

谷戸水田におけるアカネ属 (*Sympetrum* spp.) の生態学

田口正男

神奈川県立弥栄東高校

Ecological Studies of *Sympetrum* spp. in Paddy Fields Surrounded by Hills

Masao TAGUCHI

KANAGAWA PREFECTURAL YAEI-HIGASHI HIGH SCHOOL

はじめに

基本理念と理論的背景

関東周辺の丘陵地には、谷すじに沿って水田が細く刻み込まれる地形がいたるところに存在する。このような地は、古くから水田として利用され、谷戸水田あるいは谷津田と呼ばれてきた¹⁾。水域としての生態系とそれをとりまく丘陵地の雑木林環境を合わせ持つため、典型的な「樹林-池沼複合生態系」の1つとされている²⁾。安定した収量は得られるものの、生産性が低いことより減反の対象となっており、年々その姿を消しつつあるという。

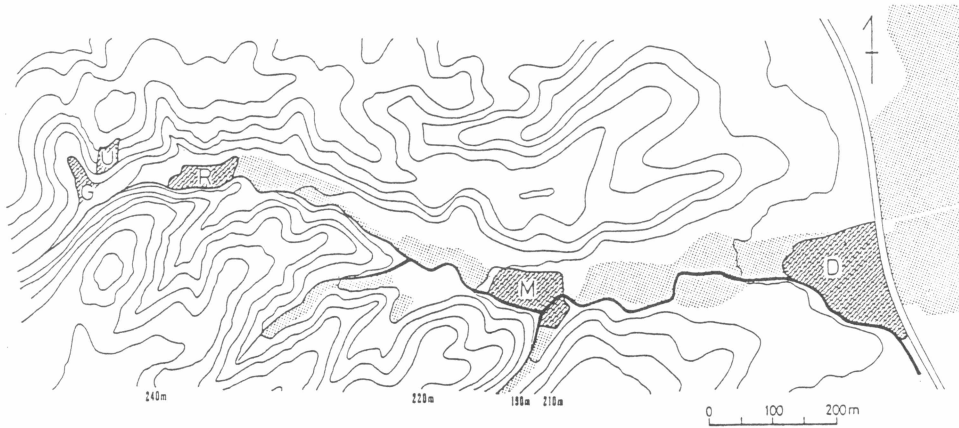
近年、ドイツを中心に「農地や農村を種の供給地、あるいは都市までも含めた環境保全のための空間」としてとられる考え方がおこり³⁾、これにともない、このような谷戸水田が、生物の生息空間（ビオトープ）として注目を集めるようになった⁴⁾。水田が人間活動の結果作られたものであるにもかかわらず、そこには多様な生物が生息していたからである⁵⁾。

筆者は教職に就いた後、15年以上にわたり高校生や卒業生らと谷戸のアカネ属 (*Sympetrum*) の個体群、行動生態、群集構造の定量的な研究を行ない、昨秋（1994年）、これらを学位論文（東京農業大学論博第587号，A 4，173pp）にまとめた⁶⁾。ここでは、その内容を要約して紹介し、農地環境評価・保全のための基礎的資料としたい。

人間が農業を営むようになって、本来自然生態系の一員であった昆虫の一部は、農地環境に進出し、そこを生活の場として利用するようになった。このような昆虫の中には、大発生をしたり作物に害を与えたりすることのない種も少なくない。従来、農地の昆虫の研究は防除の視点から害虫が対象となることが多かった。しかし、個体群の維持機構の解明や環境保全のための指標作りの視点より、近年になってようやく害虫以外の昆虫も注目されるようになってきている⁷⁾。

トンボ目の一部もこのようにして注目されはじめた昆虫の1つで、害虫をも含めた多くの昆虫の天敵としての生態的地位を占めている。しかも、水界と陸上の両方にわたって生活するので、広い総合的な環境の生物指標としても注目されはじめた²⁾。また、人々の郷愁をそそるところから、都市では自然再生の象徴として扱われつつある⁸⁾。つまり、トンボ目は農地環境、広くは一般の環境保全を考えるうえで、重要な生物種であるといえる。

