

地球温暖化の影響によると推察される ミナミアオカメムシとアオクサカメムシの 我が国における分布域変化

九州大学 ^ゆ湯 ^{かわ}川 ^{じゅん}淳 ^{いち}一
元 農業環境技術研究所 ^{まり}桐 ^な谷 ^い圭 ^と治

はじめに

最近の試算では、地球上の平均気温は19世紀後半以来、0.3～0.6℃上昇したと考えられ、2100年までに1.4～5.8℃上昇すると予想されている (HOUGHTON et al., 2001)。このような地球温暖化現象は、昆虫類の分布域の変化や世代数の増加、寄主植物との同時性のずれなどに影響を及ぼす (例えば、桐谷, 1988; HARRINGTON and STORK, 1995; YAMAMURA and KIRITANI, 1998; YUKAWA, 2000; McLAUGHLIN et al., 2002; KIRITANI, 2006)。特に、両極地方への昆虫類の分布域拡大は、地球温暖化の影響としてよく知られており (PARMESAN and YOHE, 2003)、日本ではチョウ類 (吉尾・石井, 2001) やカメムシ類 (林, 1997; MUSOLIN and NUMATA, 2003; KIRITANI, 2007; YUKAWA et al., 2007) などの分布北上が報告されている。中でも、ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (LINNAEUS) (以下、ミナミ) の北上は、害虫の分布拡大としても看過できないうえ、近似種のアオクサカメムシ *Nezara antennata* SCOTT (以下、アオクサ) との種間競争という、生態学的にも興味深い側面が含まれている。

I ミナミアオカメムシとアオクサカメムシ

アオクサは日本や朝鮮半島、中国、東南アジアに分布し (HAYASHI, 2002)、ミナミは世界各地の熱帯から亜熱帯、温帯地方南部に広く分布する (PANIZZI et al., 2000)。両種ともインゲンやダイズ、イネ、トウモロコシ、ナス、キュウリ、トマト、ジャガイモ等幅広い寄主範囲をもつ害虫として知られている。ミナミが日本で最初に記録されたのは1870年代とされているが、形態的によく似たアオクサとの混同もあり、その後1950年代まで信頼できる採集記録はなかった。1952年に鹿児島県で確

認され、その後、四国や和歌山県でも発見された (長谷川, 1954)。1950年代は早期水稲栽培が盛んになり、イネを好んで増殖するミナミの個体数が増加した。

ミナミとアオクサは種間交尾を行うが受精卵を産まない。ミナミの年間世代数は3でアオクサの2より多く、産卵数もミナミはアオクサの2～3倍と多い (卵塊サイズもミナミのほうが大きい) ことから、早期～晩期水稲が栽培されて餌資源が豊富な温暖な環境では、アオクサに対するミナミの相対密度が高くなり、種間交尾の頻度が高まった。また、原因は不明であるが、ミナミ♀と交尾したアオクサ♀の寿命が著しく短くなった。これらのことから、ミナミの優位に拍車がかかり、九州や四国、紀伊半島南部の平地ではミナミがアオクサと置き換わった (KIRITANI et al., 1963; 桐谷・法橋, 1970)。しかし、ミナミは最寒月の平均気温が5℃以下の地域では個体群を持続的に維持できず、境界線付近ではアオクサと共存し、それより寒いところではアオクサの単棲地帯となる。

1960年代のミナミの北限は紀伊半島では和歌山県有田市付近であったが、近年、大阪市 (MUSOLIN and NUMATA, 2003) や静岡県磐田市 (池田, 2006) でも発見された。九州東海岸では1957年には宮崎県高鍋市が北限であったが、60年に延岡市、67年に大分県宇目町と直川村、95年には佐伯市、2003年と04年には大分市でも記録された。九州西海岸では、1965年に天草、93年に熊本県中央町と福岡県筑後市、2001年に宇土市、02年に福岡県黒木町で見つかった (YUKAWA et al., 2007)。

これらの採集記録を踏まえて、近年、地球温暖化の影響でミナミが北進しているのではないかと、各地でアオクサとミナミが置き換わっているのではないかと、将来、気温が上昇したときにどこまで分布範囲を広げるのかななどの疑問を解決するため、特に、九州北部で重点的に調査を行ったので、その結果 (YUKAWA et al., 2007) を紹介する。

