長野県上伊那地方水田地域におけるトンボ群集構造及び環境選択と立地環境との関係

Relationship between the Dragonfly Communities and the Environmental Conditions at Paddy Field Areas in the Kamiina district, Nagano Prefecture, Central Japan

九鬼なお子* 大窪久美子**

Naoko KUKI Kumiko OKUBO

Abstract : The purpose of this study was to know relationship between dragonflies in paddy area and environmental condition. We selected five various condition study areas (two non-consolidated paddy areas in hilly and mountainous areas, one consolidated paddy area in hilly and mountainous area, one non-consolidated paddy area in urbanized area, one consolidated paddy area in urbanized area.) in the Kamiina district, Nagano Prefecture. The number and behavior of dragonflies were recorded by route census method. The survey of land utilization was carried out on these areas. The number of all of the species was twenty-three. The number of species and individuals were higher in 3 hilly and mountainous areas than in 2 urban areas. Five study areas were classified into 3 hilly and mountainous area region and 2 urban areas by TWINSpan. Dragonfly communities were classified to seven types. Each type corresponded different environment conditions of waterside, forest and others. It was confirmed that the environmental selection and behavior of mature dragonflies corresponded to the each species character. The environmental selection of mature dragonflies were different between hilly and mountainous area and urban area. It was clear that dragonfly communities were affected by consolidation and urbanization.

Keywords: *paddy field, dragonfly community, environment preference, environment condition, land utilization*

キーワード: 水田, トンボ群集, 環境選択, 立地環境, 土地利用

1. はじめに

水田は農業生産の場であり、生物の生息地としての価値は低いとされてきたが、近年伝統的な水田農法に適応してきた多くのトンボ類の減少が問題となっている。水田は、冬期は裸地、春から初夏にかけては浅い開水面、夏から秋にかけては草本の密生した湿地という環境とみることができる。湿潤と乾燥を繰り返す厳しい環境であるが、その変動は周期的である。また水温が高く栄養が豊富であるためミジンコ等の餌動物が大量に発生し、さらに大型魚類等の高位捕食者が少ないなど、トンボ類幼虫の生育場所として好適な環境でもある。水田に生息するトンボ類は、乾燥する冬期を耐乾性のある卵等で過ごし、水が溜められる夏の短期間に孵化から羽化までを終えるライフサイクルを持ち伝統的農法のサイクルに合致することにより、水田に適応して繁栄してきた。しかし、水田を利用するトンボ類の生態や生活史、分布は新井¹⁾²⁾や田口・渡辺ら³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾を除いてほとんど調べられておらず、トンボ類を保全するための基礎的な知見が不足している。上田⁸⁾によれば、水田の圃場整備によるコンクリート化・乾田化による環境の変化、耕作放棄や減反政策による休耕田の増加など、近年の農業形態の変化に伴い、アキアカネの減少、ノシメトンボの増加傾向をあげて、水田に生息するトンボ類の生息状況が変化しつつあるとしているが、具体的な知見は乏しい。これら既存の研究は、比較的標高の低い水田地域で行われており、中山間地域でのトンボ群集とその立地環境に関する研究例はほとんどない。

そこで本研究では、中山間地域を含む長野県上伊那地方を事例とし、立地環境の違いがある水田地域におけるトンボ群集の構造とトンボ類の環境選択、また土地利用との関係性について明らかにすることを目的とした。

2. 調査地域概要

調査地域である長野県上伊那郡は、諏訪湖に発する天竜川が南北を流れる伊那盆地北部に位置し、河岸段丘及び段丘が発達しており、盆地の両側には2000~3000mの山脈が続いている。平地は盆地の低地部にのみ存在し、住宅地は川沿いの低地かあるいは段丘上の台地に広がっている。段丘上に水源がほとんどなかったため、水田は山際かあるいは川沿いにのみ拓けていた。現在は水路網の整備により、広範囲で稲作が行われている。調査地域のある伊那盆地は太平洋型気候に区分されるが、内陸性気候を示し、夏期は冷涼で冬は寒冷である。

調査地区は立地条件（基盤整備の有無、市街地もしくは中山間地）の異なる以下5地区を選定した。基盤整備とは生産効率を上げるため、大規模区画化や排水設備の設置、水路の整備等を行うものである。中山間地未整備水田地域として伊那市小屋敷地区と高遠町山室地区の2地区、中山間地基盤整備水田地域として高遠町上原地区（1997年~1998年施工）の1地区、市街地未整備水田地域として南箕輪村神子柴地区の1地区、市街地基盤整備水田地域として伊那市狐島地区（1963年~1964年施工）の1地区を選定した。

