Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 21 (4) ：223－230 (2010)
環動昆　第21巻　第4号：223－230 (2010)

原　著

長野県安曇野におけるオオルリシジミ成虫のマーキング調査について

江田慧子*・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　2010年5月31日；受理　2010年8月30日)

Mark and recapture census of *Shijimiaeoides divinus barine* (Leech) (Lepidoptera：Lycaenidae) adults in Azumino, Nagano Prefecture. Keiko Koda and Hiroshi Nakamura. Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University, 8304 Minamiminowa, Nagano 399-4598, Japan.

Abstract

The number of *Shijimiaeoides divinus barine* adults and their migration behavior were investigated by a mark-and-recapture method in the preservation area of Azumino. Pupae (n=400 each time) of this butterfly had been released in this area in 2008 and 2009. Sampling for marking was carried out 10 times during May and June in 2008 and 7 times in 2009. Male and female butterflies appeared in late May and early in June, respectively. In 2008, 211 butterflies were marked and 57 (27.0%) recaptured. In 2009, 137 butterflies were marked and 24 (17.5%) recaptured. There were no significant differences in the percentages of those recapture by sex or year. The percentage of marked butterflies among those captured was 44% in 2008 and 50% in 2009. Females marked at an early stage of their development were recaptured more frequently than those in a late stage. The maximum duration from first capture to last recapture was 17 days in 2008 and 15 in 2009. Butterflies recaptured outside the preservation area were 1 female in 2008 and 2 females in 2009. One of these was observed sucking nectar and laying eggs in an area 560m away from the release point. Therefore, it is suggested that *Sophora flavescens* be planted at 500-600m intervals to recover the population of *S. divinus barine*. Estimated total number of butterflies in the preservation area was 110.0～273.6 in 2008 and 95.3～289.3 in 2009. The total number of butterflies estimated to have emerged in the population was 284 in 2008 and 184 in 2009. These values were underestimated because the number of adults that emerged before the mark-and-recapture census could not be estimated.

Keywords：*Shijimiaeoides divinus barine* adult, Azumino, Mark and recapture, Jolly-Seber method, Estimates of population parameter, Migration

長野県安曇野において，オオルリシジミ成虫の個体数や移動・分散の実態を明らかにするため，標識再捕獲法による調査を行った．保護区に人為的に放されたそれぞれ400個体の蛹から羽化した成虫を対象に，2008年5月～6月にほぼ3日間隔で計10回，2009年はほぼ5日間隔で計7回のマーキングを行った．その結果，成虫の出現時期は，いずれの年もオスは5月下旬，メスは6月初旬がピークとなり，メスはオスよりも5～6日遅かった．2008年には211個体をマークし，再捕獲された個体は57個体(27.0%)，2009年は137個体のうち24個体(17.5%)となり，再捕獲率は年次や雌雄間で有意な差はなかった．捕獲個体の中に占めるマーク虫の割合は，2008年は最大で44%，2009年は50%であった．両年とも発生初期にマークされたメス個体は，再捕獲される割合が高く，また再捕までの平均期間が長かった．マークされてから最後に再捕獲されるまでの期間が最も長かったのは，2008年ではオス，メスともに17日，2009年ではオスが14日，メスが15日であった．保護区以外で確認されたマーク個体は，2008年にメス1個体，2009年にメス2個体で，直線距離で560 m離れた地区で吸蜜・産卵しているのが確認された．これよりオオルリシジミ個体群を安曇野で回復させるには，生息地から500～600 mおきにクララ群落が分布するような生息環境を整備する必要があると考え

*Corresponding author：Keiko Koda, 10st403a@shinshu-u.ac.jp

られた．Jolly-Seber 法により推定した保護区内の個体数の範囲は 2008 年で 110.0～273.6 個体，2009 年で 95.3～289.3 個体であった．また補正加入数 *Bi'* を合計した総加入数は，2008 年で 284 個体，2009 年で 184 個体であった．これは放した蛹数と羽化率より算出した羽化数（352 個体）よりも少なく，マーキング調査以前に羽化した個体数を加算できなかったために過小評価になった．

緒　言

オオルリシジミ *Shijimiaeoides divinus*（Fixsen）は，鱗翅目シジミチョウ科（Lepidoptera：Lycaenidae）に属する開翅長 3～4 cm のチョウである．蛹で越冬し，成虫は 5 月下旬から 6 月に出現する年 1 化性の種である．幼虫は多年性草本のマメ科のクララ *Sophora flavescens* Aiton の蕾と花のみを摂食する単食性である．かつては東北地方や長野県を中心とする中部圏に本州亜種 *S. divinus barine*（Leech）が広く生息していたが（福田ら，1984），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）．一方，九州の九重高原と阿蘇山に九州亜種 *S. divinus asonis*（Matsumura）が分布しているが，現在個体群は減少してきている（村田ら，1998）．オオルリシジミは環境省（2000）のレッドデータブックでは絶滅危惧Ⅰ類に，長野県自然保護研究所（2004）によるレッドデータブックでは絶滅危惧ⅠB類に，熊本県（2009）によるレッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類に指定されている．

