

環動昆

原 著

江田慧子・平林純之介・中村寛志：長野県安曇野における卵寄生蜂
メアカタマゴバチによるオオルリシジミ卵への寄生について …… 95

中西康介・田和康太・蒲原 漢・野間直彦・沢田裕一：栽培管理方法の
異なる水田間における大型水生動物群集の比較 …………… 103

松本和馬：東京農工大学 Field Museum 多摩丘陵および東京都立
七生公園のゴミムシ類群集と林床植生の管理 …………… 115

資 料

中野敬一：東京都港区におけるキアシドクガ蛹の捕食寄生性昆虫について …… 127

松尾和典・湯川淳一：日本産 *Torymus* 属（膜翅目：オナガコバチ科）の
寄主記録と分布情報 …………… 133

第19回環境アセスメント動物調査手法に関する講演会 印象記 …………… 137

書 評 …………… 140

会 報 …………… 143

投稿規定 …………… 145

Vol. 20

3

2009

日本環境動物昆虫学会



JSEEZ

日本環境動物昆虫学会

長野県安曇野における卵寄生蜂メアカタマゴバチによる オオルリシジミ卵への寄生について

江田慧子・平林純之介・中村寛志

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

(受領 2009年3月1日 ; 受理 2009年7月5日)

Parasitism by the egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera : Trichogrammatidae) on *Shijimiaeoides divinus barine* (Leech) (Lepidoptera: Lycaenidae) eggs in Azumino, Nagano Prefecture. Keiko Koda, Junnosuke Hirabayashi and Hiroshi Nakamura. Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University, 8304 Minamiminowa, Nagano 399-4598, Japan.

Abstract

Trichogramma chilonis is an important mortality factor during the egg stage of *Shijimiaeoides divinus barine*. However, there are few reports about parasitism by *T. chilonis* on *S. divinus barine* eggs. From 2005 to 2008 in Azumino City, Nagano Prefecture, *S. divinus barine* eggs were sampled and *T. chilonis* adults collected in sticky traps. The percentage of parasitism in 2006 and 2007 was about 30% in early June when adult *S. divinus barine* began to appear. Parasitism became 60% or more after the middle June in the areas where artificial breeding pupae had been released every year. The percentage of parasitism in 2008 was 56% in early June and 70% or more after the middle of June. In an area where a natural population of *S. divinus barine* had survived, parasitism ranged from 0% to 41% in 2007 and 2008. The numbers of *T. chilonis* captured in sticky traps in the natural population area in June and July were fewer than those at the pupa release area. The average number of *T. chilonis* emerging from one egg of *S. divinus barine* was 1.50 individuals. A relationship between egg parasitism of *T. chilonis* and the management methods (mowing, moorburn etc) applied in the habitation area of *S. divinus barine* was suggested.

Key words : Azumino, Egg parasitism, Mortality factor, *Trichogramma chilonis*, *Shijimiaeoides divinus barine*

メアカタマゴバチによる寄生はオオルリシジミ卵期の重要な死亡要因とされているが、現在まで定量的な研究はほとんどなされていない。本研究は、長野県安曇野においてメアカタマゴバチによるオオルリシジミの卵寄生の実態を定量的に把握し、絶滅が危惧されているオオルリシジミの保全対策に資することを目的として、卵のサンプリング調査と粘着トラップによる寄生蜂の個体数調査を実施した。その結果、人工飼育をした蛹が毎年放されている地域では、2006年と2007年の寄生率は、成虫発生初期の6月上旬では30%程度と低い値であったが、6月中・下旬になると60%以上となり有意に高く ($P < 0.05$) なる傾向が見られた。その後、2008年には6月上旬から56%となり、6月中旬以降は70%以上と高い寄生率となった。それに対して、僅かに自然個体群が生息している地域では、2007年と2008年の調査で、卵寄生率の範囲は0%から最大で41%と低かった。オオルリシジミが産卵する6月~7月の期間では、粘着トラップに捕獲されたメアカタマゴバチの個体数は、蛹放飼地域の方が自然発生地域より有意に多かった ($P < 0.05$)。しかし、8月になると自然発生地域の方が、捕獲個体数は多くなる傾向が見られた。オオルリシジミ1卵あたりから羽化したメアカタマゴバチ成虫数は、平均1.50個体であった。これらの結果から草刈りや野焼き等の生息地の管理方法の違いによりオオルリシジミの卵へのメアカタマゴバチの寄生率が影響を受けていることが示唆された。

緒 言

オオルリシジミ本州亜種 *Shijimiaeoides divinus barine* (Leech) (シジミチョウ科) は、かつては東北地方の青森・岩手、中部地方の新潟・長野・群馬の各県に分布していた (福田ら, 1984)。現在では青森県で絶滅 (室谷, 1989)、岩手県でも最近の記録はみられず、東北地方では絶滅したものと考えられている。一方、中部地方では新潟県内の生息地で 1994 以降確認されておらず (蛭川・島田, 1998)、現在では長野県の安曇野市と東御市のみで生息が確認されているにすぎない (田下ら, 1999; 田下・丸山, 2007)。しかし、これらの産地においても、自然個体群は絶滅に近い状態にあり、飼育蛹の導入による個体群回復が試みられている (浜, 2007; 清水, 2009)。このような現状を受けて長野県は、オオルリシジミを長野県版レッドデータブックで絶滅危惧 I B 類に指定するとともに (長野県自然保護研究所, 2004)、2003 年に施行された「長野県希少野生動植物保護条例」に基づいて、指定希少野生動植物に指定することにより、届出をしないで捕獲した者に対して罰金の対象とする等の保護対策を行っている (長野県, 2009)。

オオルリシジミが減少した要因は、農業形態の変化から生息地である草原そのものの減少や、そこに生えている食草のクララ *Sophora flavescens* *Sophora* が減少したことに加え、乱獲が個体数減少に拍車をかけたこととされている (蛭川・島田, 1998; 田下・丸山, 2007)。村田ら (1998) は、熊本県阿蘇地域に生息しているオオルリシジミ九州亜種 *Shijimiaeoides divinus asonis* (Matsumura) においても、農家戸数が減少した結果、野焼きが中止されクララの成育や生息環境が悪化して個体数が減少していることを報告している。安曇野市では 1970 年代まで生息地は各地にみられたが、1980 年代になって急激に圃場整備事業が実施され、さらに農薬の空中散布などの影響を受けて個体数が減っていったとされる (小林, 1989)。

