

第4章 オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの捕食能力

1. 緒言

前述のように、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシについては、農業害虫を含む多様な小昆虫等に対する捕食が観察されており、施設野菜類で問題となる様々な害虫に対する生物的防除資材としての利用が期待されている。しかし、利用の適否や方法を検討するうえで不可欠な、各害虫種に対する捕食量等、両種の具体的な捕食能力は未解明である。そこで本章では、捕食性天敵の利用が見込まれる施設野菜類で問題となるナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch (ダニ目：ハダニ科)、ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (アザミウマ目：アザミウマ科)、ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover (カメムシ目：アブラムシ科) 及びオオタバコガの4種を被食者として、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの幼虫にそれぞれ単独で与えた場合の最大捕食量を室内実験で明らかにし、個々の餌種について両捕食者の発育ステージ間で比較した。

2. 材料及び方法

(1) 供試虫

用いたオオメカメムシは、2000年5月に千葉県東金市のヨモギから採集した成虫由来の個体群、ヒメオオメカメムシは、1999年9月に同市内のキクから採集した成虫由来の個体群である。いずれも、第2章で開発した飼育法により、スジコナマダラメイガの卵を餌に、脱脂綿片を産卵基質に用いて $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、15L: 9Dの条件下で累代飼育した3齢幼虫 (2または3日齢) 及び5齢幼虫 (3または4日齢) を供試した。すべての供試個体は、試験開始前の24時間には水のみを与えて絶食させた。

餌には、ナミハダニの雌成虫、ミカンキイロアザミウマの2齢幼虫 (供試中に蛹化脱皮しないと考えられる大きさの個体)、ワタアブラムシの無翅成虫及びオオタバコガの卵、孵化直後の1齢幼虫を用いた。ナミハダニはインゲンマメ *Phaseolus vulgaris* L. (品種：「長鶏菜豆」) を餌として室温条件下で、ミカンキイロアザミウマは村井 (1988) の方法に準じ、ヒマラヤスギ *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don. の花粉を餌として $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、16L: 8Dの条件下で、オオタバコガは人工飼料 (インセクタLFS, 日本農産工業 (株) 製) を餌として与え $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、16L: 8Dの条件下で、それぞれ飼育した。ワタアブラムシは千葉県農林総合研究センター内の加温ハウス内で栽培中のイチゴ (品種：「とちおとめ」) を寄主として維持した。

(2) 実験方法

各餌種におけるオオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの最大捕食量を明らかにするため、 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、15L: 9D条件下で、両種の3齢及び5齢幼虫に各餌種をそれぞれ単独かつ Table 4-1 に示した給餌密度で与え、24時間当たりの捕食数を調査した。調査は Fig. 4-1 に示した実験容器を作成して実施した。Fig. 4-1 に示したようにキッチンペーパーを敷いた直径9 cm、高さ2 cmのプラスチックシャーレに水を張り、キッチンペーパーを重ねて作った台座を中央部に置き、その上にパラフィルムM (Pechiney Plastic Packaging Inc. 製) またはイチゴ葉片を5 cm × 5 cmに切って載せアリーナとした。ミカンキイロアザミウマは花粉を発育及び増殖の重要な栄養源とし、花粉を好むため (片山, 1997)、本種を供試する際には、パラフィルムMのアリー

Table 4-1. Numbers of prey supplied to *G. varius* and *G. proteus* nymphs at 26°C under a 15L9D photoperiod

