

【研究報告】

玉川学園におけるチョウ類の発消長と空間分布 ——チョウ類の保全・保護を視野に入れた都市緑地の維持・管理に向けて——

友常満利¹・須佐 樹¹・小柴結人¹・関川清広¹

要 約

地域周辺のチョウ類の発消長や空間分布を明らかにすることは、生態系サービスや環境の変化を評価するために重要である。本研究では一年を通じた定期的な観察から、都市域に残された緑地である玉川学園キャンパスのチョウ類の発消長と空間分布を明らかにすることを目的とした。調査期間の2021年5月から2022年12月において、5科44種3354個体のチョウ類が観察された。これは都内で大きな緑地面積を有する明治神宮や小石川植物園などと同程度の種数であった。数多く観察された種は草性のマメ科やアブラナ科などの草本類、落葉広葉樹林の林床に繁茂したササ類、植栽されたツツジ類などを食餌植物や蜜源植物として利用している種であると考えられた。観察されたチョウ類の中には、東京都レッドリストで本地域の絶滅危惧Ⅱ類に指定されているアカシジミや準絶滅危惧種に指定されているオオチャバネセセリも確認された。多くの種が3月上旬以降に観察され、12月上旬にはほとんど観察されなかった。9月が最も総個体数・種数ともに最多となったが、季節的な個体数の増減パターンは種によって異なった。これらの結果から、都市緑地においてチョウ類の保全や保護のためには、多種多様な食餌植物と蜜源植物のある環境を再生し維持することが重要であると考えられた。

キーワード：環境保全、季節性、里山、鱗翅目、生態系サービス

緒言

チョウ類とは昆虫綱チョウ目（鱗翅目）の46上科のうち、主にアゲハチョウ上科とセセリチョウ上科に分類される生物を指し、一般にガ類と区別された総称である（Scoble, 1986；大崎, 2000）。生態系においてチョウ類は捕食者や寄生者の餌資源となったり（本田・加藤, 2005）、被子植物の花粉の送粉者となったり（Suzuki et al., 1987）、生態系の生物多様性の維持（生態系の基盤サービス）に大きな役割を果たしている。また、幼虫が葉を摂食する行動は、植物の一次生産量を増減させ、生態系の二酸化炭素の収支を通して、調整サービスに影響を与えうる（Karban and Baldwin, 1997；山内, 2005）。さらに、昆虫採集や生物観察など幅広い世代の自然との触れ合いや教育の教材（文化的サービス）にもなるなど（本田・加藤, 2005）、チョウ類は生態系の成立や生態系サービスに大きな影響を与えている。チョウ類は環境の変化、とりわけ幼虫期の餌となる食餌植物（食草・食樹）や成

虫期の蜜源植物（花蜜・樹液）の存在に敏感であり、地域の植生やそれらを含めた環境の状態を診断するための環境指標生物としても利用されている（日本自然保護協会, 1994）。生態系サービスの質や規模、地域の環境変化などを評価するためには、地道な野外調査を通して、チョウ類がいつ・どこに・どれだけ発生しているのかを継続的に記録し、それらの発消長や空間分布を明らかにすることが重要となる。

過去の研究において、チョウ類が観察される時期や個体数の増減といった発消長は、気温や日射量、降水量、風速などの無機的な要因（非生物的要因）に影響を受けることが知られている（Tauber et al., 1986；Leather et al., 1993；中村, 2010）。また、空間分布は、食餌植物や蜜源植物の分布やフェノロジー、さらには捕食者の存在といった有機的な要因（生物的要因）の影響を受け、その結果としてチョウ類の種ごとの環境選択性が決まっている（大崎, 2000）。これらのことが明らかにされてきたのは、研究者のみならず多くのチョウの愛好家によって、様々

¹ 玉川大学農学部環境農学科 東京都町田市玉川学園6-1-1
責任著者：友常満利 tomo.32104@agr.tamagawa.ac.jp

な場所を対象になされてきた野外調査の記録や報告によるところが大きい（小松ら, 2015）。しかし、これらの過去の記録や報告は観察した季節や時間帯、頻度、記録方法などが統一されておらず、定量的な解析をすることが難しい。また限られた地域の情報としてしか公開されておらず、記録の閲覧や収集が難しい。1976年にイギリスで統一的なデータの収集を目的としたチョウ類のモニタリング事業が開始され、日本においても環境省の重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト1000）が展開されている（環境省, 2023）。しかし、チョウ類に関するデータは公開されているものの、調査対象の地域は限定的で、データの量や質にも大きな偏りがあるなど課題が多い（金尾, 2008）。

近年、都市域では放棄された緑地の増加や緑地自体の減少により、近隣住民の享受できる生態系サービスの質や規模の低下が危ぶまれている（田中, 2010）。しかし、このような「都市域の緑地」において、生態系サービスの一端を担うチョウ類の発消長や環境選択性を定量的な観点から記録し解析した例は少ない。これらの記録や解析を通してチョウ類の保全や保護を考えることは、先に挙げた生態系の基盤、調整、文化的サービスの向上を図るとともに、都市域緑地の維持や管理の指針にもなり得る（中村, 2010；日本チョウ類保全協会, 2019）。玉川学園キャンパスは、周囲を住宅地に囲まれながらも、敷地内に多くの農地や草地、森を残す都市型の緑地（里山生態系）と見なすことができ（関川・池之, 2020）、出現する植物や昆虫は、関東の都市域で高頻度に観察される種が多い。そこで本研究では、玉川学園キャンパスを都市域に残された緑地のひとつの例として、年間を通じた定期的な観察を行い、本地域におけるチョウ類の発消長と空間分布を明らかにすることを目的とした。また、チョウ類の保全や保護を視野に入れた都市域緑地の維持や管理方法について議論した。

方法

調査地

調査は東京都町田市および神奈川県横浜市、川崎市の境に位置する玉川学園キャンパス（63 ha）で行われた（図1）。本地域は西の高尾山麓から東の横浜市へと東西20 kmにわたる多摩丘陵の中央に位置する（北緯35度34分10秒、東経139度28分09秒、経塚二等三角点を基準）。年間降水量は1598 mm、年平均気温は15.4度（府中地域気象観測所、1991年から2020年の平年値）で、暖温帯



