

## 伊那盆地の異なる立地条件の水田地域における水生昆虫群集の構造と保全に関する研究

Conservation and structure of the aquatic insect communities on various conditions paddy field areas in Ina Basin, Nagano Prefecture

榊原 有里子\* 大窪 久美子\*\* 大石 善隆\*\*

Yuriko SAKAKIBARA Kumiko OKUBO Yoshitaka OISHI

**Abstract:** Recently, decreases and changes in aquatic insect communities at paddy field area are becoming an important problem to conserve biological diversity. Therefore, the purpose of this study was to know relationship between aquatic insect communities in paddy field area and environmental conditions. We selected finally eight various condition study areas (two con-consolidated paddy areas in hilly and mountainous areas, two consolidated paddy area in hilly and mountainous area, two non-consolidated paddy areas in urbanized area, two consolidated paddy area in urbanized area) in the Ina Basin, Nagano Prefecture. The survey of aquatic insect communities was carried in 6 times per year from 2011 to 2012 in all study areas. The number and taxon name were recorded by capture method. All study areas were classified into 4hilly and mountainous area region and 4 urban areas by TWINSpan. Aquatic communities were classified to six types. Each community type corresponded different environmental conditions of urbanization, and forest and others, and consisted of characteristic species. It seemed that we must maintained each environmental condition to conserve each community type. On the other hand, It was pointed out that the mid-summer drainage management decreases the population of the aquatic insect in the middle of summer.

**Keywords:** aquatic insect community, paddy field, conservation ecology, mid-summer drainage

キーワード：水生昆虫群集，水田，保全生態学，中干し

### 1. はじめに

水田は生産の場として維持管理されてきた二次的自然であるが、淡水湿地を生息地とする生物種にとっては貴重な立地環境である。水田は一時的な水生昆虫の生息場所としてだけでなく、多くの種の繁殖場所として重要な機能をもっている<sup>1)</sup>。これまでの環境省版レッドリストでも、タガメが絶滅危惧Ⅱ類、コオイムシやゲンゴロウが準絶滅危惧に指定されていたが、本年度の環境省版レッドリストの改訂で水生昆虫類では新たにクロゲンゴロウ、ガムシが準絶滅危惧に指定されるまでに減少しており、水田地域における水生昆虫群集の保全策を図ることは重要な課題となっている。

市川<sup>2)</sup>は、水田生態系の上位に位置するタガメやゲンゴロウの減少要因として、伝統的農法から近代農法への農法の変化や圃場整備事業の内容に、水田面積の拡大の他に乾田化と用排水の分離、水路のコンクリート化が加わったことでトノサマガエルとその幼生やメダカ、ドジョウといった餌動物の減少がこれら水生昆虫の繁殖に大きな影響を与えたためによるとしている。このような餌動物相の減少が他の水田生態系の上位に位置する水生昆虫類、例えばタガメと同科のコオイムシや、ゲンゴロウと同属のクロゲンゴロウなどの減少要因でもあると仮定すると、餌動物相の減少要因を検討する必要がある。水田生態系の上位に位置する水生昆虫類の餌動物相として、上記以外に蜻蛉目幼虫やユスリカなどの他の水生昆虫類が挙げられる。このことから、水生昆虫を群集単位で捉えた研究が必要と考えられる。

また、水生昆虫の保全策として西城<sup>1)3)</sup>は、水生半翅目および水生鞘翅目について、各々の種が溜め池及び水田、養魚水田という異なる3タイプの止水域環境をどのように利用しているかを検討した結果、恒久的水域と一時的水域が共存する環境を確保することの重要性を挙げている。また、岩田・藤岡<sup>4)</sup>らによってハス田とイネ田で冬季湛水の有無が水生動物相に与える影響について研究が行われており、相補的な環境を提供することによって地域の生物多様性保全に貢献できる可能性があると示している。しか

し、水生昆虫の群集単位での研究は進んでおらず、群集を対象とした保全生態学的研究は少ない。

そこで本研究では、水田地域の生物的景観要素として重要な水生昆虫の群集構造を明らかにし、さらに立地条件や管理、季節消長との関係を解明することから、その保全策を検討することを目的とした。調査は比較的良好な環境が残存している長野県伊那盆地の水田地域において実施した。また、群集構造と立地条件等との関係性を考察するため、基盤整備の有無、市街地と中山間地という4つの異なる条件を有する水田地域を調査地域として選抜した。

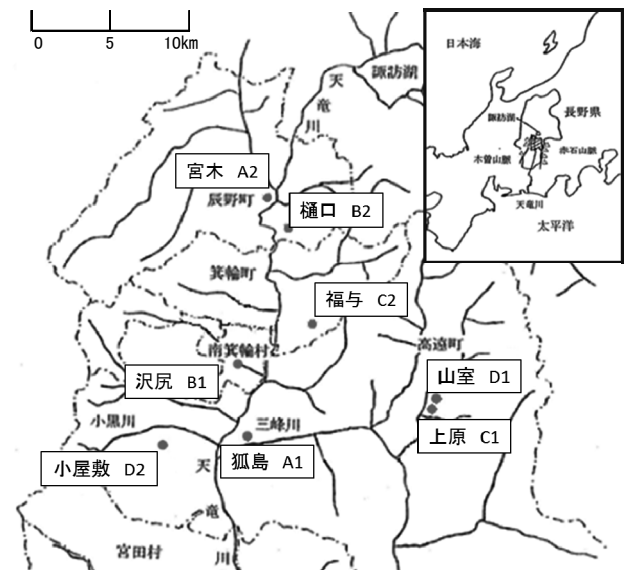


図-1 調査地域の位置  
注) 地域名の後に省略名を記した。

\*信州大学大学院農学研究科 \*\*信州大学農学部

## 2. 調査地域の概要

図-1に調査地域の位置を示した。調査地域は東西を赤石山脈と木曾山脈に囲まれ、諏訪湖を一つの源とする天竜川が中央部を南北に流れる伊那盆地に位置する。中心となる気象観測地点の伊那市における過去15年間の日平均気温は11.4℃、年間降水量は1516mmで<sup>5)</sup>、調査地域は内陸性気候を呈し、植生帯は夏緑広葉樹林帯下部に属する。