Predator instar	Prey	Numbers of prey supplied for 24 h	
		<i>G. varius</i>	<i>G. proteus</i>
3rd instar	<i>T. urticae</i> adult females	5; 10; 20; 30; 40	5; 10; 20; 30; 40
	<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	3; 10; 20; 30; 40; 50	3; 10; 20; 30; 40; 50
	<i>A. gossypii</i> apterous adults	5; 10; 20; 30; 40	5; 10; 20; 30; 40
	<i>H. armigera</i> eggs	5; 10; 15; 20; 30; 40	5; 10; 15; 20; 30; 40
	<i>H. armigera</i> 1st instar	5; 10; 20; 40	5; 10; 20; 40
5th instar	<i>T. urticae</i> adult females	10; 20; 30; 50; 70; 120	10; 20; 30; 50; 70
	<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	10; 30; 50; 90; 120	10; 30; 50; 90; 120
	<i>A. gossypii</i> apterous adults	10; 20; 30; 50; 70	5; 10; 20; 30; 50
	<i>H. armigera</i> eggs	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80
	<i>H. armigera</i> 1st instar	10; 20; 30; 50; 70	5; 10; 20; 30

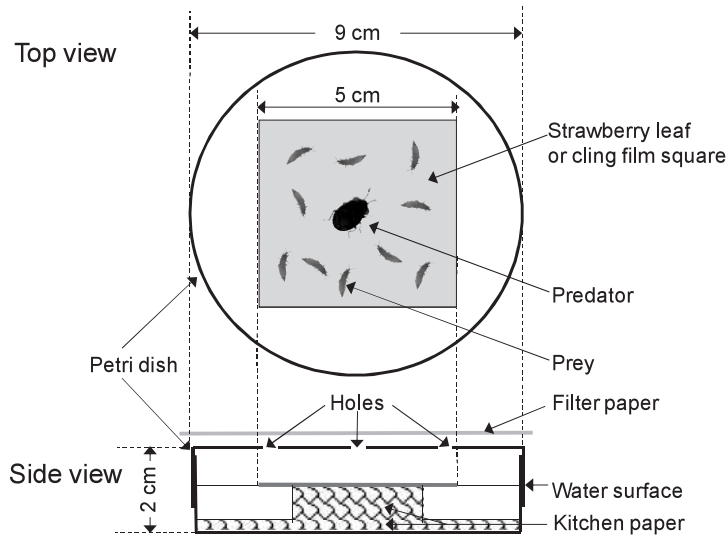


Fig. 4-1. Top view and side view of the experimental arena. A strawberry leaf square was used for the experiments with *T. urticae* adult females, *A. gossypii* apterous adults, and *H. armigera* 1st instar. A cling film square was used for experiments with *F. occidentalis* 2nd instar and *H. armigera* eggs (the former supplied with a small amount of *C. deodara* pollen).

ナ上に少量のヒマラヤスギ花粉を置いた。また、オオタバコガ卵はキッチンペーパー片に産みつけられた状態でパラフィルムMのアリーナ上に配置した。一方、イチゴ葉を餌とするナミハダニ雌成虫、ワタアブラムシ無翅成虫及びオオタバコガの孵化直後の1齢幼虫はイチゴ葉片の裏面を上にして台座に置いた。各餌密度区ともに10反復とした。24時間経過後、生存数を実体顕微鏡下で計数し、餌密度からこれらを差し引いて捕食数を算出した。なお、オオメカメムシ類が餌を捕食する際には完全に吸汁する機会が多いことが、観察から明らかになっている(大井田, 未発表)。そこで、捕食能力の過大評価を防ぐため、体液が残った状態で死亡している被食者はすべて生存数に含めた。

なお、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの幼虫においては、ヒマラヤスギの花粉を与えることによる延命効果はなく(下田ら, 未発表; 大井田, 未発表)両種はこれを餌として利用しないと推察されている。そこで、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫給餌区におけるアリーナ上へのヒマラヤスギ花粉の配置は、両種によるミカンキイロアザミウマの捕食量に影響しないものとみなして本研究を実施した。

また、オオタバコガ卵以外の餌種では、捕食以外の原因による死亡率を調べるため、被食者のみを各密度に調整してアリーナ上で飼育した区を設け、24時間経過後に生存個体数及び死亡個体数を調査したが、死亡個体は認められなかったため、本実験系においては捕食以外による死亡がないと判断した。

