロヨコバイは、戦後ニカメイガ防除のためBHCなどの殺虫剤が使用されたこと、それに伴うイネの早期栽培化が引き金となって、西南暖地各地で急増した。図1はその様子を誘殺数の年次変化でしめした。ここでは各県農試での誘殺数の変化の代表例を示したが、これ以外の府県でも西南暖地では同様の傾向がみられる。

図2では農薬無散布4年目の高知県伊野町における水田でのクモ類の密度とコモリグモ類(Lycosa)がそのなかで占める比率を、他の農薬無散布初年度の水田のクモ相と比較した。無散布4年目の水田ではウンカ・ヨコバイ類の専食的捕食者(specialist)である大型のコモリグモ(主としてキクヅキコモリグモ)が圧倒的な優占種である。これに対し農薬を使用し続けてきた他の3カ所の水田では、コモリグモ類に代って世代数も多くかつ休閑田、畑地、水田の間を吐糸空中飛行で移動する小型の多食性捕食者(generalist)のコサラグモ類(Micryphantidae)が圧倒的に優勢な生息者となっている。

この理由は殺虫剤に対する害虫や天敵の感受性が異なることに主な原因が求められる。表2はTakahashi & Kiritani (1973)から結果の一部を抜粋したものである。いずれもニカメイガ防除剤であるが天敵に対する影響がいちじるしく違う。 γ -BHCは、ニカメイガ幼虫を殺す濃度ではキクヅキコモリグモやニカメイガの卵塊の捕食者であるホシササキリを殺してしまう。他方同じ濃度でもツマグロヨコバイは生き残る可能性が高いことを示している。コサラグモ類のセスジアカムネグモとキクヅキコモリグモを比較すると、 γ -BHCには共に感受性が同程度に高いが、一般的には前者は薬剤耐性が大きい。すなわち γ -BHC以外の10数種の殺虫剤に対しては、セスジアカムネグモの致死濃度はコモリグモの10~20

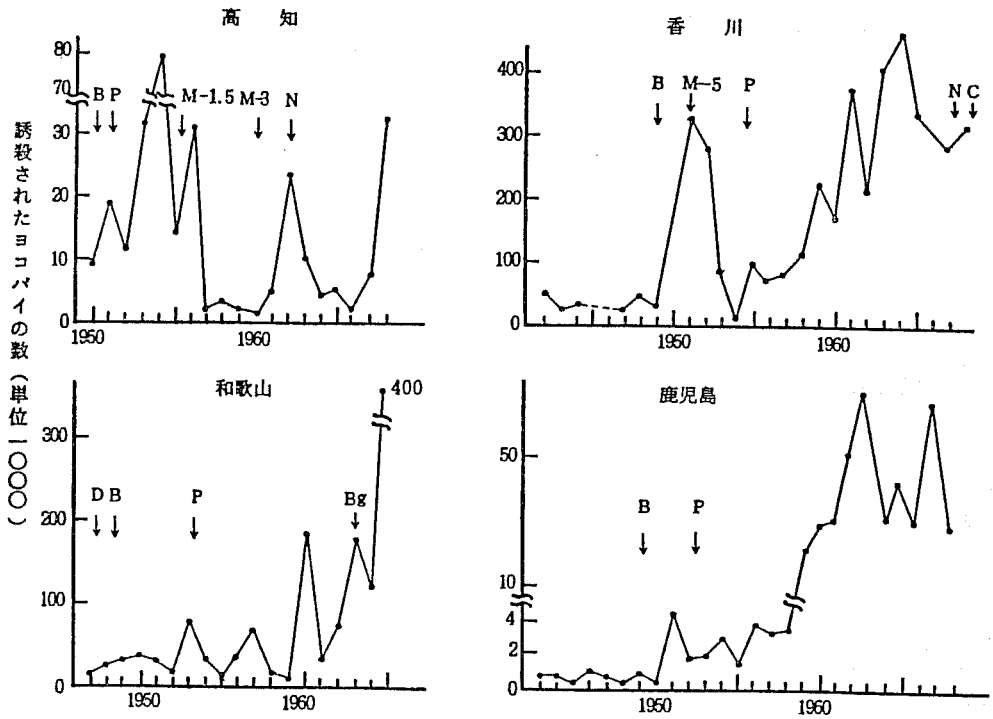


図1 高知・香川・和歌山・鹿児島県農試におけるツマグロヨコバイの誘殺数の年次変化とBHCの導入。桐谷ら (1971)