本種は、安曇野市では 1990 年頃には絶滅したと考えられていたが、近年ごく僅かに生息している場所が発見され、住民らにより保護されるようになった。さらに 1994 年に愛好者らを中心としてオオルリシジミ保護対策会議 (以下保護会議) が設立され、保護プロジェクトとしてオオルリシジミの生息地の管理と監視活動が行われるようになった (丸山, 2005)。また最近では、国営アルプスあづみの公園内のクララが多く残されている場所に、保護会議のメンバーによって、羽化 2 週間前の人工飼育された蛹を、放す活動が毎年行われている。しかし、放した蛹から羽化した成虫は、数多くの卵を産卵するものの、孵化した幼虫は蛹期まで生存する個体が少なく、次世代ではほぼ全滅してしまう状態である (浜, 2007)。

そこで、蛹導入個体群の死亡要因や生存率を把握するため、平林ら (2009) は生命表調査を実施した。その結果、卵期と 1 齢幼虫期の死亡率が高いことを報告している。特に卵期ではメアカタマゴバチ *Trichogramma chilonis* Ishii (タマゴバチ科) による寄生の割合が高いことが明らかになった。オオルリシジミの卵寄生蜂については、村田・野原 (2003) が九州の阿蘇地方でタマゴバチ科の一種 *Trichogramma* sp. が寄生することを報告しており、安曇野でもオオルリシジミの卵から羽化してきた *Trichogramma* sp. が記録されている (丸山, 2004)。また、東御市においても、2005 年には卵寄生蜂の発生が確認されている (西尾, 2007)。メアカタマゴバチをはじめ卵寄生蜂は、オオルリシジミの卵期の重要な死亡要因とされているが、定量的な研究はほとんどなされていない (西尾, 2009)。

本研究は、安曇野におけるオオルリシジミの卵に対するメアカタマゴバチによる寄生の実態を定量的に把握することを目的として実施した。なお、本研究は、長野県希少野生動植物保護条例によるオオルリシジミ保護回復事業として認定され、実施したものである (20 自保第 86 号)。

材料と方法

1. 調査地

以下に述べる 3 地域において調査を実施した。なおオオルリシジミ保護のために、調査地の詳細な所在地とそれを示した地図は省略した。

保護区

長野県安曇野市の国営アルプスあづみの公園用地内にオオルリシジミの保護区として指定されている地域で (以下保護区) あり、保護会議により 1999 年以降、人工飼育をした蛹が毎年 5 月に放されている (浜, 2007)。放飼した蛹の数は、2005 年は 320、2006 年は 500、2007 年は 350、および 2008 年は 400 個体であった。

保護区一帯は山裾にある東向きの斜面の棚田で、かつては水田として利用されていたが、現在耕作は行われていない。寄生蜂の調査は保護区のあるクララが多く自生する 100 m × 20 m の区域で実施した。クララは調査区域内に 246 株、またそのすぐ東側にある公園化に伴い造設された池の土手や周辺一帯にも点在している。公園用地外の農地の畦などには、かつては自生していたものの現在では存在していなかった。

調査区域を含め保護区一帯は公園管理業者によって定期的に草刈が行われ (2005、2006 年は 6、9 月、2007 年は 9 月、2008 年は 6、7、8 月)、オオルリシジミの発生時期には成虫の吸蜜植物がなくならないように、草刈りをしない場所を残したり、刈り取り時期をずらした

りするなど、ランダムに草地が残るよう配慮がなされている。

工場団地区

安曇野で唯一オオルリシジミの自然個体群が残存している地域で、保護区から約 2.5 km ほど離れた工場団地区内の生息地である（以下工場団地区）。この生息地は、建物間の 200 m × 約 9 m ほどの法面のわずかな区域（1780 m²）で、クララはおよそ 30 株であった。オオルリシジミが発見されてから、工場側の協力で 2005 年と 2008 年を除いて毎年 4 月末頃に野焼きや不定期だが年 3 回ほど草刈が実施されている。現在、ここの個体を室内において人工増殖させ保護区へ再導入している。なお、工場団地区へは 2005～2008 年の調査期間中、飼育蛹は放されていない。

あづみの公園区

国営アルプスあづみの公園は長野県安曇野市にある国営公園で、一部を 2004 年 7 月に開園した。あづみの公園の開園区（以下あづみの公園区）は保護区から約 1 km ほど離れた場所にあり、整備された約 27 ha の敷地内に以前からあったアカマツ林を中心として、様々な植物が植栽され、レストランや展望テラスなどの複合施設がある。園内北の面積約 12600 m² の区域には大小 10 の人工池が造設され、周辺にはクララ植えられている。この区域に保護会議により、2007 年に 300、2008 年に 400 個体のオオルリシジミ人工飼育蛹が放された。

2. 寄生率調査

オオルリシジミ卵へ寄生するメアカタマゴバチの影響を定量的に明らかにするために、保護区では 2005 年から 2008 年の 4 年間、工場団地区では 2007 年と 2008 年、

あづみの公園区では 2008 年に卵のサンプリング調査を実施した。サンプリングはそれぞれの調査地内のクララの株を毎回無作為に選定し、その株の花穂から、産卵されている蕾をピンセットで採集した。サンプル数と実施日は、Table 1, 3 に示した。なおオオルリシジミ保全のため、サンプル数はその時の産卵数をみてできるだけ少なくした。

2008 年の保護区における調査では、南北に細長い長方形の調査区域を南、中央、北の 3 区画に均等に分けて卵をサンプリングした。それぞれの区画でのサンプル数と実施日は Table 2 に示した。また 6 月下旬になるとオオルリシジミの卵はほとんど見られなかったが、ルリシジミ *Celastrina argiolus ladonides* (de l' Orza) がクララに産卵する行動が多く確認された。メアカタマゴバチの寄主範囲を調べ、オオルリシジミの近縁種との寄生率を比較するため、6 月 30 日にクララの花穂に産卵されたルリシジミの卵を対象として、調査区域の南で 10 卵、中央で 15 卵、北で 10 卵をサンプリングした。