(3) 最大捕食量の推定及び解析

オオメカメムシとヒメオオメカメムシの種類別に、餌種ごとに捕食数を比較した。捕食者の種と各餌種とを組み合

わせた各試験区の捕食数について、餌密度を要因として一元配置分散分析を行い、有意であった場合には捕食数の各水準間でTukey-Kramer法により多重比較した。一般に捕食者の機能の反応として最も頻繁にみられるのは、Holling (1959) が分類した3つのタイプのうち、餌密度が高まると採餌効率が上昇するが、その上昇の度合いが次第に低下し、ある餌密度を超えると捕食数が一定となる「タイプ2」である(Begon et al., 1996)。そこで、本実験でも飽和捕食数の存在を仮定し、餌密度が最も高い側から連続して複数の区の捕食数間に有意な差が認められなかった場合、これらの区で最大捕食量に達しているとみなし、プールした値を捕食者の種間及び発育ステージ間で比較した。但し、各餌密度区間の一元配置分散分析が有意ではなかった場合には、すべての餌密度区のデータをプールした。また、最高餌密度区でそれ以下の餌密度区よりも有意に多く捕食した場合には、最高餌密度区の捕食数を便宜的に最大捕食量として扱った。

以上により推定した最大捕食量について、捕食者の種及び発育ステージを要因として二元配置分散分析を行った。分散分析で2要因間に交互作用が検出された場合には、3齢幼虫及び5齢幼虫における単純主効果の検定を行った。

3. 結果

オオメカメムシとヒメオオメカメムシの種類別に、餌種ごとに餌密度を要因とした分散分析の結果をTable 4-2に示した。オオメカメムシ3齢幼虫にナミハダニ雌成虫またはワタアブラムシ無翅成虫を与えた場合を除き、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの捕食数は餌密度により有意に異なった(一元配置分散分析, $p < 0.05$)。各餌密度に対して、Fig. 4-2に示した多重比較の結果から、最大の捕

Table 4-2. Levels of significance by ANOVA of effects of prey density on number of prey consumed by 3rd and 5th instar of *G. varius* and *G. proteus*

Factors	<i>G. varius</i>				<i>G. proteus</i>			
	df	SS	F-value	P-value	df	SS	F-value	P-value
3rd instar								
<i>T. urticae</i> adult females								
Density	4	402.68	2.26	0.0780	4	119.72	3.25	0.0201
Error	45	2008.60			45	415.00		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar								
Density	5	5830.13	29.48	<0.0001	5	241.08	5.79	0.0002
Error	54	2135.60			54	449.50		
<i>A. gossypii</i> apterous adults								
Density	4	163.32	2.31	0.0728	4	285.08	6.96	0.0002
Error	45	797.10			45	460.60		
<i>H. armigera</i> eggs								
Density	5	2332.48	62.28	<0.0001	5	103.68	6.06	0.0002
Error	54	404.50			54	184.90		
<i>H. armigera</i> 1st instar								
Density	3	631.48	15.42	<0.0001	3	181.70	11.46	<0.0001
Error	36	491.30			36	190.20		
5th instar								
<i>T. urticae</i> adult females								
Density	5	14550.80	19.80	<0.0001	4	826.52	17.25	<0.0001
Error	54	7937.80			45	539.00		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar								
Density	4	22567.52	18.47	<0.0001	4	5308.48	12.06	<0.0001
Error	45	13742.90			45	4950.90		
<i>A. gossypii</i> apterous adults								
Density	4	3523.40	12.51	<0.0001	4	260.92	4.74	0.0028
Error	45	3169.10			45	619.80		
<i>H. armigera</i> eggs								
Density	7	26231.60	100.50	<0.0001	7	720.00	4.59	0.0003
Error	72	2684.60			72	1614.20		
<i>H. armigera</i> 1st instar								
Density	4	2401.80	5.82	0.0007	3	275.48	12.64	<0.0001
Error	45	4642.70			36	261.50		