図1 調査地と調査ルート

玉川学園キャンパスの航空写真。赤は玉川学園キャンパスの敷地境界（玉川学園校内現況図2017年9月補正版を基に作図）、白はルートセンサスのルートを示す。①をルートセンサスの起点とし、番号の昇順の方向へ進み⑱を終点とした。敷地外は2019年10月13日に国土地理院によって撮影された画像、敷地内は2021年8月31日にドローンによって撮影された画像。

に属する。年に数回の降雪が確認されるが、積雪は数年に1度で最大の積雪深は30 cm程である（友常ほか, 2022）。

キャンパス内には校舎やグラウンドなどの人工建造物（被覆面積率:45%）のほか、草原（13%、農地を含む）や森林（42%）が存在する。草原としては、農学部の学生実習で使用されている農地（畑・水田）の周辺や農地間の斜面、休閑期の農地、耕作放棄地、未舗装路、林縁部、芝地などが挙げられる。春からハルジオンやセイヨウアブラナ、シロツメクサなど、秋からコセンダングサなどが高頻度で観察される。森林としては、放棄された薪炭林のコナラやクスギなどの落葉広葉樹林やそこから遷移が進みシラカシやヒサカキなどの常緑樹を含む二次林、これらの林床にアズマネザサが多く繁茂した林分、実習等で植えられたスギやヒノキなどの植林、モウソウチクの竹林などが挙げられる。上記の建造物とこれらの林分の間には、ソメイヨシノやクスノキ、マテバシイなどの落葉広葉樹や常緑広葉樹が植栽されている。

ルートセンサス

チョウ類の発生時期や個体数を明らかにするために、ルートセンサスを行った。まず、キャンパス内を踏査し、多様な環境（農地、草原、森林、建造物など）を網羅する6.2 kmのルートを設定した（図1）。調査期間は2021年5月7日から2022年12月6日とし、約1週間に1回の頻度で合計71回の調査を行った。各調査では、ルート

を移動しながら調査者の左右、前方、上方5 m以内で目撃されたチョウ類の成虫の位置（緯度経度）と種名を、同一個体の重複に注意しながら記録した（モニタリング1000と同様の方法；環境省，2023）。位置の記録には、スマートフォンで利用可能なGPSアプリケーションであるジオグラフィカ（ver.2.0.5，松本圭司，日本）を用いた。目視で同定できなかった個体は、可能な限り網で捕獲して同定し、捕獲できなかった個体は不明種とした。捕獲時間を除くと、全ルートを通過するのに約2時間を要し、時速約3 kmで移動しての調査となる。これらの結果から、各調査日ごとに得られた個体数（総個体数と種毎個体数）と種数、および年間の個体数と種数を算出した。また、観察された年間の全種の個体数と種ごとの個体数からShannon-Wienerの多様度指数（ H' ）とSimpsonの多様度指数（ $1-\lambda$ ）を算出した（中村，2010）。なお、チョウ類や食草、蜜源となる植物名が本文中で多く記述されるため、文章の読みやすさという観点から本文中では和名での表記とし、学名は各表内に掲載した。

統計解析および空間解析

チョウ類の発生活長と環境要因の関係を明らかにするために統計解析を行った。各調査日の環境データとして、キャンパス内に設置された学内農場気象観測装置（関川ら，2022）により、気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）、降水量（mm）、風速（ m s^{-1} ）、日射量（ MJ/m^{-2} ）の各データを取得した。これらは、調査実施時間帯を含む10時から15時までの1時間ごとのデータを平均し、独立変数として用いた。従属変数には各調査日に観察されたチョウ類の総個体数または種数を用いた。また、独立変数の多重共線性の確認を

行うために、VIF値（分散拡大要因）を算出したところ、使用する独立変数の最大値は3未満となり、すべての独立変数を使用することとした。次にこれらの独立変数を用い、一般線形モデルとAIC（赤池の情報量規準）に基づくベストモデルの選択を行った。

各種の空間分布と環境選択性を明らかにするために、地理情報システムQGIS（Ver.3.20及び3.10，フリースメイン）を用いた解析を行った。まず、玉川学園キャンパスの高解像度空中画像（友常ほか，2022）を目視で草原（畑地や水田、未舗装路を含む）、森林（二次林や植林）、人工建造物（校舎や温室、舗装路）（図2）の3つに区分した土地被覆レイヤー（空間座標系：WGS84/UTM zone 54N）を作成した。これらのレイヤーにルートセンサスで得られたチョウ類の位置情報を重ね、観察された各点を中心とした半径5 mの範囲の草原、森林、人工建造物の土地被覆率を算出した。個々に得られたこの土地被覆率の数値を種ごとに平均し、種の環境選択性を示す指標とした。この指標を視覚的に理解しやすいように、草原・森林・人工建造物の被覆率を各辺とした三角図として作図した（図4）。なお、これらの解析には、調査期間中を通して観察された総個体数が30個体以上の種を対象とした。

結果

発生活長と環境要因

本調査の期間においては、5科44種3354個体（重複する月の平均を取ると、2913個体）のチョウ類が観察された（図3，表1）。最も多く観察された種はシジミチョウ科のヤマトシジミ（全個体数3354個体の27.2%，観察頻度の順位1位）で（表1），次いでシロチョウ科のモンシロチョウ（10.6%，2位），タテハチョウ科のヒメウラナミジャノメ（10.1%，3位）であった。その他、アゲハチョウ科のアオスジアゲハ（2.3%，11位），セセリチョウ科のオオチャバネセセリ（1.4%，15位）が各科において最も多く観察された。これらのうち、日本の固有種は3種（ウラギンシジミ，ヒカゲチョウ，サトキマダラヒガケ），東京都レッドリストに掲載された種は7種（ヒメウラナミジャノメやヒカゲチョウなど），特定外来生物に指定された種は1種（アカボシゴマダラ）であった（付表1）。また、迷蝶とされるアサギマダラも観察された。これらの結果から算出されたShannon-Wienerの多様度指数は2.79，Simpsonの多様度指数は0.89であった。