II 野外調査とカメムシ同定

2002～05年に、九州東海岸の延岡市から行橋市にかけての海岸線や柳川市から小郡市にかけての筑後平野、

Distribution Range Shift of Two Allied Species, *Nezara viridula* and *N. antennata*, in Japan, Possibly Due to Global Warming. By Junichi YUKAWA and Keizi KIRITANI

(キーワード: 地球温暖化, 分布域拡大, ミナミアオカメムシ, アオクサカメムシ, 種間競争)

福岡市や宗像市、彦山等の福岡県北部で野外調査を行った。各調査地では、マメ類やトウモロコシ、キュウリ、トマト、ヒマワリ等から、カメムシの成虫と幼虫を採集して持ち帰り、成虫の場合は、種を同定してミナミとアオクサの個体数を記録した。4 齢と 5 齢幼虫は、インゲンやダイズの莢で飼育し、羽化させて種を同定した。九州大学の彦山生物学実験所（標高 670 m）では、ライトトラップによる調査を継続した。また、山口県南西部では、ダイズサヤタマバエの調査に赴いた機会にカメムシの調査を行った。野外調査以外に、九州各地や山口県の試験研究機関からカメムシ類の同定依頼があり、その中でミナミとアオクサに関するものもデータに加えた。

III 九州東海岸

2002 年に延岡市から豊前市にかけて 13 箇所を調査した結果、10 箇所で見つかった（表-1）。アオクサに対するミナミの比率は、南の地域ほど高く、延岡市や大分県の南部の蒲江町ではアオクサは採集できなかった。一方、大分県北部や福岡県南部では、ミナミはいないか、いても比率が低かった。ところが、2004 年には、以前の調査でミナミがいなかった大分県佐賀関町や宇佐市でミナミが見つかるとともに、比率の低かった大分市ではミナミの比率が高くなった。また、福岡県南部の勝山町や行橋市でも、以前にミナミがいなかったところで、2004～05 年にミナミが発見された。

IV 筑後平野

筑後市では 1993 年にミナミの採集記録がある。その後、本格的に調査されていなかったが、2002 年には、

筑後平野の南部の柳川市や筑後市、八女市等で高い比率でミナミが確認され、05 年に至るまでそれが維持されていた（表-2）。やや山間部の黒木町や筑後平野中部の久留米市では、2002 年に低かったミナミの比率が 05 年にかけて高くなってきた。また、2002 年にはミナミのいなかった筑後平野北部の小郡市や山間部の浮羽町でも、03 年以降に見られるようになった。

V 福岡県北部と山口県、その他の地域

福岡県北部では 1992～93 年の北九州市や宗像市での調査（三枝, 1992）でもミナミは見つかっていない。福岡市近郊で初めてミナミが見つかったのは 2003 年で、2005 年になると低率ながら宗像市でも発見された。彦山生物学実験所のライトトラップや山口県南西部のダイズ圃場では、2005 年までミナミが見つからない。

この調査の途中で、それまでミナミの記録のなかった和歌山県北部と大阪府貝塚市で、それぞれ、2002 年と 03 年にミナミが分布していることが判明した。また、2005 年には、松山市や高松市、岡山県各地でもミナミが採集された（大野・中村, 2007）。ちなみに、四国では 1972～73 年までは、両種の混棲地帯は宇和島市までで、八幡浜市は東海岸の徳島市と同様アオクサの単棲地帯であった（桐谷ら, 未発表）。したがって、北進現象は本州、四国、九州の各地で広く見られる現象である。