食数となった区と有意差がない餌密度の区は最大捕食量に達していると判断された。Fig. 4-3に示したように、餌の種類及び発育ステージに対する最大捕食量は、捕食者の発育ステージに関わらずオオメカメムシがヒメオオメカメムシより多い傾向にあった。

捕食者の種及び発育ステージを要因とした二元配置分散分析の結果をTable 4-3に示した。ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫及びオオタバコガ卵に対する最大捕食量は、ヒメオオメカメムシよりもオオメカメムシが、また両種とも3齢幼虫よりも5齢幼虫で多く、種間及び発育ステージ間に有意差が認められた。オオタバコガ卵を与えた場合には2要因間で交互作用も検出され、単純主効果検定では3齢幼

虫及び5齢幼虫のいずれにおいても両種間に有意な差が認められた。ナミハダニ雌成虫、ワタアブラムシ無翅成虫及びオオタバコガの孵化直後の1齢幼虫に対する最大捕食量に関しては、いずれも捕食者の種間には有意差がなかったが、発育ステージ間には有意差が認められた。また、これら3種類の餌では、いずれも捕食者の種と発育ステージとの間に交互作用が検出され、単純主効果検定では5齢幼虫のみで種間に有意差が認められた。なお、ナミハダニ雌成虫及びワタアブラムシ無翅成虫については、実験終了時までには卵及び仔虫をそれぞれ産下した区がみられたが、予備調査により、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシは、ナミハダニ卵やワタアブラムシの仔虫を捕食しないことを

