水田におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ 幼虫に対する天敵としての役割に関する研究

4. 水田地帯における捕食関係

浦 辺 研 一* 池 本 孝 哉** 武 井 伸 一*,***

* 埼玉県衛生研究所 (〒338 浦和市上大久保 639-1)

** 帝京大学医学部寄生虫学教室 (〒173 東京都板橋区加賀 2-11-1)

(受領: 1990 年 3 月 23 日)

Studies on *Sympetrum frequens* (Odonata: Libellulidae) nymphs as natural
enemies of the mosquito larvae, *Anopheles sinensis*, in rice fields

4. Prey-predator relationship in the rice field areas

Kenichi URABE,* Takaya IKEMOTO** and Shinichi TAKEI*,***

* Saitama Institute of Public Health, Urawa 338, Japan

** Department of Parasitology, School of Medicine, Teikyo University,
Itabashi-ku, Tokyo 173, Japan

Key words: *Anopheles sinensis* larvae, *Sympetrum frequens* nymphs, rice field,
prey-predator relationship, precipitin test.

はじめに

調査方法

前報(浦辺ら, 1986)で報告したとおり, 埼玉県大宮市郊外の水田地帯において, アキアカネ *Sympetrum frequens* 幼虫が多数生息する特定の水田では, 6月上旬から中旬にかけてシナハマダラカ *Anopheles sinensis* 幼虫が高率に捕食されていると推定され, シナハマダラカの発生初期におけるアキアカネ幼虫の天敵としての役割は大きいと思われた。

そこで, 広域な水田地帯におけるシナハマダラカ幼虫に対するアキアカネ幼虫の捕食効果を明らかにする目的で, まず小地域内の水田におけるアキアカネ幼虫とシナハマダラカ幼虫の生息数調査および捕食事実の検証を行い, さらに調査対象を拡大して地域全体におけるアキアカネ幼虫捕食効果を推定した。

調査地

前報と同じく, 埼玉県大宮市郊外の荒川沿いに広がる約 97 ha の水田地帯に含まれる A 区域 (約 210 a) から 9 枚, B 区域 (約 430 a) から 11 枚の水田を選び調査した (Fig. 1)。また約 750 枚の水田からなる同水田地帯全域について, 農道で分けられた 62 区画から 44 区画を系統抽出し, 1 区画に含まれる約 12 枚の水田のなかから 1 枚, 合計 44 枚の水田を選び調査した (Fig. 4)。調査対象となった水田はすべて作付けされ, 5月上旬に田植, 9月上旬に稲刈りが行われた。

調査期間

A 区域の水田については 1979 年 6 月 5 日から 7 月 6 日まで原則として 5 日間隔で 7 回の調査を, B 区域の水田については 1980 年 6 月 10 日から 7 月 4 日まで 6 回の調査を行った。全域調査は 1979 年 6 月 17 日および 1986 年 6 月 5 日に行った。

*** 現住所: 埼玉県 大宮 保健所 (〒330 大宮市吉敷町 1-124)

Fig. 1 Rice field Area-A (210 a) and Area-B (430 a).

Rice fields examined are shown by thick line frames (a-t).

生息数の推定

幼虫の採集は Ikemoto (1976) の方法によった。すなわち、25×25 cm の方形枠を水田内に置き、枠内の水を吸引ポンプで汲み上げ、その中のシナハマダラカとアキアカネ幼虫数を数えた。採集個体は除去した。

サンプル数は、A区域では水田あたり5個、B区域では4個であった。全域調査では1枚の水田から1サンプルとり、枠の大きさと水田面積の割合から水田地域全体の幼虫数を推定した。

捕食の判定

採集したアキアカネ幼虫はすべて凍結して実験室に持ち帰り、免疫電気浸透法（浦辺ら、1982）を用いて、アキアカネ幼虫消化管内にシナハマダラカ幼虫体成分が含まれているか否かを判定した。