アカネ属は幼・成虫期を通し、水田で双翅目昆虫などを活発に捕食することが知られている^{9,10)}。また、アカネ属のいくつかの種は、水田の均質な植生と一定の水管理に適應して栄えてきた昆虫であると指摘されている¹¹⁾。つまり、水田における生物の適應と個体群の維持機構の解明、さらには水田環境の評価を行なううえで、アカネ属は適した研究材料となると考えられる。しかし、その個体群や群集の定



第1図 穴川谷戸と調査地点の配置

■：各地点の範囲を示す。■：水田を示す。

量的な研究はほとんどすすんでいなかった。

調査地としては神奈川県北西部に位置する津久井郡城山町の穴川谷戸（第1図）を選んだ。ここは水田や水路、それを囲む雑木林など稲作に欠かせない景観の要素を狭い空間に隣接して含んでいる。このような場所に生活する生物の個体群や群集構造の解明は、広く水田環境（農地環境）の維持・保全の基礎的資料として、あるいはさらに「ビオトープ」としての谷戸の評価に役立つものと思われる。

論文の構成

一般にアカネ属の成虫期は長く、1つの生息地に出現する種類数も多い。そのため、「1. 成虫個体群の季節消長」として、水田に出現するアカネ属の種とそれぞれの成虫個体群の動態を季節を通して調べた¹²⁾。そして水田環境とのかかわり、水田空間の利用状況などを種間で比較し、それぞれの種の谷戸への適応と生活史の特徴をとらえる。

次に「2. ～7.」の項目では、主要なアカネ属6種を取り上げ、「1.」で明らかとなった種の特徴を中心に、水田への適応と生活史戦略を解析した。まず、「2. 日周期行動」では、ミヤマアカネ (*Sympetrum pedemontanum elatum*) を取り上げた¹³⁾。この種は水田への依存度が高く、また水田生態系の重要な構成種であると考えられるので、一日

の行動パターンの解明は水田への適応を解く鍵となる。「3. 空間分布と日陰域の消長」ではマユタテアカネ (*S. eroticum eroticum*) を取り上げた¹⁴⁾。この種は成虫の未・成熟期を通して、水田の周辺の雑木林と深くかかわっていた。そのため、雑木林が水田に及ぼす光環境と生活史戦略のかかわりを解明する。「4. 連結打空産卵と胸部体温」ではナツアカネ (*S. darwinianum*) を取り上げた¹⁵⁾。この種はこの調査地で繁殖が確認されたアカネ属のうち唯一、水田の上空より飛翔しながら卵を産み落とす「連結打空産卵」を行なう。ここではその際の胸部体温を測定し、連結による産卵行動のメカニズムとその季節的適応を解明する。「5. 個体群動態」ではアキアカネ (*S. frequens*) を取り上げた¹⁶⁾。高い移動性と長距離移動を特性とするこの種では、最も一般的なアカネ属とされながら一地点での長期間の観察はいままで全く行なわれていなかった。「6. 雄の縄張り」と生活空間の広がり」ではヒメアカネ (*S. parvulum*) を取り上げた。縄張り行動はトンボ目にみられる特徴の一つである。この種では明瞭な縄張り行動が観察されており、雄のこの行動と生活空間の広がりとの関係を調査地点内の移動をもとに解析する。「7. 成熟個体の移動と分散」ではコノシメトンボ (*S. baccha matutinum*) を対象とした。この種は1つの調査地点内の水田に留まらない生活空間の広さを持つことが特徴的である。そのため、谷

戸全体の規模での調査により移動・分散をとらえ、その生活域を推定する。

最後に、「8. 群集構造」では谷戸内に微妙に環境の異なる水田の調査地点を数ヵ所設定し(第1図参照), 谷戸全体にまたがるアカネ属群集の構造を解明する¹⁷⁾。そして、各地点の群集構造の比較より、生活空間としての「樹林-池沼複合生態系」の意義を明らかにする。