3. 調査方法

(1) トンボ群集調査

トンボ群集はルートセンサス法により調査した。地区ごとに土地利用を反映するような約2kmのルートを設置し、晴天又は薄曇りの無風又は弱風の日に1日2回、午前と午後一定速度で歩き、ルートから半径5m以内に出現したトンボ類の種名、個体数、雌雄、成熟度、出現環境、行動内容を記録した。目視で同定できないものは捕獲して同定した。調査は2003年6月に3回、7月に2回、8月に2回、9月に3回、10月に3回、11月に1回、の14回行い、各調査地区につきそれぞれ28回、計140回の調査を

*信州大学大学院農学研究科 **信州大学農学部森林科学科

表－１ 調査地域別の出現種数と出現総個体数

科	属	調査地域 種名／全出現個体数	中山間地			市街地		計
			未整備 小屋敷	整備済 山室	整備済 上原	未整備 神子柴	整備済 狐島	
イトトンボ	モートンイトトンボ	モートンイトトンボ*	0	208	5	921	402	1,536
	アオモンイトトンボ	アジイトトンボ*	0	0	0	2	3	5
アオイトトンボ	アオイトトンボ	オオアオイトトンボ*	28	12	0	28	36	104
	ホソミオツネントンボ	ホソミオツネントンボ*	68	54	89	60	33	304
カワトンボ	オツネントンボ	オツネントンボ	142	74	28	553	63	860
	アオハダトンボ	ハグロトンボ	1	0	0	0	0	1
カワトンボ	カワトンボ	カワトンボ	73	30	0	0	0	103
オニヤンマ	オニヤンマ	オニヤンマ*	12	58	12	4	0	86
	ルリボシヤンマ	ルリボシヤンマ	0	6	0	0	0	6
ヤンマ	オオルリボシヤンマ	オオルリボシヤンマ	3	5	0	0	0	8
	エゾトンボ	タカネトンボ	3	0	0	0	0	3
トンボ	ハラビロトンボ	ハラビロトンボ*	1	16	15	0	0	32
	シオカラトンボ	シオカラトンボ*	12	372	71	14	7	476
		シオヤトンボ*	3	236	7	0	0	246
		オオシオカラトンボ*	0	82	0	0	0	82
	アカネ	アキアカネ*	2,492	3,236	2,814	1,244	1,505	11,291
		ナツアカネ*	67	14	12	653	309	1,055
		マユタテアカネ*	77	290	19	20	1	407
		ミヤマアカネ*	0	55	6	3	64	128
		ノシメトンボ*	680	317	274	203	70	1,544
		コノシメトンボ*	308	911	876	189	46	2,330
		ネキトンボ	8	0	0	0	0	8
	ウスバキトンボ	ウスバキトンボ*	513	923	398	192	509	2,535
		総計	4,491	6,899	4,626	4,086	3,048	23,150
種数			18	19	14	14	13	23

*水田での生息が報告されている種⁸⁾

図－１ 土地利用調査結果

実施した。

(2) 土地利用調査

土地利用調査には各市町村の都市計画図 1/2500 を用いた。調査ルートを中心から半径 250m の円内を調査区 (19,6ha) とし、踏査による土地利用調査を行った。また室内にて利用区分の面積を、プランメーターを用いて測定した。本調査は群集調査の終了した 2003 年 11 月に行った。土地利用の分類は水田、畑、畦、草地、林、川・池・湿地等、住宅、道路、その他の 9 項目で行った。

4. 結果

(1) 土地利用調査結果

中山間地は市街地より畦と林の面積割合が高く、住宅の面積割合が低くなっていた (図－1)。また中山間地未整備地域で水田の面積割合が低く、中山間地整備済地域と市街地で高かった。未整備地域では草地の面積割合が高かった。池・川・湿地等の水辺

図－２ TWINSpan の結果
cut level=0,10,20,30,50,100,300,500,2000

面積割合は中山間地未整備地域の小屋敷で 1.0%，山室で 1.6%，同整備済地域の原上で 1.3%，市街地未整備地域の神子柴で 0.9%，同整備済地域の狐島で 0.5% となり、中山間地では 1.0% 以

表-2 成熟成虫の出現環境割合(%)