VI ミナミアオカメムシの北進と気温の上昇

前章までに述べたように、近年、ミナミは九州の海岸沿いや平地を北進していると考えられる（表-1, 表-2）。先にも述べたように、ミナミは最寒月の平均気温が 5℃

表-1 九州東海岸沿いの各地で 2002 年と 04 年に調査したミナミアオカメムシとアオクサカメムシの比率（YUKAWA et al., 2007 を改変）

調査場所	2002 年	アオクサ	ミナミ	%	2004 年	アオクサ	ミナミ	%
宮崎県, 延岡市	7 月 13 日	0	27	100	11 月 5 日	0	> 100	100
宮崎県, 延岡市	7 月 13 日	0	16	100	11 月 5 日	0	> 50	100
大分県, 蒲江町	7 月 14 日	0	28	100	—	—	—	—
大分県, 佐伯市	7 月 14 日	4	11	73.3	—	—	—	—
大分県, 弥生町	7 月 14 日	42	11	20.8	—	—	—	—
大分県, 津久見市	7 月 14 日	2	30	93.8	—	—	—	—
大分県, 臼杵市	8 月 11 日	68	6	8.1	—	—	—	—
大分県, 佐賀関町	8 月 12 日	65	0	0 ^a	9 月 27 日	2	25	92.6 ^b
大分県, 大分市	8 月 11 日	8	11	57.9 ^a	9 月 27 日	8	66	89.2 ^b
大分県, 豊後高田市	8 月 8 日	2	2	50	—	—	—	—
大分県, 宇佐市	8 月 8 日	156	0	0 ^a	9 月 28 日	16	3	15.8 ^b
大分県, 三光町	8 月 8 日	87	3	3.3	—	—	—	—
福岡県, 豊前市	8 月 8 日	47	0	0	—	—	—	—

同一行の異なるアルファベットは有意差があることを示す： $\chi^2 > \chi^2_{0.001}$. —：調査なし。

表-2 筑後平野の各地で2002年と03年, 05年に調査したミナミアオカメムシとアオクサカメムシの比率 (YUKAWA et al., 2007を改変)

調査場所	2002年			2003年			2005年		
	アオクサ	ミナミ	%	アオクサ	ミナミ	%	アオクサ	ミナミ	%
小郡市	46	0	0 ^a	336	2	0.8 ^a	1	1	50.0 ^b
浮羽町	—	—	—	—	—	—	1	6	85.7
甘木市	44	0	0	184	0	0	—	—	—
久留米市	26	1	3.7 ^a	216	13	5.7 ^a	73	120	62.2 ^b
黒木町	335	68	16.9 ^a	39	24	38.1 ^b	1	7	87.5 ^c
八女市	31	330	91.4 ^a	0	18	100 ^a	17	172	91.0 ^a
筑後市	7	17	70.8 ^b	43	194	81.9 ^b	0	43	100 ^c
柳川市	11	31	73.8	—	—	—	—	—	—

同一行の異なるアルファベットは有意差があることを示す： $\chi^2 > \chi^2_{0.001}$ 。—：調査なし。

以下のところでは個体群を持続的に維持できない (KIRITANI et al., 1963)。ミナミの北進が可能になったのは冬の気温が上昇したためではないか？ そこで、福岡市における1961～2006年の1月の平均気温を調べてみると、1986年までは1月の平均気温が5℃を下回ることが多かったが、それ以降は6℃以上を推移しており、明らかに気温が上昇していた (図-1)。1960年ごろまでは、中・晩期水稲地帯への早期水稲の導入によるミナミアオカメムシの増殖がアオクサとの置き換わりを当該地域で短期間に進めた。この密度の高まりが周縁地域への侵入圧となったと思われる。その後、1980年代後半からの地球温暖化、特に、98年の高温年を境に、ミナミの北進を促進したのではないかと思われる。その際、個体数の増加が温暖化に伴う北進を容易にしたと考えられる。

ミナミの成虫は大きい移動力と寄主選択性をもっている。バレイショ畑で羽化した第1世代成虫が、直線距離で1km離れ、周囲が標高70m前後の山地に囲まれた早期水稲に集中的に飛来した (桐谷・法橋, 1970)。移動力があるミナミでも、新しい地域に定着するまでには一定の時間差が生じる。地理的な障壁があるとさらに時間がかかる。また、侵入した地点で低密度のまま推移すると、アオクサとの種間交尾による競争に破れるため、定着までには繰り返し個体群の侵入が必要となる。

VII 種間交尾と置き換わり、共存

ミナミが北進した延岡市や筑後平野南部では、ミナミの比率が非常に高くなりアオクサと置き換わっているらしい。1960年代に紀伊半島で観察された種間交尾による両者の置き換わりが九州でも生じている可能性が高い。今後の継続調査によって、ミナミの単棲地域がさらに拡大するか確かめる必要がある。地球温暖化が進むと、