サンプリングした卵は、信州大学農学部昆虫生態学研究室に持ち帰り 1 卵ずつサンプル管に入れ常温で保管し、オオルリシジミ幼虫が孵化した卵、寄生蜂成虫が出現した卵、いずれも出現せず死亡した卵に分類した。2008 年には死亡した卵を解剖して、卵内に寄生蜂の死体があった卵と寄生されなかったが死亡した卵（オオルリシジミ幼虫の死体、組織が形成されず液状など）を判別し、前者は寄生卵に含めた。なお、オオルリシジミとルリシジミの卵は類似しているため、卵表面の網目模様を顕微鏡で観察して判別を行った。

3. 卵寄生蜂の個体数調査

保護区と工場団地区において粘着トラップを用いてメアカタマゴバチの個体数調査を実施した。寄生蜂を捕獲

Table 1 Percent parasitism by *T. chilonis* on eggs of *S. divinus* barine in Hogoku area

Sampling		No. of eggs sampled	No. of egg hatched (%)	No. of egg unhatched (%)	No. of eggs parasitized (%)
Year	Date				
2005	6/27	28	3 (10.7)	6 (21.4)	19 (67.9)
	6/4	45	31 (68.9)	0 (0.0)	14 (31.1)
2006	6/14	30	2 (6.7)	9 (30.0)	19 (63.3)
	6/21	30	5 (16.7)	5 (16.7)	20 (66.7)
2007	6/4	30	13 (43.3)	7 (23.3)	10 (33.3)
	6/13	30	0 (0.0)	5 (16.7)	25 (83.3)
	6/27	29	0 (0.0)	6 (20.7)	23 (79.3)
2008	6/2	52	16 (30.8)	7 (13.5)	29 (55.8)
	6/8	48	9 (18.8)	6 (12.5)	33 (68.8)
	6/16	27	5 (18.5)	2 (7.4)	20 (74.1)
	6/22	25	3 (12.0)	2 (8.0)	20 (80.0)

するため農業害虫の簡易発生予察に用いられているサンケイ化学（株）のポリプロピレン製黄色粘着テープ（商品名 IT シート）をトラップとした。幅 10 cm の粘着テープを 500 ml のペットボトル（周囲長 23 cm）に巻き、長さ 150 cm のイボ付園芸支柱に差込み設置した。

粘着トラップは保護区に 3 個、工場団地区に 3 個を設置し、10 日間以上放置した。2007 年には 2 回（6 月 25

日設置 7 月 5 日回収、7 月 5 日設置 7 月 19 日回収）、2008 年には 4 回（6 月 16 日設置 6 月 30 日回収、6 月 30 日設置 7 月 15 日回収、7 月 15 日設置 8 月 4 日回収、8 月 4 日設置 9 月 3 日回収）の調査を実施した。回収した粘着トラップは研究室に持ち帰り、双眼実体顕微鏡を用いてメアカタマゴバチを判別し個体数を数えた。

Table 2 Percent parasitism by *T. chilonis* on eggs *S. divinus barine* and *C. argiolus ladonides* at three different sites in Hogoku area (2008)

Species	Date	Sampling area	No. of egg sampled	No. of egg hatched (%)	No. of egg unhatched (%)	No. of eggs parasitized (%)
<i>S. divinus barine</i>	6/2	South	17	3 (17.6)	2 (11.8)	12 (70.6)
		Center	17	7 (41.2)	5 (29.4)	5 (29.4)
		North	18	6 (33.3)	0 (0.0)	12 (66.7)
	6/8	South	20	4 (20.0)	4 (20.0)	12 (60.0)
		Center	16	2 (12.5)	1 (6.3)	13 (81.3)
		North	12	3 (25.0)	1 (8.3)	8 (66.7)
	6/16	South	10	0 (0.0)	1 (10.0)	9 (90.0)
		Center	7	1 (14.3)	0 (0.0)	6 (85.7)
		North	10	4 (40.0)	1 (10.0)	5 (50.0)
	6/22	South	8	1 (12.5)	0 (0.0)	7 (87.5)
		Center	10	0 (0.0)	2 (20.0)	8 (80.0)
		North	7	2 (28.6)	0 (0.0)	5 (71.4)
<i>C. argiolus ladonides</i>	6/30	South	8	0 (0.0)	1 (12.5)	7 (87.5)
		Center	9	1 (11.1)	2 (22.2)	6 (66.7)
		North	10	1 (10.0)	0 (0.0)	9 (90.0)

Table 3 Percent parasitism by *T. chilonis* on eggs of *S. divinus barine* in Kojyo-danchi and Azumino Park area

Sampling Area	Sampling		No. of eggs sampled	No. of egg hatched (%)	No. of egg unhatched (%)	No. of eggs parasitized (%)
	Year	Date				
Kojyo-danchi	2007	6/4	30	20 (66.7)	1 (3.3)	9 (30.0)
		6/13	29	11 (37.9)	6 (20.7)	12 (41.4)
	2008	6/2	17	14 (82.4)	3 (17.6)	0 (0.0)
		6/8	7	5 (71.4)	0 (0.0)	2 (28.6)
		6/16	9	5 (55.6)	1 (11.1)	3 (33.3)
Azumino Park	2008	6/2	7	4 (57.1)	1 (14.3)	2 (28.6)
		6/22	7	1 (14.3)	2 (28.6)	4 (57.1)

結 果

1. 卵期の被寄生率

保護区においてオオルリシジミの卵から発生した寄生蜂の大部分は、メアカタマゴバチであり、2007年の調査では、寄生された71卵の内68卵(95.8%)が、また2008年では90卵の内88卵(97.7%)であった。それ以外はクロタマゴバチ科の一種であった。2008年にサンプルした卵のうち何も出現せず死亡した29卵を解剖した結果、寄生蜂の成虫や蛹の死体が確認されたのは、12卵(41.4%)であった。また、オオルリシジミ幼虫体は形成されていたが、孵化できずに死亡していたものが9卵あった。以下に述べる寄生率はメアカタマゴバチ以外の卵寄生蜂の出現した卵および寄生蜂の死体が確認された卵を含めて算出した。