前述のとおり、調査地域は4つの異なる立地環境を市街地と中山間地、基盤(圃場)整備の有無により設定した。予備調査は2010年度から実施したが、本研究では2011年度から2012年度の2年間にわたる本調査のデータのみを使用した。2011年度は、市街整備地域として伊那市伊那部の狐島(A1)を、市街未整備地域として南箕輪村の沢尻(B1)を、中山間整備地域として伊那市高遠の上原(C1)を、中山間未整備地域として伊那市高遠の山室(D1)と伊那市西春近の小屋敷(D2)の5地域を設定した。

2012年度は、データの信頼性と一般性を向上させるため、4立地条件毎に2反復の調査地域を設定するため、上記の5地域に加え、市街整備地域として辰野町の樋口(A2)を、市街未整備地域として辰野町伊那富の宮木(B2)を、中山間整備地域として福与(C2)の3地域を新たに増やし、計8地域を調査対象地とした。

また、各調査地域において、代表的な土地利用条件が含まれるような直径500mの円を設定し、その内側を調査対象とした。本手法に関して、著者らの所属する研究室では、すでに同様のスケールと調査地域の設定方法で研究知見<sup>6)7)8)</sup>を蓄積しており、一定の実績、評価を得ているため、今回も水田地域における群集構造の把握や環境評価のスケールとして適当と考え採用した。

## 3. 調査および解析方法

### (1) 水生昆虫群集の調査および解析方法

#### 1) 調査方法

地域における詳しい水生昆虫の群集構造と季節消長を把握するため、長期間にわたり複数回の捕獲調査を実施した。具体的には2011年は5月21日から8月15日まで、2012年は5月27日から8月19日まで、調査回数は2か年とも、5月後半、6月前半、6月後半、7月前半、7月後半、8月前半の全6回実施した。

水生昆虫群集の捕獲調査は各調査地域において、代表的な水田を10筆選抜し、各筆につき本田内の3地点(計30地点)で実施した。2011年の調査では全5地域において計150地点で、2012年の調査では全8地域において計240地点を対象とした。また1地点での調査面積は、畦から畝の間の約0.2mの空間を2mにわたって、一方向に掬い取りを実施した結果、0.4m<sup>2</sup>となった。掬い取りはD字型フレームの網を用いた。捕獲個体は成虫と幼虫の両方を対象とした。

捕獲された水生昆虫の個体はその場で目視による同定を行い、これが困難なものは約80%のアルコール溶液につけて保存し、研究室に持ち帰り同定を行った。まずは仮同定を行った後、飯田市美術博物館の四方圭一郎氏に同定をして頂き、さらに双翅目ガガンボ科を弘前大学白神自然環境研究所の中村剛之准教授に、積翅目と毛翅目を環境アセスメントセンターの久保田憲昭氏に同定して頂いた。また、同定には水辺の昆虫<sup>9)</sup>、改訂版 図説日本のゲンゴロウ<sup>10)</sup>、日本産トンボ幼虫・成虫検索図説<sup>11)</sup>、日本産幼虫図鑑<sup>12)</sup>、日本産水生昆虫検索図説<sup>13)</sup>、伊那谷の田んぼの生き物<sup>14)</sup>、日本産ゲンゴロウ亜科幼虫概説<sup>15)</sup>を用いた。水生昆虫群集は多岐の分類群を包含しており、また捕獲個体には多くの幼虫を含んでいたため、これらは種単位での同定が困難な場合があり、これらについては上記の専門家の指示も受け、本研究では同定可能な属単位以上の一分類群としてまとめて扱うこととした。

#### 2) 解析方法

水生昆虫群集と調査地域の分類を検討するために、TWINSpan 解析<sup>16)</sup>を行った。本解析のデータとしては、2011年では全50筆の中で3筆以上で捕獲された種と分類群(前述のとおり、本研究では種としての同定が困難なサンプルは同定可能な単位の一分類群としてまとめた)、2012年は全80筆の中で3筆以上で捕獲された種と分類群について、各個体数を用いた。TWINSpan 解析にはPC-ORDver.6<sup>17)</sup>を用い、Cut level は、0,2,4,8,16,32,64,128の8段階に設定した。

#### (2) 土地利用調査の方法および解析

調査地域の立地条件の一つとして土地利用の現状を把握するため、土地利用調査を各年の10月に実施した。1/2500の都市計画図を使用し、各調査地域を踏査しながら、水田および畑地、牧草地、休耕地、畦畔、法面、コンクリート水路、土水路、河川、池沼、森林、道路の12種類の利用区分を記録した。また、各調査地域における各土地利用区分の面積はAdobe Illustrator およびPhotoshop を用いて計測した。

#### (3) 聞き取り調査の方法

各調査地域における水田の管理状況を把握するため、2011年12月から2012年1月と2012年11月から12月に、聞き取り調査を実施した。調査対象地域内に水田を所有している農家の方や管理者、管理団体を対象に、農作業暦等についてアンケート形式で実施した。一つの農業法人が一括管理している上原(C1)以外においては、両年を通して各地域とも複数の回答を得た。なお、前述の土地利用調査と聞き取り調査は、著者らと研究室で調査地域を共有する学生数名が共同で実施したものである。