図2 代表的な土地被覆の区分の景観

(a) は草原，(b) は人工建造物，(c) は森林を示す。

表1 観察されたチョウ類の一覧

科名	亜科名	和名	学名	個体数	観察頻度 (%)	頻度順位	観察個体数											
							1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
アゲハチョウ	アゲハチョウ	ジャコウアゲハ アオスジアゲハ カラスアゲハ キアゲハ クロアゲハ アゲハ モンキアゲハ スジグシロチョウ モンシロチョウ モンキチョウ キタキチョウ ウラギンシジミ ルリシジミ ツバメシジミ ヤマトシジミ ベニシジミ ミズイロオナガシジミ ムラサキツバメ ムラサキシジミ アカシジミ ウラナミシジミ イチモンジチョウ	<i>Byasa alcinous</i>	24	0.8	22												
			<i>Graphium sarpedon nipponum</i>	66	2.3	11												
			<i>Papilio bianor dehaanii</i>	4	0.1	35												
			<i>Papilio machaon hippocrates</i>	5	0.2	34												
			<i>Papilio protenor demetrius</i>	39	1.3	16												
			<i>Papilio xuthus</i>	49	1.7	13												
			<i>Papilio helenus nicconicolens</i>	6	0.2	32												
			<i>Pieris melete melete</i>	135	4.6	5												
			<i>Pieris rapae crucivora</i>	310	10.6	2												
			<i>Colias erate poliocephalus</i>	64	2.2	12												
シロチョウ	シロチョウ	モンキチョウ ウラギンシジミ ヒメシジミ	<i>Eurema hecabe</i>	209	7.2	4												
			<i>Curetis acuta paracula</i>	31	1.1	20												
			<i>Celastrina argiolus ladonides</i>	8	0.3	30												
			<i>Everes argiades hellotia</i>	29	1.0	21												
			<i>Zizeeria maha argia</i>	791	27.2	1												
			<i>Lycæna phlaeas daimio</i>	128	4.4	6												
			<i>Antigius atilia atilia</i>	4	0.1	37												
			<i>Narathura bazalus turbata</i>	14	0.5	28												
			<i>Narathura japonica</i>	46	1.6	14												
			<i>Japonica lutea lutea</i>	4	0.1	36												
タテハチョウ	タテハチョウ	イチモンジチョウ コムラサキ タテハチョウ	<i>Lampides boeticus</i>	35	1.2	17												
			<i>Ladoga camilla japonica</i>	8	0.3	31												
			<i>Neptis sappho intermedia</i>	85	2.9	9												
			<i>Hestina assimilis</i>	33	1.1	19												
			<i>Hestina japonica</i>	3	0.1	38												
			<i>Kaniska canace nojaponicum</i>	6	0.2	33												
			<i>Polygonia c-aureum</i>	35	1.2	18												
			<i>Cynthia cardui</i>	2	0.1	41												
			<i>Vanessa indica</i>	14	0.5	29												
			<i>Argyreus hyperbius</i>	21	0.7	23												
セセリチョウ	セセリチョウ	ドクチョウ ジャノメチョウ マダラチョウ テングチョウ セセリチョウ	<i>Lethe diana</i>	85	2.9	10												
			<i>Lethe sicelis</i>	97	3.3	8												
			<i>Melanitis phedima oitensis</i>	2	0.1	42												
			<i>Mycalesis francisca perdiccas</i>	3	0.1	39												
			<i>Mycalesis gotama fulginea</i>	21	0.7	24												
			<i>Neope goschevitschii</i>	104	3.6	7												
			<i>Ypthima argus</i>	293	10.1	3												
			<i>Parantica sita nipponica</i>	1	0.0	44												
			<i>Libythea celtis celoides</i>	2	0.1	43												
			<i>Parnara guttata</i>	3	0.1	40												
セセリチョウ	セセリチョウ	チャバネセセリ キマダラセセリ オオチャバネセセリ ダイミョウセセリ	<i>Pelopidas mathias oberthueri</i>	21	0.7	25												
			<i>Potanthus flavus</i>	16	0.5	26												
			<i>Polytremis pellucida</i>	42	1.4	15												
			<i>Daimio tethys</i>	15	0.5	27												

季節ごとの観察個体数は白から赤の濃淡4段階で示し、第1段階：0個体、第2段階：1～2個体、第3段階3～9個体、第4段階：10個体以上とした。これらの値は、2021年5月6日から2022年12月6日までの観察によるもので各月のデータの平均値とした。チョウ類の学名は九州大学大学院農学研究科昆虫学教室「日本産昆虫学名和名辞書（DJN）」に基づく。

チョウ類が観察されたのは3月上旬から12月上旬までであり（図3）、12月中旬から2月下旬にはまったく観察されなかった。シジミチョウ科やシロチョウ科の発生消長は、他の科と比べて長い傾向であった（表1）。観察された総個体数および種数はともに9月に最多となったが、個体数の増減パターンは種によって異なった。例えば、個体数のピーク時期が明瞭な種は、アオスジアゲハやコムスジなど（9月頃）であった。個体数ピーク時期が複数回の種は、モンシロチョウやサトキマダラヒカゲなど（5月と10月頃）であった。年間を通じて個体数変動が少なく、比較的観察数が多かったのがヤマトシジミなど、少なかったのがアゲハチョウなどであった。