保護区におけるオオルリシジミの卵寄生率を **Table 1** に示した。2006年と2007年では成虫発生初期の6月4日の寄生率が30%程度と低い値であったが、6月中・下旬になると有意に高くなる傾向が見られた(χ^2 検定, 2006年 $P = 0.003$; 2007年 $P < 0.001$)。2007年には6月中・下旬にサンプリングした59卵のうち寄生率が約80%となり、それ以外の卵もすべて未孵化で、オオルリシジミ幼虫は1個体も孵化しなかった。予備的に調査を行った2005年6月下旬の卵寄生率も67.9%と高い値であった。2008年には6月初旬においても55.8%で過去2年間よりも高い寄生率となり、6月中・下旬には68~80%と高くなった。

2008年の保護区の結果を南、中央、北の区画に分け、それぞれの寄生率を **Table 2** に示した。これより6月2日には中央の区画で有意に低い寄生率となったが(χ^2

検定, $P = 0.028$)、それ以外の調査日では、区画別の寄生率には有意な差はみられなかった。

2008年6月30日におこなったルリシジミの卵寄生率調査の結果を **Table 2** に示した。サンプルした35卵のうち27卵がルリシジミで、他はオオルリシジミ3卵、ツバメシジミ2卵、種不明の3卵であった。このうちオオルリシジミ卵は未孵化のまま死亡した。ルリシジミ卵から出た寄生蜂はすべてメアカタマゴバチで、保護区全体の寄生率は75.9%であった。区画別にみると、南で87.5%、中央で66.7%、北で90.0%となり、区画間で有意な差はなかった(χ^2 検定, $P = 0.371$)。

工場団地区とあづみの公園区における寄生率調査の結果を **Table 3** に示した。2007年の工場団地区における寄生率は、成虫発生初期の6月4日で30%であったが、6月13日には41%となり若干増加したが有意な差ではなかった(χ^2 検定, $P = 0.522$)。2008年の6月2日では寄生率は0%であったが、6月8日、16日には28.6%、33.3%となりオオルリシジミ発生初期の調査よりも寄生率が増加した。また、サンプルを込みにした工場団地区の寄生率は、保護区よりも2007年(χ^2 検定, $P = 0.021$)、2008年(χ^2 検定, $P < 0.001$)ともに有意に低かった。

あづみの公園区では2008年の6月2日の寄生率は28.6%と低い値であったが、6月22日には57.1%と増加したが、サンプル数が少なかったため有意な差とはいえなかった(χ^2 検定, $P = 0.589$)。

2. メアカタマゴバチの捕獲数

Fig. 1 に保護区と工場団地区に設置した3個の粘着トラップに捕獲されたメアカタマゴバチの個体数をトラップ1個あたり、1日あたりの捕獲数に換算して示した。

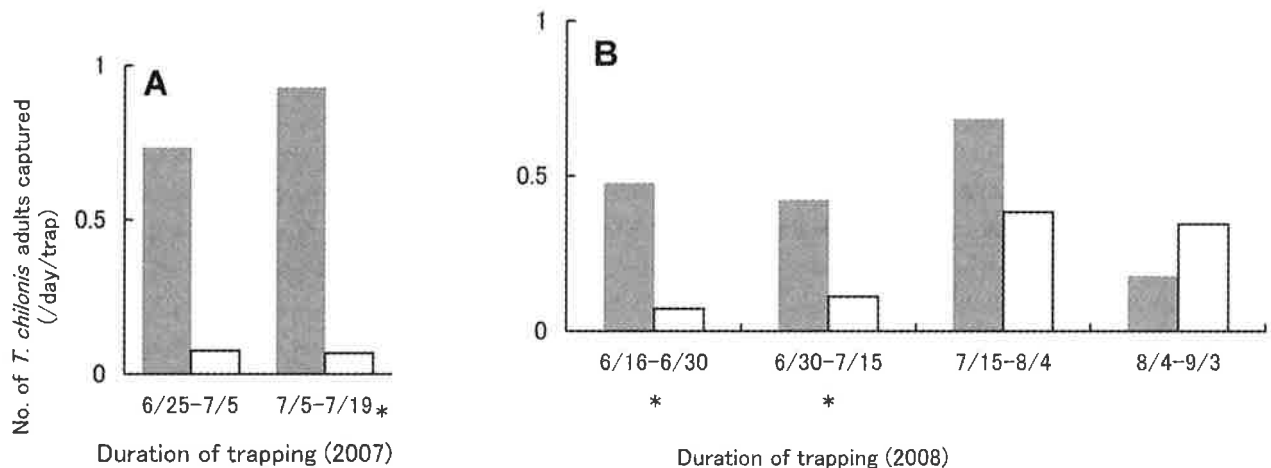


Fig. 1 Number of *T. chilonis* adults captured per day by sticky trap.

A: 2007, B: 2008, ■: Hogoku area, □: Kojyo-danchi area.

*: There is significant difference at 5% level between Hogoku area and Kojyo-danchi area (Mann-Whitney's U test).

2007 年の 7 月 5 日に回収した 3 個のトラップを合計すると、メアカタマゴバチは保護区で 22 個体 (0.73 個体/トラップ/日)、工場団地区で 5 個体 (0.08)、7 月 19 日では保護区で 39 個体 (0.93)、工場団地区で 8 個体 (0.07) が捕獲され、保護区のほうが捕獲個体数は多く、7 月 19 日には有意な差がみられた (Mann-Whitney の U 検定, $P < 0.05$)。

2008 年においては回収日が 6 月 30 日、7 月 15 日、8 月 4 日では、いずれも工場団地区よりも保護区のほうが捕獲個体数は多く、6 月 30 日、7 月 15 日では有意な差がみられた (Mann-Whitney の U 検定, $P < 0.05$)。しかし、9 月 3 日回収トラップでは、保護区が 16 個体 (0.18 個体/トラップ/日) と減少し、工場団地区では 31 個体 (0.34) と増加して、保護区の約 2 倍になった。

3. メアカタマゴバチの羽化数

保護区におけるオオルリシジミ 1 卵あたりから羽化したメアカタマゴバチ成虫数を **Table 4** に示した。6 月 2 日から 22 日まで全調査期間を込みにした 1 卵あたりの平均羽化数は、1.50 個体であった。調査日ごとの平均羽化数は、6 月 2 日から 22 日まではいずれも有意な差はみられなかった (ANOVA, $P = 0.064$)。6 月 30 日に採集したルリシジミから出現したメアカタマゴバチの 1 卵あたりの平均羽化数は 1.95 個体で、オオルリシジミの平均羽化数より有意に多かった (t 検定, $P = 0.002$)。