結 果

1. 生息状況

1) 小区域水田における発消長

A区域（1979年）およびB区域（1980年）の水田におけるアキアカネ幼虫とシナハマダラカ幼虫の生息数の消長を Fig. 2 に示した。

(1) アキアカネ幼虫：アキアカネ 幼虫の 消長パター

ンは生息の認められた水田間で大きな違いはなく、前報に述べた2枚の水田における調査結果ともほぼ同様な傾向であった。すなわち、調査を開始した6月上旬より漸減し、6月下旬から7月上旬にかけてみられなくなった。しかし生息密度は水田により異なり、B区域には生息していない水田が多く、A区域の水田でも調査を開始した6月5日にサンプルあたり0匹（d, i 水田）から8.4匹（h 水田）まで開きがあった。限られた区域内においても、アキアカネ幼虫はすべての水田に高密度で発生しているわけではなく、A区域におけるc水田とd水田のようにあぜで仕切られた隣接する水田であっても、一方には多数の生息が認められたのに対し他方にはほとんど生息していなかった。

A区域全体におけるアキアカネ幼虫の平均密度は、羽化前の6月5～20日にはサンプルあたり1.43～2.55匹、水田1m²あたり22.9（標準誤差±4.8）～40.8（±8.2）匹であった。B区域では同様に、6月10～20日にサンプルあたり0.14～0.36匹、水田1m²あたりでは2.2（±1.3）～5.8（±2.2）匹であった。

調査地において、年1化性であるアキアカネは4月中旬から5月上旬頃孵化し、6月下旬から7月上旬にかけていっせいに羽化する（浦辺ら、1986）。したがってd

Fig. 2 Seasonal fluctuation of the number of *Sympetrum frequens* nymphs and *Anopheles sinensis* larvae in each rice field examined (a-t).

Solid circle, *Sympetrum frequens* nymphs; open circle, *Anopheles sinensis* larvae; vertical line, standard error.

水田で6月15日と20日に初めて採集された少数の幼虫は、c水田からの移入個体と思われた。またi水田やj水田にみられた山型の消長傾向も、アキアカネ幼虫が取水口・排水口を通じて水田間を多少とも移動しているこ

とを示すと考えられた。

(2) シナハマダラカ幼虫：A区域では調査期間中シナハマダラカの発生がきわめて少なく、各水田における発生消長に顕著な相違は認められなかった。B区域の水

Fig. 3 Relationships between mean densities of *Sympetrum frequens* nymphs and *Anopheles sinensis* larvae per square meter in each rice field.

田においては、A区域に比べて幼虫密度が高く、発生のみられなかったP水田を除き、おおむね6月中旬から個体数が増加した。A区域全体におけるシナハマダラカ幼虫密度は、6月20日～7月6日にはサンプルあたり0～0.07匹、1m²あたり0～1.1(標準誤差±0.8)匹であった。B区域では6月20日～7月4日にサンプルあたり0.27～0.77匹、1m²あたりでは4.3(±2.6)～12.3(±3.4)匹であった。

(3) 両者の関係：上述のように、アキアカネの発生が多かったA区域(1979年)にはシナハマダラカの発生が少なく、アキアカネの少なかったB区域(1980年)ではシナハマダラカが多い傾向がみられた。

全調査期間について平均した各水田のアキアカネ幼虫数とシナハマダラカ幼虫数の関係を Fig. 3 に示した。シナハマダラカの発生が多かったB区域では、アキアカネ幼虫の多い水田ほどシナハマダラカ幼虫が少ない傾向が認められた。A区域ではアキアカネの密度に関係なく、シナハマダラカの密度は低く、明瞭な傾向がみられなかった。

2) 水田全域におけるアキアカネ幼虫の分布と個体数

1979年6月17日および1986年6月5日の水田全域(約97ha)におけるアキアカネ幼虫の生息状況を Fig. 4 に示した。方形枠による実際のサンプル面積(44サンプル)は水田全域の約34万分の1であった。