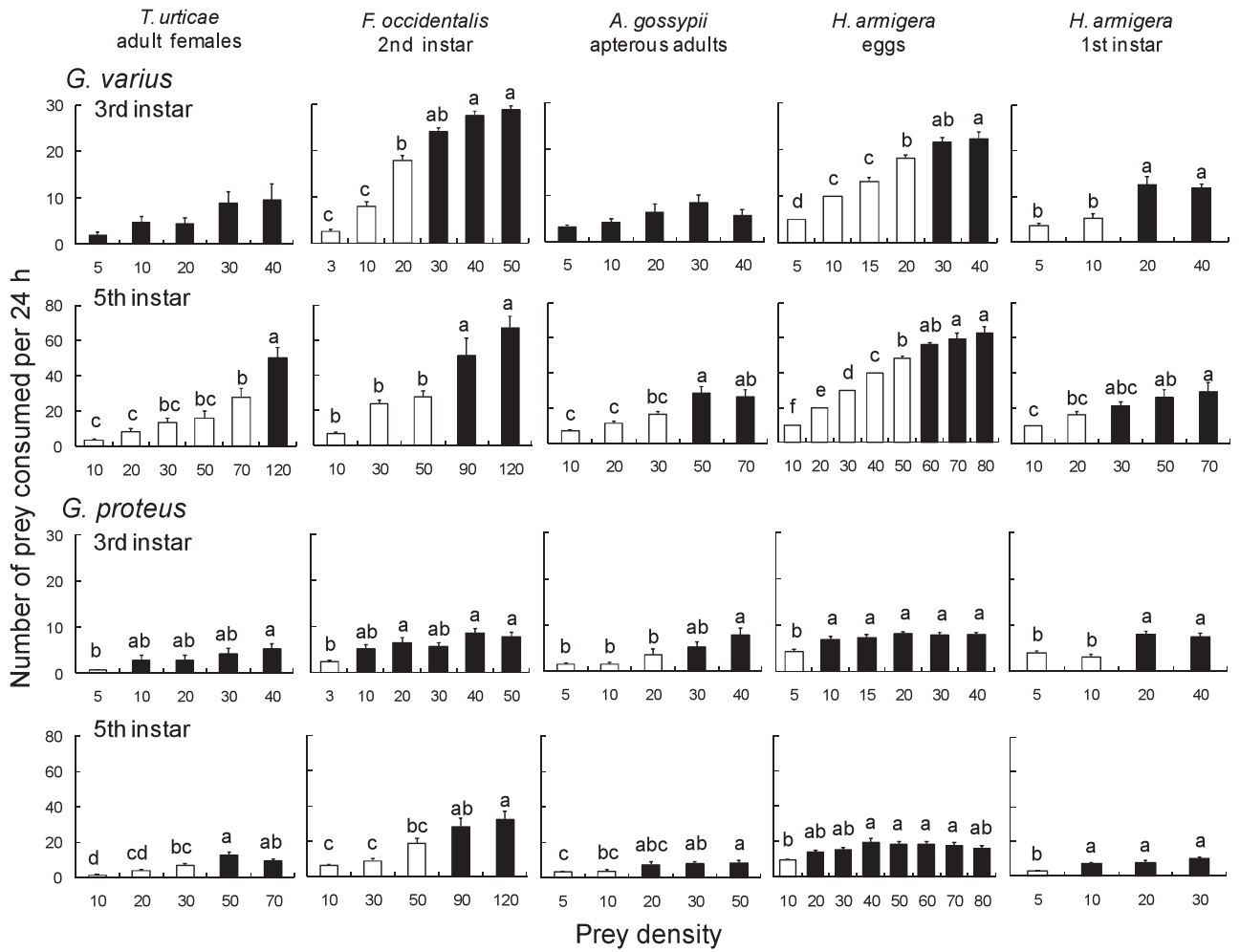


Fig. 4-2. Mean \pm SE ($n = 10$) of the number of prey consumed in 24 h by 3rd and 5th instar of *G. varius* and *G. proteus* at different prey densities. Different letters in a graph indicate significant differences among prey densities by Tukey – Kramer test ($p < 0.05$). See also Table 4-2. Data shown with a black bar were pooled for calculation of the maximum number of prey consumed (Fig. 4-3).

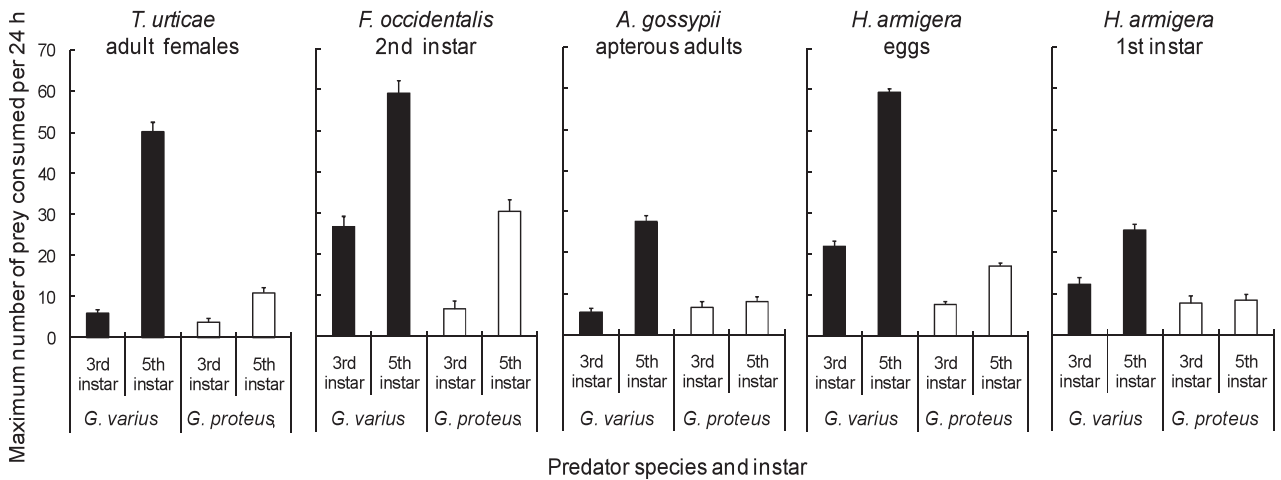


Fig. 4-3. Maximum number of prey consumed in 24 h by *G. varius* and *G. proteus* at 26°C under a 15L9D photoperiod (mean \pm SE). Values were calculated from pooled data shown with black bars in Fig. 4-2.