考 察

保護会議が、安曇野のオオルリシジミ自然個体群の回復を目指して、1999 年以来飼育蛹を放してきた保護区では、2005 年からの卵サンプリング調査の結果、寄生蜂による卵期の寄生率が、31~83% に及ぶことが明らかになった (**Table 1**)。一方、僅かに自然個体群が生息している工場団地区では、2007 年と 2008 年の調査で卵寄生率は最大で 41% にすぎず、保護区より低い値で

あった (**Table 3**)。この寄生率の違いは、オオルリシジミ卵が産卵される 6 月から 7 月の期間に工場団地区より保護区のほうが、メアカタマゴバチの生息密度が高かったためであると考えられる (**Fig. 1**)。

メアカタマゴバチは、広範囲の鱗翅目昆虫の卵寄生蜂として知られており、平井 (1987) によると寄生する種はオビガ *Apha aequalis* (Felder) をはじめとして 11 科 60 種のガ類が記録されており、マメノヒメシクイ *Leguminivora glycinivorella* (Matsumura) の卵では 8 月末から 9 月中頃に最高 77% の寄生率が報告されている。最近では室内実験においてコナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) に対して密度抑制効果があることが報告されている (Miura, 2003)。メアカタマゴバチの発育日数は、タマナヤガ *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) 卵においては 24.4°C で 9 日 (平井, 1987)、コナガ卵においては 20°C で約 14 日 (Miura & Kobayashi, 1993)、また 24.4°C 条件下における 1 雌当たりの次世代羽化数は 87.7 個体 (平井, 1987) であると報告されている。

オオルリシジミ成虫が出現する 6 月の安曇野の平均気温が、20°C であることから、卵が十分にあるとすると、メアカタマゴバチは上述した発育日数や次世代生産数から推測して、1 ヶ月の間に少なくとも 2 世代は繰り返し、急速に密度を増加していくものと考えられる。2005 年のサンプリング調査から保護区では 1 株当たり 81 卵が産卵されたと推定された (平林ら, 2009)。保護区での 6 月中下旬の寄生率の増加は (**Table 1**)、こうした高密度状態にあるオオルリシジミの卵によりメアカタマゴバチが増加したものと考えられる。そのため 2007 年の 6 月中下旬では、孵化卵が見られないほど死亡率が高くなり、その結果として保護区におけるオオルリシジミの定着に大きな障害になっていると考えられる。保護区におけるオオルリシジミ卵の高密度は、多くの蛹を放した結果と考えられる。今後、本種の回復事業を行っていく上で、放す蛹数と卵寄生率の関係等を明らかにして、オオルリシジミの適正な密度管理を考えていく必要がある

Table 4 Mean number of *T. chilonis* adults emerged from one egg of *S. divinus* barine in Hogoku area

Date	No. of eggs examined	Mean	S.D.
6/2	29	1.38	0.561
6/8	26	1.73	0.533
6/16	19	1.37	0.496
6/22	16	1.50	0.516
Total	112	1.59	0.623

といえる。

長野県東御市では、北御牧オオルリシジミを守る会が2004年から安曇野と同じようにオオルリシジミの蛹を放して、個体群の回復に成功している(西尾, 2005; 清水, 2009)。安曇野と放した蛹の数やクララの生育面積などの相違はあるが、北御牧では、蛹を放し始めた2004年には寄生蜂による卵の死亡が見られなかったとされ(西尾, 2005)、寄生蜂の生息密度の低さが個体群の回復した要因の一つと考えられる。その後、北御牧では2005年と2006年の調査で *Trichogramma* sp. が確認されている(西尾, 2007)。

九州の阿蘇では、野焼きを行うとクララと吸蜜植物の生育が良くなるが、野焼きを停止した地域では遷移が進み、カヤ・ススキが繁茂してオオルリシジミ成虫の個体数が減少することが報告されている(村田ら, 1998)。

かつての安曇野のオオルリシジミは、阿蘇の火山帯の放牧地とは異なり、棚田の法面や畦、横堰、河川の堤防などアルプス山麓の里山の田園環境に多く生息していた。これらの生息地は、放牧は行われていなかったが、採草のための草刈りと春先の火入れが行われていた(浜, 2007)。さらにオオルリシジミの食草であるクララは、刈殺しや薬草に使われるため草刈りの時に選択的に残されてきた(田下・丸山, 2007)。安曇野では阿蘇地方の放牧地の牛の代わりに人間が選択的に草刈りをし、クララを残してきたといえる。このように安曇野のオオルリシジミは、伝統的な農業技術により人的に管理されていた環境に生息してきた種であるといえる。

しかし、現在では個体群の回復を旨として蛹を放している保護区とその周辺一帯は、国営アルプスあづみの公園の管理区域で、草刈りはオオルリシジミの発育シーズンが終わる7月頃になって行われているが、春先の火入れは行われず、また農業のための人的な管理は行われていない。一方、工場団地区の生息地は工場敷地内にあり、南方向のみ小さな川を挟んで水田や畑に接しており、オオルリシジミ成虫の発生前に草刈りと火入れが行われている。

本調査におけるメアカタマゴバチの捕獲数は、8月に広範囲に草刈りを実施した保護区では8月以後に減少しているのに対して、7月以降はあまり草刈りが行われていない工場団地区では増加した(Fig. 1)。このことは草刈りの実施時期により、卵寄生蜂の発生を抑制できる可能性を示唆しているものと考えられるであろう。

放牧が行われている阿蘇地方では、オオルリシジミの卵寄生蜂であるタマゴバチの一種 *Trichogramma* sp. (村田・野原, 2003) は、放牧を停止すると寄生活動が活発化することや(村田, 2003)、未野焼き区や休牧区ではクモなどのオオルリシジミの天敵が多いことが報告されている(村田・野原, 2005)。これより、野焼きと放牧は、オオルリシジミの食草であるクララを選択的に