広い水田地帯のなかでアキアカネ幼虫の分布には片寄りがああり、両年とも調査地のおおむね北半分に集中していた。小地域内の水田間で観察されたのと同様に、全域的にも生息しているところとしていないところが区別された。1979年6月17日におけるアキアカネ幼虫数は、サンプルあたり0.25匹、水田全域では375万(標準誤差

±120万)匹、1986年6月5日にはサンプルあたり0.23匹で全体では345万(±165万)匹が生息していたと推定された。調査日に多少ずれがあったが、両年の生息数には大差がなく、6月上旬から中旬にかけて水田1m²あたり約4匹であった。

なお、シナハマダラカ幼虫数は1979年の調査日にはサンプルあたり0.07匹、水田全域では約105万匹と推定されたが、1986年の調査日にはまったく採集されなかった。

2. 捕食状況

1) A区域とB区域における捕食率と被捕食率

A区域とB区域でシナハマダラカ幼虫を捕食していたアキアカネ幼虫の割合(捕食率)から、各調査日に生息していたシナハマダラカ幼虫のうちアキアカネ幼虫に捕食された割合(被捕食率)を推定した(Table 1)。調査当日に、アキアカネ幼虫に捕食される前に生息していたシナハマダラカ幼虫数は、前報と同様に、採集されたシナハマダラカ幼虫数にアキアカネ幼虫のうち捕食反応が出た個体の数を加えたものとした。A区域における6月10日の捕獲個体は事故のため供試できなかった。

調査日ごとの捕食率の推移は前報(浦辺ら, 1986)に示した結果とよく一致しており、6月20日前後に最も高まる傾向がみられた。調査期間を通じて、捕食率はアキアカネが少なくシナハマダラカが多かったB区域のほうが、アキアカネが多くシナハマダラカの少なかったA区域よりも全体として高く、最高値もそれぞれ77.8%と16.9%であった。しかし、被捕食率はA区域の方が高率で安定しており、6月中には83.3%から100%の値で推移したのに対し、B区域では同時期に0%、14.3%、20%などの比較的低い値が推定された。すなわち、

Fig. 4 Distribution of *Sympetrum frequens* nymphs in the whole survey area (shaded). Small square shows the sampling quadrat (25×25 cm). Solid circle and open circle indicate the individual of *Sympetrum frequens* nymphs on 17 June 1979 and 5 June 1986. A, B show the locations of Area-A and Area-B in Fig. 1.

Table 1 Results of precipitin test with *Anopheles sinensis* larvae antiserum against *Sympetrum frequens* nymphs and estimation of the rate of *Anopheles sinensis* larvae predated by *Sympetrum frequens*.

	Census date in 1979 (Area-A)							Census date in 1980 (Area-B)					
	June 5	10	15	20	25	July 1	6	June 10	16	20	25	July 1	4
No. <i>Sym. frequens</i> nymphs	102		66	71	18	2	0	16	9	6	4	0	0
No. positive (a)	4		5	12	2	0	0	0	7	3	3	0	0
% positive	3.9		7.6	16.9	11.1	0	—	0	77.8	50	75	—	—
No. <i>An. sinensis</i> larvae (b)	0	0	1	1	0	3	2	1	1	12	18	32	34
% predated $\{a/(a+b)\} \times 100$	100		83.3	92.3	100	0	0	0	87.5	20	14.3	0	0

A区域においては6月上旬から下旬にかけて発生したシナハマダラカ幼虫の大部分がアキアカネ幼虫によって捕食されたが、B区域では、発生した多数のシナハマダラカ幼虫を捕食できるほどアキアカネ幼虫の密度は高くなかったと考えられた。