安曇野では 1990 年頃には絶滅したと考えられていたが，わずかに生き残っている自然個体群が発見され，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，生息地でクララ以外の植物の除草，採集者を監視するためのパトロールなどの保護活動を行っている．その中で重要な保護活動として，自然個体群の回復を目指して人工飼育した蛹を，国営アルプスあづみの公園用地内（長野県安曇野市）にオオルリシジミの保護地として指定されている 100 m×20 m の区画（以下保護区）に放す活動が行われている．しかし，1999 年以来，蛹を放しているにもかかわらずオオルリシジミは定着していない（浜，2007）．最近その要因として，春先の野焼きが行われなくなりメアカタマゴバチ *Trichogramma chilonis* Ishii による卵寄生の影響が大きくなったことが明らかになった（平林ら，2009；江田ら，2009；江田・中村，2010）．

安曇野にオオルリシジミ個体群を回復させるうえで，生命表調査（平林ら，2009）や有効積算温量・発育零点（中村ら，2008；Koda & Nakamura, 2010）などの基礎研究に加えて，食草であるクララの分布域を増やすことが重要である．そのためには放した蛹から羽化した成虫に関する移動・分散の知見が必要である．しかし，オオルリシジミに関しては大曽根ら（1982）が日周活動を，また西尾（2005）がマーキングによる移動を報告しているにすぎない．

そこで保護会議では蛹を放した保護区で成虫の目撃調査を行ってきたが，500 蛹が放された 2006 年では成虫が 20 個体，350 蛹が放された 2007 年では 21 個体と観察数が少なく（那須野，未発表），また成虫の羽化率や蛹を放した地点にとどまっている割合や期間が不明であった．

そのため本研究では蛹を放した地点にとどまっているオオルリシジミの成虫数や移動・分散の実態などを明らかにするため，安曇野の保護区において成虫のマーキング調査を実施したものである．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（20 自保第 86 号），また都市公園法第 12 条に基づく許可（ア公用第 17 号）を受けて実施したものである．

材料と方法

1．調査地

成虫のマーキング調査を行った保護区一帯は山裾にある東向き斜面の棚田で，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．幼虫の食草である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．保護区を含めあづみの公園用地内は公園管理業者によって定期的に草刈が行われ，オオルリシジミ成虫の発生時期にはシロツメクサ *Trifolium repens* などの吸蜜植物がなくならないような配慮がなされている．

個体のマーキングは 2008，2009 年に実施し，加えて成虫の移動・分散状況を明らかにするため，クララ群落が確認されている，国営あづみの公園開園区とⅠ地区，K地区においてマーク個体の調査を行った．**Fig. 1** に調査地区の地図を示したが，オオルリシジミ保護のために，調査地を特定できる記号等は省略した．保護区からⅠ地区の間は水田が広がり，クララの群落はまったくない環境である．K地区は安曇野で唯一自然個体群が残っている地区である．この調査は保護区でのマーキング調査後，毎回行った．また 2010 年 4 月に安曇野に分布しているクララ群落の地点を GPS（GPSMAP60CSx, GARMIN）で測定し，Google earth（ver.5.1.3534.0411）を使って保護区からの距離を算出した．