残し、さらに天敵で排除する効果を持っていると考えられている(村田, 1999; Murata *et al.*, 2008)。

したがって、草刈りや放牧、あるいは野焼きなど草原環境への人的な管理によって天敵であるメアカタマゴバチなど寄生蜂の発生が抑制された可能性が考えられる。

安曇野においてオオルリシジミ自然個体群が僅かに工場団地区に生き残ったのは、ここは寄生蜂が外部から侵入しにくい工場敷地内であり、また春先の火入れやオオルリシジミ成虫の出現前の草刈りなど人的な管理により卵寄生蜂の発生が抑えられていたことも一因であると考えられる。

今後、オオルリシジミの自然個体群を回復していくためには、野焼きや草刈りなど人的な生息環境の管理を行うとともに、生息域が狭く食草が食い尽くされる危険性を回避するため、クララの植栽面積を拡大するなどの活動を行っていく必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり保護区での調査にご協力いただいた保護会議の那須野雅好氏と丸山潔氏、また調査に便宜を図っていただいた国営アルプスあづみの公園区と株式会社サンコーの皆様へ厚く感謝する。この研究の一部は2008年度のPRO NATURA FUNDによる助成金によって実施された。

引用文献

- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之(1984) 日本原色蝶類生態図鑑(Ⅲ)。保育社、大阪。
- 浜 栄一(2007) 蛹の野外導入によるオオルリシジミの保護。昆虫と自然 42(7): 27-31。
- 平林純之介・江田慧子・中村寛志(2009) 国営アルプスあづみの公園保護区におけるオオルリシジミ *Shijimiaeoides divinus barine* 蛹導入個体群に関する生命表調査。信州大学農学部紀要 45: 21-30。
- 平井一男(1987) マメシクイガの卵寄生蜂メアカタマゴバチの生態と寄生様式。東北農試研報 75: 41-64。
- 蛭川憲男・島田久隆(1998) 新潟県中郷村の自衛隊演習場付近におけるオオルリシジミ生息地の現状。やどりが 175: 9。
- 小林靖彦(1989) 長野県安曇野におけるオオルリシジミの衰亡。日本産蝶類の衰亡と保護 第1集: 97-98。
- 丸山 潔(2004) オオルリシジミ卵より寄生蜂。まつむし 93: 7。
- 丸山 潔(2005) 安曇野のオオルリシジミを守る。環動 16: 137-138。
- Miura, K. and M. Kobayashi (1993) Effect of temperature

- on the development of *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera : Trichogrammatidae), an egg parasitoid of the diamondback moth. *Applied Entomology and Zoology* 28 : 393-396.
- Miura, K. (2003) Suppressive effect of the egg parasitoid *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera : Trichogrammatidae) on the population density of the diamondback moth. *Applied Entomology and Zoology* 38 : 79-85.
- 村田浩平・野原啓吾・阿部正喜 (1998) 野焼きがオオルリシジミの発生に及ぼす影響. 昆虫 (ニューシリーズ) 1 : 21-33.
- 村田浩平 (1999) 野焼きとオオルリシジミ. インセクトarium 36 : 300-304.
- 村田浩平 (2003) オオルリシジミの生態と保護. 昆虫と自然 38 (5) : 21-24.
- 村田浩平・野原啓吾 (2003) オオルリシジミ (九州亜種) の発生に及ぼす天敵と生息環境の影響. 昆虫 (ニューシリーズ) 6 : 89-99.
- 村田浩平・野原啓吾 (2005) オオルリシジミをとりまく昆虫およびクモの種構成と草原環境. 昆虫, 8 (3) : 79-90.
- Murata, K., C. Okamoto, A. Matsuura and M. Iwata (2008) Effect of grazing intensity on the habitat of *Shijimiaeoides divinus asonis* (Matsumura) (Lepidoptera, Lycaenidae). *Trans. lepid. Soc. Japan* 59 : 251-259.
- 室谷洋司 (1989) 青森県におけるオオルリシジミの衰亡. 日本産蝶類の衰亡と保護 第1集 : 90-97.
- 長野県 (2009) 長野県希少野生動植物保護条例. web site 信州長野県公式ホームページ <http://www.pref.nagano.jp/kankyo/hogo/kisyuu2/> 2009年2月13日閲覧.
- 長野県自然保護研究所 (2004) 長野県版レッドデータブック動物編 —長野県の絶滅のおそれのある野生動物—. 長野県, 長野.
- 西尾規孝 (2005) 長野県東御市における放蝶されたオオルリシジミの生態. やどりが 205 : 2-6.
- 西尾規孝 (2007) 長野県東御市における放蝶されたオオルリシジミの生態2. やどりが 214 : 5-9.
- 西尾規孝 (2009) オオルリシジミとルリシジミの卵. やどりが 219 : 24-25.
- 清水敏道 (2009) 長野県東御市でのオオルリシジミ回復活動. 昆虫と自然 44 (2) : 4-9.
- 田下昌志・西尾規孝・丸山 潔 (1999) 長野県蝶類動態図鑑. 文一総合出版, 東京.
- 田下昌志・丸山 潔 (2007) 本州中部地方におけるオオルリシジミの現状と増殖活動. *Butterflies* 44 : 24-31.

栽培管理方法の異なる水田間における大型水生動物群集の比較

中西康介・田和康太・蒲原 漠・野間直彦・沢田裕一

滋賀県立大学環境科学部

(受領 2009年3月31日；受理 2009年5月11日)

Comparisons of macro-aquatic animal communities among paddy fields under different cultivation management systems. Kosuke NAKANISHI, Kota TAWA, Baku KANBARA, Naohiko NOMA and Hiroichi SAWADA. School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, Hikone, Shiga 522-8533, Japan.

Abstract

To examine the effects of differences in cultivation management, we conducted censuses of macro-aquatic animal communities in paddy fields in Takashima, Shiga prefecture, during April-September, 2008. Among a number of species we selected the following three orders of aquatic insects (Odonata, Hemiptera, and Coleoptera) and fish such as loach, *Misgurnus anguillicaudatus* as target organisms. Four types of paddy fields were set up under different cultivation management systems with two replicates for each treatment: 1) conventional management with an application of standard amounts of agrochemicals and kept dry during winter, 2) reduced-agrochemical management and kept dry during winter, 3) no agrochemical management and kept dry during winter, and 4) no agrochemical management and flooded year round. In paddy fields under the conventional and reduced-agrochemical management systems, aquatic insects were fewer in terms of the number of species and individuals. This was largely to the result of enhanced mortality of aquatic insects, which were assumed to have been killed by agrochemicals used in the early season. In the winter-flooded paddies aquatic insects were most abundant, both in the number of species and individuals throughout the census period. This suggested the critical importance of paddies as units of conservation of aquatic insects. By contrast, loach were less abundant in the winter-flooded paddies, indicating their low suitability as a spawning site and habitat for young fish. To account for this phenomenon, the persistent presence of aquatic insects that act as fish food, and the low availability of plankton as a food resource were suggested and discussed.