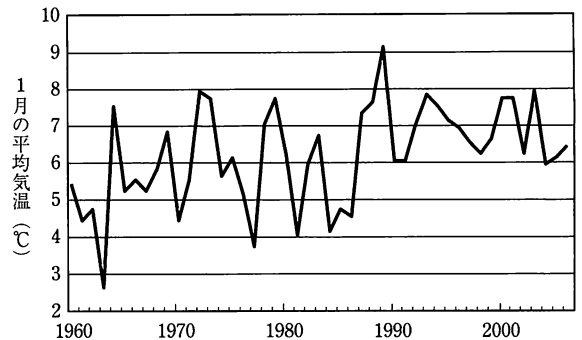


図-1 1961年から2006年にかけての福岡県における1月の平均気温の年次変化 (YUKAWA et al., 2007を改変)

一つの種の北進のみならず、それに伴う種間競争で、別の一種が局地的に絶滅する事例として特筆しておく。

もちろん、ミナミが侵入してもすべての地域でアオクサが絶滅するのではなく、最寒月の平均気温が5℃付近の地域では両者が共存する。和歌山県の中山間地では、最寒月の平均気温は年によって3～7℃の間を変動する。ミナミの冬期の死亡率は、越冬場所にもよるが温度と相関関係があり、おおむね平均気温が3℃のときは約65%が死亡するが、1℃高くなると死亡率が16.5%軽減する (KIRITANI et al., 1966; KIRITANI, 1971)。その結果、毎年、両者は相対比率を変動させながら共存する。

また、温度条件が十分でも、その他の環境条件によっては両種が共存する例も知られている (KIRITANI et al., 1963)。例えば、中・晩稲だけや早稲だけの地域ではミナミの増殖が抑えられ、種間交尾でアオクサは排除されない。紀伊半島南部の下里町はその例で、アオクサとの混棲地帯であった。また、高知県の香長平野のような2期

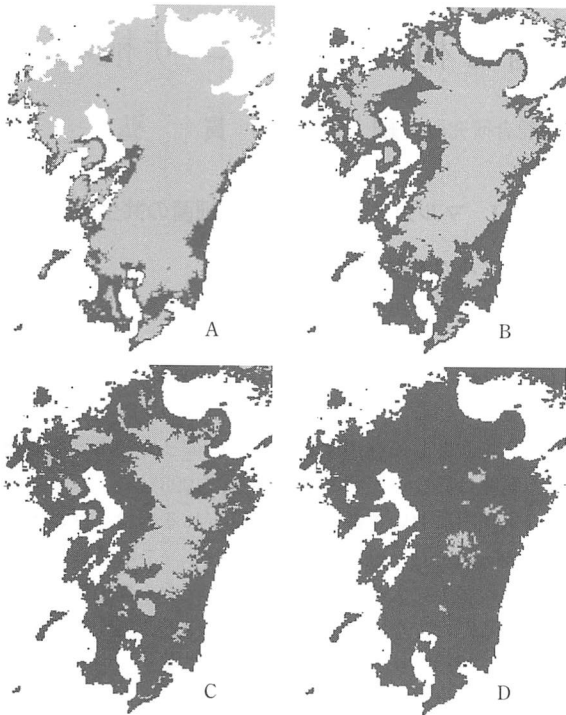


図-2 九州におけるミナミアオカメムシの過去、現在、未来の分布可能地域

黒く塗りつぶした部分は、ミナミアオカメムシが冬期に個体群を維持できる最寒月の平均気温が5℃以上になる地域を示している。A：1960年代の平均気温による分布可能地域、B：2001～05年の平均気温による分布可能地域、C：2100年までに平均気温が1963年より1.4℃(HOUGHTON et al., 2001による予測最小値)上昇した場合の分布可能地域、D：2100年までに平均気温が1963年より5.8℃(HOUGHTON et al., 2001による予測最大値)上昇した場合の分布可能地域(YUKAWA et al., 2007より)。