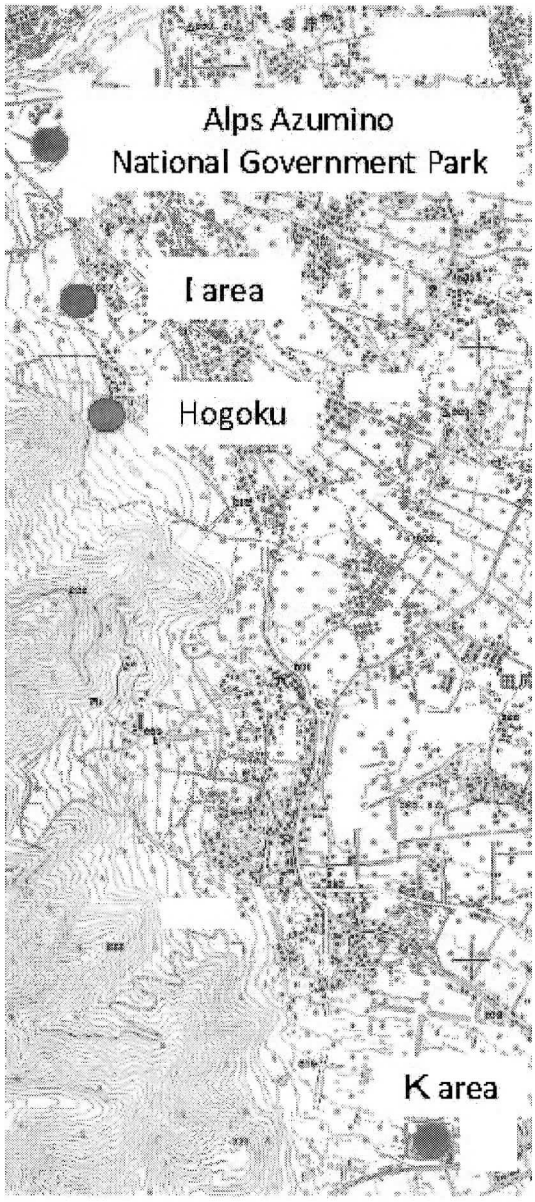


Fig. 1 Map of Hogoku, Alps Azumino National Government Park, I area and K area at Azumino City.

2．マーキング方法

保護区には 1999 年以降，毎年 5 月に保護会議により人工飼育をした蛹が放されている．2008 年は 5 月 11 日に，2009 年は 5 月 6 日にそれぞれ 400 個体の蛹が放され，本研究ではそこから羽化した成虫をマーキング対象とした．調査は標識再捕獲法を用い，2008 年には成虫が出現する 5 月 27 日～6 月 20 日にほぼ 3 日間隔で計 10 回，2009 年は 5 月 23 日～6 月 23 日にほぼ 5 日間隔で計 7 回行った．

成虫は朝方にはゆっくり飛翔し捕獲しやすいため，調査は午前中に行った．未マーク個体については，ネットで捕獲し，翅の黒斑の有無で雌雄を記録した後，後翅裏面に油性マーカー（ZEBRA 油性マッキー極細）で個体番号を記入した（**Fig. 2**）．その後，捕獲した場所に放逐した．オオルリシジミは開翅長 3～4 cm と小型で，3 桁以上の番号を翅に記入するのは困難であるため，1～99 番は黒色の油性マーカーを用い，100 番台は赤色，200 番台は青色とし，それぞれ 0～99 の番号を記入した．マーク個体については，発見したら個体番号とマーカーの色を記録した．

3．個体数と加入数の推定方法

標識再捕獲調査で得られたデータをもとに，Jolly-Seber 法により各調査日の個体数，マーク個体数，残存率などの個体群パラメータを推定した（Jolly，1965；Seber，1965）．Jolly-Seber 法で算出される加入数 B_i は，i から $i+1$ の間に加入した個体が $i+1$ で生存している数を推定するもので，この期間内に加入した個体数の正確な推定値ではない．そのため，より正確な加入数を求めるために以下の式で算出される補正加入数 B_i' を用いた（Iwao，1971）．

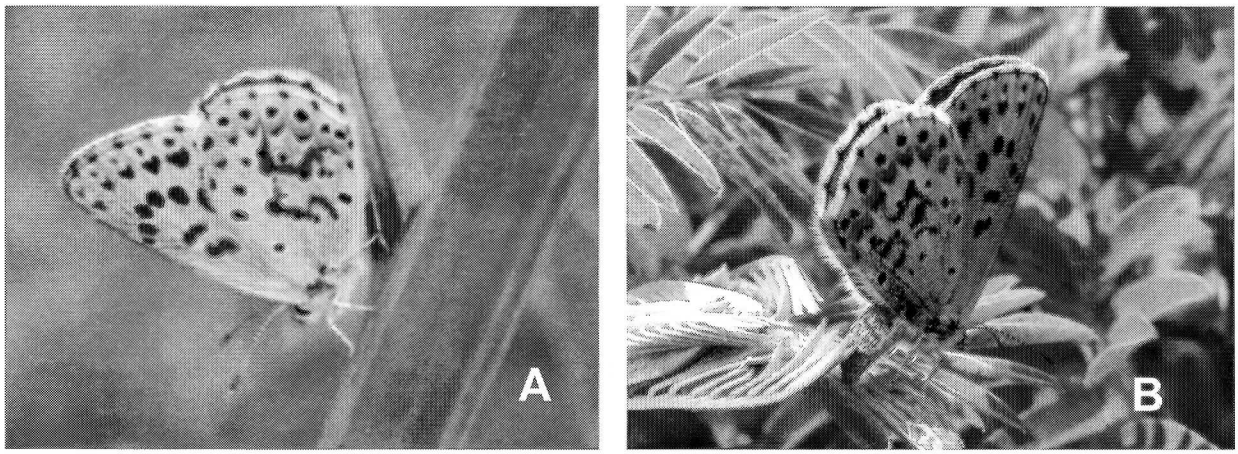


Fig. 2 Marked adults of *Shijimiaeoides divinus barine* in Azumino, Nagano.
A：Mark number 155, female（June 8, 2008）
B：Mark number 55, female on egg-laying（May 27, 2009）