個体数に対する一般線形モデルにおけるベストモデル

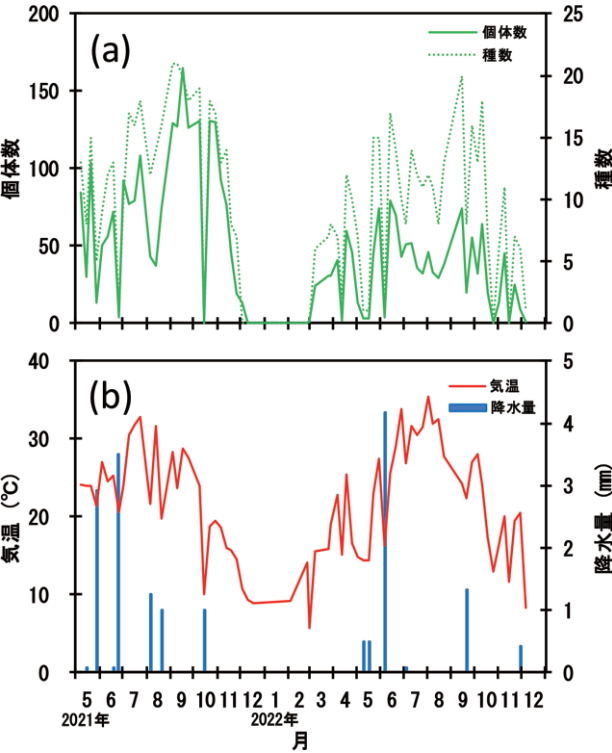


図3 チョウ類の個体数・種数と環境要因の季節変化
環境データは取得したものうち、統計解析によって個体数と種数（a）ともに有意な影響があったと認められた気温と降水量（b）のみ図示した。

表2 個体数および種数と環境要因の統計解析の結果

	切片	回帰係数			AIC
		気温	風速	降水量	
個体数	11.139	2.93	-14.29	-10.85	706
種数	-2.918	0.61	-	-1.58	414

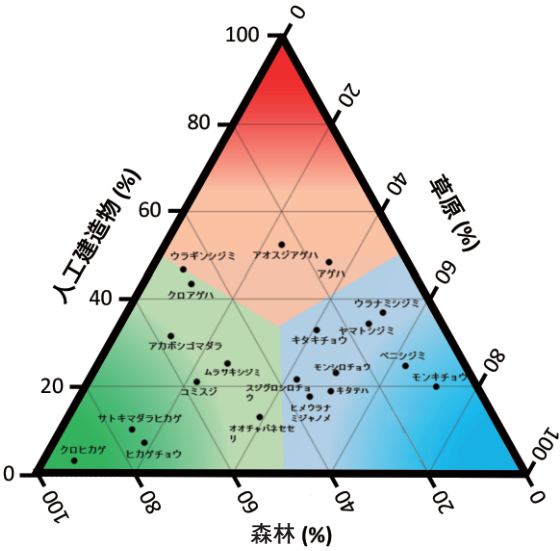


図4 環境選択性の指標となる土地被覆率の三角図

出現したチョウ類の位置を中心とした半径5 mの円の中に含まれる森林、草原、人工建造物の被覆率を計算し、各種ごとの平均値をプロットした。観察された総個体数が30個体以上の種を対象とした。赤、青、緑がそれぞれ濃い領域ほど、その土地被覆率が高くなる。中央はそれぞれの被覆率が33.3%ずつとなることを意味する。例えば、コムスジの森林、草原、人工建造物の土地被覆率はそれぞれ58%、21%、21%となる。

を選択したところ、気温、風速、降水量の3つの変数が選択され、気温に対しては正、風速と降水量に対しては負の効果が確認された（表2）。また観察された種数に対しては気温と降水量の2つの変数が選択され、気温に対しては正、降水量に対して負の効果が確認された。

空間分布と環境選択性

各種が観察された地点を中心とした半径5 mの範囲の草原、森林、人工建造物の土地被覆率において、森林の被覆率が最も高くなったのはクロヒカゲ、次いでサトキマダラヒカゲやヒカゲチョウなどのタテハチョウ科の種が多かった（図3）。草原の被覆率が最も高かったのはモンキチョウで、次いでベニシジミなどシロチョウ科やシジミチョウ科の種であった。人工建造物の被覆率においては他の土地区分ほど高い値で観察されたチョウはいなかったが、アオスジアゲハが最も高く、次いでアゲハといったアゲハチョウ科の種が多かった。中間的な被覆率（三角図の中央付近の領域）には、キタキチョウやスジグロシロチョウなど、それぞれの土地被覆率が50%を超えた領域よりも、多くの種が観察された。

考察

発生活長と環境要因

本研究において観察されたチョウ類は5科44種であった。本地域の過去のチョウ類の観察記録（2018年4月から10月で任意に採取・観察された種の記録）においても、ほぼ同様の46種が確認されている（玉川大学文化会生物自然研究部，2020）。これらの結果は、都内の大きな緑地面積を有する明治神宮（70 ha，43種）や小石川植物園（16 ha，42種）、林試の森公園（12 ha，40種）（矢後ほか，2014；井上，2020）などと同程度の種数であった。皇居（230 ha，56種）や自然教育園（20 ha，57種）などではそれよりも多くの種が観察されているが、このチョウ類の豊かさは緑地面積の広さや様々な植物種が整った環境であることによるものと思われる（井上・後藤，2017）。なお、我々が調査で用いたルートセンサス法は、樹上を住处にする種や早朝や夕方に活動する種などは観察されにくく、実際に存在する種数はより多い可能性がある。

東京都の南多摩地域（本調査地を含む）のレッドリスト（東京都，2023）に記載された種として、準絶滅危惧種のオオチャバネセセリが観察された。オオチャバネセセリは、ササ類を食草としており、落葉広葉樹林の林床に繁茂したアズマネザサが利用されている可能性が高い。アズマネザサはキャンパス内において草刈りの対象となりやすく、種の保全・保護を考える上では、一部を残すことが望まれる。

観察された個体数の頻度順位は、キャンパス内で利用可能な食餌植物や蜜源植物の豊富さに起因すると考えられる。例えばヤマトシジミをはじめ、観察された個体数の上位6位までの種は、草原に頻出するシロツメクサ（マメ科）やアブラナ（アブラナ科）などを食草や蜜源植物とする。また、上位7位のサトキマダラヒカゲから10位のクロヒガケなどは、幼虫はササ類を食草とし、成虫は樹液を餌資源とする種であり、林床にアズマネザサが繁茂したコナラやクスギが優占する落葉広葉樹二次林の存在が影響したものと考えられる。比較的大型の種で人目に付きやすいアゲハチョウ科はキャンパス内に多く植栽されたツツジ類を蜜源とし、その中でも観察数の多かったアオスジアゲハもまた、多く植栽されたクスノキを食樹としている。すなわち、現在の玉川学園キャンパスで多く観察される種は、これらの植生や植栽の構造と管理状態をよく反映したものとなっている。