TWINSPAN種群名\種名	立地条件	水田	畑	畦	草地	林縁	水路	湿地・池	住宅	道路
I	モートンイトトンボ	中山間地未整備	54.8	0.0	43.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
		市街地	68.8	0.0	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ナツアカネ	中山間地	65.2	0.0	19.6	10.9	0.0	0.0	0.0	4.3
		市街地整備済	89.8	2.6	6.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
		市街地未整備	55.3	1.6	29.3	1.4	6.8	0.2	3.9	1.6
II	オオアイトトンボ	中山間地未整備	0.0	2.9	14.3	54.3	0.0	5.7	20.0	0.0
		市街地	18.2	3.0	45.5	0.0	0.0	3.0	0.0	30.3
III	ミヤマアカネ	全立地条件	42.7	0.0	39.3	3.4	0.0	11.2	0.0	3.4
III	オツネイトンボ	全立地条件	59.2	0.0	39.8	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
IV	ホソミオツネイトンボ	中山間地未整備	73.3	0.0	12.2	6.7	0.0	2.2	3.3	2.2
		中山間地整備済	94.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		市街地	80.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ノシメトンボ	中山間地未整備	58.5	2.0	14.8	12.8	6.8	1.3	0.3	3.2
		中山間地整備済	73.2	0.4	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
		市街地	52.7	5.8	24.7	4.9	4.9	0.0	5.3	1.6
	ウスバキトンボ	中山間地未整備	73.3	18.0	0.0	3.9	0.0	0.0	3.1	1.0
		中山間地整備済	94.1	4.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
		市街地	93.8	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	アキアカネ	全立地条件	61.8	2.7	17.8	10.1	0.8	0.8	1.6	3.5
V	コノシメトンボ	中山間地未整備	38.9	0.6	21.4	19.4	3.0	2.5	5.0	8.9
		中山間地整備済	46.7	0.5	42.2	0.0	0.0	1.4	0.0	9.2
		市街地	44.7	5.3	25.3	0.0	4.7	1.2	0.0	8.8
	マユタテアカネ	中山間地未整備	18.4	0.3	24.4	19.4	8.9	6.3	18.4	3.5
		中山間地整備済	33.3	0.0	61.1	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0
VI		市街地未整備	23.5	0.0	58.8	0.0	0.0	0.0	17.6	0.0
	シオカラトンボ	中山間地未整備	24.1	2.4	7.2	4.2	0.0	1.8	56.6	3.6
		中山間地整備済	70.8	0.0	29.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		市街地	10.5	0.0	68.4	15.8	0.0	0.0	0.0	5.3
	オニヤンマ	中山間地未整備	10.4	1.5	1.5	7.5	0.0	38.8	26.9	13.4
		中山間地整備済	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	8.3
		市街地未整備	25.0	50.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0
VII	ハラビロトンボ	中山間地	70.6	0.0	23.5	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0
	カワトンボ	中山間地未整備	0.0	0.0	4.8	10.7	32.1	48.8	3.6	0.0
	ルリボシヤンマ	中山間地未整備	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	83.3	0.0	0.0
	シオヤトンボ	中山間地未整備	21.6	5.9	2.7	4.1	2.3	18.0	43.7	1.8
		中山間地整備済	71.4	0.0	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	オオルリボシヤンマ	中山間地未整備	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
	オオシオカラトンボ	中山間地未整備	24.4	0.0	1.2	6.1	0.0	1.2	67.1	0.0

* 出現頻度1%以下の立地条件については省略し、有意差のある場合(カイ2乗検定: $p < 0.01$)のみ、立地条件別に示した。

上であった。中山間地未整備地域の水辺環境には、土堀の水路があり、池や湿地が存在した。市街地整備済地域では水辺面積割合が低く、水路・川がコンクリート張りされ、水田面積割合は同未整備地域より高いが乾田化されており、また水辺環境が少なかった。中山間地整備済地域では水辺面積の割合は高かったが、その内訳は三面コンクリート張りの水路と河川のみで、池や湿地はなかった。中山間地では水田はまとまって存在したが、市街地では住宅の間に散在し、また住宅はその逆であった。