$$\text{加入数}\quad \hat{B}_i = \hat{N}_{i+1} - \hat{\varphi}_i(\hat{N}_i - ni + si)$$

$$\text{補正個体数}\quad \hat{B}_i' = \hat{B}_i / \sqrt{\hat{\varphi}_i}$$

$\hat{N}_i$：i時点の推定個体数，$\hat{\varphi}_i$：$i \sim i+1$間での推定残存率

ni：i時点の捕獲数，si：i時点の再放逐数

これより調査日ごとの B_i' を合計すれば調査期間中の成虫の総加入数となる．オオルリシジミ成虫が保護区以外から加入してくることはないため，以下の式で示す総加入数 B_T は，本調査では保護区に放した蛹から調査期間中に羽化した成虫数の推定値とみなすことができる．

$$\hat{B}_T = \sum \hat{B}_i' \quad (i = 2, 3 \cdots, T-2)$$

結　果

1．マーク個体数と再捕獲個体数

マーキング調査時に捕獲されたオオルリシジミ成虫数（未マーク個体とマーク個体の合計）の推移を **Fig. 3** に示した．2008 年のオスの捕獲個体数は調査を開始した 5 月 27 日が最も多く，その後は減少した．一方，メスは 5 月 30 日に最も多く出現し，その後一度減少するものの，6 月 11 日に再び増加した．捕獲された全未マーク個体のうち約半数が出現した日は，オスは 5 月 30 日（52%），メスは 6 月 5 日（49%）となり，メスはオスよりも 6 日遅かった．2009 年のオス捕獲虫数は 2008 年と同じく調査開始日の 5 月 23 日が最も多く，その後は減少した．一方，メスの捕獲数は 6 月 1 日まで増加していき，その後減少した．全未マーク個体の約半数が出現した日は，オスは 5 月 27 日（54%），メスは 6 月 1 日（56%）となり，2008 年と同様にメスはオスよりも 5 日遅れて出現した．

Table 1 に本調査でマークしたオオルリシジミ成虫の個体数と，保護区内で再捕獲された個体数を示した．2008 年は 211 個体をマークし，そのうちオスは 96 個体，メスは 115 個体であった．再捕獲された個体は 57 個体（27.0%）で，再捕獲率はオス 26.0%，メス 27.8%であった．2009 年は 137 個体をマークし，そのうちオスは 59 個体，メスは 78 個体であった．再捕獲された個体は 24 個体（17.5%）で，再捕獲率はオス 11.9%，メス 21.8%であった．

両年ともに再捕獲率はメスのほうが高かったが，有意な差ではなかった（2008年：$P = 0.893$，2009年：$P = 0.198$）．また2009年の再捕獲率は2008年より低い値であったが，危険率 5 %で有意な差は認められなかった（オス：$P = 0.056$，メス：$P = 0.438$，合計：$P = 0.055$）．

2．マーク個体率の推移

捕獲成虫のうちマーク個体の占める割合の推移を **Fig. 4** に示した．2008 年のメスのマーク個体率は，調査開始日から徐々に増加し，6 月 13 日に 44%に達した後，減少した．一方，オスは 6 月 13 日までは 20〜43%であったが，それ以降はサンプル数が少なかったために変動が大きくなった．2009 年ではオスのマーク個体率は 6 月 6 日に 45%が最大となり，6 月 11 日以降は 0 %となった．メスでは徐々に増加し 6 月 16 日の 50%が最大となった．

3．再捕獲率と再捕獲までの日数

Table 2 にマークされた日別にマーク個体数とそれらの個体がその後再捕獲された個体数を示した．メスでは 2008，2009 年ともに，5 月末から 6 月初めの発生初期にマークされた個体は再捕獲される割合が高く，発生後期では再捕獲率が減少し，マークしてもまったく再捕獲されなくなった．一方，オスは両年とも再捕獲率の変動

