

ISSN 1343-8921

Bulletin of Ibaraki Nature Museum

No. 23

December, 2020

茨城県自然博物館研究報告

第 23 号

2020 年 12 月



ミュージアムパーク

茨城県自然博物館

IBARAKI NATURE MUSEUM

Bando, Ibaraki, Japan

茨城県自然博物館研究報告

第 23 号

2020 年 12 月

目 次

原著論文

- 筑波山に自生するホシザキユキノシタの花弁形態の変異
..... 糟谷大河・小原功子・梅内基裕・伊藤彩乃・小幡和男 1
- 茨城県自然博物館が所蔵する更新統塩原層群の昆虫類化石 ～カゲロウ目～
..... 西元重雄・加藤太一・石綿進一 13
- 筑波山におけるシダ植物の垂直分布
..... 小幡和男・田中信行・岡 利雄 29

短 報

- 茨城県つくば市におけるホソミイトトンボ（トンボ目，イトトンボ科）の追加記録
..... 長谷部有紀・二橋 亮 41
- 上部白亜系那珂湊層群から産出した“翼竜類”（ヒタチナカリユウ）標本の分類学的再検討
..... 加藤太一・藺田哲平・中島保寿・安藤寿男 43

資 料

- カラタチトビハムシ（コウチュウ目：ハムシ科）の茨城県での初記録
..... 坂本紀之・清水実嗣・西元重雄 57
- 三宅島の溶岩上の植生遷移と植生模型の製作
..... 小幡和男・上條隆志 59
- 茨城県妙岐ノ鼻（浮島湿原）のコケ植物相
..... 鶴沢美穂子・杉村康司 67
- 笠間市仏頂山で採集された土壌性クモ類
..... 菅波洋平・久松正樹 75

雑 録

- 3Dプリンタで製作した模型を用いた教育普及活動の実践
..... 相田裕介 83

原著論文

筑波山に自生するホシザキユキノシタの花弁形態の変異

糟谷大河^{*, **, ***}・小原功子^{**}・梅内基裕^{**}・
伊藤彩乃^{****}・小幡和男^{****}

(2020年9月4日受理)

**Variation of Petal Forms of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*
in Mount Tsukuba, Ibaraki Prefecture, Japan**

Taiga KASUYA^{*, **, ***}, Kouko OBARA^{**}, Motohiro UMEUCHI^{**},
Ayano ITO^{****} and Kazuo OBATA^{****}

(Accepted September 4, 2020)

Abstract

To recognize the flower forms of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*, which is a plant endemic to Mount Tsukuba, fieldwork was conducted around the peak of Nantai-san, Mount Tsukuba, and variations of petal forms were clarified. The flowering season of *S. stolonifera* f. *aptera* is late June to early August, and four morphologically differentiated types of flowers were recognized. Particularly, flowers having one or two petals at the lower parts were formed at the beginning of the flowering season, in late June to mid-July. Presumably, the number of petals at the lower parts of flowers varied with the flowering season or sunlight conditions of the habitat. Pollen grains from stamens probably originated in petals at the lower parts of flowers were microscopically examined for the first time. The percentage of pollen grains that were engorged from stamens presumably originated in petals at the lower parts of flowers was 62.4%. In contrast, the percentage of engorged pollen grains from normal stamens was 81.2%. These facts suggest that the stamens presumably differentiated from petals at the lower parts of flowers compose engorged pollen, and therefore they function as normal stamens.

Key words: endemic plant, Mount Tsukuba, *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*, stamen, petal, pollen grains.

* 慶應義塾大学生物学教室 〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1 (Department of Biology, Keio University, 4-1-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 223-8521, Japan).

** 千葉科学大学危機管理学部 〒288-0025 千葉県銚子市潮見町 3 (Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science, 3 Shiomi-cho, Choshi, Chiba 288-0025, Japan).

*** ミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査調査員。

**** ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

はじめに

ホシザキユキノシタ *Saxifraga stolonifera* f. *aptera* (Makino) Hara は、茨城県つくば市の筑波山に固有に自生するユキノシタ目ユキノシタ科の植物であり、つくば市の天然記念物および「市の花」に指定されている（ミュージアムパーク茨城県自然博物館, 2010; 八田ほか, 2017）。また、茨城県レッドリスト植物編（茨城県生活環境部環境政策課, 2013）においてホシザキユキノシタは絶滅危惧 IA 類に指定され、保全の対象となっている。