B : BHC P : パラチオン M-1.5 : マラソン 1.5% M-3 : マラソン 3%
Bg : BHC粒剤 N : カルバリル C : CPMC (ホップサイド)

倍であった(川原・桐谷・笹波 1971)。結局、BHCを主体とした混合剤によるニカメイガの防除は、ニカメイガの被害は防止したものの、天敵相を破壊しツ

マグロヨコバイの増殖をもたらしたと考えられる。天敵への殺虫剤の影響は、毒性による直接的影響だけでなく、餌(寄主)の減少による食物不足を通じて天敵の生存率の低下をもたらす。水田におけるツマグロヨコバイとキクヅキ

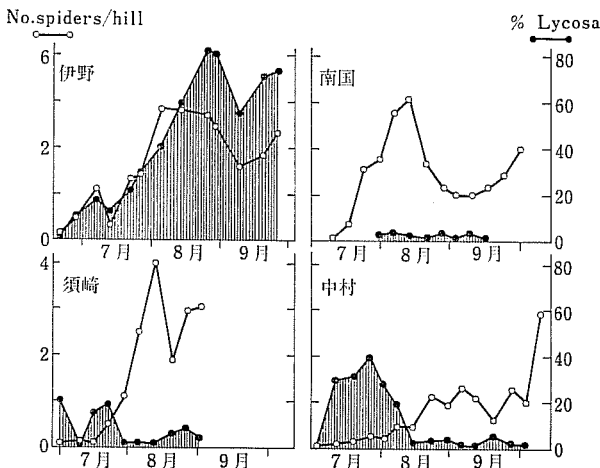


図2 農薬無散布4年目(高知県伊野)と同初年度(南国, 須崎, 中村)における水田でのクモ類合計密度の変化とクモ相中のコモリグモ(Lycosa)類の比率の変化(桐谷, 1975)

モリグモの関係についての数年間の調査資料をもとに、数学モデルを組立て、作用の異なる殺虫剤を使用した場合の両者の平衡密度の変化を調べた(Miyai, Kiritani & Sasaba 1978) (表3)。農薬が散布されない場合は、クモ 18.5頭/m², ヨコバイ 15.5頭/m²で平衡密度に達する。すなわち株当たりほぼ両種とも1頭程度である。薬剤A(クモ50%, ヨコバイ10%を殺す)はγ-BHC散布のような場合に当たり、クモは無散布の1/20近くに減少するのに対し、ヨコバイは逆に2.5倍にもなる。両者とも同程度に殺す薬剤でも、平衡密度で見るとヨコバイよりクモの方がはるかに大きい影響を受け

表2 おもなニカメイガ防除薬剤の害虫および天敵に対する致死薬量 (LD₅₀ μg/g)
(Takahashi & Kiritani 1973より)

薬 剤 名	害 虫		天 敵	
	ツマグロヨコバイ	ニカメイガ	キクズキドクグモ	ホシササキリ
フェニトロチオン (スミチオン)	6,158.4	2.1	1,225.8	1.9
ダイアジノン	11.2	4.2	16.9	1.2
γ-BHC	85.2	19.4	0.8	3.5
カルタップ (パダン)	—	21.2	102.6	225.4

表3 殺虫率の異なる薬剤を毎週散布した場合に予想されるキクズキコモリグモと餌のツマグロヨコバイの1m²あたりの平衡密度
(Miyai, Kiritani & Sasaba, 1978)