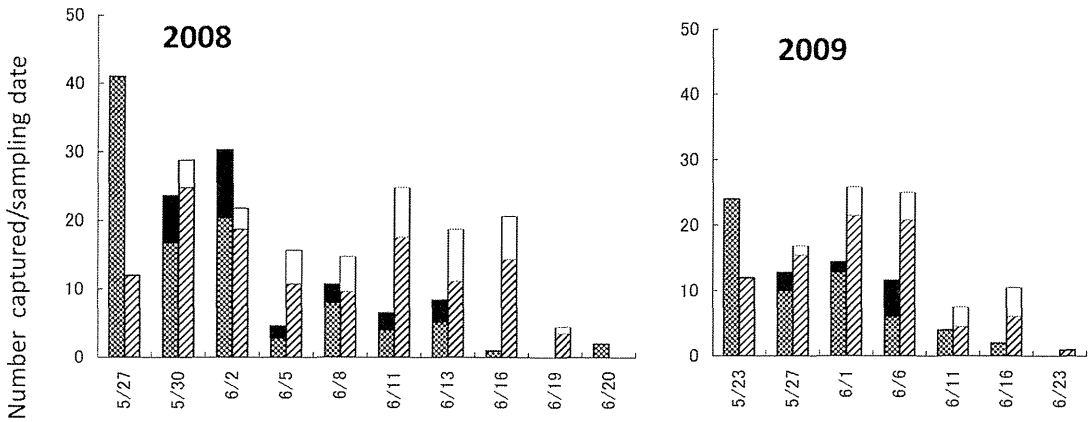


Fig. 3　Number of captured butterflies（total of marked and unmarked ones）at sampling date.
▨: unmarked male, ■: marked male, ▨: unmarked female, □: marked female

Table 1 Number of marked and recaptured butterflies in the preservation area

Year	Sex	Marked		Recaptured	
		Number	%	Number	% of recapture
2008	Male	96	45.5	25	26.0
	Female	115	54.5	32	27.8
	Total	211	100	57	27.0
2009	Male	59	43.1	7	11.9
	Female	78	56.9	17	21.8
	Total	137	100	24	17.5

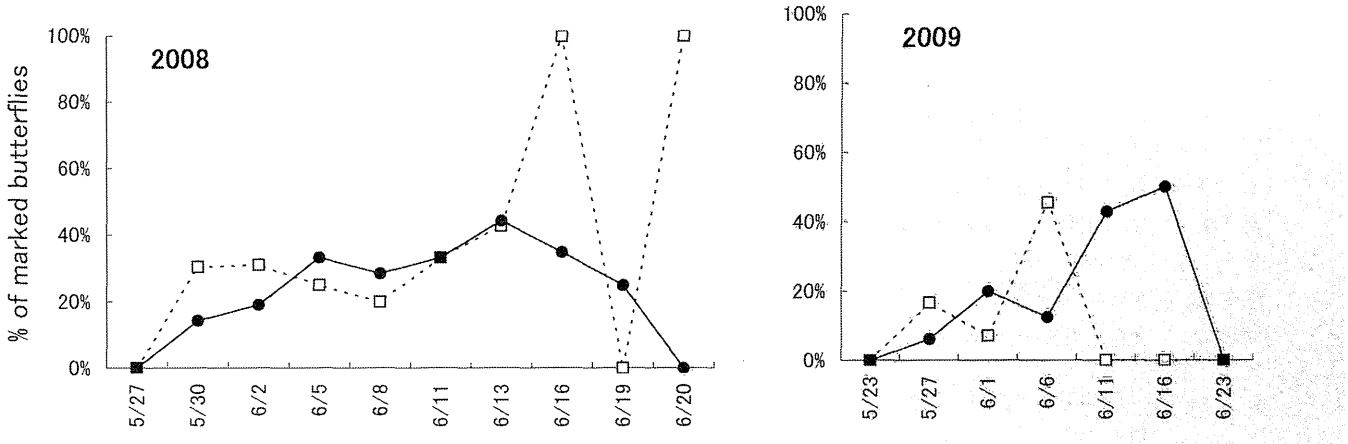


Fig. 4 Percentage of marked butterflies at sampling date.
··□··: male, —●—: female

Table 2 Percentage of recapture butterflies and duration (day) from first capture to last recaptere