ホシザキユキノシタは、松本荒次郎が筑波山の女体山の岩壁で採集した標本に基づき（鈴木, 1970, 1976), Makino (1926) によりユキノシタの変種 *S. sarmentosa* L. var. *aptera* Makino として記載された。さらに、牧野・根本 (1931) はホシザキユキノシタの学名を *S. stolonifera* Meerb. var. *aptera* Makino et Nemoto としたが、原 (1939) はこれをユキノシタの品種の階級で分類するべきであると考え、*S. stolonifera* f. *aptera* に組み換えた。その後、女体山の模式産地ではホシザキユキノシタは確認されず、一時は絶滅したと考えられたが、1959年に男体山山頂付近でも自生地が発見された（鈴木, 1970）。現存するホシザキユキノシタの既知の自生地は男体山山頂付近のみである（茨城県生活環境部環境政策課, 2013）が、筑波山神社境内の湿った岩上には、植栽されたホシザキユキノシタが生育している（茨城県生活環境部, 1995; 八田ほか, 2017）。また、筑波山の東側に隣接する石岡市小野越や下青柳でもホシザキユキノシタの生育が確認されているが、いずれも植栽されたものと考えられている（栗原ほか, 2012）。一方、ユキノシタは日本国内では本州から九州に分布し（奥山, 2016）、茨城県では久慈郡大子町の男体山や常陸太田市の竜神峡など、主に県北の山地を中心に広く生育する（鈴木, 1976; 鈴木ほか, 1981）。

ユキノシタの花（図 1A）は横向きに咲き、萼片が 5 枚あり、この内側に萼片の間に位置する場所に 5 枚の花弁がつき、さらに花弁の内側に、花弁の間の位置に 5 本の雄しべが、また花弁と重なる位置に 5 本の雄しべが存在する。また、ユキノシタの花の上部の花弁 3 枚は卵形で長さ 3 mm ほどで、上半分が淡紅色で濃紅色あるいは濃黄色の斑点が点在し、下部の花弁 2 枚は披針形で長さ 1-2 cm、白色であり、花柱は直立して

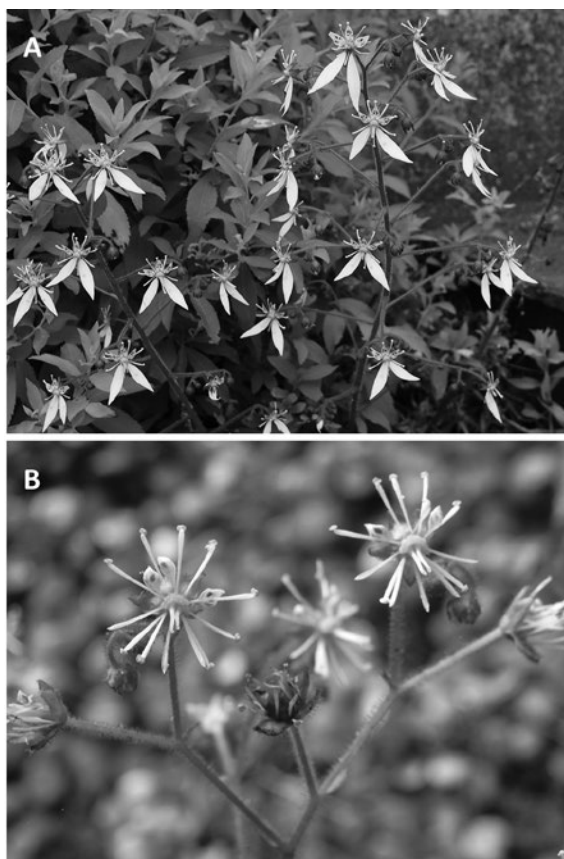


図 1. ユキノシタとホシザキユキノシタの花の形態。A: ユキノシタの花（群馬県嬬恋村，植栽）。B: ホシザキユキノシタの花（筑波山神社境内，植栽）。

Fig. 1. Flower forms of *Saxifraga stolonifera* and *S. stolonifera* f. *aptera*. A: Flowers on *S. stolonifera* cultivated at Tsumagoimura, Gunma Pref. B: Flowers on *S. stolonifera* f. *aptera* cultivated at Tsukuba-san-jinja Shrine, Ibaraki Pref.

長さ 4 mm 程である（原, 1939; 奥山, 2016）。これらに対し、ホシザキユキノシタの花（図 1B）は Makino (1926), 原 (1939), 鈴木 (1970, 1976), 茨城県生活環境部環境政策課 (2013), 糟谷ほか (2016), 奥山 (2016) などにもその特徴が示されているが、形態的特徴の記載は文献により異なっている（表 1）。このように、ホシザキユキノシタの花の形態的特徴は研究者により認識の違いがあり、ホシザキユキノシタを分類学的に特徴づける外部形態上の形質である、花の形態の定義は未だ混乱している。

ユキノシタとホシザキユキノシタの主要な相違点は、ユキノシタの下部の 2 枚の花弁（図 2A）がホシザキユキノシタでは雄しべに置き換わっている（図 2B）ことであるとされる（表 1）。ところが、筑波山における筆者らの予備的な調査（糟谷ほか, 2016）では、

表 1. ホシザキユキノシタの形態的特徴のこれまでの記載.

Table 1. Previous descriptions of morphological characteristics of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*.