Keywords : Paddy field, Aquatic insects, *Misgurnus anguillicaudatus*, Winter-flooded, Agrochemicals, Agroecology

水田における栽培管理方法が水生生物群集にあたる影響を調べるために、滋賀県高島市の水田において、2008年4月から9月までトンボ目、カメムシ目、コウチュウ目の3目の水生昆虫類とドジョウなどの魚類を対象とした調査を行った。調査区として、慣行、減農薬、無農薬、冬期湛水の4タイプの農法の水田を各2筆設定した。慣行田や減農薬田では、水生昆虫類の種数や個体数が少なかった。この理由として、初期に使用された農薬による死亡率の上昇が主要な原因だと考えられた。冬期湛水田では、水生昆虫類の種数と個体数が調査期間を通して多く、水生昆虫類の保全の場として重要だと推測された。他方、ドジョウの個体数は冬期湛水田で少なく、産卵や仔稚魚の成育場所として不適だと考えられた。その理由として、捕食性の水生昆虫群集の存在や、仔稚魚の餌であるプランクトン類が減少した可能性について考察した。

はじめに

水田は、河川の後背湿地などを利用していた水生生物にとって、失われた生息場所の代替として機能してきたと考えられている（守山，1997）。これまで、様々な水生生物が水田を生息や繁殖の場所として利用していることが報告されている。例えば、伴・桐谷（1980）は、水田において、トンボ目5種、カメムシ目6種、コウチュウ目10種を確認した。西城（2001）は、水田でカメムシ目8種とコウチュウ目21種を記録し、そのうちの多くの種が水田を繁殖場所として利用していることを明らかにした。また、片野ら（2001）は、水田において11種の魚類を確認した。齊藤ら（1988）は、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) やナマズ *Silurus asotus* (Linnaeus) が水田で産卵することを報告している。さらに、水田はこれらの水生動物を捕食する水鳥の採餌場所としても重要な役割を持っている（藤岡，1998）。このように、水田は農業生産の場としてだけでなく、生物多様性保全の場としても注目されている（日鷹，1998；浜崎，2007）。そのため、2008年に開かれたラムサール条約締約国会議において、「湿地システムとしての水田における生物多様性の向上」（いわゆる「水田決議」）が採択された。これにより、水田において生物多様性を向上させるような栽培管理方法が求められている。

ところが、農薬の使用、圃場整備による冬期の乾田化、中干しの徹底、耕作放棄水田の増加など、水田における環境が変化してきている。その結果、水田に生息する多数の水生生物が減少または絶滅に瀕している（日鷹，1998；浜崎，2007；市川，2008）。そのため、近年、生物多様性に配慮した減農薬栽培、無農薬栽培や冬期湛水栽培などが全国各地で行なわれている（嶺田ら，2004；浜崎，2007；呉地，2008）。これまで、イネの移植時期（伴・桐谷，1980）、施肥（平・宝月，1987；Simpson *et al.*, 1994）、農薬の使用（石田・村田，1992；Roger *et al.*, 1994；小山・城所，2003）、冬期の水管理（岩田・藤岡，2006；大澤ら，2004）、水の供給方法（Fujioka and Lane，1997；片野ら，2001）が水生生物群集に与える影響について報告されている。しかし、実際の水田において、このような様々な栽培管理条件の影響について包括的な研究は十分にされていない。そこで本研究では、農薬・施肥・耕起・水管理などの条件が異なる水田において、水生動物群集の種数や個体数の季節消長を比較することで、栽培管理方法が水生動物群集に与える影響を考察した。なお、本研究では、水生昆虫類のうち、トンボ目幼虫、カメムシ目、コウチュウ目と、魚類を調査対象とした。これらの分類群は水田に生息する水生動物群集のなかでは比較的大型で種数が多く、高次の捕食者であるために環境の指標として適していると考えたからである。

調査地と方法

調査地の概要

滋賀県高島市今津町の棕川（35°24'N, 135°54'E）に位置する8筆の水田で、2008年4月中旬から9月上旬まで調査を行なった（Fig. 1）。調査地は標高約250mの中山間地域であり、日本海側気候に属するため冬期には積雪が多い。周辺のおもな植生はスギ・ヒノキの植林やコナラ・クリなどの落葉広葉樹二次林である。この地域には、調査水田を含め、自然河川を灌漑用水として利用する水田が河川沿いに並んでいる。

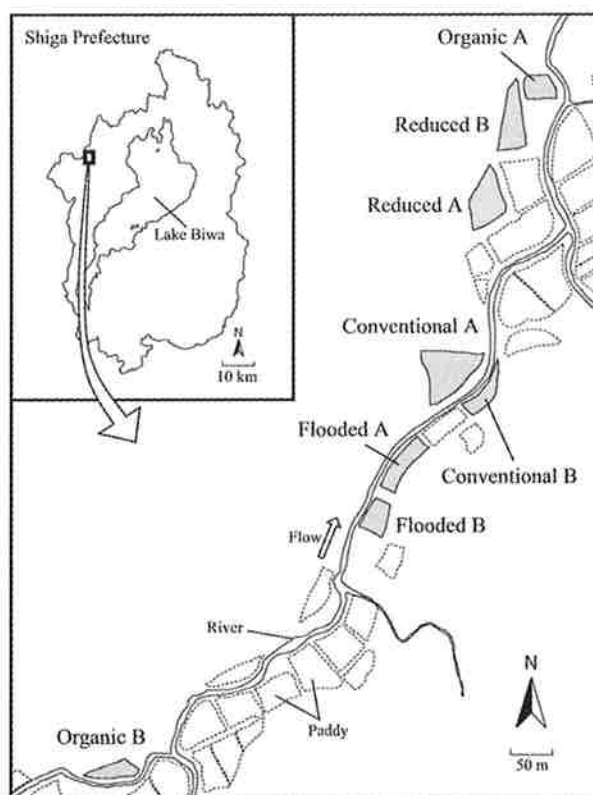


Fig. 1 Location of the study fields at Takashima city, Shiga prefecture in central Japan. Gray areas indicate investigated paddy fields. Dotted lines show the other paddy fields.