Year	Date	Male					Female				
		Number marked	Number recapture	% of recapture	Maximum days till recapture	Mean days till recapture ± S.D.	Number marked	Number recapture	% of recapture	Maximum days till recapture	Mean days till recapture ± S.D.
2008	5/27	41	12	29.3	17	1.66 ± 3.50	12	6	50.0	12	3.5 ± 4.76
	5/30	16	6	37.5	17	2.19 ± 4.36	24	9	37.5	14	2.49 ± 4.09
	6/2	20	2	10.0	11	0.85 ± 2.74	17	6	35.3	17	3.82 ± 5.96
	6/5	3	0	0.0	0	0 ± 0	10	3	30.0	11	2.20 ± 4.02
	6/8	8	4	50.0	12	3.75 ± 5.26	10	3	30.0	8	1.90 ± 3.35
	6/11	4	0	0.0	0	0 ± 0	16	3	18.8	5	0.75 ± 1.73
	6/13	4	0	0.0	0	0 ± 0	10	1	10.0	3	0.30 ± 0.95
	6/16	0	-	-	-	-	13	0	0.0	0	0 ± 0
	6/19	0	-	-	-	-	3	0	0.0	0	0 ± 0
2009	5/23	24	3	12.5	14	0.92 ± 3.01	12	3	25.0	9	1.83 ± 3.54
	5/27	10	0	0.0	0	0 ± 0	15	4	26.7	15	2.00 ± 4.14
	6/1	13	3	23.1	5	1.15 ± 2.19	20	5	25.0	15	2.00 ± 4.10
	6/6	6	0	0.0	0	0 ± 0	21	5	23.8	10	2.14 ± 4.05
	6/11	4	0	0.0	0	0 ± 0	4	0	0.0	0	0 ± 0
	6/16	2	0	0.0	0	0 ± 0	5	0	0.0	0	0 ± 0
	6/23	0	-	-	-	-	1	0	0.0	0	0 ± 0

が大きかったが，メスと同じく発生後期では全く再捕獲されなかった．

次にマークされてから平均何日後に再捕獲されたかを，マークされた日別に求めて **Table 2** に示した．ここではマークされた後に一度も再捕獲されなかった個体の再捕期間は0日，複数回再捕の時は最後の捕獲までの日数として計算した．その結果，2008年のメスでは，発生初期にマークされた個体の再捕獲までの平均期間が長く，発生後期では短くなった．またマークされてから最後に再捕獲されるまでの期間が最も長かったのは，2008年ではオス，メスともに17日，2009年ではオスが14日，メスが15日であった．

4．保護区以外で確認されたマーク個体

保護区以外で確認されたマーク個体のデータを **Table 3** に示した．2008年に1個体，2009年に2個体が保護区外で再捕獲されているが，3個体ともメスであった．2008年の6月8日にマークされた個体番号 No.158 は，6月13日にI地区のクララの葉上で確認され，マーキングから6日経過していた．2009年5月23日にマークされた個体番号 No.26 は，6月7日にI地区で吸蜜・産卵しているのが確認された．マーキングを行った日か

Table 3 Marked butterflies recaptured outside the preservation area

Year	2008	2009	
Mark Mumber	No.158	No.26	No.37
Sex	Female	Female	Female
Date of marking	6/8	5/23	5/27
Date of recapture	6/13	6/7	5/28
Pleace of recapture	Area 1	Area 1	Adjacent area
Distance from release point	560m	560m	50m

Table 4 Estimation of population parameters for *Shinjimiaeoides divinus barine* adults by Jolly-Seber method

Year	Sampling date (i)	ni	mi	$\hat{M}i$	$\hat{N}i \pm \sqrt{V(\hat{N}i)}$	$\hat{\varphi}i \pm \sqrt{V(\hat{\varphi}i)}$	$\hat{B}i \pm \sqrt{V(\hat{B}i)}$	$\hat{B}i'$
2008	5/27(1)	53	0	-	-	0.629 ± 0.158	-	-
	5/30(2)	51	11	33.3	154.4 ± 51.5	0.859 ± 0.290	109.6 ± 71.1	118.2
	6/2(3)	50	13	63.0	242.3 ± 92.6	0.592 ± 0.266	44.0 ± 72.2	57.2
	6/5(4)	19	6	59.2	187.5 ± 96.3	0.947 ± 0.511	96.0 ± 116.7	98.6
	6/8(5)	24	6	68.4	273.6 ± 149.0	0.424 ± 0.191	-6.1 ± 48.8	-9.4
	6/11(6)	30	10	36.7	110 ± 40.6	1.076 ± 0.620	20.2 ± 41.8	19.5
	6/13(7)	25	11	61.0	138.6 ± 80.5	-	-	-
	6/16(8)	21	8	-	-	-	-	-
2009	5/23(1)	36	0	-	-	0.861 ± 0.509	-	-
	5/27(2)	28	3	31.0	289.3 ± 227.5	0.262 ± 0.136	19.6 ± 54.7	38.2
	6/1(3)	39	6	14.7	95.3 ± 47.4	0.608 ± 0.307	68.9 ± 53.2	88.3
	6/6(4)	35	8	29.0	126.9 ± 70.6	0.545 ± 0.396	42.7 ± 65.0	57.9
	6/11(5)	11	3	30.5	111.8 ± 92.5	-	-	-
	6/16(6)	12	5	-	-	-	-	-