文献	ホシザキユキノシタの形態的特徴
Makino (1926)	Anterior two petals much reduced in size and not dipterous.
原 (1939)	上方ノ3 瓣ハ卵形鋭尖頭長サ 1.5–2.5 mm 圓脚又ハ廣楔脚, 細キ柄ガアリ, 上半紅色斑點基部黄色ノ斑點アリ, 時ニ退化シテ雄蕊トナル事ガアリ, 下方ノ2 瓣ハ完全ニ退化シテ雄蕊トナリ正常ノ雄蕊ト重ナツテ出テ, 葯ガ先端微凸頭ヲナス外正常雄蕊ト同形デ, 計 12 本ノ雄蕊ヲ持つテキタ.
鈴木 (1970)	下につく2 枚の花弁の幅がせまく, 小型でおのおの花弁の長さが, 同じ大きさになり, 極端な形は花弁が退化しておしべとなり正常のおしべと重なって, 和名の示すように星咲きになる.
鈴木 (1976)	下の2 弁が大型とならないで卵形になり長さも短く, 時には退化しておしべのようになる. そのため正常のおしべと重なって出て来るように見える. よくよく見るとおしべの花粉袋にあたる葯の先がとがっているので楕円形な正常のものと区別することができるが, このため花が星状に感じられる.
茨城県生活環境部環境政策課 (2013)	ユキノシタの花弁が小さく退化した品種.
糟谷ほか (2016)	下部の2 枚の花弁を欠き, 上部の3 枚の花弁が存在しないか, ユキノシタと比較してごく小さい.
奥山 (2016)	下側の花弁は伸長せず花がほぼ放射相称となるもの.

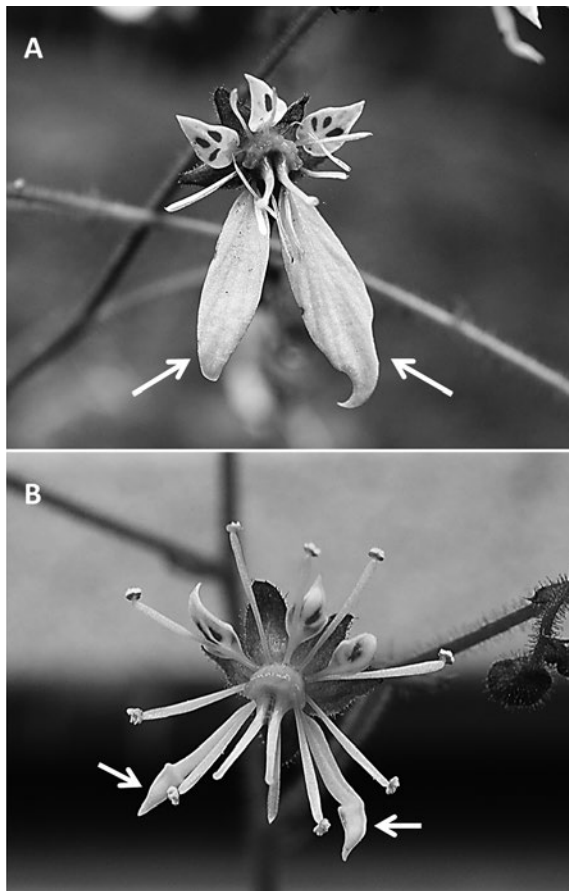


図 2. 下部に2 枚の花弁を有するユキノシタの花と, それらが雄しべに置き換わったと推測されるホシザキユキノシタの花. **A:** ユキノシタの花の下部花弁 (矢印). **B:** ホシザキユキノシタにおいて, 下部花弁が雄しべに分化したと推測される部分 (矢印).

Fig. 2. Flowers of *Saxifraga stolonifera* and *S. stolonifera* f. *aptera*. *Saxifraga stolonifera* has two petals at the lower part of flowers whereas they differentiated into stamens in *S. stolonifera* f. *aptera*. **A:** Petals at the lower parts were observed on *S. stolonifera* (arrows). **B:** Stamens probably originated in petals at the lower parts were observed on *S. stolonifera* f. *aptera*. (arrows).

男体山山頂および筑波山神社に生育し、花卉の一部が雄しべに置き換わったと推測される花を形成するユキノシタに類似の植物群において、ユキノシタの花で認められる5枚の花弁のうち、下部の2枚のうち1枚のみが雄しべに置き換わったと推測されるもの(I型)、下部の2枚のうち2枚とも雄しべに置き換わったと推測されるもの(II型)、下部の2枚および上部の1枚の計3枚が雄しべに置き換わったと推測されるもの(III型)の計3つの型を認めた。これらのうち、II型は従来認識されているホシザキユキノシタの花の型であるが、I型とIII型は糟谷ほか(2016)により新たに存在が明らかとなった型である。

以上の花の型が、同一個体内でどのように出現するかを明らかにすることは、ホシザキユキノシタの花の形態の定義を再検討し、ホシザキユキノシタとユキノシタの分類学的関係を整理する上で重要である。また、ユキノシタの花で認められる下部花弁がホシザキユキノシタでは雄しべに分化し、正常の雄しべと重なって生じると考えられているが(原, 1939; 鈴木, 1970, 1976)、それらに花粉粒が形成されるか否かの報告はない。以上のことから、本研究ではホシザキユキノシタの花の形態を明確に把握することを目的として、ホシザキユキノシタに見られる花卉の形態の変異を明らかにすることとした。