尚、それぞれの調査法については、各項の冒頭に簡潔に述べた。詳細については田口^{18,19)}を参照されたい。

結果と考察

1. 成虫個体群の季節消長¹²⁾

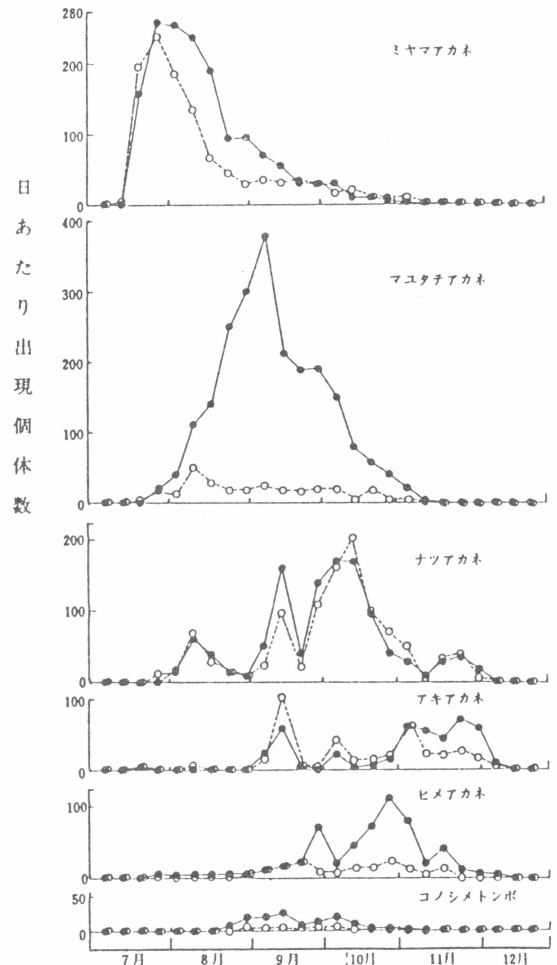
1981年に水田においてアカネ属数種の標識-再捕獲法による調査を行なった。繁殖が確認されたアカネ属は6種(ミヤマアカネ, マユタテアカネ, ナツアカネ, アキアカネ, ヒメアカネ, コノシメトンボ)で、これらの成虫個体群がミヤマアカネをはじめとして季節を通して間断なく出現した(第2図)。水田において成虫の出現するパターンは雌雄がほぼ同数出現するグループ(ミヤマアカネ, ナツアカネ, アキアカネ)と、極端に雌が捕獲されないグループ(マユタテアカネ, ヒメアカネ, コノシメトンボ)に分けられた。生殖行動はアキアカネを除いて、どの種も成熟期(生殖期)成虫の出現と一致して確認された。

主として日あたり出現個体数が最高になった日の個体について残存曲線を求めてみると、いずれの種でも雌の方が残存性が低かった。期待寿命を求めてみると、雌雄同所的なグループ(とくにミヤマアカネ)では時間が経過してもあまり変化が見られず、一方雌の出現数の少ないグループでは週の経過につれて期待寿命が低下する傾向が見られた。

アカネ属は同じ水田を幼虫生活の場としながらも、羽化後成虫は水田をそれぞれ異なった形で利用していた。とくに、その利用状況は同種でさえ雌雄で違うものがあり、このような種では周囲の雑木林との結び付きが生活上重要であることが示唆された。

2. 日周期行動: ミヤマアカネ¹³⁾

1983年と1984年の7月下旬から8月上旬, 日の出から日没までミヤマアカネの個体を追跡し日周期行動を観察した。



第2図 日あたり出現個体数の季節消長

—●—♂, ...○...♀

未成熟(前生殖期)個体の1日の飛翔頻度は二山型を示し、午前は低く、午後は高かった。しかし、成熟すると飛翔頻度は雄では朝から午後にかけて減少したのに対して、雌では逆に増加した。成熟(生殖期)雄は、翅をひらひら羽ばたかせながらゆっくり上下に稲の葉先をぬうように飛ぶ探雌飛翔を行なった。この探雌飛翔の頻度、1回の飛翔時間の長さ、飛翔距離は9時から10時で最大となった。雄の探雌飛翔に定まった経路はなかった。雄間には干渉はみられず、ミヤマアカネは縄張り行動以外の繁殖戦略を持っていると考えられた。