2) 水田全域における捕食率と被捕食率

1979年6月17日に水田全域から採集されたアキアカ

ネ幼虫はサンプルあたり0.25匹、免疫学的方法により調べた捕食率は18.2%であった。水田全域に生息する個体数に換算すると、375万(標準誤差±120万)匹のアキアカネ幼虫のうち68万2,500(±21万8,400)匹が、最低1匹のシナハマダラカ幼虫を捕食していたと推定された。このことから、当日アキアカネに捕食される前に生息していたと推定されるシナハマダラカ幼虫約173万匹

のうち、約 68 万匹がアキアカネ幼虫によって捕食されたと考えられた（被捕食率 39 %）。

1986 年 6 月 5 日に採集されたアキアカネ幼虫についてはすべて陰性反応で、シナハマダラカ幼虫の捕食は確認されなかった。

考 察

捕食効果

Mogi *et al* (1980 a, b) は、水田内に捕食性天敵が自然状態で存在する区とそれを除去した区を設けた野外実験で、コガタアカイエカ幼虫の天敵としてトンボ類幼虫を含む捕食性水生昆虫の重要性を指摘した。

今回の調査では合計 20 枚の水田で調査したがアキアカネ幼虫の多い水田ではシナハマダラカ幼虫が多発することはなく、捕食による抑制が捕食者の密度に影響されることを示している。一方、アキアカネ幼虫がきわめて少ないか生息していない水田で、必ずしもシナハマダラカ幼虫の発生が多いわけではなかった。このことは、水田におけるシナハマダラカ幼虫の発生数がアキアカネ幼虫の捕食によってのみ左右されているのではないことを示す当然の結果である。

免疫反応の結果も、水田地帯におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する捕食効果はかなり高いことを裏付けている。A 区域での調査結果からみると、アキアカネ幼虫とシナハマダラカ幼虫密度の組合せが適当な場合には、発生するシナハマダラカ幼虫の大部分を捕食することも可能と思われる。

しかし、アキアカネ幼虫は 7 月初旬にすべて羽化しなくなってしまうため、ここで議論した期間における捕食効果が、年間のシナハマダラカ発生数にどのように作用するかは、今後の研究を待たなければならない。

生息分布

水田に生息するアキアカネ幼虫は、限られた区域内の接近または隣接した水田間で生息密度が著しく異なり、また水田地域全体においても分布に片寄りがあった (Fig. 2, 4; 浦辺ら, 1986)。このことは、広域な水田地帯におけるアキアカネ幼虫の捕食者としての役割を制限する要因となろう。

田口・渡辺 (1986) によれば、水田地帯におけるアキアカネ成虫の分布様式は、羽化時期の出現個体は集中分布し、移動時期にはランダム分布的になるが、産卵期には再び集中分布になる傾向があるという。また約 8,910 m² の調査地域のなかでも、最多数の羽化が認められた水田の区域は 3 年間一定していたという。これらのことは本調査でみられたアキアカネ幼虫の分布様相と矛盾しない。羽化直後の成虫が集中分布していたことは幼虫の

不均一な分布の結果であると思われるし、産卵期成虫の集中分布は幼虫の分布を不均一にする原因であると理解できる。

アキアカネの産卵行動についてはすでにいくつかの報告があり、ぬかるみや浅い水面に高密度に産卵することが知られている (木下・小尾, 1931; 枝, 1975; 新井, 1978; 水田, 1978 など)。本調査地における 1979 年の観察では 9 月 23 日ごろから多数のアキアカネが飛来し、稲刈りの後の水田のわずかな水たまりに対して集中的な産卵がみられた。当地域では 8 月下旬から落水されてしまうため、すでに完全に干上がった水田も多く、そのような場所への産卵はない。水田土壌中で卵越冬する年一化性のアキアカネにとって、産卵期の状況が幼虫の水田地帯における生息分布を規定する最大の要因であると考えられる。冬期には全域が乾田化するので卵の耐乾性についての検討 (新井, 1986) も必要である。収穫後の水田における積極的な水管理などの人為的操作によって、水田地帯におけるアキアカネ幼虫個体群の分布の集中度合を低めたり、密度を高めたりすることが可能かもしれない。