調査地、材料および方法

茨城県つくば市筑波、筑波山の男体山山頂付近の登山道に隣接した北～北西斜面と南～南東斜面に自生し、花卉の一部が雄しべに置き換わったと推測される花を持つ、ユキノシタに類似の植物群落を対象に、2017年6月7日に計5カ所の調査区1～5(図3)を設けた。調査区1は、男体山山頂に至る登山道より北斜面を約1 m降りた地点(標高860.6 m, 36°13′31.93″N, 140°5′56.04″E)で、登山道に面した日当たりのよい石垣である(図4A)。また、調査区1より北西に約2.5 m離れたアブラチャン *Lindera praecox* (Siebold et Zucc.) Blume やニシキウツギ *Weigela decora* (Nakai) Nakai 樹下の岩場で、直射日光の当たらない斜面(標高859.8 m, 36°13′32.29″N; 140°5′56.00″E)に調査区2を設定した(図4B)。さらに、調査区3を調査区2から北西に約4.5 m離れた、直射日光の当たらない日陰の岩場(標高857.5 m, 36°13′32.50″N, 140°5′55.91″E)に設定した(図4C)。一方、男体山山頂に至る登山道の南側に面し、ミヤマザクラ *Cerasus maximowiczii* (Rupr.) Kom. やアオダモ *Fraxinus lanuginosa* Koidz. f. *serrata* (Nakai) Murata が存在する日当たりのよい斜面(標高865.4 m, 36°13′32.33″N, 140°5′55.42″E)に調査区4(図4D)を設けた。さらに調査区4から南東に約2 m降りた、リョウブ *Clethra barbinervis* Siebold et Zucc. が生育す

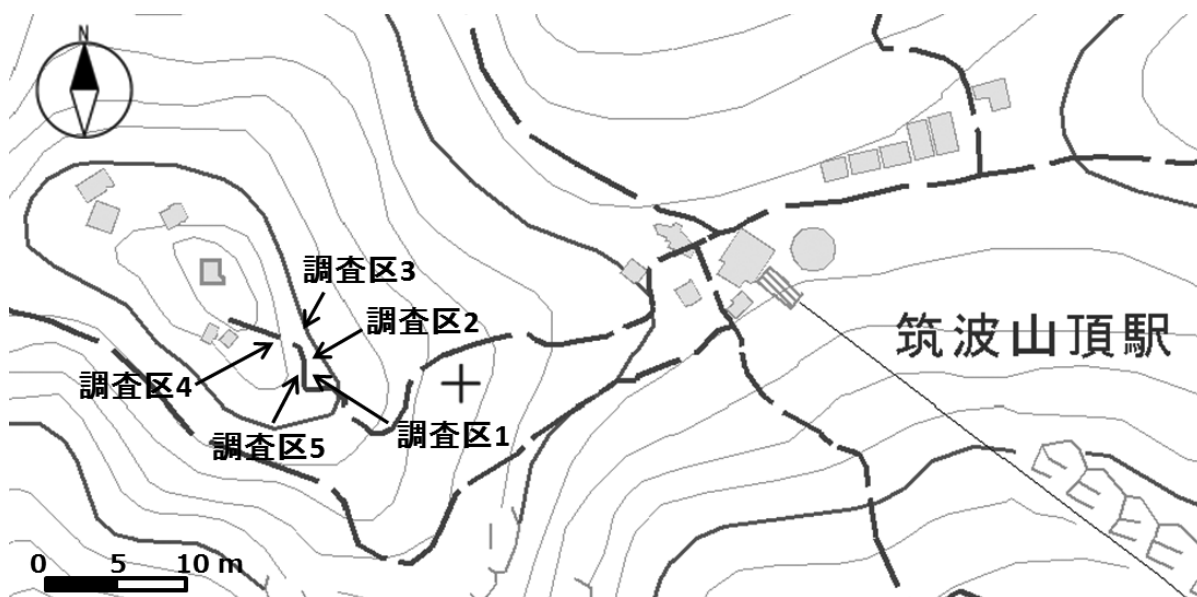


図3. 男体山山頂付近に設置した調査区の位置(基図は地理院地図電子国土webを使用)。

Fig. 3. Location of the study sites around the peak of Nantai-san, Mount Tsukuba (GSI maps were used as the base map).