チョウ類がその年に観察され始める時期や観察されな

くなる時期は、気温が最も重要な要因であることが知られている（山本，1981）。本研究において、チョウ類が観察されたのは気温が5.7℃以上となった3月上旬から8.3℃以下となった12月中旬までであった。チョウ類の活動可能な温度は、種や成長段階によって異なることが知られている（井上，2005）。過去の研究例においても、シロチョウ科やシジミチョウ科は他と比べて低い温度帯での活動が報告されており、本研究結果と一致する。また、チョウ類の越冬形態は卵や幼虫、蛹、成虫の4つのタイプがあるが、3月上旬に観察されたチョウ類は、成虫越冬以外の種も多い（表1，付表1）。成虫に比べて幼虫の活動可能温度や蛹化温度は低いが（本田・加藤，2005），この結果は多くの種が成虫の活動できる温度や蜜源植物の開花時期に合わせた生活環を持っていることを意味している。なお、本研究において成虫越冬の種が10種確認されたが、12月から2月までの冬期にこれらの種は観察されなかった。本研究では飛翔中のチョウ類を観察対象とする手法を採ったために、成虫越冬中の成虫を観察することはできなかった。

本研究では、観察されたチョウ類の総個体数や種数は、気温が高くなると増加し、風速や降水量が増加すると減少した。我々の調査のように、降雨や強風などの影響を含む調査結果を報告した例は少ない。環境省によるモニタリングサイト1000（環境省，2023）では、経験則的に晴れた日や風の弱い日に調査をするように提言がなされているが、本研究結果からもある地域に生息するチョウ類の種数や個体数を調査するためには適切な条件であると言える。さらに本研究では、種によって観察される個体数の季節的な増減パターンに違いがみられたが、これは過去に報告されている食草や蜜源植物のフェノロジーの影響を受けるチョウ類の化数（年間の世代交代数）の違いが反映されていると考えられる。

空間分布と環境選択性

これまでチョウ類の空間分布や環境選択性を示す区分として、森林性や草原性という用語が用いられてきた（田中，1988）。本研究においても一般に森林性とされるクロヒカゲやサトキマダラヒカゲ、草原性とされるヤマトシジミやモンシロチョウなどは、それぞれの土地被覆率が高い領域で観察された。また、林縁種という区分もあるが、それらは本研究で示した図4において、中央の領域にプロットされた。本研究で示したような三角図は、必ずしもチョウ類が森林性や草原性という単純に2分されるものではなく、森の奥深い場所を好むのか林縁を好

むかなど、連続的かつ定量的に示されうることを意味している。

図4で示された種ごとの土地被覆割合の高さは、利用する食餌植物や蜜源植物の生育環境に強く影響を受けているものと考えられる。例えば、高い森林被覆率を示したチョウ類は、幼虫の食草を林床に生えるササ類、成虫の餌資源を樹液とし、ともに森林性の植物を利用する。また、高い草原被覆率を示したチョウ類は、ともに草原性の植物を利用する。一方で図4の中央付近にプロットされたチョウ類は、林縁の光を受けやすい植物や、食餌植物と蜜源植物の一方が森林または草原にある種である。これらのことは、多くのチョウ類を観察するためには、様々な食餌植物や蜜源植物が生育可能な環境を維持することが重要であることを示唆している。

本研究の調査地のように都市域の緑地においては、人為的影響をどのように評価するかが重要であった。本研究では人工的な建造物を含む土地被覆率の三角図とすることでその評価を可能とし、アオスジアゲハやアゲハなどが都市域でも比較的観察されやすい種であることが定量的に示されている。これらの種は、一般的に飛翔活性が高く、1日の移動距離が長い種であった（大崎，2000）。都市域では、チョウ類にとっての食餌植物や蜜源植物が非常に限られており、その飛翔活性の高さが都市で観察されやすい一つの要因になっていると考えられる。したがって、これらの種は都市域で観察されやすい種と言える。本研究では観察個体数を十分に確保できた種を対象に解析を行ったが、観察を継続することで、その他の種の都市化との関係性を評価できる可能性があり、今後の研究が期待される。

チョウ類の保護・保全を考えた緑地の管理・整備方法

日本では全国的にチョウ類の衰亡が問題となっており、その原因として、都市的開発や環境管理の変化が挙げられている（井上，2005）。これらの原因は、チョウの生息環境としての植生を変化させる要因でもある。本キャンパスにおける森林植生は1980年代に比べて2010年には、低木層では100 m²当たり10種前後から数種に、草本層では同様に50種前後から10種弱に、著しい減少が認められた（関川・池之，2020）。その主な要因は、森林樹木の成長に伴う林冠の閉鎖や、林床管理の減少によるアズマネザサの密生により、林床の光環境が悪化したことである（関川・池之，2020）。1980年代に観察された植物には林縁や陽地性のものが見られ、またそれらの中にはチョウの訪花や産卵の可能性のある植物種が含ま

れた（関川ほか;1986, 関川・池之，2020）。チョウ（成虫）にとって訪花は餌の獲得行動であるが、一方植物にとっては有性生殖のための花粉媒介の機会である（Hadley and Betts, 2012；牧林，2006）。チョウの出現時期は種ごとに異なり（表1）、一方植物の開花時期も種によって多様である。チョウと植物の種多様性がともに高いことは、それぞれにとって餌資源選択性と有性生殖機会を相互に高め合うと考えられる。また、チョウの生活史上、幼虫と成虫それぞれの餌資源となる植物（付表2）がチョウの飛翔可能エリアに揃っていることは、持続的なチョウの生息に資するであろう。チョウには、おおまかに森林性と草原性の種があることから（田中，1988）、森林と草原のバランスを考慮する緑地管理も重要である。これらを踏まえて、林床の光環境を改善するため、一部の高木の枝打ちや伐採、オオチャバネセセリ（南多摩において準絶滅危惧）などの幼虫餌資源として一部を残しつつアズマネザサの繁茂を抑制し、低木や林床草本の保全を進める。ただし、上記の森林性チョウ類にとって重要となる樹木は、残していかなければならない。草原的な環境では、草刈りを一斉に行うのではなく、開花している植物を部分的に残すことで、陽地性の蜜源となる植物を絶やさない管理をする。また、本キャンパスは、周辺を住宅地に囲まれた島状の緑地帯である（図1）。チョウの多様性をより高めるために、これらの基本的な緑地管理方法について、本学の地域連携協定を活かして周辺自治体と協議し、近隣の緑地管理について提言することで、「生物多様なまちづくり」に貢献できるものと期待する。