稲作と捕食効果

本来、湿地を発生源としていたであろうアキアカネは、人工的環境としての水田に適応し稲作の進展とともに繁栄してきたといわれる (日浦, 1975)。このことはまた、稲作作業による影響を受けやすいことでもあり、本調査地においてもそうした状況がうかがわれた。

A 区域には 1979 年 6 月 6 日に fenitrothion と BPMC との混合粉剤が、B 区域には 1980 年 6 月 10 日に malathion と BPMC との混合粉剤がそれぞれ共同防除によって地上散布された。前報では同様の殺虫剤散布後にアキアカネ幼虫の生息数に大きな変化がなかったことを述べたが、今回調査した A 区域では 6 月 10 日の調査時に e, g および h 水田等では多数のアキアカネ幼虫の死骸が発見され、殺虫剤の影響を受けたと思われる。ただし Fig. 2 に示したごとく全滅したケースはなく、b 水田のように生息数に変化のない場所もあった。B 区域の水田では幼虫の死骸など殺虫剤による直接の影響は確認されなかった。高橋ら (1989) の室内実験によれば、アキアカネ終齢幼虫は fenitrothion, permethrin, ethofenprox に高い感受性を示している。今回、殺虫剤による野外での影響がアキアカネ幼虫個体群にとって必ずしも致命的でなかったのは、散布むらなど機械的な要因によるものかもしれない。一方、当地域におけるシナハマダラカ幼虫については malathion, fenitrothion およびカーバメイト剤に対する強い抵抗性が報告されている (安富ら, 1986)。捕食者が殺虫剤に弱く、被捕食者が強いという

このような結果は、現在の稲作慣行が天敵の効果に対してマイナスにはたっている局面を示している。

環境を改善することにより土着天敵の効果高めるという観点から（桐谷・中筋，1973），殺虫剤の散布時期をわずかに遅らせるなどの積極的な対応により，アキアカネ幼虫の捕食者としての役割をさらに高めることができよう。

ま と め

1979年と1980年の6月から7月にかけて，および1986年の6月に埼玉県大宮市郊外の水田地帯で，アキアカネ幼虫とシナハマダラカ幼虫の生息状況と捕食関係を調査した。

アキアカネ幼虫の生息密度は1979年に調査したA区域（約210 a）では23～41/m²，1980年に調査したB区域（約430 a）では2～6/m²となり，著しい違いがみられた。一方，シナハマダラカ幼虫の密度はA区域のほうが著しく少なかった。

A，B両区域とも，アキアカネ幼虫密度は近隣の水田間でも著しく異なった。

捕獲したアキアカネ幼虫について，免疫学的方法によりシナハマダラカ幼虫捕食の有無を判定し，被捕食率（アキアカネ幼虫によって捕食されたシナハマダラカ幼虫の割合）を推定した。A区域では83.3～100%と高率であったのに対し，B区域では87.5%の値もみられたが，0%，14.3%，20%などの低い値が推定された。

調査した水田地域全体（約97 ha）におけるアキアカネ幼虫の生息密度は1979年と1986年とで大差なく，6月の前半に水田1 m²あたり約4匹であったが，生息区域は片寄っていた。1979年6月17日における捕食率は18.2%，被捕食率は約39%であった。

稲作期，休閑期を含む適切な水田管理により，アキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する捕食効果をさらに高める可能性について議論した。

稿を終えるにあたり，トンボに関する種々の情報を提供していただいた埼玉県秩父農林振興センター新井 裕氏に厚くお礼申し上げる。また，本研究の遂行にさいし，終始多大な配慮を賜った埼玉県衛生研究所職員各位に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 新井 裕（1978）：アキアカネの配偶行動。昆虫と自然，13（2）：23-25。
 新井 裕（1986）：アキアカネの卵の耐乾性。インセクタリウム，23：164-165。
 枝 重夫（1975）：アカネ属の産卵方式について。

TOMBO, 18(1-4)：2-9.