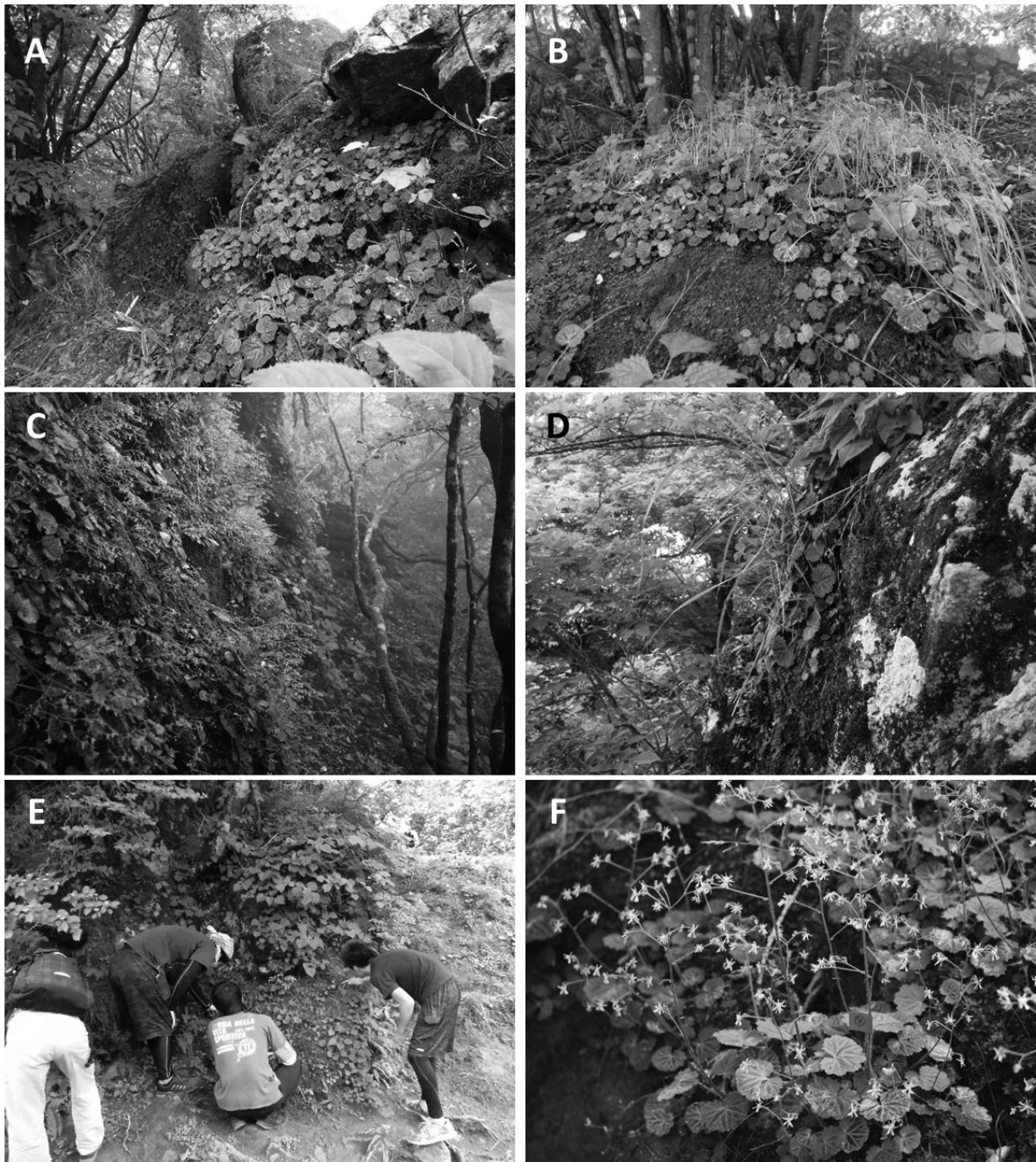


図4. 各調査区の状況. A: 調査区1. B: 調査区2. C: 調査区3. D: 調査区4. E: 調査区5. F: 調査区2で標識した株.

Fig. 4. Conditions of each study site. A: Study site 1. B: Study site 2. C: Study site 3. D: Study site 4. E: Study site 5. F: Marked individuals in study site 2.

る登山道沿いの日当たりのよい斜面（標高 863.1 m, 36° 13' 31.90"N, 140° 5' 55.79"E）に調査区 5 を設置した（図 4E）.

2017 年 6 月 7 日に、各調査区内でユキノシタに類似する植物 10 株を任意に選定し、赤色のビニールテープを花序に巻き付けて、①～⑩の番号を与えて標識した（図 4F）. そして、2017 年 6 月 23 日、7 月 3 日、7

月 17 日、7 月 27 日、8 月 7 日の計 5 回、標識した個体の開花総数を記録したうえで、それらの形態を観察し、それぞれの花の花弁数および花序上での花の形成位置を野帳に記録した. また、これらの中から花弁数が異なる花ごとに任意に選んだ花の雄しべの数を記録するとともに、それらの上部の花弁の形態を観察した.

さらに、2017 年 7 月 3 日に、各調査区よりユキノシ

タに類似する植物の自生株を1点ずつ採集し、計5点の腊葉標本を作製した。そして、1標本につき任意に選定した、下部花弁を欠く1つの花の全ての雄しべについて、光学顕微鏡を用いて花粉形成の有無を観察するとともに、花粉粒の充実率を調べた。腊葉標本から雄しべの葯を剃刀の刃で切り取り、スライドガラス上で有柄針を用いて葯をほぐして花粉粒を取り出し、大橋ほか(1991)に基づきFAAに1~2時間浸した後、Darlington and La Cour (1960)の方法によりコットンブルー・ラクトフェノール溶液で染色し、光学顕微鏡の400倍の倍率下で観察した。1標本につき、下部花弁が雄しべに分化したと推測される部分と、それ以外の通常の雄しべから得た花粉粒について各100個を任意に選定して観察し、コットンブルー・ラクトフェノール溶液により内部の細胞質が染色された場合、それらを充実した花粉粒と見なした。一方、内部に細胞質が認められず、染色されなかった花粉粒を不稔と見なし、これらにより花粉粒の充実率を求めた。花粉粒の観察に用いた証拠標本は、慶應義塾大学生物学教室に保存した。