処理の種 類	殺 虫 率(%)		平衡密度(頭/m ²)	
	コモリ グモ	ヨコバイ	コモリ グモ	ヨコバイ
無散布	0	0	18.5	15.5
薬剤A	50	10	0.9	40.0
薬剤B	10	50	7.6	4.0
薬剤C	10	10	13.5	14.6
薬剤D	50	50	1.0	6.3

ることが予測された。その理由は生き残ったクモも食物不足によってさらに影響を受けるためである。

3. サンカメイガの消滅

1937年以降の約50年間のサンカメイガとニカメイガ第1世代の発生面積の推移を比較した(図3)。サンカメイガは終戦直後の1945~50年の大発生を境に、

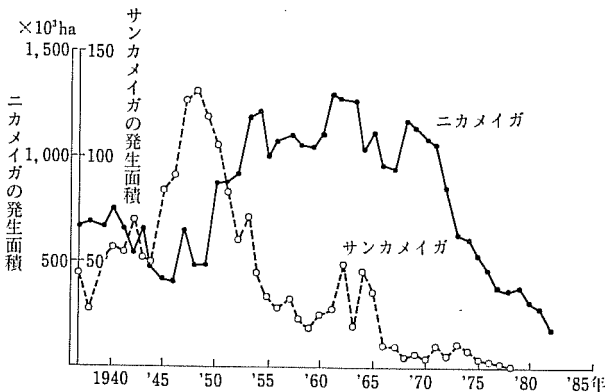


図3 日本におけるサンカメイガの発生面積の年次変動
ニカメイガはサンカメイガの1/10の縮尺で画いた
(桐谷 1986)

1960~65年に小規模の回復をみせただけで年々その発生面積は減少し、1980年代には全国集計には現われなくなった。現在は宮崎、鹿児島の間部で20~30ha程度の発生である。このように30年前には西南暖地を中心として13万haの水田に発生し、ニカメイガを凌ぐ害虫であったサンカメイガが今では幻の害虫となった。戦前、戦中を通じてサンカメイガの防除は7月初めに田植えをする晩化栽培で切りぬけてきた。戦後にみられた大発生は、移植期の乱れにその原因が求められる。しかし1950年頃から導入された合成殺虫剤は、水田でその全生活環をおくるサンカメイガにとって決定的な打撃となり、その激減をもたらした。

4. ニカメイガと幼虫寄生蜂

通常年2回発生し、イネ以外にマコモなどで生活環を送ることができるニカメイガも時間的にかなり遅れてではあるが、1960年初期から減少のきざしが見えはじめた。さらに1970年代にはその減少傾向に

拍車がかかった。図3でみられるようにサンカメイガの減少期とニカメイガの増加期は1950年前後で交差している。このことは両種の増減に関与している要因は同じでないことを示している。ニカメイガの減少をもたらした要因は単純ではない。各種の要因が重なり合ってその減少に貢献したと考えられる。表4にはその要因を年次的に配列して示した。殺虫剤よりも米の増産と生産の省力化のために導入された各種の耕種技術が、日本古来からの最大のイネの害虫をもはや防除の主要対象にされない程度にまで減少させたのである。

ニカメイガの減少原因としてどの程度

表4 ニカメイガの減少をもたらした耕種的要因とその導入年次

要因	開始年	影響を受ける幼虫の世代
栽培の早期化	1955	越冬幼虫
穂重型から穂数型品種への転換	1955	第1, 第2世代の成育期幼虫
BHC粒剤の使用	1960	第1世代の成育期幼虫
ハウス栽培への稲藁のマルチ利用	1960	越冬幼虫
刈り取りの2~3週間の早期化	1960	第2世代の成育期・越冬幼虫
ケイカル使用量の2~3倍の増加	1965	第1, 第2世代の成育期幼虫
コンバインハーベスターの普及	1965	刈り取り時の第2世代幼虫と越冬幼虫
移植機の普及と苗箱施薬の一般化	1970	第1世代の成育期幼虫