Table 4-3. Levels of significance by two-factor ANOVA of effects of predator species and instar on maximum number of prey of different species consumed

Prey	Factors	df	SS	F-value	P-value
<i>T. urticae</i> adult females	Species	1	98.47	1.76	0.1870
	Instar	1	13519.53	241.91	< 0.0001
	Species × Instar	1	7056.61	126.26	< 0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	98.47	1.76	0.1870
	Species at 5th instar ^a	1	10244.27	183.30	< 0.0001
	Error	116	6482.96		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	Species	1	7570.16	43.76	< 0.0001
	Instar	1	20581.42	118.96	< 0.0001
	Species × Instar	1	511.57	2.96	0.0882
	Error	116	20069.34		
<i>A. gossypii</i> apterous adults	Species	1	13.17	0.32	0.5700
	Instar	1	3574.10	88.09	< 0.0001
	Species × Instar	1	2716.75	66.96	< 0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	13.17	0.32	0.5700
	Species at 5th instar ^a	1	4539.63	111.89	< 0.0001
Error	116	4706.37			
<i>H. armigera</i> eggs	Species	1	2904.97	93.99	< 0.0001
	Instar	1	18631.33	602.81	< 0.0001
	Species × Instar	1	6628.01	214.45	< 0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	2904.97	93.99	< 0.0001
	Species at 5th instar ^a	1	37363.89	1208.89	< 0.0001
	Error	166	5130.67		
<i>H. armigera</i> 1st instar	Species	1	211.60	3.68	0.0580
	Instar	1	1159.26	20.16	< 0.0001
	Species × Instar	1	942.51	16.39	< 0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	211.60	3.68	0.0580
	Species at 5th instar ^a	1	4403.27	76.57	< 0.0001
	Error	96	5520.43		

^a Simple main effects by each predator instar were tested when the interaction between species and instar was detected.

確認していたため、実験中に産まれた卵及び仔虫は計数しなかった。

4. 考察

捕食者の捕食能力の評価には、餌密度に応じた餌探索効率を考慮した機能の反応が用いられることが多い。本研究に用いたアリーナは小面積であり、探索が容易な理想的な採餌環境であると考えられ、餌探索能力を含めた捕食能力の評価法としては問題が残る。しかしこのような実験条件下であっても、餌探索能力に劣らず捕食能力の重要な要素である最大捕食量の違いをオオメカメムシとヒメオオメカメムシの間で比較することは可能である。

オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの3齢幼虫及び5齢幼虫に異なる密度で各被食者を与えたところ、オオメ

カメムシの3齢幼虫にワタアブラムシ無翅成虫またはナミハダニ雌成虫を与えた場合を除いて捕食数は餌密度に応じて変化した。最大捕食量に達するまでの範囲において、捕食数は餌密度の増加とともに多くなった (Fig. 4-2)。また、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの同一発育ステージの幼虫について捕食能力を比較すると、Fig. 4-2に示したように、3 齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫またはオオタバコガ卵を与えた場合、5 齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫以外の被食者を与えた場合に、オオメカメムシではヒメオオメカメムシよりもそれぞれ高い餌密度で最大捕食量に達した。餌となる害虫の種類及び捕食者の発育ステージの組み合わせにより傾向が異なることも予想されるが、圃場で害虫防除資材として利用する場