なお、以上の調査は茨城県(環政指令第20号)、つくば市(29つくば文財第164号)および筑波山神社の許可をそれぞれ得て行った。

結 果

野外調査の結果、花弁の一部が雄しべに置き換わったと推測される花を形成するユキノシタに類似の植物群において、ユキノシタの花で認められる5枚の花弁

のうち、下部の2枚のうち1枚のみが雄しべに置き換わったと推測されるもの(I型; 図5A)、下部の2枚のうち2枚とも雄しべに置き換わったと推測されるもの(II型; 図5B)、下部の2枚および上部の1枚の計3枚が雄しべに置き換わったと推測されるもの(III型; 図5C)、そしてユキノシタと同様に上部に3枚、下部に2枚の計5枚の花弁を持つもの(N型; 図5D)の4つの型が観察された。また、これら4つの花の型は、同一個体内でも混在して出現していた(表2)。

全ての調査区で最も多く観察された花の型はII型で、次いでIII型が多く観察された(表3)。一方、調査区1, 4, 5では、6月23日から7月17日にかけて、I型やN型の花が観察された(表3)。調査区2と3においてもI型の花が観察されたが、両調査区ではN型の花は調査期間中には観察されなかった(表3)。

I型, II型, III型およびN型の各花において認められた雄しべの数について、I型の花では調査期間中に任意に選んだ22個のうち、9本の雄しべを伴った花が2, 10本の雄しべが認められた花が20であった。II型の花では、同様に調査期間中に任意に選んだ230個のうち、11本の雄しべを伴った花が23, 12本の雄しべを伴った花が207であった。また、III型の花では、調査期間中に任意に選んだ80個のうち、12本の雄しべを伴った花が4, 13本の雄しべを伴った花が68, 14本の雄しべを伴った花が8であった。さらに、N型の花では、同様に調査期間中に任意に選んだ7個のうち、9本の雄しべを伴った花が1, 10本の雄しべを伴った花が6であった。

I型, II型およびIII型の花では、下部の1本あるい

表2. 同一個体上において形態別に数えたホシザキユキノシタの花の数と総開花数。4つの花の型のうち2つ以上の型が、同一個体内で同時に混在して出現していた観察例を抜粋して示した。

Table 2. Number of flowers on one selected individual of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera* counted by its morphological types, and the total numbers of flowers.

調査日	観察した個体の調査区とその標識番号	I型 ¹⁾	II型 ²⁾	III型 ³⁾	N型 ⁴⁾	総開花数
7月3日	調査区1-⑥	1	2	2	2	7
7月3日	調査区2-⑥	1	3	0	0	4
7月3日	調査区4-⑤	4	5	0	0	9
7月27日	調査区2-②	0	12	5	0	17