表5 新潟県におけるニカメイガ第1, 第2世代とも連年無防除地域(長岡市豊詰)での誘殺数と、防除前の葉鞘変色茎の発生量の年次変化を、周辺区域(同市上古志地区 1,200ha)と比較する(江村・小嶋 1980)

年次	連年無防除地域		第1世代慣行防除地域	
	誘殺数		葉鞘変色茎率(%)	葉鞘変色茎率(%)
	第1回	第2回		
1975	258	283	—*	—
1976	43	200	2.5	2.5
1977	83	75	2.1	3.1
1978	98	108	2.0	3.5
1979	88	175	2.3	3.7

* 無防除第1年目

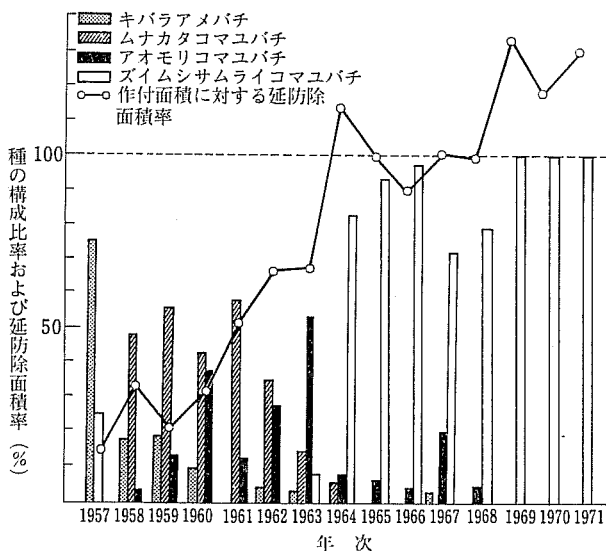


図4 青森県におけるニカメイガ越冬幼虫の寄生バチ相の変化(土岐ら 1974)

農業が貢献しているかがしばしば議論となる。この点に関しては、新潟県において、ニカメイガの第1, 第2世代とも連年無防除で経過した地域の誘殺数、葉鞘変色茎率を調査したところ、第1世代を防除した地域と比較して葉鞘変色茎率は全く変らなかつた。また誘殺数も安定して少なかった(表5)。江村・小嶋(1980)はこれよりこの地域におけるニカメイガの発生量は殺虫剤以外の環境要因がかなり強力で安定した力で働いていると結論している。

注目されるのは、ニカメイガの幼虫寄生蜂相にも大きな変化が、寄主の減少開始に先立って各地で起っていることである。すなわち発生回数(年1~2回)、寄主1頭当たり1個体の寄生蜂が成育する単独寄生性で、寄主範囲もせまく主としてニカメイガに限られているキバラアメバチ(ヒメバチ科)やムナカタコムバチ(コムバチ科)などから、

寄主範囲も広く、1頭の寄主で複数個体が生育する多寄生性で多化性(年4~5回)のメイチュウサムライコムバチに全国的に置き代っている。

図4は青森県における幼虫寄生蜂相の変化を作付面積に対する延防除面積率との関係でみたものであるが、すべての水田が少なくとも1回の殺虫剤散布を受けようになった1964年頃からそのおき代りが顕著にみられている。全国的にみれば西日本では、おき代りが1950年代後半に、裏日本、関東、東北をふくむ東日本では1960年代前半におこっている。この数年のおくれは、水田での農薬散布の強度が西日本のほうで高かったためと考えられる(表6)。以上のように農薬散布によってニカメイガの幼虫天敵相も generalist から specialist への変化がみられる。

表6 殺虫剤散布によってニカメイガの幼虫寄生蜂相でメイチュウサムライコマユバチが優占種となった時期 (桐谷 1975)

場所(県)	時期	報告者
福 岡	1955~57	行徳(1960); 立石(1962)
栃 木	1964ごろ	片山 (1971)
福 井	1962	友永・今村 (1966)
青 森	1963	土岐ら (1974)