(2) 総種数、総個体数

全調査期間の5地域におけるトンボ類の全出現種は23種で、総出現個体数は23,150個体だった(表-1)。その分類群構成はイトトンボ科2種、アイトトンボ科3種、カワトンボ科2種、オニヤンマ科1種、ヤンマ科2種、エゾトンボ科1種、トンボ科12種であった。水田での生息が報告されている種⁸⁾は16種出現した。また、トンボ科アカネ属のアカアカネが総出現個体数の約半数を占めた。出現種数と総出現個体数は小屋敷で18種4,491個体、山室で19種6,899個体、上原で14種4,626個体、神子柴で14種4,086個体、狐島で13種3,048個体で、中山間地で多く、市街地で少ない傾向にあった。種数は中山間地未整備地域で多く、市街地整備済地域で最も少なかった。またアジャイトトンボ、ハグロトンボ、タカネトンボ、ネキトンボ等は出現個体数が少なかった。

(3) TWINSPANによる解析

群集と調査地域の分類を検討するため、生物群集の解析で多用されるTWINSPAN解析¹¹⁾を行った。分析には各調査地の全出現個体数データを用いた。cut levelは0,10,20,30,50,100,300,500,2000の9段階に設定した。その結果、調査地域は中山間地と市街地の2グループに分割された(図-2)。トンボ群集は第1分割でI~III群とIV~VII群に分かれ、第2分割でI、II群とIII群、IV、V群とVI、VII群に分かれ、第3分割で以下の7群に分割された。I群はアジャイトトンボとモートンイトトンボ、ナツアカネ、オオアイトトンボで構成され、水田と住宅の面積割合が高い市街地でより多く出現する傾向がみられた。II群はミヤマアカネのみで、水辺面積の少ない市街地整備済地域の狐島と、逆に水辺の多い中山間地未整備地域の山室にも多く出現していた。III群はオツネイトンボのみで、全調査地に多く出現したが、草地の面積割合の高い市街地未整備地域の神子柴で特に多かった。IV群はアカアカネとノシメトンボ、ホソミオツネイトンボ、ウスバキトンボで構成され、水田地域である本調査地全体で多く出現した。V群はマユタテアカネとコノシメトンボで構成され、畦や林の面積割合が高い中山間地で多く出現した。VI群はオニヤンマとシオカラトンボで構成され、畦や林の面積割合が高い中山間地に偏って出現したが、個体数はV群より少なかった。VII群はカワトンボやハグロトンボ、シオヤトンボ、ハラビロトンボ、オオシオカラトン

表－3 成熟成虫の行動内容割合（％）

TWINSNP種群名\種名	出現環境	飛翔	静止	連結	交尾	産卵	縄張	その他
I	モートンイトトンボ	水田	6.9	93.0	0.0	0.0	0.1	0.0
		畦	0.8	99.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	ナツアカネ	水田	9.7	38.9	7.4	5.3	36.9	1.8
		畦・林縁	1.1	94.7	0.8	0.8	0.0	2.7
	オオアオイトトンボ	水田・湿地・池	0.0	7.7	92.3	0.0	0.0	0.0
		畦・草地	2.6	66.7	30.8	0.0	0.0	0.0
		住宅	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0	0.0
II	ミヤマアカネ	全出現環境	22.1	62.8	0.0	4.7	4.7	5.8
III	オツネイトンボ	水田	50.0	21.0	3.2	0.0	6.5	19.4
		畦	14.6	80.5	0.0	4.9	0.0	0.0
IV	ホソミオツネイトンボ	水田	56.6	17.1	14.1	6.8	3.4	2.0
		畦	9.7	87.1	0.0	3.2	0.0	0.0
	ノシメトンボ	水田	18.0	13.6	13.9	1.7	50.1	2.7
		畦・草地・林縁	14.5	82.8	0.9	0.0	0.0	1.8
	ウスバキトンボ	水田	87.1	0.2	0.2	0.0	9.8	2.7
		畑	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		草地	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	アキアカネ	全出現環境	13.8	39.1	14.6	4.5	27.8	0.1
V	コノシメトンボ	水田	13.4	30.3	12.6	1.1	38.5	4.1
		畦・草地	4.8	91.5	0.0	2.3	0.5	0.8
	マユタテアカネ	水田・水路・湿地・池	4.1	78.2	6.8	0.0	7.5	2.7
		畦・草地・林縁	13.9	79.1	0.0	5.3	1.1	0.0
VI	シオカラトンボ	水田	51.6	15.6	5.5	0.0	6.3	19.5
		畦・草地	57.5	34.2	0.0	2.7	0.0	5.5
		湿地・池	64.4	5.9	0.0	22.3	1.1	5.9
	オニヤンマ	全出現環境	47.2	2.8	0.0	0.0	0.0	50.0
	ハラビロトンボ	全出現環境	35.3	41.2	0.0	0.0	0.0	23.5
	カワトンボ	全出現環境	7.4	85.2	0.0	2.5	1.2	3.7
VII	ルリボシヤンマ	全出現環境	16.7	0.0	0.0	0.0	33.3	50.0
	シオヤトンボ	水田・湿地・池	36.0	8.0	0.0	5.3	4.7	46.0
		畦	25.0	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		畑・草地	81.8	13.6	0.0	0.0	0.0	4.5
		水路	37.5	30.0	0.0	0.0	0.0	32.5
	オオルリボシヤンマ	湿地・池	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0
	オオシオカラトンボ	水田	5.0	5.0	0.0	15.0	0.0	75.0
		草地	20.0	40.0	0.0	0.0	0.0	40.0
		湿地・池	43.6	21.8	0.0	3.6	14.5	16.4