1) ユキノシタの花で認められる5枚の花弁の中で、下部の2枚のうち1枚のみが雄しべに置き換わったと推測される型。

2) 下部の花弁2枚のうち2枚ともが雄しべに置き換わったと推測される型。

3) 下部の花弁2枚および上部の1枚の計3枚が雄しべに置き換わったと推測される型。

4) ユキノシタと同様に上部に3枚、下部に2枚の計5枚の花弁を持つ型。

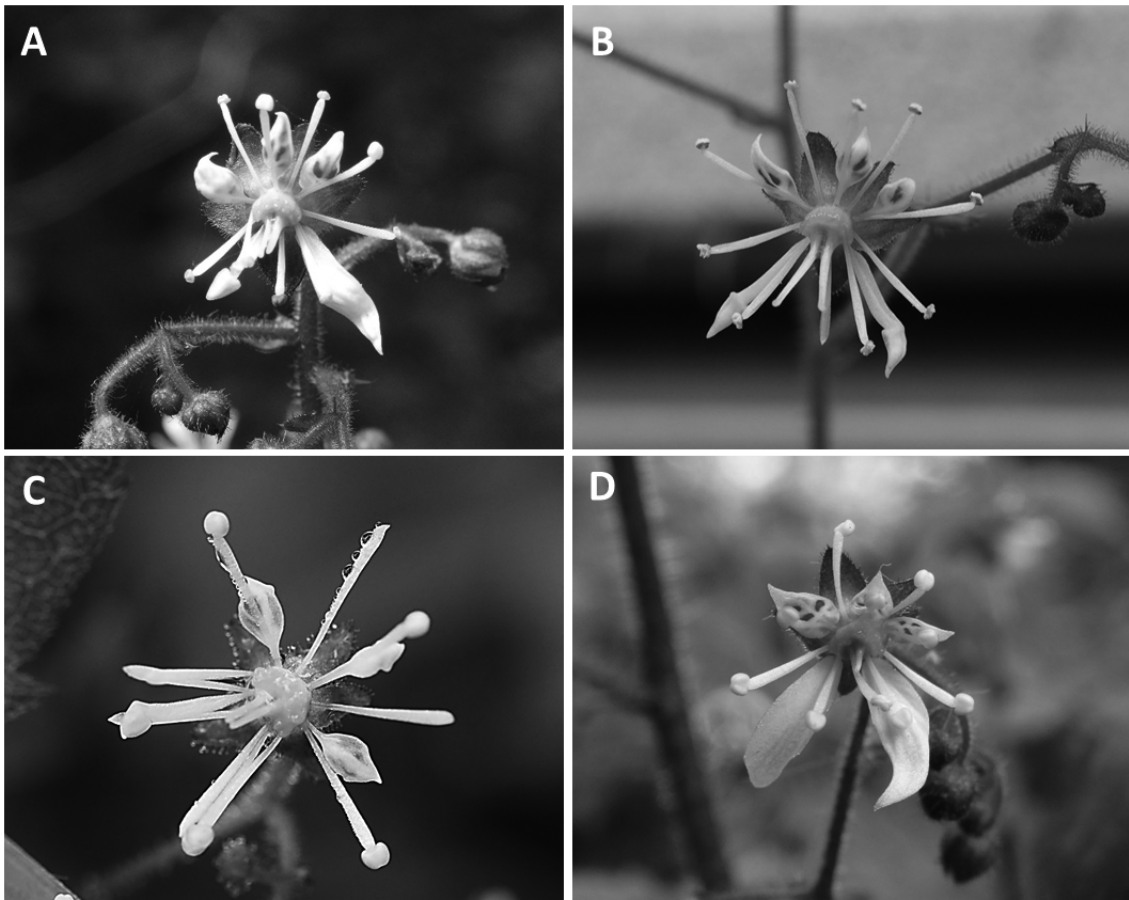


図 5. 標識したホシザキユキノシタの花の形態. **A:** 下部花弁 1 枚の花 (I 型; 調査区 2). **B:** 下部花弁 0 枚の花 (II 型; 調査区 1). **C:** 下部花弁 0 枚, 上部花弁 2 枚の花 (III 型; 調査区 4). **D:** 下部花弁 2 枚の花 (N 型; 調査区 1).

Fig. 5. Flower forms of marked individuals of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*. **A:** A flower having one petal at the lower part in study site 2 (Type I). **B:** A flower having no petals at the lower part in study site 1 (Type II). **C:** A flower having no petals at the lower part and two petals at the upper part in study site 4 (Type III). **D:** A flower having two petals at the lower part in study site 1 (Type N).

表 3. 各調査区において形態別に数えたホシザキユキノシタの花の数と総開花数.

Table 3. Number of flowers of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera* counted by its morphological types, and the total numbers of flowers observed in each study site.

調査日	I 型 ¹⁾						II 型 ²⁾						III 型 ³⁾						N 型 ⁴⁾						総開花数					
	調査区の番号					小計	調査区の番号					小計	調査区の番号					小計	調査区の番号					合計						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
6月23日	4	0	1	1	0	6	29	11	18	14	8	80	7	7	9	5	2	30	0	0	0	0	0	0	40	18	28	20	10	116
7月3日	13	1	2	5	2	23	105	90	67	25	40	327	36	39	25	5	6	111	8	0	0	4	1	13	162	130	94	39	49	474
7月17日	6	0	1	0	6	13	59	52	23	18	19	171	11	13	8	6	2	40	0	0	0	0	0	0	76	65	32	24	27	224
7月27日	0	0	0	0	0	0	59	40	15	14	3	131	14	11	2	4	0	31	0	0	0	0	0	0	73	51	17	18	3	162
8月7日	0	0	0	0	0	0	27	16	7	9	3	62	3	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	30	17	7	9	3	66

1) ユキノシタの花で認められる 5 枚の花弁の中で, 下部の 2 枚のうち 1 枚のみが雄しべに置き換わったと推測される型.

2) 下部の花弁 2 枚のうち 2 枚ともが雄しべに置き換わったと推測される型.

3) 下部の花弁 2 枚および上部の 1 枚の計 3 枚が雄しべに置き換わったと推測される型.

4) ユキノシタと同様に上部に 3 枚, 下部に 2 枚の計 5 枚の花弁を持つ型.