## 4. 結果

### (1) 水生昆虫相の種数および分類群数、個体数

表-1 各調査地域における種数および分類群の数、個体数

調査年	立地条件 基盤整備状況 調査地域名 項目 省略記号	市街地域				中山間地域				合計
		整備		未整備		整備		未整備		
		狐島 A1	樋口 A2	沢尻 B1	宮木 B2	上原 C1	福与 C2	山室 D1	小屋敷 D2	
2011年	種単位の種数	16	—	21	—	16	—	18	16	28
	属以上の分類群の数	11	—	12	—	10	—	11	8	17
	種数と分類群の合計	27	—	33	—	26	—	29	24	45
	種単位の個体数	411	—	920	—	172	—	146	434	2,083
	属以上の分類群の個体数	1,111	—	908	—	370	—	581	327	3,297
	総個体数	1,522	—	1,828	—	542	—	727	761	5,380
2012年	種単位の種数	13	20	19	13	16	23	19	17	31
	属以上の分類群の数	9	11	11	10	11	12	13	8	17
	種数と分類群の合計	22	31	30	23	27	35	32	25	48
	種単位の個体数	462	467	1,211	50	295	318	212	289	3,306
	属以上の分類群の個体数	727	768	975	308	463	697	357	488	4,781
	総個体数	1,189	1,235	2,186	358	758	1,015	569	777	8,087

表-2 2010年から2012年における全出現種と分類群

目	科	種	環境省 RDB <sup>(7)</sup>	長野県 RDB <sup>(8)</sup>
蜉蝣目	コカゲロウ科	フタバカゲロウ		
蜻蛉目	イトトンボ科	モートンイトトンボ	NT	
	アオイトトンボ科	オオアオイトトンボ		
		オツネイトトンボ		
	トンボ科	ホソミオツネイトトンボ		
		ハラビロトンボ		
		シオヤトンボ		
		シオカラトンボ		
	アカネ属spp.			
	ウスバキトンボ			
襖翅目	オナシカワゲラ科	spp.		
半翅目	マツモムシ科	マツモムシ		
	マルミズムシ科	spp.		
	タイコウチ科	タイコウチ		NT
		ミズカマキリ		
	コオイムシ科	コオイムシ	NT	
	ミズムシ科	spp.		
双翅目	ガガンボ科	spp.		
	ヒメガガンボ科	spp.		
	カ科	spp.		
	ブユ科	spp.		
	ユスリカ科	spp.		
	ミズアブ科	spp.		
	ハナアブ科	spp.		
	アブ科	spp.		
	ヤチバエ科	ヒゲナガヤチバエ		
	イエバエ科	spp.		
	鞘翅目	コガシラミズムシ科	コガシラミズムシ	
ヒメコガシラミズムシ属spp.				
コツゲンゴロウ科		コツゲンゴロウ		
		チビゲンゴロウ		
		ツツゲンゴロウ		
		モンキマメゲンゴロウ		
		モンキマメゲンゴロウ属sp.		
		クロズマメゲンゴロウ		
		ヒメゲンゴロウ		
		コシマゲンゴロウ		
		マルガタゲンゴロウ	VU	VU
クロゲンゴロウ	NT	NT		
鞘翅目	ガムシ科	クナシリシジミガムシ		
		キイロヒラタガムシ		
		キベリヒラタガムシ		
		ヒラタガムシ属sp.		
		ガムシ	NT	NT
		コガムシ	DD	
	ヤマトゴマフガムシ			
	ゴマフガムシ属sp.			
	ホタル科	ヘイケボタル		
	マルハナノミ科	トビイロマルハナノミ		
	毛翅目	エグリトビケラ科	ホタルトビケラ	
カクツツトビケラ科		オオカクツツトビケラ		
		カクツツトビケラ属spp.		
ホソバトビケラ科		ホソバトビケラ		
ヒゲナガトビケラ科		クサツミトビケラ属spp.		
鱗翅目	ツツガ科	ヒメマダラミズメイガ		

注) VU: 絶滅危惧Ⅱ類, NT: 準絶滅危惧, DD: 情報不足

表-1 には各調査地域における種数および分類群の数、個体数を示した。また、表-2 には、全調査期間で全地域に出現した水生昆虫相を分類群毎にまとめ、環境省版<sup>18)</sup>と長野県版<sup>19)</sup>におけるRDB指定種について示した。

2011年度の調査地域全体の水生昆虫は8目27科で種まで同定できたものは28種で、それ以外の分類群の数との合計は45、総個体数は5380個体であった。各地域で出現した種数と出現個体数は市街整備地域のA1で27の種および分類群で1522個体、市街未整備地域のB1で33の種および分類群で1828個体、中山間整備地域のC1で26の種および分類群で542個体、中山間未整備地域のD1で29の種および分類群で727個体、D2で24の種

および分類群で761個体であった。

2012年の調査地域全体の水生昆虫は8目で種まで同定できたものは31種で、それ以外の分類群の数との合計は48、総個体数は8087個体であった。各地域での出現種数と出現個体数は市街整備地域のA1で22の種および分類群で1189個体、A2で31の種および分類群で1235個体、市街未整備地域のB1で30の種および分類群で2186個体、B2で23の種および分類群で358個体であった。次に、中山間整備地域のC1で27の種および分類群で758個体、C2で35の種および分類群で1015個体、中山間未整備地域のD1で32の種および分類群で569個体、D2で25の種および分類群で777個体であった。