雌は連結のまま水田や水路で打水産卵を行ない、

連結を解消後も約半数は単独で産卵を続けた。産卵後、連結を解消した雌は、しばしば雄の接近を攻撃的行動により拒否した。本種は雌雄が同所的に水田域に生活するため、雌は雄から頻繁に不用な接近を受ける。そのため雌はこの種独特の交尾拒否行動（攻撃的行動）を発達させているものと考えられた。

3. 空間分布と日陰域の消長：マユタテアカネ¹⁴⁾

1981年より5年間、水田においてマユタテアカネの標識—再捕獲法による調査と水田内の個体の分布調査を行ない、分布様式と光環境との関係を調べた。マユタテアカネは7月上・中旬に水田より羽化し、9月上旬にはその個体数のピークをむかえ、11月頃終息した。しかし、その間水田における雌の出現個体数は増加しなかった。

調査水田の南側に生じていた日陰域は、9月下旬までは小さかったが10月を過ぎるとかなり拡大した。成虫期は未成熟期、生殖前期、生殖後期の3つに分けられ、8月上旬より9月上旬の生殖前期にはほとんどの個体が日陰域に生息していたが、生殖後期になると日向域を好むようになった。生殖後期は稲刈りの開始時期とも一致した。当日内の再捕獲率は雄で生殖前期に20%前後まで上昇したが他の時期は低かった。

成熟期（生殖期）における日陰域から日向域への生活の場の転換は、水田の光環境が周囲の山林に依存する空間、つまり谷津田環境に適応した生活史戦略であると考えられた。

4. 連結打空産卵と胸部体温：ナツアカネ¹⁵⁾

ナツアカネのペア—形成と交尾への移行過程、連結産卵動作の起こる仕組みを調べるため、水田において1985年の9月と1987年の10月に行動観察を、1989年の9月に胸部体温の測定を行なった。水田の雄は縄張り行動は示さず、雌を発見すると急速に接近して連結態となった。連結態が形成されると、雄はただちに移精を行ない、その直後ペア—は交尾態となった。交尾は9時から13時まで観察され、交尾時間の長さにも日周変化は見られなかった（平均交尾時間、323.5±24.2秒）。

産卵は交尾終了後、すぐに連結で飛翔したまま開始され（連結打空産卵）、産卵開始から終了までの時間に日周変化は見られなかった（平均産卵時間、461.3±19.2秒）。また、産卵時間とその間の雌の腹

部の打空産卵動作の回数には正の相関があった。

連結打空産卵中の平均胸部体温は、雄で33.9±0.2℃、雌で32.8±0.2℃となり、雄の方が有意に高かった。輻射温度と、体温とその輻射温度の差の相関の傾きについては、連結打空産卵中の雄と雌との間に有意な差は認められなかったが、連結打空産卵中の雄と単独の雄との間では有意な差が認められた。

これらの結果より、連結打空産卵における打空動作が雄主動で起こることが明らかとなった。連結産卵は相手の雌を交尾から産卵まで他の雄から守る行動の1つだとされている。この行動において、雄は体温の上昇にあらわれるような激しい運動を余儀なくされていると考えられた。また、このような運動は気温の高い夏季には体温の上昇をまねくため不向きといえた。

5. 個体群動態：アキアカネ¹⁶⁾

1982年より4年間、水田において標識—再捕獲法による調査と個体の分布調査を行ない、アキアカネの個体群動態を解明した。成虫の出現には7月を中心とした羽化時期と9月、10月下旬から11月の3つのピークが見られた。羽化時期の性比はほぼ1：1であった。