- 日浦 勇（1975）：自然観察入門，pp. 186-191，中央公論社，東京。
 Ikemoto, T. (1976)：A method, using a static quadrat device and a small suction pump, for sampling of the immature stages of mosquitoes in rice fields. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 27：153-156.
 木下周太，小尾充雄（1931）：アキアカネ *Sympetrum frequens* の生活史並びに幼虫の成長に就いて。動雑，43：362-368。
 桐谷圭治，中筋房夫（1973）：天敵による防除の可能性と限界。総合防除（深谷昌次，桐谷圭治編），pp. 145-159，講談社，東京。
 水田國康（1978）：アカトンボ属の産卵戦略。インセクタリウム，15：104-109。
 Mogi, M., A. Mori and Y. Wada (1980 a)：Survival rates of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera, Culicidae) larvae in fallow rice fields before summer cultivation. *Trop. Med.*, 22：47-59.
 Mogi, M., A. Mori and Y. Wada (1980 b)：Survival rates of immature stages of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera, Culicidae) in rice fields under summer cultivation. *Trop. Med.*, 22：111-126。
 田口正男，渡辺 守（1986）：谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究。Ⅲ。アキアカネの個体群動態。三重大学教育学部研究紀要，37（自然科学）：69-75。
 高橋三雄，正野俊夫，倉橋 弘，安居院宣昭，三原実，高橋正和，主藤千枝子，富田隆史，安富和男（1989）：新開発殺虫剤の昆虫集団に及ぼす生理的，遺伝的影響に関する研究。環境庁研究報告 環境保全研究成果集 I，25（1-15）pp.，環境庁企画調整局研究調整課。
 浦辺研一，池本孝哉，武井伸一，会田忠次郎（1986）：水田におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する天敵としての役割に関する研究。Ⅲ。水田内における捕食率の推定。応動昆，30：129-135。
 浦辺研一，関島安隆，池本孝哉，会田忠次郎（1982）：水田におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する天敵としての役割に関する研究 1。捕食率推定における免疫電気浸透法（Electrosyneresis）利用についての検討。衛生動物，33：55-60。
 安富和男，浦辺研一，和田義人（1986）：埼玉県におけるシナハマダラカおよびコガタアカイエカの殺虫剤抵抗性。衛生動物，37：357-362。

Summary

The prey-predator relationship between larvae of the mosquito *Anopheles sinensis* and nymphs of the dragonfly *Sympetrum frequens* in rice field areas was investigated in the suburbs of

Omiya City, Japan, during the period from June to July of 1979 (for Area-A and the whole area) and 1980 (for Area-B), and July 1986 (for the whole area).

The average density of *S. frequens* nymphs in Area-A (210 a) and Area-B (430 a) was 23-41/m² and 2-6/m², respectively. On the contrary, densities of *An. sinensis* larvae were very low in Area-A and high in Area-B. In both the areas, the density of *S. frequens* nymphs in a rice field was much different from those in neighbors. The precipitin test of the gut content of *S. frequens* nymphs with antiserum against *An. sinensis* larvae indicated that the proportion of *An. si-*

nensis larvae preyed by *S. frequens* nymphs was estimated to be 83.3 to 100 % in Area-A and 0 to 87.5 % in Area-B.

The density of *S. frequens* nymphs in the whole area (97 ha) was about 4/m² during the first half of June of 1979 and 1986. The distribution of nymphs in the area was contagious. On 17 June 1979, 18.2 % of *S. frequens* nymphs had detectable *An. sinensis* antigen in the gut, and 39 % of *An. sinensis* larvae were estimated to be preyed by *S. frequens* nymphs during the day.

An. sinensis larvae in the survey area could be controlled effectively by *S. frequens* through appropriate management of rice fields.