本調査は水田の本田内を調査対象としており、鞘翅目や半翅目、蜻蛉目など、9目30科の多岐にわたる分類群を包含する水生昆虫相が確認された(表-2)。また、出現した希少種は環境省版RDB<sup>18)</sup>で絶滅危惧Ⅱ類に指定されているマルガタゲンゴロウ、準絶滅危惧のクロゲンゴロウとガムシ、コオイムシ、モートンイトトンボ、情報不足のコガムシが出現した。また、長野県版RDB<sup>19)</sup>でもマルガタゲンゴロウは絶滅危惧Ⅱ類、クロゲンゴロウ、ガムシは準絶滅危惧に指定されており、同指定のタイコウチも出現した。

## (2) TWINSpan 解析による調査地域および種群の分類

図-2に2011年度および2012年度に得られたTWINSpan解析による調査地域および種群の分類の結果から、伊那盆地における異なる水田地域における水生昆虫群集構造の模式図を作成した。作成に当たり、個体数が少なく、資料の不足により種特性等も把握できなかった種については除外した。また、詳しい分割結果を提示する紙面のスペースが無いため、ここでは模式図を用いて、群集の構造と立地条件との関係を示した。解析の結果、全調査地点は、第一分割でおおよそ市街地域と中山間地域に二分され、次に第二分割で整備と未整備の基盤整備条件の有無で分けられ、最終的には4つの立地条件別に分類された。次に水生昆虫群集はI群~VI群の6つの種群に分類された。市街地域(A1, A2, B1, B2)に特徴的に出現する市街地種群としてはI群とII群が認識された。特にII群は基盤整備地域で出現した。全地域に共通して出現した共通種群としてはIII群とIV群が認識された。共通種群の中でもIII群は、市街地域で最も多く出現し、基盤整備地域、中山間地域、基盤未整備の順に捕獲個体数は減少した。さらに、中山間地域(C1, C2, D1, D2)に特徴的に出現する中山間地種群としてはV群とVI群が認識された。またV群は、特に中山間地域で特徴的に出現した種群をV-②群とし、それら以外はV-①群に分類された。特にVI群は中山間未整備地域(D1, D2)で多く出現したが、市街地の未整備地域((B1, B2)でも特徴的に出現したため、未整備地域特有の種群でもあった。

各種群の主な構成種は以下のとおりとなった。市街地種群のI群では準絶滅危惧種のモートンイトトンボおよびコツゲンゴロウ、コガシラミズムシ、ゴマフガムシ属spp.等であった。市街地種群でも基盤整備地域で出現したII群はオツネイトトンボ、絶滅危惧Ⅱ類のマルガタゲンゴロウ、県版で準絶滅危惧種のタイコウチ、マルミズムシ科spp.等で構成された。しかしII群のタイコウチは、中山間地域基盤整備のC2でも出現個体数が多かった。

共通種群のIII群はチビゲンゴロウ、情報不足種のコガムシやミズアブ科spp.で、同じくIV群はコオイムシおよびフタバカゲロウ、ミズカマキリ、カ科spp., ユスリカ科spp.等で構成された。

中山間地種群のV-②群は、準絶滅危惧種のクロゲンゴロウとガムシ、その他、ヒメゲンゴロウ、オシナワカワゲラ属spp.で構成された。V-①群はマツモムシ、コシマゲンゴロウ、アカネ属spp., ホソミオツネイトトンボ等で構成された。VI群はオオアオイトトンボ、クサツミトビケラ属spp.で構成された。また中山間地未整備地域のD2では、微環境により分布を制限される種群とし

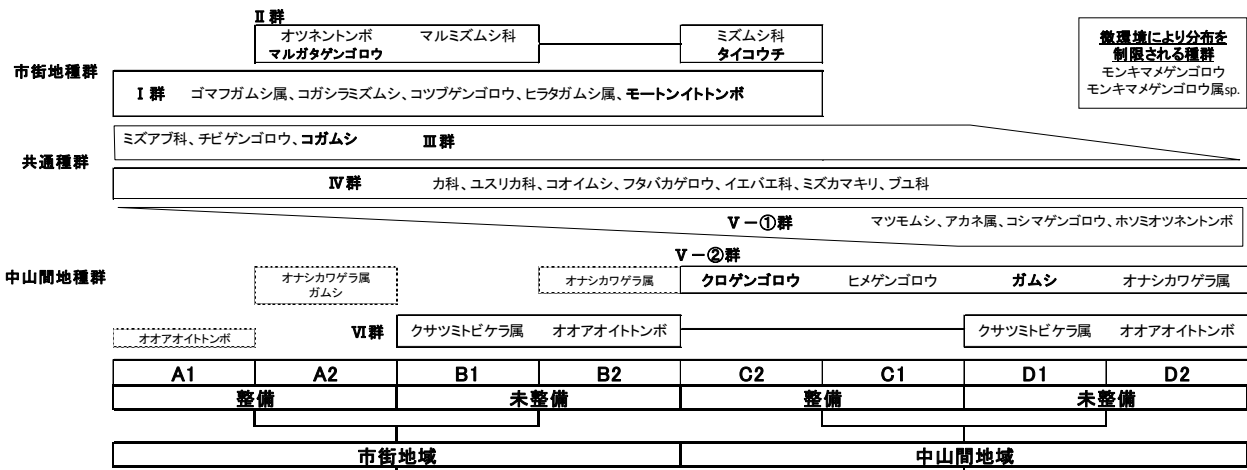


図-2 TWINS PAN解析による調査地域および種群分類の結果の模式図 \* 太字は希少種を示す

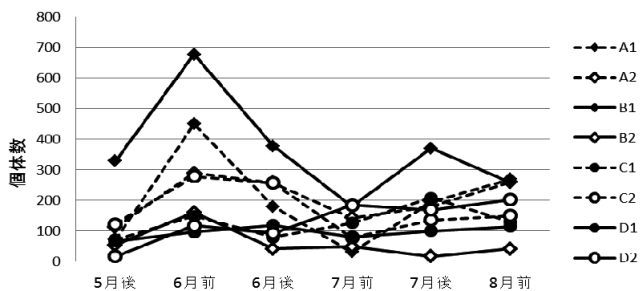


図-3 各調査地域毎の水生昆虫の総個体数の季節消長(2012年度)