合にも、オオメカメムシはヒメオオメカメムシと比較してより高い害虫密度に対応できる可能性がある。加えて、捕食者の種及び発育ステージを要因とした二元配置分散分析の結果、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫及びオオタバコガ卵に対する最大捕食量は、両捕食者ともに5齢幼虫が3齢幼虫よりも多く、また同一発育ステージで比較するとオオメカメムシがヒメオオメカメムシより多かった。被食者がオオタバコガ卵の場合、捕食者の種及び発育ステージに交互作用が検出され、3 齢幼虫及び5齢幼虫における単純主効果がともに有意であった。これは、いずれの発育ステージでもオオメカメムシがヒメオオメカメムシよりもオオタバコガ卵を多く捕食し、かつ3齢幼虫から5齢幼虫に捕食者の発育ステージが進むと、オオメカメムシでは最大捕食量が顕著に増加したのに対し、ヒメオオメカメムシでの増加は少なかったことによる (Fig. 4-3)。さらに、オオタバコガの孵化直後の1齢幼虫、ワタアブラムシ無翅成虫またはナミハダニ雌成虫を餌とした場合には、最大捕食量に対して捕食者間の主効果は検出されず交互作用が認められ、5 齢幼虫でのみ単純主効果が有意であった。これは、オオメカメムシでは発育に伴う捕食量の増加がヒメオオメカメムシよりも顕著となり、5 齢幼虫においてオオメカメムシの方がヒメオオメカメムシより多く捕食したためである。脱皮直後 (脱皮後表皮が硬化し再び捕食を開始する前) の3 齢幼虫及び5齢幼虫の平均生体重は、オオメカメムシではそれぞれ、0.8 mg及び3.7 mg、ヒメオオメカメムシではそれぞれ、0.4 mg及び1.4 mgであり (大井田, 未発表)、オオメカメムシはヒメオオメカメムシよりも発育に伴う生体重の増加が大きいことから、これが両種の捕食量増加率の差の一因になったと考えられる。両種については3齢幼虫を害虫発生圃場へ放飼することによる生物的防除資材としての利用が検討されており、発育に伴う捕食量の増加が大

きいオオメカメムシは、ヒメオオメカメムシと比較して放飼世代による害虫防除効果の発揮の観点からも有望視される。

*Geocoris*属を含む捕食性カメムシ類は口外消化 (extra-oral digestion) を行うために水分摂取が必要であり (Cohen, 1993; Cohen, 1995; Cohen, 2004)、オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシも植物の汁液も吸うことが知られている (安永ら, 1993)。本研究で用いたアリーナの素材は、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫及びオオタバコガ卵ではパラフィルムMを、ナミハダニ雌成虫、ワタアブラムシ無翅成虫及びオオタバコガの孵化直後の1齢幼虫ではイチゴ葉片であった。アリーナにイチゴ葉片を用いた区では、葉片から吸汁する行動がしばしば観察されたことから、被食者に対する採餌時間の減少や空腹度の低下が生じた結果、最大捕食量が減少した可能性が考えられる。但し、捕食者の捕食量には餌の体サイズや活動性、体表構造の違いに伴うハンドリングタイムの差等も影響する。したがって、餌種間で最大捕食量が異なった原因についてはこれらの要因の影響も含めて今後解析する必要がある。

以上より、最大捕食量の観点からの評価を通じて、オオメカメムシがヒメオオメカメムシよりも高い捕食能力を持ち、園芸作物の各種害虫に対する生物的防除資材として有望であると考えられた。しかし、害虫防除資材としての両種の利用が見込まれる施設栽培の果菜類には、複数種の害虫が同時に発生することが多い。今後は、害虫が複数種併存する条件下での両種の利用を検討するために、複数の餌種を同時に与えた場合の餌種ごとの捕食量や餌選好性を調査しなければならない。また、より長期間作物上に両種を安定して定着させる方法や生産コストの一層の低減化についても、今後さらに検討を要する。