8月には水田から姿を消したが、9月になると「群飛」が見られた。この時期は、標識後の再捕獲はほとんどなかったため、本種の高所（山麓）から低地への移動時期にあたると考えられた。10月下旬から11月のピーク時の実効性比は雄に偏り、稲刈り後の水田では頻繁に産卵行動が観察された。標識した当日内の再捕獲率は稲刈り後、雄で高くなる傾向が見られた。

羽化時期の出現個体は集中分布していたが、移動時期ではランダム分布的、その後再び集中分布になる傾向を示した。最多数の羽化が行なわれた水田の区画は3年間一定しており、この場所は秋季の雌の最多飛来区画とある程度一致した。

アキアカネに見られる3つの出現期は高い移動性に関係しており、それぞれの水田の利用目的が異なっていることがわかった。

6. 雄の縄張り行動と生活空間の広がり：ヒメアカネ

1982年より4年間、水田においてヒメアカネの標識—再捕獲法による調査と個体の分布調査を行ない、

ヒメアカネ雄の移動と生活空間の広がりを知明した。調査地点内を、雄が縄張りとして使う水面(生息水面域)、縄張りに使わない水面(一般水面域)、稲が植栽されている水田面(稲域)、農道上や畑地(陸域)の4つに分けた。ヒメアカネは生息水面域に集中し、その個体数の季節変化は長期にわたるなだらかなピークとなった。

水面域の最大径の平均は稲刈り前、後で変化せず、その平均は約16mであった。生息水面域で捕獲・放逐した雄のほとんどは、同じ生息水面域で再捕獲されたが、稲域、陸域で捕獲・放逐した雄がそれぞれ同じ区域で再捕獲される率は低かった。生息水面域で捕獲・放逐し、同じ生息水面域で再捕獲された雄の1日内の移動距離は小さく、これらは縄張り個体と考えられた。生息水面域で捕獲・放逐し、稲域、陸域で再捕獲された雄や稲域と、陸域で捕獲・放逐していずれかの区域で再捕獲された雄の移動距離は大きく、これらは縄張りを占有できなかった雄(あぶれ個体)と考えられた。また、生息水面域で捕獲・放逐し、1週間後の調査で、同じ生息水面域で再捕獲された雄の捕獲地点間の距離は小さかったが、一般水面域、稲域、陸域で捕獲・放逐していずれかの区域で再捕獲された雄の捕獲地点間の距離は

大きかった。

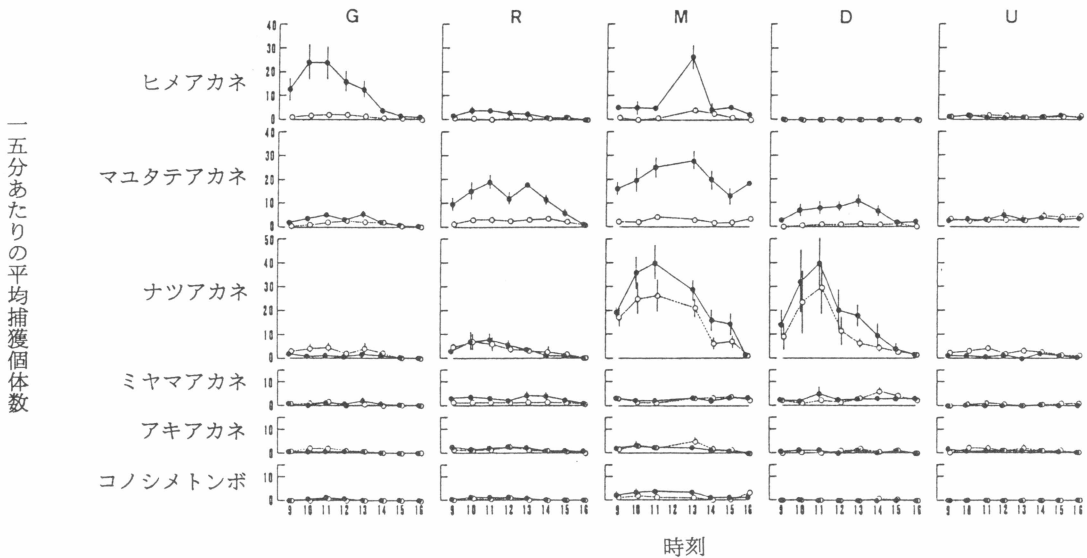
これらのことより、ヒメアカネの雄では縄張り個体は生息水面域を生活空間とし、縄張りを持たなかったあぶれ個体は生息水面域を中心として稲域、陸域にまたがる広い生活空間を持つと考えられた。