謝辞

本研究の遂行にあたり、本学農学部環境農学科卒業生の山縣由樹氏、小林駿平氏を始め、調査に同行し支援くださった研究室（生態系生態学分野および里山生態学分野）の学生諸氏に感謝致します。

引用文献

- Hadley, A. S., and M. G. Betts. 2012. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. *Biological Reviews*. 87: 526–544.
- 本田計一，加藤義臣編. 2005. チョウの生物学. 東京大学出版会，東京.
- 井上大成. 2005. 日本のチョウ類の存亡理由. *昆蟲. ニューシリーズ*. 8(2) : 43–64.
- 井上大成. 2020. 林試の森公園（東京都）におけるチョウ類相の変遷. *森林総合研究所研究報告*. 19(3) : 245–260.

- 井上大成, 後藤秀章. 2017. 立田山(熊本市)のチョウ類相. 蝶と蛾. 68: 92-103.
- 金尾滋史. 2008. 博物館における長期モニタリング活動—たぐさんの眼による地域モニタリング—. 日本生態学会誌. 59: 143-146.
- 環境省. 2023. モニタリングサイト1000 里地調査マニュアル チョウ類. 環境省自然保護局. [https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/7Butterfly_Manual\(ver3.2\).pdf](https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/7Butterfly_Manual(ver3.2).pdf). (最終閲覧日: 2023年12月10日)
- Karban, R. and Baldwin, I. T. 1997. Induced Responses to Herbivory. The University of Chicago Press, Chicago.
- 小松直也, 小堀洋美, 横田樹広. 2015. 大都市近郊の住宅地域における生態系管理のための市民科学の活用. 景観生態学会誌. 20(1): 49-60.
- 九州大学大学院農学研究院昆虫学教室. 日本産昆虫学名和名辞書 (DJI). <https://insectdb.kyushu-u.ac.jp/dji/index-j.html> (最終閲覧日: 2023年12月10日)
- Leather, S. R., Walters, K. F. A. and Bale, J. S. 1993. The Ecology of Insect Overwintering. Cambridge University Press, Cambridge.
- 牧林功. 2006. 蝶と訪花植物との関係について, 「北見の蝶 (1994)」の訪花記録から見えてくること. やどりが. 211: 39-47.
- 中村寛志. 2010. チョウ類を指標とした環境評価手法と環境アセスメント. 日本環境動物昆虫学会誌. 21(2): 85-91.
- 日本自然保護協会. 1994. 指標生物—自然をみるものさし—, 360pp. 平凡社, 東京.
- 日本チョウ類保全協会編. 2019. 日本のチョウ. 誠文堂新光社, 東京.
- 大崎直太編著. 2000. 蝶の自然史. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- Scoble, M. J. 1986. The structure and affinities of the Hedyloidea: a new concept of the butterflies. Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology. 53: 251-286.
- 関川清広, 池之詩織. 2020. 玉川大学キャンパスにおける里山林の約30年間の植生変遷—コナラ二次林における1984年と2015年の比較—. 玉川大学農学部研究教育紀要. 5: 23-43.
- 関川清広, 杉本和永, 松香光夫. 1986. 玉川学園キャンパスの植生概況. 玉川大学農学部研究報告. 26: 41-63.
- 関川清広, 山崎旬, 浅田真一, 小原廣幸. 2022. 玉川大学農学部農産研究センターの3農場における気象観測. 玉川大学農学部研究教育紀要. 7: 73-82.
- Suzuki, N., Yamashita, K., Niizuma, A. and Kiritani, K. 1987. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 6. Nectar feeding of *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer as main pollinators of glory bower, *Clerodendron trichotomum*, Thunb. Ecological Research. 2: 41-52.
- 玉川大学文化会生物自然研究部. 2020. 野路. 玉川大学, 東京.
- 田中蕃. 1988. 蝶による環境評価の一方法. 蝶類学最近の進歩. 日本鱗翅学会特別報告. 6: 527-566.
- 田中貴宏. 2010. 都市の緑地計画・管理と生態リスク. 日本生態学会誌. 60: 369-376.
- Tauber, M. J., Tauber, C. and Masaki, S. 1986. Seasonal Adaptations of Insects. Oxford University Press, Oxford.
- 東京都. 2020. 東京都の保護上重要な野生生物種 (本土部) 2020年見直し版. 東京都環境局. https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/nature/animals_plants/red_data_book/400100a20230424184008472.html. (最終閲覧日: 2023年12月10日)
- 友常満利, 小島崇弘, 永井信, 小林祥子, 関川清広. 2022. ドローン空撮画像における生物季節を利用した里山林の樹種判別—都市域に残された里山生態系の構造解析に向けて—. 玉川大学農学部研究教育紀要. 6: 25-35.
- 矢後勝也, 久保田繁男, 須田真一, 神保宇嗣, 岸田泰則, 大和田守. 2014. 皇居の蝶類相 (2009-2013) (皇居の生物相 (2) 動物相). 国立科学博物館専報. 50: 239-271.
- 山本道成. 1981. チョウの活動性: 気温・日射・風力との関係. 流通経済大学論集. 16(2): 33-47.
- 山内敦. 2005. 一次生産に対する植食圧の役割—Grazing Optimizationの理論的解析—. 日本生態学会. 55: 291-299.
- 米倉浩司, 梶田忠. 2003-. BG Plants和名—学名インデックス (YList). <http://ylist.info> (最終閲覧日: 2023年12月10日)