ni : Number of captured butterflies in the ith sample
mi : Number of marked butterflies in the ith sample
$\hat{M}i$: Estimate of number of marked butterflies in the population at time i
$\hat{N}i$: Estimate of total number of butterflies in the population at time i
$\hat{\varphi}i$: Estimate of probability that a butterfly survive in the interval between ith and $i+1$th sample
$\hat{B}i$: Estimate of number of new butterflies joining the population in the interval between the ith and $i+1$th sample
$\hat{B}i' = Bi/\sqrt{\hat{\varphi}i}$
$\sqrt{V(\hat{N}i)}$, $\sqrt{V(\hat{\varphi}i)}$ and $\sqrt{V(\hat{B}i)}$, : Standard deviation of $\hat{N}i$, $\hat{\varphi}i$ and $\hat{B}i$, respectively

ら 16 日経過していた．5月 27 日にマークされた個体番号 No.37 は次の日に保護区から 50 m 離れた空き地の草の上で静止しているのが確認された．

5．推定個体数と推定加入数

Jolly-Seber 法によって推定した成虫個体数などの個体群パラメータの値を **Table 4** に示した．成虫個体数の推定値（ $\hat{N}_i$ ）をみると，2008 年は 6 月 2 日（242.3 個体）と 6 月 8 日（273.6 個体）は多く，6 月 11 日以降は減少している．2009 年は 5 月 27 日の推定値が 289.3 個体と最も多く，以後は少なくなった．またマーク個体数は，2008 年では 33～68 個体，2009 年では 15～31 個体と推定された．

Table 4 には Jolly-Seber 法による加入数の推定値（ $\hat{B}_i$ ）をもとに算出した補正加入数（ $\hat{B}_i'$ ）を示した．これより $\hat{B}_i'$ を合計して推定羽化数を求めると 2008 年では 284 個体，2009 年では 184 個体であった．

考　察

1．個体数と加入数の推定値の妥当性

中村ら（2008）は人工飼育におけるオオルリシジミの羽化率が 88%と報告している．2008 年と 2009 年はともに保護区へは 400 の蛹が放されているので，この羽化率から両年とも 352 個体の成虫が保護区内で羽化したと推測される．ところが本マーキング調査のデータから Iwao（1971）の補正加入数（**Table 4**）を使って求めた推定羽化数は，2008 年では 284 個体，2009 年では 184 個体であった．これは羽化率より算出した 352 個体よりも低く，特に 2009 年では約 1/2 の推定値であった．

この要因として，マーキング調査以前に羽化した個体数が推定できず，その加入数を加算できなかったために過小評価になったと考えられる．蛹を放している保護区のケースでは，羽化個体数は $\sum_{i=0}\hat{B}_i' = n_1 + \sum_{i=1}\hat{B}_i'$ として求めることができる．しかし，Jolly-Seber 法では推定式の性質上，第 1 回調査時の $\hat{N}_1$ と $\hat{B}_1$ は算出することができない．したがって本調査では，第 1 回調査日に多くの個体が捕獲されており（**Fig. 3**），それまでに相当数の成虫が羽化していたといえる．今後は成虫が出現する直前の 5 月中旬から調査を開始し，第 1 回調査を成虫発生のごく初期に行い，それまでに推定できない羽化個体数の影響を少なくする必要がある．

Jolly-Seber 法で求めた保護区での成虫個体数の推定値は，2008 年では 110～273.6 個体，また 2009 年は 95.3～289.3 個体の範囲で（**Table 4**），いずれも羽化率より算出した 352 個体以下であった．また 2008 年と 2009 年のマーク個体数の推定値（ $\hat{M}_i$ ）（**Table 4**）の比率は，実際にマークした個体数の比（211：137）（**Table 1**）とほぼ同じであった．したがって，調査間隔や調査回数またマークした成虫数が異なっていたにもかかわらず，成虫の推定個体数は，2 年間ともほぼ同じ範囲内の値であり妥当な推定値であると考えられる．

2．オオルリシジミの移動・分散能力

オオルリシジミ成虫の行動に関する研究はほとんどみられないが，古くは　石村（1937）がオオルリシジミ成虫はクララの間を縫うように飛び，発生場所から遠くへ飛び去らないと報告している．大曽根ら（1982）は長野県の生息地でオオルリシジミの日周活動を調査し，飛翔活動ピークは 9：20～11：00 の間で，他のシジミチョウ類と違って温度・照度と活動性との関係がないとしている．また彼らは雌雄によって活動時間帯が異なると報告しているが，本研究では午前中にマーキング調査を行ったが，雌雄の捕獲数（**Table 1**）に有意な差はなかった（2008年：$P = 0.191$，2009年：$P = 0.105$）．