7. 成熟個体の移動と分散：コノシメトンボ

1981年より5年間、谷戸内の水田の4地点(D, M, R, G)で標識-再捕獲調査を行ない、成熟個体の移動と分散を調べた。雌雄とも再捕獲個体数は4つの調査地点をすべて調査した年に多かった。

JOLLY法²⁰⁾による推定個体数(N)は各地点の捕獲結果を併せて算出するにつれて増大する傾向を示した。生存率(Φ)もまた、各地点の捕獲結果を併せて算出するにつれて上昇した。加入数(B)は各地点の捕獲結果を併せて算出するにつれて増大したが、推定個体数(N)の増大幅より小さかった。そのため、個体群の加入数の割合は調査範囲の規模を拡大したにもかかわらず、むしろそれとともなって減少する傾向を示した。

したがって、コノシメトンボの成熟(生殖期)個体の移動と分散の範囲は、ある程度1つの谷戸域をカバーする規模のものであると考えられた。



第3図 捕獲個体数の日周変化

●：雄： ○：雌

8. 群集構造¹⁷⁾

1981年より4年間、谷戸内の水田の4地点(D, M, R, G), 丘の上の山林内の1地点(U)の計5地点で標識-再捕獲調査を行ない, アカネ属の群集構造を調べた. 地点Dでナツアカネ, 地点Mでナツアカネ, マユタテアカネ, 地点Rでマユタテアカネ, 地点Gでヒメアカネと谷戸の入口から奥にかけて優占種は変化した(第3図). また, ヒメアカネは最も日陰のある水田を好む傾向がみられた. 丘の上の地点Uでは, マユタテアカネが優占種であった.

水田の調査地点では, ほとんどの種において午前中に飛来のピークが見られ, 午後になると個体数は減少した. また, 生殖行動は主に午前中観察された.

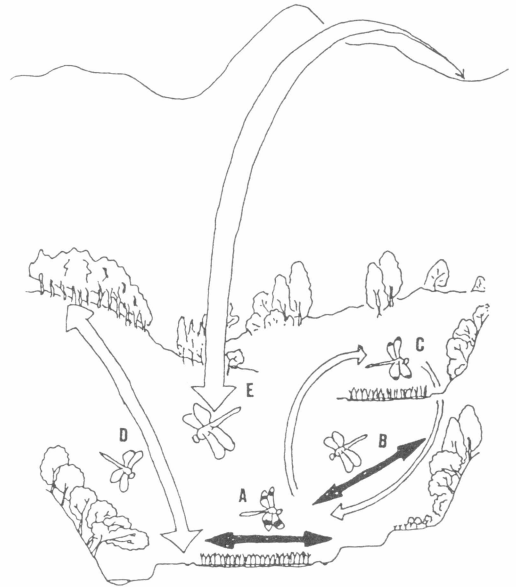
ヒメアカネ, マユタテアカネの1日内の移動距離は短かったが, ナツアカネ, アキアカネ, コノシメトンボの再捕獲率は低く, 移動性が大きいことを示していた. 丘の上の地点Uでの群集の構成は複雑で, 個体群の密度は低く, 生殖行動は観察されなかった. そのため, 丘の上はアカネ属の休息地であるといえた.