* 出現頻度3%以下の出現環境については省略し、有意差のある場合(カイ2乗検定: $p < 0.01$)のみ出現環境別に示した。

ボ、ネキトンボ、タカネトンボ、ルリボシヤンマ、オオルリボシヤンマで構成された。Ⅶ群は中山間地のみに出現し、シオヤトンボとハラビロトンボ以外は、湿地・池等がある未整備地域の小屋敷と山室で出現した。

TWINSNP 解析の結果をまとめると、Ⅰ群からⅢ群までが市街地を中心として、Ⅴ群からⅦ群までが中山間地を中心として出現した。Ⅳ群は市街地と中山間地の両立地で出現していた。特にⅦ群は中山間地未整備地域に出現した。

(4) 成熟成虫の出現環境と行動内容

成熟成虫の環境選択性について考察するため、種別の出現環境割合を表－2に、またその行動内容割合を表－3に示した。ここでは全出現種のうち、調査地域内で世代交代が行われていると考えられる19種を対象種とした。表－2については出現頻度1%以下の立地条件について、表－3については出現頻度3%以下の出現環境について省略した。また有意差のある場合(カイ2乗検定: $p < 0.01$)のみ立地別に出現環境と、出現環境別の行動内容を示した。モートンイトトンボのみは個体数が多く未成熟成虫との判別が困難なため、全成熟段階を含めた。

TWINSNP 解析で種群Ⅰ群に分類されたモートンイトトンボでは水田での出現割合が高かった。次に畦での割合が高かった。本種の行動内容では静止がほとんどで、わずかに飛翔した個体が観察された。Ⅰ群のナツアカネは水田、次に畦での出現割合が高

かった。水田では静止が多かったが、産卵行動もまた多かった。畦では静止が多かった。同じⅠ群でもオオアオイトトンボでは畦と草地での出現割合が高く、行動内容では静止あるいは連結している割合が高かった。また中山間地未整備地域では草地(54%)に、市街地では畦(45%)と住宅(30%)に多くみられた。

Ⅱ群のミヤマアカネは水田で43%、ついで畦で39%と多くみられ行動内容は静止が63%と多かった。本種は水路での出現割合が他種より高かった。

Ⅲ群のオツネイトンボは水田での出現割合が最も高く、次に畦での割合が高かった。行動内容は飛翔や静止の割合が高かった。

Ⅳ群の構成種はどの立地条件においても水田で最も多く出現し、ついで畦に出現しており、水田とその周辺環境を集中して利用していた。水田では連結、産卵等の繁殖活動が多くみられた。また中山間地未整備では湿地・池等への出現が僅かにみられた。ホソミオツネイトンボとノシメトンボは、中山間地未整備地域では草地にもみられたが市街地では畦での出現が多くなっていた。畦や草地では静止が80%以上を占めた。ウスバキトンボは畑や草地での出現割合が高く、行動では飛翔の割合が高かった。

Ⅴ群は水田でも出現したが、それ以外の環境での出現割合が高く、多様な環境を利用していた。コノシメトンボは水田での出現割合が最も高かったが、マユタテアカネでは畦の割合が高くなっていた。両種とも中山間地未整備地域では草地や湿地・池等にも