ニカメイガの密度が低くなるにしたがって、ニカメイガに依存性の高い寄生蜂類よりも、寄主範囲が広く、増殖力の大きいメイチュウサムライコマユバチの方が生存上有利になる。

図4の青森県黒石市の1957~71年の資料に、その後の1979年までの調査資料を加えた23年間の越冬幼虫寄生率と第1回成虫誘殺数の関係を調べた(図5)。図5で誘殺数が1,000を越えているプロットはすべて1957~64年の期間で、多くの種類の幼虫寄生蜂がみられた時期である(図4参照)。1964年以前と1965年以後の期間で大きく異なる点は、寄生率が前者では密度逆依存的でかつ大きく振れている。これに対しニカメイガが少発生になりズイムシサムライコマユバチが優占種になった時期では、寄生率は密度依

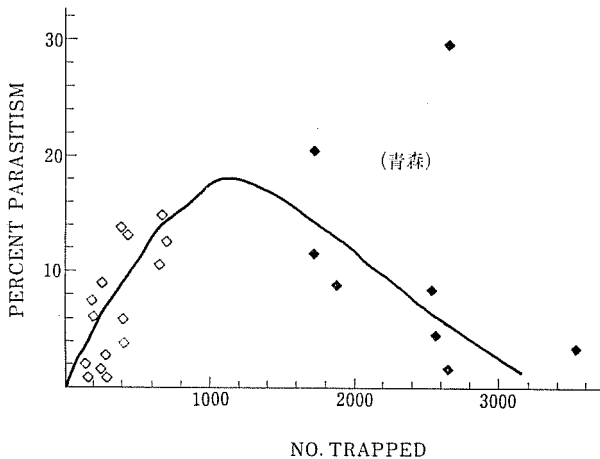


図5 青森県黒石市におけるニカメイガ第1回成虫誘殺数と越冬幼虫期の寄生率(1957~1979年間の資料より作成)
 ■ : 1957~64. □ : 1965~79.

存的に変化し変動も小さい。

図3でみたように、ニカメイガの減少が過去10数年の傾向でそのまま継続すれば、地域的にはニカメイガの絶滅もおこりうる。なぜなら減少の主要因である耕種条件の働き方は密度独立的であるからである。新潟県(表5)の例でもみられたように、減少したニカメイガは低密度ながらも安定して発生し続けている。このことは密度が低くなるに伴い死亡率も小さくなる、正の密度依存的要因の存在を示唆する。この低密度におけるニカメイガの密度安定化に貢献しているのが、generalistのズイムシサムライコマユバチである。各種の耕種的要因によってニカメイガの密度が低いレベルに抑圧される一方、殺虫剤によってもたらされた specialist から generalist への寄生相の変化は、低密度における寄主密度の変動に密度依存的に反応することを可能にした。その結果低い新たな平衡密度でのニカメイガの密度変動が新しい組合せの寄主-寄生者関係によってもたらされていると考えられる。何らかの原因で寄主密度が異常に高まれば、寄生蜂よりのエスケープがおこり、寄生蜂は制御能力を失うばかりか、その反応は密度逆依存的になり寄主密度の変動を大きくする方向に働く。もしエスケープをもたらした条件が連年つづけば、ニカメイガの密度は種内競争による自己制御が働くまで密度の上昇がつづくと考えられる。

2000年以上も存続してきた水田の昆虫相も、わずか40年の間に大きな変化をうけた。最大の害虫であったニカメイガの低密度化が、米の生産性向上の予期せざる結果としてもたらされた事実は、我々を勇気づける。農業生態系への人間の関与はこれからも強まるであろう。しかし、その関与の仕方に叡智を加えれば、望ましい農生態系の構造と機能を維持しながら、害虫もただの昆虫にすることが可能であることを、ニカメイガの例は教えてくれる。

(農業環境技術研究所

環境生物部昆虫管理科長)