これらのことより, 秋季のアカネ属群集は, 水田と周囲の丘の上の山林をも含めた複合的な環境を, それぞれの種の適応性と関係して時間的・立体的に利用する構造を持つと考えられた. また, その種の構成は調査地点の水田ごとの微妙な環境の違いに依存しており, 調査地点間の群集構造の差は構成種の水田利用の多様性の程度を反映しているものとみなせた.

総合考察

水田のアカネ属6種は季節的に間断なく出現した. 7月から8月上旬の炎天下では, ミヤマアカネが水田の稲の根ぎわに産卵を行なった. 8月中旬になるとマユタテアカネが日陰域内の水田に産卵を始め, やがて産卵場所は9月中・下旬に日向域へと広がった. この種では周囲の丘が水田につくる光環境に強く依存した生活をしていたのであった. 刈り取り後の水田には多くのアキアカネが飛来した. この種は裸地化した水深の浅い水溜りに産卵するので, 稲刈りはアキアカネに最適な産卵場所を提供していたことになる.

ヒメアカネの産卵季節は長かった. 本種は主に水田周辺の休耕田に見られる植物のまばらにはえた開



第4図 谷戸水田におけるアカネ属の空間利用

A: ミヤマアカネ B: マユタテアカネ, ヒメアカネ
C: コノシメトンボ D: ナツアカネ E: アキアカネ

放的な水面を産卵場所とした. 他の水田の区域(稲域, 陸域)はあぶれ個体(雄)の利用する空間となっていた. 一方, コノシメトンボはいくつもの水田を含む広い活動空間を持っていた. アカネ属は谷戸水田を空間的, 季節的(時間的)に使分けいたのであった(第4図).

日鷹¹⁾は農耕地に生息する動物をその移住性に着目して4つの型に類別した. まったくの水田内の動物である「水田定住者」, 水田とその周辺の畦や畑地, 草原などを行き来して生活する「水田近隣域移住者」, 周囲の山林や雑木林から移入する「周辺域移住者」, 水田やその周辺を越えて遠隔地より侵入して来る「長距離移住者」である. そして彼はトンボ目をすべて3つ目の「周辺域移住者」と位置づけた. しかし, 以上の谷戸水田におけるアカネ属の研究結果は, トンボ目においてもそれぞれ種ごとに類別する必要があることを示している.

幼・成虫期を通して水田で生活を送るミヤマアカネは「水田定住者」であり, 水田に隣接した湿地(休耕田)からあぶれ個体が入り込むヒメアカネは「水田近隣域移住者」, 周囲雑木林より直接水田へ飛来し生殖活動を行なうマユタテアカネやコノシメ

トンボは「周辺域移住者」、移動性の高いナツアカネやアキアカネは「長距離移住者」といえるのである。しかも、これらはすべて同じ属内であった。

それぞれの昆虫における水田へのかかわり方の違いは、農薬散布によってその個体群が攪乱された時、その後その個体群の回復に及ぼす影響が異なることを示唆する。このことは農薬の散布計画を立てるうえで重要な意味を持つ。日鷹⁷⁾は水田において農薬が散布された後のウンカの天敵相の回復を調査し、狭食性の種に限ってみても移動能力の低いウンカシヘンチュウ(水田定住者)の個体群の回復が遅いものに対して、移動能力の高いカマバチ、ネジレバネ、カタグロミドリメクラガメ(長距離移住者)の個体群の回復は直ちに起きることを明らかにした。彼はこれを高い移動能力のある種では、他の発生場所から移入により個体群の補充が行なわれるためと結論づけた。

現在、殺虫剤の影響評価(アセスメント)は一律に殺虫効果を中心としたものになっている。この方法では、その昆虫の殺虫剤に対する耐性を生理的に測るに過ぎない。アカネ属の研究結果は、殺虫剤の影響評価にあたって近縁種の間でさえそれぞれの種の生活史の多様性を考慮すべきことを物語っている。

谷戸水田のアカネ属群集は、水田と周囲の雑木林がおりなす樹林-池沼複合生態系を生活の場とする多くの種により構成されていた。このような群集は幼虫の生活する水域と成虫の活動空間がひとまとめになって維持されている。