表－4 未成熟成虫の出現環境割合（％）

TWINSPN種群名\種名	水田	畑	畦	草地	林縁	水路	湿地・池	住宅	道路
I オオアオイトンボ	66.7	0.0	0.0	22.2	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
II ミヤマアカネ	52.9	0.0	41.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
III オツネトンボ	7.6	0.0	69.6	22.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
IV	ホソミオツネトンボ	45.2	0.0	22.6	29.0	0.0	0.0	0.0	3.2
	ノシメトンボ	0.0	2.2	13.0	26.1	23.9	0.0	0.0	10.9
	ウスバキトンボ	83.6	10.0	0.4	4.4	0.0	0.0	0.0	1.7
	アキアカネ	51.2	10.2	16.5	15.0	3.9	0.0	0.0	3.1
V	コノシメトンボ	44.0	4.0	20.0	4.0	12.0	0.0	8.0	0.0
	マユタテアカネ	31.3	0.0	0.0	50.0	6.3	0.0	0.0	12.5
VI シオカラトンボ	26.5	8.2	30.6	26.5	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
VII	ハラビロトンボ	14.3	0.0	64.3	14.3	0.0	0.0	0.0	7.1
	カワトンボ	0.0	0.0	5.3	42.1	47.4	5.3	0.0	0.0
	シオヤトンボ	17.6	5.9	47.1	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0

表－5 未成熟成虫の行動内容割合（％）

TWINSPN種群名\種名	飛翔	静止	その他
I オオアオイトンボ	0.0	100.0	0.0
II ミヤマアカネ	29.4	70.6	0.0
III オツネトンボ	0.2	99.8	0.0
IV	ホソミオツネトンボ	0.0	100.0
	ノシメトンボ	13.0	87.0
	ウスバキトンボ	96.8	3.2
	アキアカネ	6.3	92.9
V	コノシメトンボ	8.0	92.0
	マユタテアカネ	12.5	87.5
VI シオカラトンボ	57.1	42.9	0.0
VII	ハラビロトンボ	14.3	85.7
	カワトンボ	36.8	47.4
	シオヤトンボ	58.8	41.2

出現していたが、同整備済地域では水田と畦へ集中し、市街地では住宅での出現がみられた。コノシメトンボは水田では産卵等の繁殖行動の割合が高く、畦・草地では静止の割合が高かった。マユタテアカネでは繁殖行動はあまり観察されず、静止の割合が高かった。

VI群は、中山間地未整備地域ではシオカラトンボ・オニヤンマともに水田以外の水辺である水路や湿地・池での出現が最も多かった。オニヤンマは中山間地整備済地域では水田に最も多くみられ、市街地では水田以外の環境に多くみられた。両種とも行動内容は飛翔が多かったが、シオカラトンボは湿地・池や水田では交尾、産卵、縄張等の繁殖行動がみられ、オニヤンマは縄張り行動がみられた。

VII群はハラビロトンボとシオヤトンボは中山間地にのみ、それ以外の種は中山間地未整備地域にのみ出現し、出現環境は水路や湿地・池が最も多い傾向があった。ハラビロトンボでは水田の出現割合が最も高く、ついで畦の割合が高かった。行動は静止が多かった。カワトンボは中山間地未整備でのみ観察され、出現環境は水路の割合が最も高く、特にこれは土堀の水路であった。ついで草地や林縁での出現割合が高かった。行動内容は静止が多かった。ルリボシヤンマとオオルリボシヤンマ、オオシオカラトンボは湿地・池の出現割合が最も高かった。これら3種は池等を好む種⁹⁾であり、行動内容でも繁殖行動が多くみられた。シオヤトンボは中山間地のみ出現したが、中山間地未整備地域では湿地・池に、ついで水田で多く出現したのに対し、中山間地整備済地域では水田で最も多くみられた。水田や湿地・池での行動内容では縄張り行動が多くみられ、ついで飛翔や静止が多かった。

水田地域のトンボ類は水田や水路、湿地・池等の水辺環境で繁

殖行動の割合が高く、畦や草地で飛翔や静止の割合が高かった。中山間地未整備地域での出現環境は他の立地条件の地域よりも多様になる傾向があり、草地や湿地・池の利用がみられた。また市街地では水田に集中する傾向があった。さらにI群からVII群までは水田や畦に多く出現する傾向があり、VII群は湿地・池等、水田以外の環境に多く出現する傾向がみられた。

（5）未成熟成虫の出現環境と行動内容

未成熟成虫の環境選択性について考察するため、各種の出現環境の割合を表－4に、行動内容の割合を表－5に示した。ここでは全出現種のうち、未成熟個体が多く記録され調査地域内で世代交代が行われていたと考えられた13種を対象とした。データ数が少ないため立地条件と出現環境を一括して扱った。未成熟成虫は全体として水田と畦、草地、林縁での出現割合が高かった。行動内容ではウスバキトンボとシオカラトンボ、シオヤトンボは飛翔が多く、特にウスバキトンボは水田での出現割合が8割を占め、その行動内容は飛翔が9割を占めた。その他の種の行動内容では静止の割合が多かった。また未成熟成虫では、TWINSPAN解析の種群との関係性はあまりみられなかった。