西尾（2005）は，長野県東御市においてオオルリシジミ成虫のマーキング調査を行い，オスの方がメスより早く発生するとしている．本研究においても発生時期はメスよりオスのほうが 5～6 日早く 2 年間ともに同様な結果となった（**Fig. 3**）．一方，捕獲された全未マーク個体のうち約半数が出現した日は，2008 年よりも 2009 年のほうが雌雄ともに数日早かった（**Fig. 3**）．これは安曇野における 5 月の平均気温が 2008 年（15.8℃）よりも 2009 年（16.3℃）のほうが高かったためと考えられる（気象庁）．

西尾（私信）のマーキング調査によると，オオルリシジミの卵が成虫を放した地点から直線距離で 1.5 km のクララ群落で確認されている．しかし，メスの産卵行動やオスの配偶者探索行動は 500 m 以内のクララ群落で最も多かったとしている．本研究では保護区以外で確認されたマーク個体は 2 年間合わせて 3 個体で，最も長距離移動をした個体は 560 m 先のI地区で発見されたものであった（**Fig. 1, Table 3**）．I 地区以外のクララ群落は，1.3 km 離れた国営アルプスあづみの公園開園区と 3.2 km 離れたK地区であるが（**Fig. 1**），2 年間で一度も保護区でマークした個体は発見されなかった．今回の結果や東御市での報告から，発生後期のオオルリシジミのメス成虫は，発生地から分散して少なくとも半径 500～600 m 内にあるクララを発見するとそこで産卵する行動をとっていると考えられる．さらに，発生初期ではマークされたメス成虫は再捕獲される割合が高く，発生後期では低いことから（**Table 2**），発生初期のメスは保護区に定着して産卵するが，発生後期になると保護区から分散していくのではないかと考えられる．

2 年間の調査において保護区内で再捕獲された個体の割合は，高くて 27.8%であった（**Table 1**）．再捕獲されなかった個体については，以下のことが考えられる．(1) 早く死亡，(2) 保護区外へ移出，(3) 保護区内にい

るが捕獲効率が低く再捕獲されない．仮に（2）のケースが多いとすると，保護区周辺は 560 m 先のＩ地区以外にはクララ群落はないため，保護区以外へランダムに分散するとクララが発見できないため，産卵できずに死亡している個体が多く存在している可能性がある．

そのためオオルリシジミ個体群を再び安曇野に回復させていくためには，生息地から 500～600 m おきにクララ群落が点々と分布して，分散してきたメスがそこで産卵できるような生息環境を整備することが大切と考えられる．

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安曇野オオルリシジミ保対策護会議会員の皆様，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事務所の皆様に厚く感謝する．この研究の一部は 2009 年度の公益信託増進会自然環境保全研究活動助成基金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．

石村 清（1937）オホルリシジミの生活史．ZEPHYRUS 7（13）：175－183．

Iwao, S.（1971）Dynamics of number of a phytophagous laby-beetle, Epilachna viginitioctomaculata, living in patchily distributed habitats. Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Number Popul.：129－147.

Jolly, G.M.（1965）Explicit estimates from capture-recapture data with both and immigration stochastic model. Biometrica 52：225－247.

環境省（2000）日本産昆虫類レッドリスト　URL：http://www.biodic.go.jp/（環境省生物多様性センター）．

気象庁（ＪＭＡ）（2010）気象統計情報．気象庁．http://www.jma.go.jp/jma/index.html. 2010 年 7 月 22 日閲覧．

江田慧子・平林純之介・中村寛志（2009）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．環動昆 20：95－102．

Koda, K. and H. Nakamura（2010）Effects of temperature on the development and survival of an endangered butterfly, Shijimiaeoides divinus barine（Leech）（Lepidoptera：Lycaenidae）. Entomol. Sci. 13：29－34.

江田慧子・中村寛志（2010）長野県安曇野における野焼きがメアカタマゴバチによるオオルリシジミ卵への寄生に及ぼす影響について．環動昆 21：93－98．

熊本県環境生活部自然保護課（2009）改訂・熊本県の保護上重要な野生動植物 ―レッドデータブックくまもと 2009―．熊本県，熊本．

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．昆蟲（ニューシリーズ）1：21－33．

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．

中村寛志・平林純之介・西尾規孝（2008）オオルリシジミ蛹の飼育温度と羽化日，成虫の蔵卵数・前翅長との関係および羽化に要する蛹期の有効積算温度．信州大学農学部ＡＦＣ報告 6：45－50．

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．

大曽根剛・川口悦司・滝沢達夫（1982）．オオルリシジミの飛翔活動性．New Entomologist 31（1）：1－8．

Seber, G.A.F.（1965）A note on the multiple recapture census. Biometrica 52：249－259.

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．

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．