付表1 観察されたチョウ類の諸特性

科名	亜科名	和名	学名	絶滅危惧ランク*			生活史特性**	
				固有種 (東京都, 2023)	外来種	化数	越冬形態	主な餌資源
アゲハチョウ	アゲハチョウ	ジャコウアゲハ	<i>Byasa alcinous alcinous</i>			多化	蛹	ウマノスズクサなど(ウマノスズクサ科)
		アオスジアゲハ	<i>Graphium sarpedon nipponum</i>			多化	蛹	クسنノキ、タブノキなど(クスノキ科)
		カラスアゲハ	<i>Papilio bianor dehaanii</i>			多化	蛹	サシノウナギなど(ミカン科)
		キアゲハ	<i>Papilio machaon hippocrates</i>			多化	蛹	セリ、ミツバなど
		クロアゲハ	<i>Papilio protenor demetrius</i>			多化	蛹	カラスザンショウなど(ミカン科)
		アゲハ	<i>Papilio xuthus</i>			多化	蛹	サシノウナギなど(ミカン科)
		モンキアゲハ	<i>Papilio helenus niconicolens</i>			多化	蛹	カラスザンショウなど(ミカン科)
		スジグロシロチョウ	<i>Pieris melete melete</i>			多化	蛹	アブラナ、シヨカツサイなど(アブラナ科)
		モンシロチョウ	<i>Pieris rapae crucivora</i>			多化	蛹	キャベツなど(アブラナ科)
		モンキチョウ	<i>Colias erate poligraphus</i>			多化	幼虫	シロツメクサなど(マメ科)
シジミチョウ	シジミチョウ	モンキチョウ	<i>Eurema hecabe</i>			多化	成虫	ネムノキなど(マメ科)
		ウラギンシジミ	<i>Curetis acuta paracuta</i>		日本固有	多化	成虫	クズなど(マメ科)
		ヒメシジミ	<i>Celastrina argiolus ladonides</i>			多化	蛹	クズなど(マメ科)
			<i>Everes argiades hellotia</i>			多化	幼虫	カラスノエンドウなど(マメ科)
			<i>Zizeeria maha argia</i>			多化	幼虫	カタバミ、シロツメクサなど
		ベニシジミ	<i>Lycæna phlaeas daimio</i>			多化	幼虫	スイバなど(タデ科)
		ミドリシジミ	<i>Antigonus attilia attilia</i>			1化	卵	クズなど(ブナ科)
			<i>Narathura bazalus turbata</i>			多化	成虫	マテハシイなど(ブナ科)
			<i>Narathura japonica</i>			多化	成虫	コナラなど(ブナ科)
			<i>Japonica lutea lutea</i>		VU (区部)	1化	卵	コナラなど(ブナ科)
タテハチョウ	タテハチョウ	ウラナミシジミ	<i>Lampides boeticus</i>			多化	卵	クズなど(マメ科)
		イチモンジチョウ	<i>Ladoga camilla japonica</i>		CR (区部)	多化	幼虫	スイカズラなど(スイカズラ科)
		コムスジ	<i>Neptis sappho intermedia</i>			多化	幼虫	フジ、クズなど(マメ科)
		アカボシゴマダラ	<i>Hestina assimilis</i>		特定外来	多化	幼虫	エノキ(アサ科)
		ゴマダラチョウ	<i>Hestina japonica</i>			多化	幼虫	エノキなど(アサ科)
		タテハチョウ	<i>Kaniska canace nojaponicum</i>			多化	成虫	オニユリなど(ユリ科)
			<i>Polygonia c-aureum</i>			多化	成虫	カナダグサなど(クワ科)
			<i>Cynthia cardui</i>			多化	幼虫、成虫	ハハコグサなど(キク科)
			<i>Vanessa indica</i>			多化	成虫	イラクサなど(イラクサ科)
		ドクチョウ	<i>Argyreus hyperbius</i>			多化	幼虫	スミレなど(スミレ科)
セセリチョウ	セセリチョウ	ジャノメチョウ	<i>Lethe diana</i>		CR (区部)	多化	幼虫	クマザサなど(イネ科)
			<i>Lethe sicelis</i>		NT (区部)	多化	幼虫	クマザサなど(イネ科)
		クロノマチョウ	<i>Melanitis phedima oitensis</i>		日本固有	多化	成虫	ススキなど(イネ科)
		コジャノメ	<i>Mycalesis francisca perdiccas</i>		CR (区部)	多化	成虫	ススキなど(イネ科)
		ヒメジャノメ	<i>Mycalesis gotsama fulgimia</i>			多化	幼虫	ススキなど(イネ科)
		サトキマダラヒカゲ	<i>Neope goschenitschii</i>			2化	蛹	クマザサなど(イネ科)
		ヒメウラナミジャノメ	<i>Ypthima argus</i>		VU (区部)	多化	幼虫	ススキなど(イネ科)
		マダラチョウ	<i>Parantica sita nipponica</i>			多化	幼虫	キジョランなど(キョウチクトウ科)
		テンダラチョウ	<i>Libythea celtis celtoides</i>			1化	成虫	エノキなど(アサ科)
		セセリチョウ	<i>Parnara guttata</i>			多化	幼虫	イネなど(イネ科)
チャマダラセセリ	チャマダラセセリ	チャバネセセリ	<i>Pelopidas mathias oberthueri</i>			多化	幼虫	ススキなど(イネ科)
		キマダラセセリ	<i>Potanthus flavus</i>			2化	幼虫	アズマネザサなど(イネ科)
		オオチャバネセセリ	<i>Polytrems pellucida</i>		CR (区部)およびNT (南多摩, 本土部)	2化	幼虫	アズマネザサなど(イネ科)
ヒメジロチョウ	ヒメジロチョウ	ダイミョウセセリ	<i>Daimio tethys</i>		VU (区部)	多化	幼虫	ヤマノイモなど(ヤマノイモ科)

チョウ類の学名は日本産昆虫学名和名辞書 (DJI) に基づく。絶滅危惧種の判別は、東京都レッドデータブック (2023年度版／東京都環境局) に基づく (2023年9月12日確認)。CR：絶滅危惧IA類, VU：絶滅危惧II類, NT：準絶滅危惧をそれぞれ示す。その他の情報はチョウの図鑑 (日本チョウ類保全協会編, 2019) に基づく。主な餌資源は図鑑で示されたもののうち、関川氏の過去の研究 (関川・池之, 2020) および私信により、学内で高頻度に観察されると考えられたものを示した。