5. 考察

TWINSPAN解析の結果、立地環境の異なる5ヶ所の水田地域におけるトンボ群集は水辺や森林等の土地利用条件の違いに対応した7種群から構成された。

種群I群は市街地での個体数が多く、ナツアカネ以外は植物組織内産卵をし、湿った環境で幼虫越冬する種⁹⁾で構成された。市街地での幼虫の好適な越冬場所の存在が示唆された。モートンイトンボは湿地でのみ生息するとされる⁸⁾が、本調査では乾田化された市街地整備済地域でも多く出現した。モートンイトンボは水田や畦での静止の割合が多かったが、本種は被食を避けるため、早朝に交尾等を行い、日中は静止しているとされており¹⁰⁾、今回の結果はこれに沿ったものと考えられた。オオアオイトンボは市街地で住宅での出現がみられた。市街地では水田と宅地が隣接しているため、本種は住宅の庭を草地の代替環境として選択していると考えられた。I群は市街地の水田地域に適応した種群と考えられる。

II群のミヤマアカネは中山間地未整備地域と市街地整備済地域で多く出現した。本種は水田の脇の水路に産卵する⁸⁾とされるが、コンクリート張りの水路は卵越冬には過酷な環境⁸⁾であり、本来ならば中山間地未整備地域に偏って分布すると考えられるが、市街地の水路にも流速が遅く年中水のある好適な環境があると考えられた。II群は水路の状態を反映する種群と考えられた。

III群のオツネトンボは中山間地未整備地域と市街地未整備地域に特に多く出現し個体数は多かった。本種は水田の利用例がな

い⁸⁾とされるが、本調査では全調査地域の水田に多数出現した。水田で多くみられた飛翔は雄による探雌行動と考えられた。本種は成虫越冬種⁹⁾で、冬期の乾燥状態の影響を受けないと考えられ、立地条件にあまり影響を受けない種群であると考えられた。

IV群は水田での普遍種⁸⁾ともいえる種で構成され、全調査地域に出現し個体数が多かった。冬期に乾燥する比較的厳しい環境である水田を利用しており、水田に適応しているといえる。ホソミオツネトンボのみ成虫越冬種⁹⁾であった。本種は水田での飛翔が多くみられ、これは雄による探雌行動と考えられた。アカアカネとノシメトンボは静止が多かったが、これは産卵に来る雌待ちか休息ではないかと考えられた。ウスバキトンボは飛翔行動が多かった。水田では繁殖行動に関連する飛翔と考えられるが、畑や草地では採餌のための飛翔ではないかと考えられた。IV群は立地条件にかかわらず出現環境が変化しなかった。環境選択の幅が広く立地条件にあまり左右されない種群であり、さらに最も水田地域に適応した種群と考えられた。

V群のマユタテアカネとコノシメトンボは畦や草地での静止が多く、これは雄による産卵に来る雌待ちではないかと考えられた。水田よりも周囲の草地等の環境に影響される種群であると考えられた。

VI群は中山間地に偏って個体数が多く出現し、水路や湿地を好む種⁹⁾で構成された。シオカラトンボは水田を湿地の代替環境として選択していると考えられた。またオニヤンマは水路を主な繁殖場所にしている⁸⁾とされているが、水田を水路の代替環境として選択していたと考えられた。市街地では出現環境が減り個体数が少なくなることから、環境選択の幅が比較的広く、立地条件に応じて環境を選択できるが、比較的条件的よい水域に適応した種群であるといえると考えられた。

VII群は中山間地のみに出現し、流水や湿地、池沼を好む種⁹⁾で構成された。これらは同未整備地域で多く出現し、同整備済地域で少なかった。ハラビロトンボは水田とその周辺で出現が多く、飛翔や静止は繁殖行動と考えられた。カワトンボは静止の割合が高かったが、本種は縄張りを静止して形成する⁹⁾ため、これは縄張り行動と考えられた。また草地や林縁での出現がみられたが、これは採餌やねぐらに利用されていたと考えられた。幼虫は流水に生息する⁹⁾とされ、水路では交尾等の繁殖行動が多く観察された。シオヤトンボは、中山間地整備済地域では水田を湿地の代替環境として選択していると考えられた。オオシオカラトンボは木立ちが緑にあるやや鬱閉の環境を好む⁹⁾とされ、中山間地は林が多くあることが本種にとって好適な環境だったと考えられた。VII群は中山間地の樹林や、中山間地未整備地域の湿地・池の存在によって生息が可能となる、環境選択の幅が狭く立地条件に大きく左右される種群であると考えられた。