てモンキマメゲンゴロウとモンキマメゲンゴロウ属 sp.の出現が特徴的であった。

### (3) 水生昆虫の個体数の季節消長

図-3には2012年度の各調査地域における水生昆虫の総個体数の季節消長を示した。中山間地未整備地域のD2以外の調査地域では、総個体数は6月前半に最も増加し、7月前半(この年は7/11~7/19に調査を実施)で谷型に減少し、その後緩やかに増加するところが多かった。2011年も、同じようにD2を除き、総

個体数は7月前半にかけて谷型に減少する傾向が確認された。

次に、比較的多くの個体数を捕獲できたアカネ属、マツモムシ、カ科、チビゲンゴロウ、コガムシ、コオイムシ、オオアオイトンボ、ホソミオツネイトンボ、モートンイトンボ、オツネイトンボ、フタバカゲロウ、ミズアブ科、ユスリカ科、オナシカワガラ属について種および分類群毎の総個体数の季節消長を調べた結果、4つのパターンが認められた。図-4には4つの季節消長のパターンを示す代表的な種や分類群について、総個体数の変化を示した(2012年)。なお、生活史の段階での違いも考察するため、成虫と幼虫毎に扱った。

アカネ属は調査開始時の5月後半から多くの個体が出現し、6月前半に最も多く出現した。その後だいに個体数を減少させたが、全ての調査時期で捕獲された。アカネ属のように総個体数の季節消長のピークが夏季前のみみられる①前期型は、チビゲンゴロウの幼虫やモートンイトンボ、オオアオイトンボ、オツネイトンボ等であった。次にマツモムシの幼虫は6月後半~7月後半にかけて総個体数が増加し、夏季の7月前半に個体数のピークがみられ、これを②中間型とした。一方、カ科は生活史のスペンが短く、8月後半にその個体数を増加させ、ピークは夏季后期のた

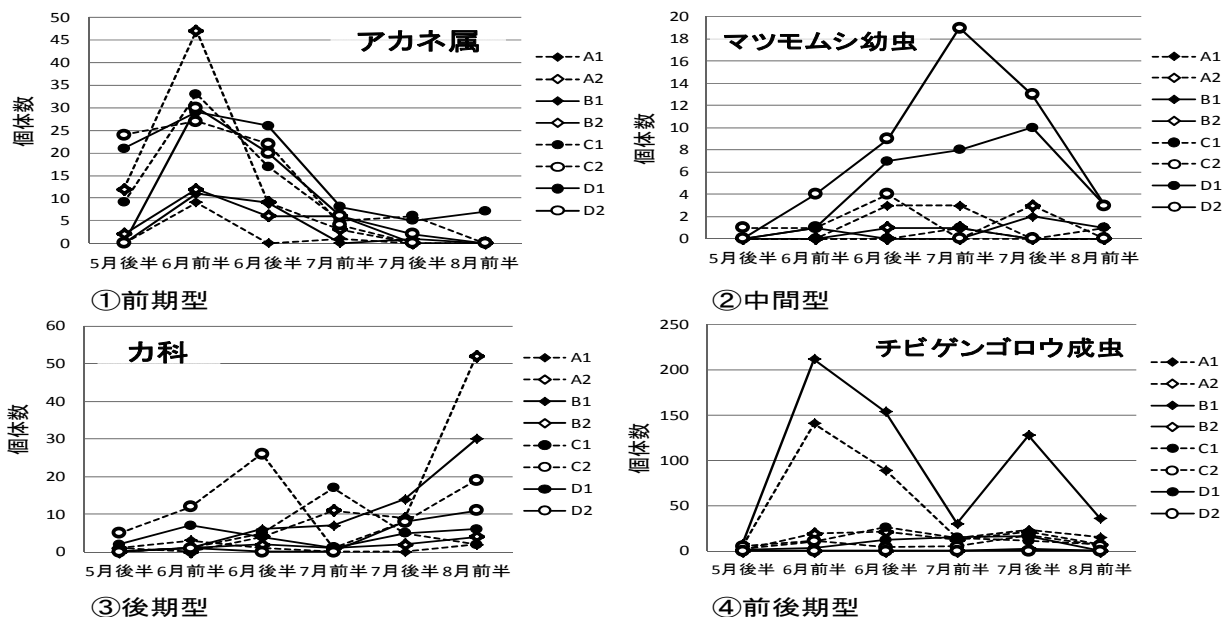


図-4 各調査地域における各種および分類群毎の個体数の季節消長

表-3 各調査地域における土地利用割合 (%) (2012年)