水田をとりまく周囲の丘の雑木林は多くの未熟期(前生殖期)個体の生育地であり、成熟期(生殖期)個体の摂食あるいは休息地ともなっていた。周囲の雑木林は水田への水源涵養林となっているとともに、古くは薪炭木や堆肥の材料としての落葉の採取場として人為的に維持・管理されてきたのである²¹⁾。したがって、谷戸水田のアカネ属はすべて人為に管理された自然配置(水田と雑木林)がつくりだす環境を高度に利用する群集構造を形づくっていたといえる。

このことは、人為的管理のもとでも十分自然環境の保全がなされることを示している。群集構造の複雑さ、特にその構成種の生活の多様さは、自然環境の質を考えるうえで重要である。

引用文献

- 1) 小出 博 1975 利根川と淀川。中公新書。
- 2) 渡辺 守・大沢尚之・田口正男 1986 均翅亜目群集を生物指標とした樹林-池沼複合生態系の定量評価法に関する基礎的研究。環境研究, 61: 25-34
- 3) 宇田川武俊 1993 農村環境とビオトープ 農林水産省農業環境技術研究所編: 1~4, 養賢堂
- 4) 白井 豊 1993 歴史的に見た農村環境の構造, 農村環境とビオトープ 農林水産省農業環境技術研究所編: 17~37, 養賢堂
- 5) 伴 幸成・桐谷圭治 1980 水田の水生昆虫の季節消長。日生態誌, 30: 393~400.
- 6) 田口正男 1994 神奈川県北西部の谷津田におけるアカネ属の生態学的研究。東京農業大学論博第587号。
- 7) 日鷹一雅 1990 自然・有機農法と害虫 中筋房夫編。10~265. 冬樹社。
- 8) 森 清和 1992 とんぼのまちづくり…エコアップのめざすところ。私たちの自然。369: 6~13.
- 9) 浦辺研一・関島安隆・池本孝哉・会田忠次郎 1990 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。衛生動物, 41: 265~272.
- 10) 東 和敬 1973 トンボ数種の摂食量の推定。I トンボの捕食飛翔頻度の観察による推定。えびの高原野外生物実験室研究業績, 1: 119~129.
- 11) 日浦 勇 1975 自然観察入門。中公新書。
- 12) 田口正男・渡辺 守 1984 谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究 I. 成虫個体群の季節消長。三重大学教育学部研究紀要, 35(自然科学): 69-76.
- 13) 田口正男・渡辺 守 1985 谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究 II. ミヤマアカネの日周行動。三重大学環境科学研究紀要, 10: 109-117.
- 14) 田口正男・渡辺 守 1987 谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究 V. マユタテアカネの空間分布と日影域の消長, 三重大学教育学部研究紀要, 38(自然科学): 57-67.
- 15) 田口正男・渡辺 守 1995 谷戸水田におけるアカネ属数種の生態学的研究 VI. ナツアカネの連結打空産卵と胸部体温。三重大学教育学部研究紀要, 46(自然科学): 25-32
- 16) 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.
- 17) WATANABE, M & M. TAGUCHI 1988 Community structure of coexisting *Sympetrum* species in the central Japanese paddy fields in autumn. *Odonatologica*, 17 : 249-262.
- 18) 田口正男 1987 谷戸水田におけるアカネ属数種の個体群生態学. *昆虫と自然*, 15 (10) : 7-12.
- 19) 田口正男 1990 穴川谷戸にトンボ個体群を追って…県立橋本高等学校生物科学研究部10年の記録. 神奈川県高等学校教育地域に根ざす学校づくり推進事業報告書, 橋本高等学校.
- 20) JOLLY, G. M. 1965 Explicit estimates from capture-recapture data with death and immigration-stochastic model. *Biometrika*, 52 : 225-247.
- 21) 安田喜憲 1980 環境考古学事始…日本列島2万年. NHKブックス.