付表2 チョウ類幼虫および成虫の餌資源植物リスト

幼虫または成虫		種名	科名**	
幼虫 (葉食)	ミツバ	<i>Cryptotaenia canadensis</i> subsp. <i>japonica</i>	セリ科	Apiaceae
	セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	セリ科	Apiaceae
	キジョラン	<i>Marsdenia tomentosa</i>	キョウチクトウ科	Apocynaceae
	ウマノスズクサ	<i>Aristolochia debilis</i>	ウマノスズクサ科	Aristolochiaceae
	ハハコグサ	<i>Pseudognaphalium affine</i>	キク科	Asteraceae
	アブラナ	<i>Brassica rapa</i>	アブラナ科	Brassicaceae
	キャベツ	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	アブラナ科	Brassicaceae
	ショカツサイ	<i>Orychophragmus violaceus</i>	アブラナ科	Brassicaceae
	エノキ	<i>Celtis sinensis</i>	アサ科 (ニレ科)	Cannabaceae
	カナムグラ	<i>Humulus scandens</i>	アサ科 (クワ科)	Cannabaceae
	スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ科	Caprifoliaceae
	ヤマノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマノイモ科	Dioscoreaceae
	ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>	マメ科	Fabaceae
	クズ	<i>Pueraria lobata</i>	マメ科	Fabaceae
	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	マメ科	Fabaceae
	ヤハズエンドウ	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	マメ科	Fabaceae
	(カラスノエンドウ)			
	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	マメ科	Fabaceae
	マテバシイ	<i>Lithocarpus edulis</i>	ブナ科	Fagaceae
	クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	ブナ科	Fagaceae
	コナラ	<i>Quercus serrata</i>	ブナ科	Fagaceae
	クスノキ	<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ科	Lauraceae
	タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i>	クスノキ科	Lauraceae
	オニユリ	<i>Lilium lancifolium</i>	ユリ科	Liliaceae
	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ科	Oxalidaceae
	スキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	イネ科	Poaceae
	イネ	<i>Oryza sativa</i>	イネ科	Poaceae
	アズマネザサ	<i>Pleioblastus chino</i>	イネ科	Poaceae
	クマザサ	<i>Sasa veitchii</i> var. <i>veitchii</i>	イネ科	Poaceae
	スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	タデ科	Polygonaceae
	カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	ミカン科	Rutaceae
	サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	ミカン科	Rutaceae
	イラクサ	<i>Urtica thunbergiana</i>	イラクサ科	Urticaceae
	スミレ	<i>Viola mandshurica</i>	スミレ科	Violaceae
成虫 (花蜜食, 樹液食)	キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i> var. <i>procumbens</i>	キツネノマゴ科	Acanthaceae
	ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	キク科	Asteraceae
	ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	キク科	Asteraceae
	ヒヨドリバナ	<i>Eupatorium makinoi</i>	キク科	Asteraceae
	アザミ類	Species of <i>Cirsium</i>	キク科	Asteraceae
	タンポポ類	Species of <i>Taraxacum</i>	キク科	Asteraceae
	スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ科	Caprifoliaceae
	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ科	Clethraceae
	ツツジ類	Species of <i>Rhododendron</i>	ツツジ科	Ericaceae
	ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>	マメ科	Fabaceae
	クララ	<i>Sophora flavescens</i>	マメ科	Fabaceae
	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	マメ科	Fabaceae
	マメ科植物の花	Flowers of <i>Fabaceae</i>	マメ科	Fabaceae
	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	マメ科	Fabaceae
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	ブナ科	Fagaceae
	クヌギ(樹液)	Sap of <i>Quercus acutissima</i>	ブナ科	Fagaceae
	ウツギ類	Species of <i>Deutzia</i>	アジサイ科 (ユキノシタ科)	Hydrangeaceae
	クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i> var. <i>trichotomum</i>	シソ科 (クマツヅラ科)	Lamiaceae
	ウツボグサ	<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	シソ科	Lamiaceae
	イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	モクセイ科	Oleaceae
	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ科	Oxalidaceae
	オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	サクラソウ科	Primulaceae
	ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>	バラ科	Rosaceae
	ヤブカラシ	<i>Cayratia japonica</i>	ブドウ科	Vitaceae

*種名および科名はYList (米倉・梶田, 2003) に基づく標準名。科名および学名等のアルファベット順。 **括弧内は旧科名 (付表1を参照)

Occurrence, Abundance and Spatial Variation of Butterflies at Tamagawa Gakuen: Implications for Urban Green Space Maintenance and Management with Focus on Butterfly Conservation and Protection

Mitsutoshi Tomotsune¹, Itsuki Susa¹, Yuito Koshiba¹, Seikoh Sekikawa¹

Abstract

Understanding the population dynamics and spatial distribution of butterflies in the surrounding region is important for assessing ecosystem services and environmental changes. In this study, we focused on Tamagawa Gakuen campus as an example of a remaining urban green space and aimed to elucidate the occurrence, abundance, and spatial distribution of butterflies throughout the year through regular observations. Between May 2021 and December 2022, we observed a total of 3,354 butterflies across 44 species and 5 families. This species richness was comparable to other significant green areas in Tokyo, such as Meiji Shrine and Koishikawa Botanical Garden. The prominently observed species were believed to utilize various plants like legumes and Brassicaceae weeds in grasslands, Sasa grass of forest floor in deciduous broad-leaved forests, and Rhododendron as garden tree. Among the observed butterflies, we confirmed the presence of the endangered *Curetis acuta* (category II) and the near-threatened *Zinaida pellucida* species. Many observed species were first sighted in early March and were no longer observed by early December. The highest total number of individuals and species occurred in September, but the seasonal patterns varied by species. Based on these results, maintaining an environment with various larval food plants and nectar plants is considered crucial to enable the observation of a wide variety of butterflies in urban green spaces.

Keywords: Environmental Conservation, Seasonality, Satoyama, Lepidoptera, Ecosystem Services

¹ Department of Agri-Environmental Sciences, College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawagakuen, Machida, Tokyo, 194-8610, Japan