立地条件 整備状況 土地利用区分	市街				中山間			
	整備		未整備		整備		未整備	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
水田	17.87	39.75	23.25	23.71	35.70	29.20	15.47	15.81
畑地	8.03	7.34	14.46	9.30	2.42	14.98	7.26	6.32
牧草地	1.10	0.89	8.26	0.00	0.00	6.22	0.00	11.04
休耕地	1.49	5.40	0.75	7.54	0.51	8.58	16.22	8.22
畦畔	6.09	6.21	5.79	6.02	6.54	6.14	7.49	8.77
法面	0.29	6.15	4.14	3.77	18.89	17.50	10.94	16.05
コンクリート水路	1.92	0.63	1.11	0.17	0.34	0.62	0.33	0.45
土水路	0.00	0.02	0.01	0.25	0.00	0.83	0.09	0.00
河川	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	1.32	0.58
池沼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
森林	1.13	0.11	3.88	0.00	22.47	1.40	16.83	21.25
道路	8.65	8.82	6.85	6.17	8.50	6.86	6.03	3.88
建物	51.41	22.73	29.97	43.07	4.10	6.79	17.32	7.63
空地	2.04	1.94	1.53	0.00	0.00	0.87	0.55	0.00

め、③後期型とした。③後期型には他にホソミオツネトンボとフタバカゲロウ、オナシカワゲラ属が該当した。最後に、チビゲンゴロウの成虫は調査開始時である5月後半から出現し、6月前半にはその個体数が調査期間中最大となった。A1とA2、B1、C1で7月前半に個体数が谷型に減少したが、またA1とA2、B1では7月後半に増加した。その後8月前半にはすべての地域において減少していた。チビゲンゴロウの成虫が示した前期と後期に個体数の2回のピークがある④前後期型には、コガムシ成虫、コガムシ幼虫、マツモムシ成虫、コオイムシ成虫が該当した。

(4) 水田の作業暦

ほとんどの調査地域では、4月中旬から5月上中旬に代掻きがはじまり、5月中旬の田植え前に湛水し、7月中旬には中干しが実施されていた。中干しとは、早生品種のイネの栄養成長を促すために、一時的に本田から水を抜く水管理作業である。その後7月下旬には本田に再び水を入れて、9月上旬まで湛水し、9月下旬には稲刈りが実施されていた。また、2011年には中山間地未整備のD2で中干しの実施がなかった。また2012年にも同地域の一部と市街地未整備地域のB1では中干しが実施されなかった。

(5) 土地利用割合

表-3に2012年の各地域における土地利用割合をまとめた。中山間地域では森林、畦畔、法面、河川の面積割合が大きく、C2では土水路面積が高かった。一方、市街地域では建物やコンクリート水路等の構造物の面積割合が中山間地域よりも大きかった。

2011年と2012年に継続して調査を行ったA1とB1、C1、D1、D2の5地域では、2年間で土地利用の大きな変化は無かった。

5. 考察

(1) 水生昆虫相と種数および分類群数、個体数

立地条件による種数および分類群数の大きな違いはなかった(表-1)。しかしながら、地域による違いはあり、市街地では整備地域のA2と未整備地域のB1で、中山間地では整備地域のC2と未整備地域のD1で種数および分類群数が多かった。一方、総個体数については、B2を除き、市街地域が中山間地域よりも多かった(表-1)。これは市街地域におけるユスリカ科やミズアブ科、チビゲンゴロウ、コツブゲンゴロウの個体数が中山間地域よりも多かったためであった。

本調査は水田の本田内のみを対象としたが、鞘翅目や半翅目、蜻蛉目など多岐にわたる多数の分類群の水生昆虫が捕獲された(表-2)。これらの構成種は長野県の水生昆虫相の脈翅目と膜翅目を除くすべての分類群が出現し、主に止水性の種だった。また、文献の充実する種群のゲンゴロウ科に注目すると、地域で出現する可能性がある22種のうち7種(31.8%)が出現した。その中でも、現在減少している絶滅危惧Ⅱ類とされるマルガタゲンゴロウや、産地がやや局所的な種<sup>20)</sup>とされる準絶滅危惧種のクロゲンゴロウが出現したことは長野県のゲンゴロウ類のファウナからみた本地域の特徴であると考えられた。

(2) 水生昆虫群集の構成種の特性と立地条件等との関係

表-4には図-2の各種群について種特性をまとめた。市街地種群のI群とII群は主に幼虫から成虫の期間を通して水中に生息する種であった。特にI群は10mm以下のコツブゲンゴロウ等の小型の種で構成されていた。また、II群のオツネトンボやマルガタゲンゴロウ等では、①周囲の植物の影響を受ける種、②成虫越冬種、という二つの特徴があった。共通種のIII群とIV群は、一般的な水田地域の代表的な種で、水辺で生活環を全うする種で構成されていた。特にIII群は幼虫期のみ水中に生息する10mm以下のユスリカ科等の小型種で構成されており、デトリタス・藻類食の種が多く含まれていた。一方、中山間地種群のV群とVI群は水辺で生活環を全うする種で構成されていた。V群のゲンゴロウ科はI群やIII群と比べて、10mm以上のクロゲンゴロウ等の大型種で

表-4 TWINSpan解析の種群毎の種特性

種群	種	大きさ(mm)	食性	栄養段階*	植物	産卵場所(産卵方法)	越冬形態	環境省 RDB	長野県 RDB		
市街地種群	I	ゴマフガムシ属spp.	4.4~5.2	草食性	一次消費者	●	水草や浮遊物	成虫			
		コガシラミズムシ	3.1~3.6	草食性	一次消費者	○		成虫			
	II	コツブゲンゴロウ	3.8~4.3	肉食性	二次消費者B	○					
		ヒラタガムシ属spp.	6*	肉食性	不明	◎	植物生体組織内	幼虫	NT		
共通種群	III	モートンイトンボ	11~14	肉食性	二次消費者B(幼虫)	◎	植物の枯れ茎、朽木	成虫			
		オツネトンボ	18	肉食性	不明	◎					
	IV	マルミズムシ科spp.	1mm前後*	肉食性	不明	●	水辺の草上	成虫		NT	
		タイコウチ	30~38	肉食性	二次消費者B(幼虫)	●	植物体内	成虫	VU	VU	
	中山間地種群	V-①	マルガタゲンゴロウ	21.3~26.3	肉食性	二次消費者B(幼虫)	●	水生植物	成虫		
			ミズムシ科spp.	2.5~11.5	草食性	一次消費者	●				
		VI	チビゲンゴロウ	2	ラン藻	二次消費者B			成虫		
			ミズアブ科spp.	33~38	草食性	分解者	●	水草の卵のう内	成虫	DD	
		V-②	コガムシ	16~18	草食性	二次消費者A					
			カ科spp.	5*	微生物や有機物	分解者					
ユスリカ科spp.			10*	藻類、デトリタス	分解者		卵塊を水中に落とす*	幼虫	NT		
コオイムシ			17~20	肉食性	二次消費者A(成虫)、B(幼虫)		雄の背面	成虫			
フタバカゲロウ	4		肉食性	分解者							
ブユ科spp.	4~10		有機物	不明							
V-③	イエバエ科spp.	6*	有機物	不明							
	ミズカマギリ	40~50	肉食性	二次消費者A(成虫)、B(幼虫)		水辺のコケや土の中	成虫				
	マツモムシ	11.5~14	肉食性	二次消費者A(成虫)、B(幼虫)	●	水草に卵を産む	成虫				
	アカネ属spp.	24*	肉食性	二次消費者B			卵				
	コシマゲンゴロウ	9~11	肉食性	二次消費者A	●	植物体内	成虫				
	ホソミオツネトンボ	15~17	肉食性	二次消費者B	◎	植物生体組織内	成虫				
V-④	クロゲンゴロウ	20~25	肉食性	二次消費者A	◎	植物体内	成虫	NT	NT		
	シマゲンゴロウ	11~12.5	肉食性	二次消費者A	●	植物体内	幼虫				
	ガムシ	40	肉食性	二次消費者A	●	水草の卵のう内	幼虫・成虫	NT	NT		
	オナシカワゲラ属spp.	7*	藻類、落ち葉	分解者		腹先を水面に着ける					
	オオアオイトンボ	19~21	肉食性	二次消費者B	◎	枝の樹皮下	卵				
	クサツミトビケラ属spp.	5*	藻類、落ち葉	分解者							

※1: 多くの種を含む分類群は本調査を行ったのが水田であることから、水田に生息すると思われる科や属の種特性を参考に記述した。  
 ※2: 生息地の条件に植物が含まれるもの: ○、産卵場所の条件に植物が関係するもの: ●、生息地と産卵場所の条件に植物が含まれるもの: ◎  
 \*: 著者が調査中などに目視で確認または採集した個体を計測したものの  
 \*\*: 二次消費者A: 二次消費者を主に捕食するもの、二次消費者B: 下位の栄養段階の種を主に捕食するもの。

表—5 各調査地域における栄養段階毎の個体数割合 (%)

立地条件 整備状況 栄養段階	市街地域				中山間地域				合計
	整備		未整備		整備		未整備		
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	
二次消費者A	2.02	2.59	1.88	2.23	5.67	3.94	4.75	3.86	3.03
二次消費者B	37.26	33.68	49.13	12.29	40.37	28.37	44.29	38.22	38.58
一次消費者	0.34	1.62	2.47	1.68	0.66	2.86	2.81	0.64	1.72
分解者	58.96	60.16	42.27	81.56	50.92	59.41	44.29	57.01	53.72
不明	1.43	1.94	4.25	2.23	2.37	5.42	3.87	0.26	2.96

二次消費者A: 二次消費者を主に捕食、二次消費者B: 下位の栄養段階の種を主に捕食

構成されており、肉食性である。中山間地域では市街地よりも森林や畦畔、法面の面積割合が高く、これら大型肉食性水生昆虫の餌資源となる陸域あるいは両方にまたがる生物群を支えるための生息環境が確保されていると考えられた。またV群はマツモムシやガムシ等の産卵に植物を必要とする種が多く、中山間地域には産卵場所を提供する水生植物の生育環境として土水路等が寄与していることが指摘できる。さらにV-①群では特にアカネ属やホソミオツネトンボといった長距離移動する種を含んでおり、他のマツモムシやコシマゲンゴロウも成虫の移動能力の高い種群であった。中山間地未整備地域で特に出現したVI群のオオアオイトトンボは枝の樹皮下に産卵する肉食性の種であった。これらV群やVI群の保全には森林や緑地、土水路等の環境の確保が必要であると指摘された。伊那盆地における4つの立地条件の水田地域における水生昆虫群集では種数や分類群数に大きな違いはなかった。しかし、上述したとおり、特に市街地域と中山間地域で個体数や種群構造は異なり、各種群によって種特性に特徴がみられるため、複数の条件を同時に保全対象地として確保する必要性が指摘された。

### (3) 水生昆虫群集の栄養段階の構造

生態系における本群集の栄養段階別の構造を把握するため、表—5には個体数割合をまとめた。二次消費者A群はクロゲンゴロウ等の大型の高次消費者、二次消費者B群はコツブゲンゴロウ等の小型肉食性のもの、分解者はユスリカ科等から構成される。地域全体では二次消費者B群の割合が高く、これは豊富なゲンゴロウ類とトンボ相が反映されていると考えられた。また、中山間地域で二次消費者A群の個体数割合が高かったことより、市街地よりも中山間地域で栄養段階の構造が複雑であることが指摘された。より高次の捕食者として鳥類や魚類、両生類等を考慮に入れなければならないが、複雑な栄養段階の存在が水生昆虫群集の多様性を高めるため<sup>21)</sup>にはこの構造を維持するような二次消費者B群や分解者等の餌動物相の確保が保全策として必要である。