調査水田の栽培管理方法

調査対象とした水田の栽培管理方法は、慣行農法、減農薬農法、無農薬農法、冬期湛水農法（以下、慣行田、減農薬田、無農薬田、冬期湛水田）の4種類であり、それぞれ2筆を調査水田に設定した（Table 1）。各水田の面積は3.9～19.7aで、5月上旬～6月上旬にかけて田植えが実施された。

慣行田では、ロータリー式耕耘機によって、荒起こしと代掻きが行なわれた。殺菌剤、殺虫剤、除草剤および

化学肥料が通常の使用量で1作期に1回ずつ使用された。また、中干しが6月17日から行なわれ、その後は圃間灌漑が行なわれたため完全な湛水状態にならなかった。中干し期間中、慣行田Aでは水田内の一部に水たまりが残っていたが、慣行田Bでは、水田内の水が完全に排水され、土壌表面が乾燥状態になっていた。

減農薬田では、慣行田と同様に耕耘機によって荒起こしと代掻きが行なわれた。殺菌剤、殺虫剤、除草剤は4年前から慣行田の4分の1以下の使用量に抑えられていた。また、肥料として有機肥料が施された。中干しは慣行田と同様に6月17日に開始され、その後圃間灌漑が行なわれた。減農薬田Bは水はけが悪く、中干し期間中も湛水状態になることが多かった。

無農薬田Aでは耕耘機による荒起こしと代掻きが行なわれ、無農薬田Bでは牛耕による荒起こしが行なわれた。両水田ともに農薬や肥料が使用されなかった。また、中干しが実施されず、作付け期間中は基本的に湛水状態であった。ただし、無農薬田Bでは、8月中旬、同じ灌漑用水を使用する慣行田の落水時に水の供給が止まり、2日間ほど水田内の水が完全に抜け、土壌表面が乾燥状態になったことがあった。除草は手押し式の除草機を用いて行なわれた。無農薬田Aでは、1980年代後半から約20年間、無農薬田Bでは、2004年からこのような栽培管理方法が取り入れられていた。

冬期湛水田Aでは、荒起こしはされず、耕耘機を用いて表面5cm程の浅起こしが行なわれた。一方、冬期湛水田Bでは無農薬田Bと同様に牛耕による荒起こしが行なわれた。両水田ともに田植えや稲刈りの時期を除き、2008年2月から通年、水深6cm程度に湛水されていた。湛水を開始するまでの冬期は積雪に覆われていた。また、無農薬田と同様に農薬や肥料が使用されなかったが、冬期湛水田Aでは2008年6月8日に米ぬかが一部に散布

された。除草は手押し式の除草機を用いて行なわれた。なお、冬期湛水田A・Bでは、2007年まで慣行農法が行なわれていた。

すくい取り調査の方法

8筆の水田において、たも網（長方形フレーム、フレーム幅15cm、目幅約1mm）を用いて水中を畦からすくい取る方法で水生動物を採集した。まず、各水田について、等間隔に20地点のすくい取り地点を設定した。つぎに、各地点において、たも網を用いて、畦に対し垂直に約50cmの距離をすばやく泥ごとすくい取った。生物の取り残しを減らすために、このすくい取りを各地点につき2回連続して行なった。すくい取った内容物をバットに移し、水生動物を採集した。採集された水生動物の種名と個体数を記録した後、採集場所に放流した。魚類については標準体長も計測した。現地で同定が不可能な種は、70%エタノール液浸標本として研究室に持ち帰り同定した。また、トンボ目の終齢幼虫の一部を研究室に持ち帰り、羽化するまで飼育し同定の基準とした。

以上の方法によるすくい取り調査を、冬期湛水田については2008年4月11日から9月3日まで、他の水田については田植えのための入水直後から稲刈りのための落水時まで、それぞれ週1回の頻度で行なった。ただし水田内のすくい取り地点の水深が約1cmに満たない場合、すくい取り調査が不可能であったため、水田間で調査回数を統一することができなかった。調査回数の最少は慣行田Bの6回、最多は冬期湛水田Aの21回であった（Table 1）。

トラップ調査の方法

すくい取りによる採集が困難であった魚類について、トラップを用いた調査を行なった。容量2Lの角型ペツ

Table 1 Area, number of surveys and farming methods of the paddy fields investigated in 2008.

Paddy type	Area (a)	Number of surveys		Irrigation season	Transplanting date	Midseason drainage	Agrochemicals treatment	Fertilizer treatment	Tillage methods	
		Sweeping	Trap							
Conventional	A	19.7	8	13	3 May - 21 Aug.	8 May	Yes	Yes ¹⁾	Chemical	Rotary tiller
	B	3.9	6	—	3 May - 21 Aug.	8 May	—	—	—	—
Reduced	A	14.3	8	13	11 May - 21 Aug.	16 May	Yes	Yes ²⁾	Organic	Rotary tiller
	B	11.2	13	12	11 May - 21 Aug.	16 May	—	—	—	—
Organic	A	9.0	14	8	17 May - 29 Aug.	30 May	No	No	No	Rotary tiller
	B	6.3	12	—	8 May - 28 Aug.	31 May	—	—	—	Cattle
Flooded	A	9.1	21	13	Feb. - year round	7 Jun.	No	No	No	Shallow tiller
	B	5.4	18	—	Feb. - 29 Aug.	9 Jun.	—	—	—	Cattle

¹⁾ Clothianidin and Oryzastrobin (bed treatment, insecticide and fungicide), Dinotefuran (sprayed on 17 August, insecticide), Cyclosulfamuron, Daimuron and Fentrazamide (together with transplanting, herbicide).

²⁾ Thiamethoxam and Pyroquilon (bed treatment, insecticide and fungicide), Dinotefuran (sprayed on 17 August, insecticide), Cyclosulfamuron, Daimuron and Fentrazamide (together with transplanting, herbicide). The amount of each agrochemical was reduced to a quarter of the conventional treatment.