本調査において水辺で観察された個体の多くは雄であった。成熟雄は幼虫の生息環境に適した水域で縄張りを占有するようになるが、縄張りは雌が訪れる場所を選んで形成され、雌の出現頻度が高い場所ほど勢力順位の上位のものが縄張りを占有するとされる⁹⁾。これらのことから水辺やその近辺にいる雄は産卵にくる雌を待っていると推察され、よって水辺やその近辺に出現した個体はほぼすべて繁殖行動をしていると仮定でき、今回の調査での水辺やその近辺での行動は、ほとんどが繁殖活動に関わっていると考えられた。出現環境と行動内容から、本調査水田地域のトンボ類成熟成虫は立地条件と種生態に応じて地域の水辺環境から好適な環境を選択して繁殖行動を行い、畦や草地、林で休息や採餌をしていると考えられ、これらの要素が欠けると生息が不可能になる場合があると考えられた。

未成熟成虫では羽化場所と考えられる水田と、畦や草地、林縁での出現割合が高かった。また行動内容では静止が多く、ついで

飛翔が多かった。これは摂食に関係していたと推察された。未成熟成虫は羽化水域から草地等に移動し、成熟まで摂食活動に専念する⁹⁾とされており、本調査地域では畦や草地、林縁をねぐら等の生活場所に利用していたと考えられた。未成熟成虫に対しても畦や草地、林は採餌やねぐら場所として重要であることが示唆された。このような環境の少ない市街地では、住宅の庭が代替環境として機能していると考えられた。

水田地域に生息するトンボ類は種特性や成熟度に応じた環境選択性をもつことが確認された。

中山間地未整備地域では様々な種特性を持つ多様なトンボ類が出現し、出現環境もより多様になる傾向がみられた。中山間地未整備地域に出現した種群VII群は、土地利用の湿地・池、水路に依存していた。さらにねぐらや未成熟成虫の生活場所となる林が豊富に存在し、トンボ類にとって好適な生息地であることが示唆された。

中山間地、市街地にかかわらず、整備地域では湿地がなくなり、また水田が乾田化し水路がコンクリート張りになることで、多くの種にとって過酷な環境となると考えられた。

市街地整備済地域は多様な水辺や林等の環境が少ないため、種数や個体数が少なかったと考えられた。市街地にかたよって出現した種群I群もあつたが、市街地整備済地域は多くのトンボ類の生息に不適になっていると考えられた。種の出現特性と地域の土地利用条件とは対応していた。

本研究では水田地域のトンボ類群集の生息状況は、地域の立地環境に大きな影響を受けることが明らかになった。トンボ類は移動能力が比較的大きく、水田を含む水辺環境だけでなく周辺の畦や草地、林等の環境もあわせて利用する特性がある。水田地域のトンボ類の保全を目的とする場合には、水辺環境を含めた周辺環境、特に採餌やねぐら場所として機能していると考えられる畦や草地、林の保全が重要であると指摘された。

引用・参考文献

- 1) 新井裕 (1995)：水田とその周辺におけるナツアカネ成虫の観察記録：TOMBO 38, 41-47
- 2) 新井裕 (1997)：ミヤマアカネの生態：TOMBO40, 15-19
- 3) 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自然科学 35, 69-76
- 4) 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期行動：三重大学環境科学研究紀要 10, 109-117
- 5) 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自然科学 37, 69-75
- 6) 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Ⅳ 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自然科学 38, 57-67
- 7) 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 22(10), 7-12
- 8) 上田哲行 (1998)：水田のトンボ群集 水辺環境の保全 (江崎保男・田中哲夫編)：朝倉書店, 220pp
- 9) 杉村光俊・石田昇三・小島圭三・石田勝義・青木典司 (1999)：原色日本トンボ幼虫・成虫大図鑑：北海道大学図書刊行会, 917pp
- 10) 浜田康・井上清 (1985)：日本産トンボ大図鑑：講談社, 371pp
- 11) Hill, M.O.(1979a)：TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca