

自然教育園で大発生したキアシドクガ (鱗翅目, ドクガ科) 成虫の小型化について

大和田守*・濱尾章二**・矢野 亮**・桑原香弥美**

Miniaturization of lymantriid moths of *Ivela auripes* (Lepidoptera) breaking out
in the garden of the Institute for Nature Study, Tokyo

Mamoru Owada*, Shoji Hamao**, Makoto Yano** and Kayami Kuwahara**

は じ め に

キアシドクガ *Ivela auripes* は年1化, 成虫は初夏に現れ発生木の周囲を昼間飛び回っている。幼虫はミズキ科のミズキ *Swida controversa* やクマノミズキ *Cornus brachypoda* に発生し, 新芽から展開したばかりの新葉を食べて成長し, 繭を作らずに葉間, 小枝, 樹皮や付近の堀などで蛹化する(服部, 1965; 山本, 1987)。時に大量に発生して食樹の葉が丸坊主になることがあるが, そのためにミズキやクマノミズキが枯死することは稀なようである。ところが, 2001年から発生が確認された東京都港区の自然教育園では, 本種の大発生によって大量のミズキが枯死する事態が生じている。2005年に園内を飛び回っていた成虫は明らかに小型化していたのでその計測値を記録し, 同様の調査を2006年にも行ってキアシドクガの小型化について2年間の変化をまとめ, 若干の考察を行った。

本文に先立ち, 2005年の捕獲調査をともに行っていたいた渋谷区の堀江清史氏と東京農業大学昆虫学研究室の学生のみなさん, 皇居のキアシドクガを採集する際お世話になった宮内庁庭園課のみなさん, ミズキの食害調査に協力いただいた自然教育園の職員のみなさん, 乾燥標本の重量を計測していただいた東京大学大学院農学生命科学研究科生物多様性研究室の染谷さやか氏に深く感謝する。また, 蛾類の大発生について文献等をご教示いただいた北海道林業試験場の原秀穂博士と, 本原稿を読み, ご意見を賜った国立科学博物館名誉研究員の上野俊一博士に深甚の謝意を表する。

東京都区内でのキアシドクガの発生状況

東京都港区の自然教育園での発生の経緯は矢野・桑原(2006)が簡単に触れているが, 爆発的な発生に至るまでを, 周辺の東京都区内の緑地の発生状況と合わせて要約する。

*国立科学博物館動物研究部, Department of Zoology, National Museum of Nature and Science, Tokyo

**国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science, Tokyo

本種は2000年ころまでは、都区内で目立った発生はなく、1996-2000年の皇居の生物相調査においても採集されていない（大和田ほか, 2000）。その調査期間中、自然教育園でも自然生態系特別調査が1998-2000年に行われ、本種の発生期である1999年5月28日と2000年5月26日の午後に昼間の蛾類調査を行っているが、本種を見かけることはなかった。本種の発生が自然教育園で確認されたのは2001年5月22日で、「晴天の日に多数が樹冠部を飛翔するのが観察された」として矢野亮採集の1♂1♀が記録された（大和田ほか, 2001）。

2002年4月から2004年7月に行われた港区赤坂御用地の調査では、2002年5月22日、2003年5月23日、および2004年5月27日に本種の群飛を観察し、その一部を採集して記録しているが（大和田ほか, 2005）、とくに多く発生していたという印象はない。2000年8月から開始された皇居の生物相モニタリング調査では、2001年5月25日に上道灌濠の灯火採集で2♀が飛来し、2002年5月24日に吹上御苑で昼間飛翔中の雄を採集しているが、発生量はきわめて少なかった。2003年は5月下旬から6月上旬の発生期に調査を行っていない。2004年は自然教育園での大発生の情報があり、5月26日のトンボ類の調査の際に注意していたが、中道灌濠と下道灌濠でそれぞれ1頭の雌を採集できただけで、目撃個体数もきわめて少なかった。また、同年6月3日に吹上御苑で行った灯火採集に雌が1頭飛来したにすぎなかった。しかし、2005年には6月1日に下道灌濠と吹上御苑で本種の群飛が見られた。とくに多かったのは紅葉山下の下道灌濠、道灌濠新道の大道庭園下、吹上御苑では大宮御所から果樹園にかけてであった。このとき、自然教育園の個体と比較のため1時間ほど集中的に本種を採集し、76♂9♀を得ることができた（大和田ほか, 2006）。

2001年5月に自然教育園で発生が認められたキアシドクガは、2002年と2003年にも発生したが、多数が発生したとは認められなかった。2004年には、ミズキの葉を食べつくした幼虫が、大量に木から降り、自然教育園の塀などに多数集まり、周辺住民から気味が悪いという苦情がでた。さらに2005年には、前年以上の発生があり、多くのミズキが丸坊主になり、食べ物を求めて多数の幼虫が周辺のマンションのベランダや室内にまで侵入し、防除の強い要望が出るに至った。2002年から2005年までの3年間で、園内のミズキ1,369個体のうち100個体、約7.3%が枯死している（矢野・桑原, 2005）。2006年の本種の発生状況は、大和田が5月26日に捕獲調査を行った印象では、2005年並か、それをやや上回っているように感じられた。

採集個体数と計測法

2005年の成虫発生期にどの程度の成虫が採集できるか、大和田が堀江清史氏と東京農業大学昆虫学研究室の学生5人とともに5月28日に9:00から17:00まで捕獲を試みたところ、合計4,187個体を採集できた。このとき、かなり小型の個体が多数混入していることが判明したので、翌29日は大和田（午前中だけ）と学生5人で1,266個体を採集し、このうち、計測を目的として丁寧に採集したサンプルは183♂10♀で、雌はその後、園内に落下死亡していた18個体を追加して計測を行った。なお、6月2日には成虫の群飛はほとんど収まり、園内に落ちた死亡個体を中心に少数の個体しか得られなかった。

自然教育園の2005年の小型になったキアシドクガと比較するため、ミズキの被害が外見的にほとんど認められなかった皇居のキアシドクガを上記の通り76♂9♀採集し、比較に供した。自然教育園の2006年分は5月26日10:00-12:00に大和田が522♂132♀を採集し、試料とした。

試料は、翅をたたんだ状態で三角紙に入れ乾燥させ、前翅基部から翅頂までをノギスあるいは定規を用いて1 mm単位で計測し、小数点以下は四捨五入した。なお、この計測を行った自然教育園と皇居のキアシドクガの三角紙標本は、すべて国立科学博物館動物研究部に保管してある。

また、自然教育園内の発生消長を見るため、2006年は大和田の捕獲調査とは別に、園内で捕獲調査を行っている。

結 果

2006年における、自然教育園でのキアシドクガの発生消長をTable 1に示した。飛翔が開始されたのは5月24日で、当初は雄の捕獲が圧倒的に多かった。また、雌は雄より活動的でないように見えた。

Table 1. Daily occurrence of *I. auripes* at Institute for Nature Study (INS), 2006.

(表1. キアシドクガの自然教育園における発生消長, 2006年)

Date 月日	5/24	5/25	5/26	5/30	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4	6/6	6/7	Total
Male ♂	49	77	204	191	139	315	62	104	97	261	13	1,909
Female ♀	4	5	17	80	37	102	53	122	124	263	11	920
Total 合計	53	82	221	301	228	417	115	226	221	524	24	2,829

Number of moths collected in flight (5/24–5/26); number of moths dead on ground (5/30–6/7).

5月26日は大和田が捕獲調査を行ったが、それとは別に従来通りの採集調査を行った。5月24–26日の3日間の調査は、飛翔する個体を網で捕獲する方法で採集した。その後3日を置いて、園路などに落下・死亡個体が目立ちはじめたので、5月30日からはそれらを拾い集めて個体数を数えた。この段階でも雄が多かったが、6月2日に至って雄と雌の数が近づき、6月6日まではある程度の成虫が活動していたが、6月7日には飛翔はほとんどなくなった。成虫が羽化して活動する期間は約2週間であった。

2005年の皇居と自然教育園の個体群について前翅長を比較すると、雌雄とも皇居で平均値が長く、自然教育園で分散が大きかった。雄の前翅は皇居のものの方が自然教育園のものよりも長く (Welchの補正によるt検定: $t=16.61$, $df=252$, $P<0.0001$; Fig. 1), 個体間の変異は自然教育園の方が大きかった (F検定: $F=8.05$, $df_1=75$, $df_2=182$, $P<0.001$)。また、雌の前翅長は、皇居で28–31 mmであったのに対し、自然教育園では19–28 mmであり、自然教育園の雌は皇居の小型雌と同じかそれよりも短く (Fig. 1), 両者の間の違いは統計上有意なものであった (Welchの補正によるt検定: $t=11.00$, $df=33$, $P<0.0001$)。また、自然教育園の雌の前翅長は皇居の雌よりも個体間の変異が大きく (Table 2), その違いは統計上有意なものであった (F検定: $F=6.27$, $df_1=8$, $df_2=27$, $P<0.001$)。しかし、雌に比べると、雄のサイズ分布は2ヶ所の個体群間で重複している (Fig. 1)。

自然教育園における2005年と2006年の前翅長を比較すると、雄では下限 (17 mm) は変わらないものの2006年は小型個体の割合が高くなり、また個体間の変異が小さくなる傾向が見られた (Fig. 1)。統計的にも、両年の間で平均値と分散に差が認められた (Welchの補正によるt検定: $t=5.41$, $df=263$, $P<0.0001$; F検定: $F=1.66$, $df_1=182$, $df_2=521$, $P<0.001$; Table 2)。しかし、雌の前翅長は両年の間で最小値が18 mmになり、最大値が30 mmと変異の幅が拡大したほかは、ほとんど変化が見られず (Fig. 1),

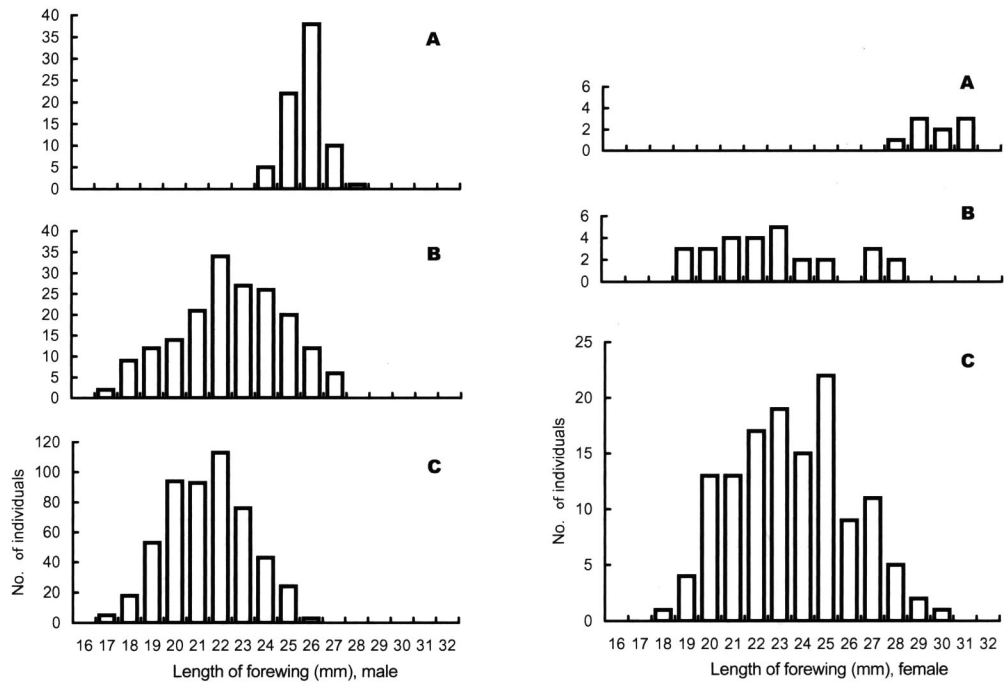


Fig. 1. Forewing length of *I. auripes*. A: Imperial Palace, Tokyo, 2005, control, larvae grown under enough leaves. B: INS, 2005. C: INS, 2006.

図1 キアシドクガの前翅長の分布. A: 皇居 (2005年), 対照区. B: 自然教育園 (2005年), C: 自然教育園 (2006年).

Table 2. Mean and SD in forewing length (mm) of *I. auripes* at Imperial Palace, Tokyo, and Institute for Nature Study (INS).

(表2. 皇居と自然教育園におけるキアシドクガ前翅長の平均値と標準偏差)

Place, year	Sex	Mean	SD	N
		平均	標準偏差	個体数
Imperial Palace, 2005	Male	25.7	0.8	76
(皇居 2005)	Female	29.8	1.1	9
INS, 2005	Male	22.5	2.3	183
(自然教育園 2005)	Female	22.8	2.7	28
INS, 2006	Male	21.4	1.8	522
(自然教育園 2006)	Female	23.5	2.5	132

平均値・分散とも統計上有意な差は見られなかった (t検定: $t=1.34$, $df=158$, NS; F検定: $F=1.16$, $df_1=27$, $df_2=131$, NS; Table 2)。

雌雄間で比較すると、皇居では最大の雄と最小の雌が同じ前翅長 (28 mm) でサイズ分布にほとんど重なりがなく (Fig. 1), 両者の差は統計上有意なものであった (t検定: $t=13.45$, $df=83$, $P<0.0001$)。2005年の自然教育園では平均値は雄の方が雌よりも小さいものの (Table 2), その差はわずかで、統計上有意な差は認められなかった (t検定: $t=0.72$, $df=209$, NS)。また、2006年の自然教育園では、雄の方が雌に比べ有意に短い傾向が認められた (Welchの補正によるt検定: $t=8.93$, $df=166$, $P<0.0001$)。

考 察

矢野・桑原 (2006) は、自然教育園内にある胸高直径10 cm以上のすべてのミズキ1,269本の2005年の被害状況を記録した。それによると、キアシドクガによる食害のないものが393本、一部食害が認められたものが368本、大部分が食害されたものが144本、すべて食害されたものが364本であった。幼虫が餌不足で木から降りて周囲を歩き回る状況は、すべて食害された木と大部分が食害された木で起り、全体の約40%であるが、被害は太木になるほど大きい傾向があることが指摘されており、胸高直径51 cm以上の太木では、60%以上で甚大な食害を受けたことになっている。一方、対照区として比較に用いた皇居におけるミズキおよびクマノミズキの被害状況は、食害がほとんど目立たない状態であったので、幼虫が餌不足で木を降りることはなかったものと思われる。

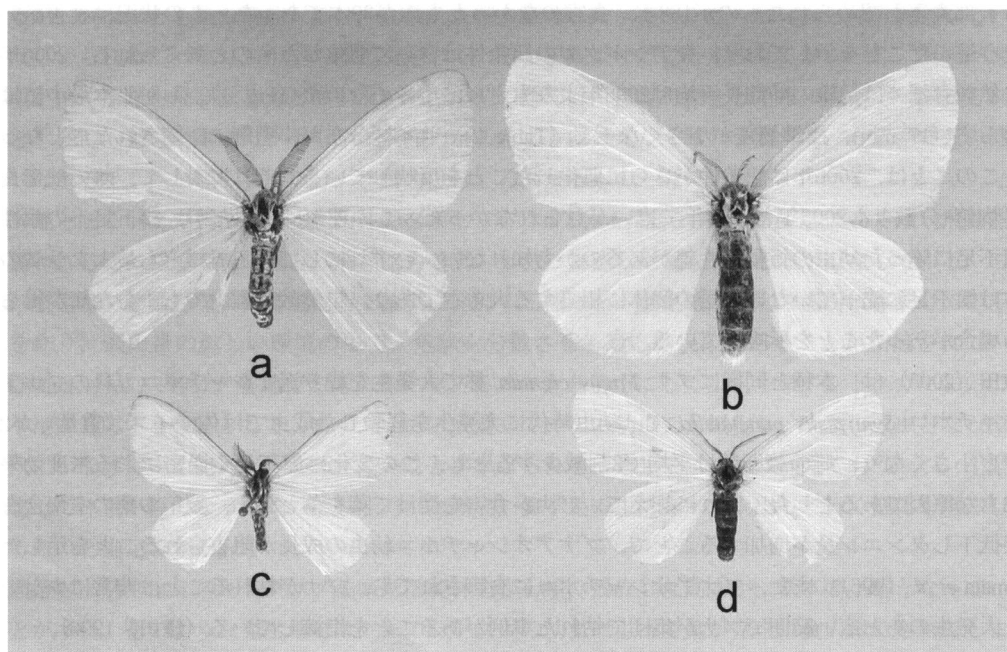


Fig. 2. *Ivela auripes*; maximum male (a) (forewing length 28 mm) and female (b) (forewing length 31 mm, 145 mg), June 1, 2005, Imperial Palace, Tokyo; minimum male (c) (forewing length 17 mm) and female (d) (forewing length 18 mm, 15 mg), May 28, 2006, Institute for Nature Study, Tokyo.

図2. キアシドクガの最大個体 (a, 雄; b, 雌) (皇居) と最小個体 (c, 雄; d, 雌) (自然教育園)。

皇居の個体群の前翅長の平均値・標準偏差は、キアシドクガの幼虫が低密度で餌不足に陥らずに成育したときのものを示すと考えられる。本種は本来、雌雄のサイズ分布がほとんど重ならず、雌がはるかに大きい性的二型をもつのであろう (Figs. 1-2)。2005年の自然教育園のミズキの被害状況から推測すると、自然教育園では50%以上の木で餌不足が起こり、キアシドクガの幼虫が木から降りざるを得なかったものと思われる。この中には、蛹化できるほど成長していなかったものも含まれていたはずで、かなりの幼虫が餓死したと思われる。また、たとえ蛹化できたとしても、ミズキの葉を十分に摂食できなかった個体はその分、小型化したことだろう。皇居の正常な発育で最低でも雄では24 mm、雌では28 mmある前翅長が、2005年の自然教育園では雄では最小17 mm、雌では19 mmであった。2006年の最小値は雄で17 mm、雌で18 mmとなった。この最小値は蛹化可能なサイズの幼虫から生じる成虫の前翅長の限界である可能性が高い。一方、2005年の自然教育園で得られた雄の前翅長の最大値 (27 mm) は、皇居の最大値 (28 mm) に近いものであった。雌でも、自然教育園の最大個体は皇居の最小個体と同じ前翅長 (28 mm) であった。これらのことは、自然教育園内で、皇居の幼虫と同様にミズキの葉を十分に摂食できた幼虫がかなりいたことを示唆している。自然教育園のキアシドクガは一樣に餌不足に陥ったわけではなく、餓死してしまったもののほかに、かろうじて蛹化した小型個体、そして十分に葉を食べることが出来た大型個体までが含まれていたと考えられる。

自然教育園における2006年のミズキの被害状況は矢野・桑原 (2007) に詳述されているが、要約すると、1,285個体中、枯死木が86本、すべて食害されたものが787本、大部分が食害されたものが185本、一部食害が認められたものが188本、食害のなかったものが39本であった。この状況は食害がいっそう進んだことを示しており、キアシドクガの餌条件はさらに悪化したものと考えられる。2006年の自然教育園では、雄の前翅長平均は2005年よりもさらに小さくなった (Fig. 1)。しかし、最小値は変わらず (17 mm)、標準偏差が小さくなって (Table 2)、サイズ分布が小型側に圧縮された形となった。このことは、2006年に餌条件がさらに悪化したことを反映している。それに対して、雌の前翅長は平均値・分散とも2005年と2006年で違いが見られなかった。この理由は不明だが、餌不足への耐性や餌不足に陥った幼虫の行動に性差があるのかも知れない。いずれにしても、雌雄とも最大クラスの個体は餌不足に陥っていない皇居の個体に相当する大きさであり、自然教育園内でも十分な餌が得られる場合があったことを示唆している。

鎌田 (2005) は、本種と同様にブナ *Fagus crenata* 林で大発生を繰り返すシャチホコガ科のブナアオシャチホコ *Syntypistis punctatella* で、幼虫時代に大発生を経験した成虫では体サイズ (重量) が2割ほど小さくなり、雌の蔵卵数は平均で3割減少するとし、この変化は餌不足や過密による密度効果がおもな原因であるとした。これに加えて、ブナが食害を受けて葉を落とすと、翌年の葉の窒素含有量が低下しタンニン量が増加することで、ブナアオシャチホコ幼虫の成長が阻害されることを示した (Kamata *et al.*, 1996)。また、ブナアオシャチホコに食害されても、ブナが枯れることは非常に少ないが、大発生のおと広い範囲でブナが集団で枯れた事例があることを指摘している (鎌田, 1996)。

キアシドクガの大発生は自然林でも公園でも見られ、数年間続くという。孵化幼虫は展開途中の冬芽に食入し、その後、ミズキの1次枝の葉の成長が終わって、2次枝の葉の展開が開始する頃に老熟するので、葉がすべて食べられてもミズキが枯れることはきわめて稀であるとされている (富樫, 1994)。自然教育園においては、ミズキはキアシドクガに葉を食べ尽くされ、すべての幼虫が下に降

りた後2週間において再び新葉を展開させる。この新葉は再度幼虫に食害されることはないが、この状態が3年連続で起こっており、衰弱しているところにカミキリムシ類の二次的加害などがあり、枯死するミズキが増加したと考えられる。

キアシドクガが、発生木であるミズキやクマノミズキの葉を食い尽くし、大量の幼虫が木から降りてくることはよく観察されることで（山本，1987），そういう危機的状況に至ったとき，本種の幼虫は十分に成長していなくても蛹化し，成虫になる性質があるものと思われる。餌不足に対する抵抗力は，ブナアオシャチホコと比べてもはるかに高いものと思われる。羽化可能な最小サイズと推定された前翅長（雄：17 mm，雌：18 mm）は，皇居の平均値（雄：25.7 mm，雌：29.8 mm）に対して雄で66.1%，雌で60.4%であった。この値を3乗することで体積（重量）に換算すると，餌不足によって雄は28.8%に，雌は22.1%に減少したことになる。皇居の雌の最大値（31 mm）に対し，自然教育園の餌不足の中で成虫になった雌の最小値（18 mm）は，前翅長で58.1%であり，これは体積（重量）に換算すると19.6%にすぎない。雌の重量は，産卵の後では大幅に低下すると考えられるが，試みに，乾燥標本で皇居の大型雌（前翅長30-31 mm）5個体の重量を計測すると78-145 mgで，平均値は112 mgであった。一方，自然教育園の小型雌（前翅長18-19 mm）4個体の重量は14-17 mgで，平均値は15.3 mgであった。これらの個体がどの程度の量，産卵しているかは不明であるが，極小個体は最大個体に比べ，平均値でも13.7%にまで小型化していることになり，最軽量個体（14 mg）は最重量個体（145 mg）の9.7%にすぎない。

このような極端に小型化した個体が，はたして正常に交尾・産卵することが可能かどうかは不明であるが，少なくとも雄の飛翔行動は，比較的大型の個体と比べて，小型の個体がとくに低下しているとは認められなかったし，小型の雄が交尾しているのを観察することも少なくなかった。また，大型の雌が梢や樹間を飛び回することは少ないが，小型の雌では，探雌行動をとる雄に混ざって採集されることも多く，大型の雌に比べ明らかに飛翔力があるように見えた。雌の小型化は，当然産卵数の低下につながるが，体が軽くなった分，移動力はむしろ高まるものと考えられる。

本種と同じドクガ科に属する高山性のダイセツドクガ *Gyanephora rossii daisetsuzana* では，飛翔能力が疑われる翅の発達の悪い雌と，飛翔能力の高い十分に発達した翅を有する雌が混在している。この翅の多型は，移動しないで発生場所で確実に産卵する個体と，発生地から別の場所に移動していく個体を作り，高山帯の厳しい環境の中で，危険を分散させる適応的現象であることが指摘されている（Owada *et al.*, 1994）。各地でミズキやクマノミズキを丸坊主にしてしまうキアシドクガにおいては，餌不足に対応する戦略として，まず，十分に成長していない幼虫でも蛹化し，小型の成虫となって次世代につなげていく能力がきわめて高いことが挙げられる。そして，これに加えてもう一つ，小型化によって体重が軽くなった雌の移動能力が高まり，餌不足の生活圏から脱出して行く個体を増やしているものと推定できる。

通常の山林ではミズキやクマノミズキは純林を作らず，孤立した高木か，数本の小群となっていることが多い。そのような発生地では，キアシドクガの幼虫によって葉が完全に食い尽くされてしまった場合，成虫の小型化とともに分散が起こり，数年が経過すればキアシドクガの大発生は収束するものと思われる。それゆえに，本種によって葉を食い尽くされたミズキが枯死することはほとんどないのであろう。キアシドクガの雄は，日中，発生木の周辺の梢を飛び回っており，個体数が増加すると，集団で飛翔しているように見える。自然教育園の周囲は，すべてビルに取り囲まれているので，キア

シドクガが自然教育園から離れて飛び出していくことは少なく、また、飛び出したとしても、よりどころとなる木の梢はないので、ふたたび自然教育園に舞い戻ってしまい、分散による密度の低下も期待できない。

国立科学博物館附属自然教育園は、港区白金台と品川区上大崎にまたがる約20 haの森で、昭和24(1949)年に国立自然教育園として発足して以来、天然記念物に指定され自然の推移に委ねられ現在に至っている。周囲は完全に市街地のビルに囲まれて孤立し、首都高速道路に隣接しているので樹木は健全に生育しているとはいいいがたい。この園内にミズキが大量に増殖したことが、今回のキアシドクガの大発生の下地を作ったものと思われる。園内のミズキは、胸高直径10 cm以上はすべて記録されており、1954年には448本に過ぎなかったが、その後急増して1983年には約1,400本を数えた(萩原ほか, 2002)。2002年から2005年の3年間で1,369本生育していたミズキの7.3%に相当する100本が枯死している。キアシドクガによるミズキの被害の目立ちはじめた2004年頃から枯死する個体が増加しはじめ、2005年から2006年の1年間で86本、全体の7%近くが枯死した。2006年に至って枯死の進行が速まっていることが伺える。

東京都区内でキアシドクガの発生が目立ちはじめたのは2001年頃で、自然教育園内のミズキの一部の木で、葉を完全に食い尽くした幼虫が木から大量に降りる現象が観察されたのが2004年であるから、2001年から2003年までの間にキアシドクガの発生が急速に増加していったことになる。そして2004年以降、その発生が2006年まで、さらに増加していったことを考えると、寄生蜂や寄生バエなどの捕食寄生者や、鳥などの捕食者による発生の抑制はあまり効果がなかったものと推定できる。都区内のビルや道路に完全に囲まれている自然教育園では、これらの天敵による密度の抑制は今後も期待できないかもしれない。そうすると、ウイルスや菌類などの蔓延で密度が低下しない限り、園内のキアシドクガ個体群が飢餓に耐えられない状況に至るまで、ミズキの枯死がさらに進行していくものと思われる。

引用文献

- 萩原信介・倉俣武男・藤本沙由美・阿部代始子・近田文弘, 2002. 自然教育園の種子植物. 自然教育園報告, (34): 1-83.
- 服部伊楚子, 1968. ドクガ科. 一色周知(監), 六浦昇・山本義丸・服部伊楚子, 原色日本蛾類幼虫図鑑, 上, pp. 168-182, pls. 56-60. 保育社.
- 鎌田直人, 1996. ブナ林と昆虫. 遺伝, 50(4): 64-68.
- 鎌田直人, 2005. 昆虫たちの森. 日本の森林/多様性の生物学シリーズ, (5). 354 pp. 東海大学出版会.
- Kamata, N., Y. Igarashi & S. Ohara, 1996. Induces response of the Siebold's beech (*Fagus crenata* Blume) to manual defoliation. *J. For. Res.*, 1: 1-7.
- 大和田守・有田豊・神保宇嗣, 2001. 自然教育園の蛾類. 自然教育園報告, (33): 251-280.
- [Owada, M., Y. Arita & U. Jinbo, 2001. Moths of the garden of the Institute for Nature Study, Tokyo. *Misc. Rept. Inst. Nature Study, Tokyo*, (33): 251-280.]
- 大和田守・有田 豊・神保宇嗣・岸田泰則・中島秀雄・池田真澄・平野長男, 2006. 皇居の蛾類モニ

- タリング調査 (2000–2005). 国立科博専報, (43): 37–136.
- [Owada, M., Y. Arita, U. Jinbo, Y. Kishida, H. Nakajima, M. Ikeda & N. Hirano, 2006. Monitoring survey (2000–2006) of moths (Insecta, Lepidoptera) in the garden of the Imperial Palace, Tokyo, central Japan. *Mem. natn. Sci. Mus., Tokyo*, (43): 37–136.]
- 大和田守・有田 豊・神保宇嗣・岸田泰則・中島秀雄・池田真澄・新津修平・慶野志保子, 2005. 赤坂御用地の鱗翅類. 国立科博専報, (39): 55–120.
- [Owada, M., Y. Arita, U. Jinbo, Y. Kishida, H. Nakajima, M. Ikeda, S. Niitsu & S. Keino, 2005. Moths and butterflies of the Akasaka Imperial Gardens, Tokyo, central Japan. *Mem. natn. Sci. Mus., Tokyo*, (39): 55–120.]
- 大和田守・有田豊・岸田泰則・池田真澄・神保宇嗣, 2000. 皇居の蛾類. 国立科博専報, (36): 115–168.
- [Owada, M., Y. Arita, Y. Kishida, M. Ikeda & U. Jinbo, 2000. Moths of the garden of the Imperial Palace, Tokyo, central Japan. *Mem. natn. Sci. Mus., Tokyo*, (36): 115–168.]
- Owada, M., H. Kobayashi, H. Kogi, H. Hara & K. Suzuki, 1994. Notes and collecting records of Alpine moths on the Daisetsuzan Mountains, Hokkaido. *Mem. natn. Sci. Mus., Tokyo*, (27): 139–146.
- 富樫一巳, 1994. キアシドクガ *Ivela auripes* Butler (鱗翅目, ドクガ科). 小林富士夫・竹谷昭彦 (編), 森林昆虫一総編・各論, pp. 288–290. 養賢堂.
- 山本光人, 1987. キアシドクガ. 杉繁郎 (編), 山本光人・中臣謙太郎・佐藤力夫・中島秀雄・大和田守, 日本産蛾類生態図鑑, p. 175, pl. 83, figs. 1–2. 講談社.
- 矢野 亮・桑原香弥美, 2006. 自然教育園におけるキアシドクガの異常発生について. 自然教育園報告, (37): 1–8.
- [Yano, M. & K. Kuwahara, 2006. Population explosion of *Ivela auripes* (Butler) in the Institute for Nature Study. *Misc. Rept. Inst. Nature Study, Tokyo*, (37): 1–8. (In Japanese.)]
- 矢野 亮・桑原香弥美, 2007. 自然教育園におけるキアシドクガの異常発生について(第2報). 自然教育園報告, (38): 31–37.
- [Yano, M. & K. Kuwahara, 2007. Population explosion of *Ivela auripes* (Butler) in the Institute for Nature Study (II). *Misc. Rept. Inst. Nature Study, Tokyo*, (38): 31–37. (In Japanese.)]

Summary

Ivela auripes is a well known lymantriid moth, sometimes defoliating *Swida controversa* and *Cornus brachypoda* (Cornaceae) by outbreak. In the urban area of Tokyo, this moth was not recorded at the end of the 20th Century (Owada *et al.*, 2000), and was discovered in 2001 at the Institute for Nature Study (INS) (Owada *et al.*, 2001). Occurrences of small colonies of *I. auripes* were also recorded from such large green tracks as Akasaka Imperial Gardens and the Imperial Palace, in Tokyo, at the beginning of the 21st Century (Owada *et al.*, 2005, 2006). In the garden of INS, defoliation of *Swida controversa* by *I. auripes* was not so serious in 2001–2003 (Yano & Kuwahara, 2006). Since 2004, heavy defoliation by *I. auripes* had been observed there, and many larvae roamed about the ground, fences and walls of buildings nearby INS. In 2005, we tried to collect

adult moths as many as possible, and found that very small moths were flying among them. In 2006, the defoliation was advanced more seriously, and 86 trees (ca. 7 % of *Swida controversa* in the garden) were dead (Yano & Kuwahara, 2007). Moths began to fly on May 24, and the last moths were collected on June 7, 2006 (Table 1).

As in Figure 1, miniaturization of INS *I. auripes* is obvious in comparison with moths from the Imperial Palace, Tokyo, where the defoliation of *S. controversa* and *C. brachypoda* was not observed. Mean forewing length and SD of *I. auripes* in the Imperial Palace 2005, INS 2005 and INS 2006 are shown in Table 2. Length of forewings of Imperial Palace 2005 was significantly longer than those of INS 2005 both in males and females. Variance of forewing lengths was significantly larger in the population of INS 2005 than in that of Imperial Palace 2005. In comparing INS 2005 with INS 2006, miniaturization was progressed and variance was reduced in males in 2006. On the other hand, such a significant miniaturization was not found in females in INS 2006. In the control population of the Imperial Palace, the sizes of males and females were mostly not overlapped each other, while in the population of INS 2005, they were not separated. On the contrary, the forewing length of males was significantly shorter than that of females in INS 2006.

The garden of INS is ca. 20 ha, and all the trees of *Swida controversa* (10 cm over in diameter at breast height) are recorded. In 2005, 1,269 trees of *S. controversa* were recognized in the garden. Among them, heavily defoliated trees were 508 (ca. 40%), and the defoliation percentage increased to 60% within 51 cm over in DBH trees (Yano & Kuwahara, 2006). The high variance in the forewing length of moths from INS will be derived from variable larvae, whether they faced starvation or not. Many larvae would be dead before pupation, and some moths would be fully grown without starvation like those in the Imperial Palace, Tokyo.

It can be surmised that the minimum size of forewing length of *I. auripes* is 17 mm in male and 18 mm in female, and that smaller moths would be dead in their larval stages. Mean length of control population of the Imperial Palace is 25.7 mm in male and 29.8 mm in female. The miniaturization progressed to 66.1 % in male and 60.4 % in female in INS population, and in converting the percentages into cubic contents, they are calculated 28.8 % and 22.1%. Weight of female must be markedly changed before and after oviposition. Nevertheless, mean of the maximum female specimens ($n = 5$; forewing length: 30–31 mm, weight: 78–145 mg) is 112.0 mg, and mean of the minimum female specimens ($n = 4$; forewing length: 18–19 mm, weight: 14–17 mg) is 15.3 mg, 13.7 % of the mean maximum weight. The minimum female (14 mg) is 9.7 % of the maximum one (145 mg).

It is not clear whether such miniature females are able to copulate and lay eggs normally or not. At least, however, small males fly as active as larger males, and sometimes we observed copulations of smaller males. Larger females are not so active for flying, but smaller females are used to be collected in flight with males. It can be surmised that flight activity of smaller females increases in accordance with decrease of weight, though they may lay fewer eggs. This phenomenon is also considered adaptation to the heavy defoliation of the food plants by *I. auripes*.

There are two ways for the survival strategies in *I. auripes*. Larvae can survive against shortage of food, making very small pupae, and the small adults can leave their offspring. And, in addition to this, the ability of dispersion increases in smaller females, which can migrate from their critical habitat to a new habitat.

The Institute for Nature Study is completely surrounded by urban buildings and roads. Therefore, females, which are going to fly outside INS, may return to INS, and have to lay eggs to trees in INS. During three years, 2002-2005, 100 trees (7.3 %) within 1,369 individuals of *W. controversa* were dead, and even in one year, 2005-2006, 86 trees (ca. 7 %) were dead. In INS, parasitoids and predators may not be able to control the population size of *I. auripes*. Trees of *W. controversa* might continue to be dead until this extraordinary outbreak of *I. auripes* comes to an end.