作地帯では、水稻の栽培期間が不連続になるためミナミの増殖に不利で、ミナミの被害は問題にされなかった。

おわりに

1961～65年の九州各地の年平均気温は、2001～05年に比べて約1℃低い(YUKAWA et al., 2007)。したがって、最寒月の平均気温も1℃位低かったに違いない。図-2 Aは最寒月の平均気温から見た1960年代のミナミの分布可能地域を黒く塗りつぶしている。実際に、当時の採集記録のあった地域と合致している。図-2 Bは現在の冬の平均気温から見たミナミの分布可能地域を示したものである。これも今回の調査結果とほぼ合致してい

る。これらのことは、地球温暖化が進み、気温が上昇したときのミナミの分布可能地域を最寒月の平均気温で予測できることを示している。図-2 Cと Dは、それぞれ、HOUGHTON et al. (2001) が予測した温度上昇の最低値1.4℃と最高値5.8℃によって、ミナミの分布可能地域を予測したものである。1.4℃の場合でも、九州全域の平地～中山間地帯がミナミの分布可能地域となる。5.8℃の場合は、わずかな山地を除いて九州全域がミナミの分布可能地域となる。その結果、ミナミによるイネや豆類など被害が拡大し、由々しき問題となるおそれがある。

しかしながら、温暖化による節足動物の世代数増加予測(KIRITANI, 2006)に基づいて試算すると、ミナミは1年にもう1世代増加する可能性がある一方、卵寄生蜂類の世代数はさらに増える可能性があり、カメムシの出現期との同時性が保証されれば、寄生蜂による密度抑制が期待できるかもしれない。

引用文献

- HARRINGTON, R. and N. E. STORK (1995): *Insects in a Changing Environment*, Academic Press, London, 535 pp.
- 長谷川仁 (1954): 農業技術研究報 C4: 215～228.
- 林 英明 (1997): 植物防疫 51: 455～461.
- HAYASHI, M. (2002): Heteroptera, In Check List of the Insect of the Ryukyu Islands, 2nd ed. (AZUMA, S. ed.), The Biological Society of Okinawa, Naha, Okinawa, p. 127～149.
- HOUGHTON, J. T. et al. (2001): *Climate Change 2001: the Scientific Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, 944 pp.
- 池田雅則 (2006): 静岡新聞, 2006年3月29日.
- KIRITANI, K. (1971): *Proceedings of the Symposium on Rice Insects*: 235～248.
- 桐谷圭治 (1988): 気象研究ノート 162: 137～341.
- KIRITANI, K. (2006): *Popul. Ecol.* 48: 5～12.
- (2007): *Global Change Biology* 13: 1586～1595.
- 桐谷圭治・法橋信彦 (1970): ミナミアオカメムシ個体群の生態学的研究, 指定試験(病害虫)第9号, 農林水産技術会議事務局, 東京, 260 pp.
- ら (1961): 関西病虫害研究会報 3: 50～55.
- KIRITANI, K. et al. (1963): *Res. Popul. Ecol.* 5: 11～22.
- et al. (1966): *Ann. Soc. Entomol. Fr., Nouv. Sér.* (Sunn Pest Memoirs, 9), 2: 199～207.
- McLAUGHLIN, J. F. et al. (2002): *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99: 6070～6074.
- MUSOLINI, D. and H. NUMATA (2003): *Physiol. Entomol.* 28: 65～74.
- 大野裕史・中村圭司 (2007): *Naturalistae* (11): 1～8.
- PANIZZI, A. R. et al. (2000): Stink bugs (Pentatomidae), In *Heteroptera of Economic Importance* (SCHAEFER, C. W. and A. R. PANIZZI eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 421～474.
- PARMESAN, C. and G. YOHE (2003): *Nature* 421: 37～42.
- 三枝豊平ら (1992): 北九州市立自然史博物館自然史資料第2集, 山田緑地の自然: 77～159.
- YAMAMURA, K. and K. KIRITANI (1998): *Appl. Entomol. Zool.* 33: 289～298.
- 吉尾政信・石井 実 (2001): *日本生態学会誌* 51: 125～130.
- YUKAWA, J. (2000): *Popul. Ecol.* 42: 105～113.
- et al. (2007): *Applied Entomology and Zoology* 42: 205～215.