### (4) 個体数の季節消長と中干しとの関係

聞き取り調査の結果、ほとんどの調査地域では主に7月中旬に中干しが実施されていることがわかった。一方、この時期に中干しを実施しない一部の地域を除いて、総個体数が谷型に減少する地域が多いことが示された(図—3)。中干しの際に一時的にでも本田に湛水がなくなるため、種および分類群によっては、個体数が減少し、負の影響を受けていると考えられた。また、調査地域での主な種および分類群での個体数の季節消長は4つのパターンがあり、アカネ属などの①前期型は、多くが中干し前に羽化し水田を離れる種であるため、中干しによる乾燥の影響は受けにくいと考えられた。これに対して、7月に出現のピークがあるマツモムシの幼虫等の②中間型や、また7月前半から夏の後期に個体数が増加するカ科等の③後期型、7月の前期と後期に個体数のピークが2回あるチビゲンゴロウの成虫等の④前後期型については、中干しの影響を受けていることが考えられた。

一般的に水生昆虫の移動先として考えられる池沼や河川内の淀みは、本調査地域内においてはD1の池沼が存在するのみであった。調査地域ではA1とA2、B1、B2、C2には天竜川が、C1と

D1では山室川や宮沢川、D2では小黒川が流れている。しかし、これらの水域は水田からは多少の距離があり、成虫の移動は可能であるが幼虫では移動は不可能であると考えられた。また、調査中に観察した中干し期間中に存在する湛水は、入水の水圧により土がえぐられて発生した入水口付近に存在する深みや、ゆるみや土水路の水溜り、排水による水生昆虫の流出先として水路の分岐地点にある深い部分が存在した。幼虫期は飛翔ができず移動能力が低いため、水田内や水田地域にごく普通に存在するこれらの場所が水生昆虫の中干し期間中の避難場所として重要であると推察された。中干し管理を実施する場合でも上記のような避難場所を設定することによって、対象種の保全を図ることは可能と考えられたが、これについてはより詳しい調査研究が必要である。謝辞: 本研究の一部は伊那谷社会システム研究所の研究ファンドを利用して実施されたものであり、財団には深謝致します。また、本研究や同定に多くのご助言やご指導をいただいた四方圭一郎氏および久保田憲昭氏、中村剛之准教授にもこの場をお借りして、心よりお礼申し上げます。ありがとうございました。

### 引用・参考文献

- 1) 西城洋 (2001): 島根県の水田と溜め池における水生昆虫の季節的消長と移動: 日本生態学会誌 51: 1-11
- 2) 市川憲平 (2008): 里地の水生昆虫の現状と保全: 環境動物昆虫学会誌 19 (1): 47-50
- 3) 西城洋 (2002): 止水性水生昆虫の生活史における養魚水田の役割: 日本生態学会誌 52: 115-165
- 4) 岩田樹・藤岡正博 (2006): ハス田とイネ田における冬季湛水の有無が作物成長期の水生動物相に与える影響: 保全生態学研究 11: 94-104
- 5) 気象庁 気象統計情報: (<http://www.data.jma.go.jp>), 2012.9.18 更新, 2012.9.18 参照
- 6) 川村みゆき・大塚久美子 (2002): チョウ類群集及び植物との関係からみた立地環境の異なる水田地域の生息地としての評価: ランドスケープ研究 65(5), 547-552
- 7) 九鬼なお子・大塚久美子 (2005): 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条件との関係: ランドスケープ研究 68 (5), 579-584
- 8) 渡辺太一・大塚久美子・大石善隆(2013)水田景観における植物相の種分布パターンからみた景観要素の種多様性保全の検討: ランドスケープ研究 76(5), 483-488
- 9) 今森光彦 (2000): 水辺の昆虫: 山と溪谷社, 281pp
- 10) 森正人・北山昭 (2002): 改訂版図説日本のゲンゴロウ: 文一総合出版, 231pp
- 11) 石田昇三・石田勝義・小島圭三・杉村光俊 (1988): 日本産トンボ幼虫・成虫検索図説: 東海大学出版会, 140pp
- 12) 千代延勝利 (2005): 日本産幼虫図鑑: 学研教育出版, 336pp
- 13) 川合慎次 (1985): 日本産水生昆虫検索図説: 東海大学出版会, 409pp
- 14) 四方圭一郎 (2004): 伊那谷の田んぼの生き物: 飯田市美術館, 139pp
- 15) 上手雄貴 (2008): 日本産ゲンゴロウ亜科幼虫概説: ホシザキグリーン財団研究報告第11号, 125-141
- 16) Hill, M. O. (1979): TWINSpan—a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes: Cornell University, Ithaca
- 17) MCCUNE&MEFFORD (1999)PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version6. MjM Software Design, Oregon
- 18) 環境省報道発表資料第4次レッドリストの公表について: (<http://www.env.go.jp>) 2012.8.28 更新, 2012.9.22 参照
- 19) 長野県公式ホームページ長野県版レッドリスト: (<http://www.pref.nagano.lg.jp>) 2012.8.23 更新, 2012.9.22 参照
- 20) 西原省吾・菊部治紀・鷲谷いづみ (2006): 水田に生息するゲンゴロウ類の現状と保全: 保全生態学研究 11: 143-157
- 21) 田中幸一 (2004): 水田生態系における昆虫の多様性: 農業技術 59 (1), 23-28