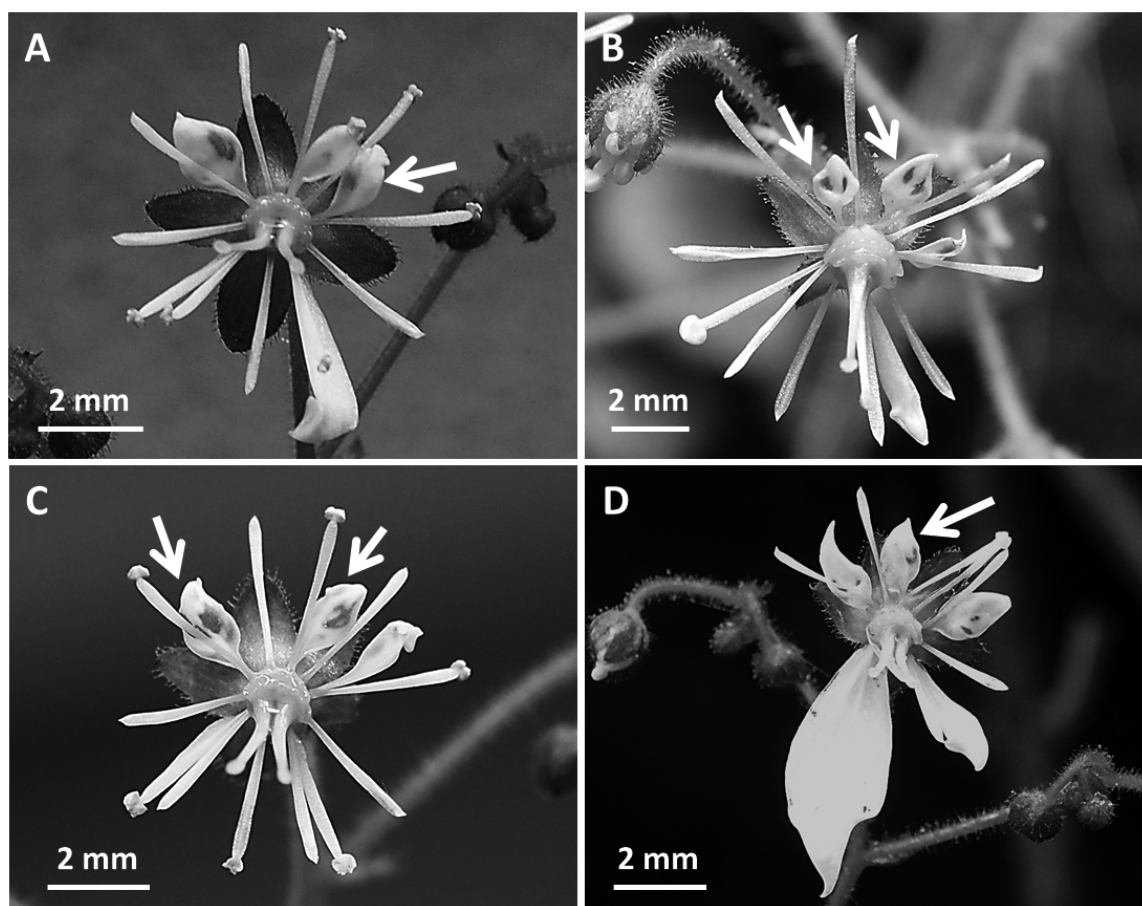


図 6. ホシザキユキノシタの花の上部花弁（矢印）の形態。A: 下部花弁 1 枚の花（I 型; 調査区 1）。B: 下部花弁 0 枚の花（II 型; 調査区 1）。C: 下部花弁 0 枚, 上部花弁 2 枚の花（III 型; 調査区 4）。D: 下部花弁 2 枚の花（N 型; 調査区 1）。
Fig. 6. Petal forms of the upper part of flowers (arrows) on *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*. A: A flower having one petal at the lower part in study site 1 (Type I). B: A flower having no petals at the lower part in study site 1 (Type II). C: A flower having no petals at the lower part and two petals at the upper part in study site 4 (Type III). D: A flower having two petals at the lower part in study site 1 (Type N).

は 2 本の雄しべが花の基部側の雄しべと重なるように形成されており, それらは他の卵形~楕円形の葯とは異なり, 葯の先端が尖っていた (図 5A-C)。さらに, 12~14 本の雄しべが観察された III 型の花では, 上部の 1~2 本の雄しべが隣接する雄しべと重なるように形成され, それらの葯の先端は尖っていた (図 5C)。

さらに, 今回観察したユキノシタに類似する植物群の花の上部の花弁について, I 型, II 型, III 型, N 型の 4 つの花の型それぞれから任意に 10 個の花を選んで観察した結果, いずれにおいても長さ 1-2.5 mm で卵形, 先端部は鋭尖頭で, 基部は円脚~広楔脚で細い柄を備えていた (図 6)。

光学顕微鏡観察の結果, ユキノシタの下部の花弁 (図 2A) がホシザキユキノシタにおいて雄しべに置き換

わったと推測される部分 (図 2B) を含む, すべての雄しべで花粉粒が認められた (図 7)。コットンブルー・ラクトフェノール染色により花粉粒の形態を観察した結果 (表 4), 下部花弁が雄しべに変化したと推測される部分に形成された花粉粒の充実率は, 観察した 5 標本の平均で 62.4% であった。一方, それ以外の雄しべに形成された花粉粒の充実率は同様に 81.2% であった。

考 察

今回の野外調査により認められた花の型のうち, I 型, II 型および III 型は, 糟谷ほか (2016) の予備調査において認められた花の 3 つの型と同様であったが, N 型の存在は本研究により初めて明らかとなった。

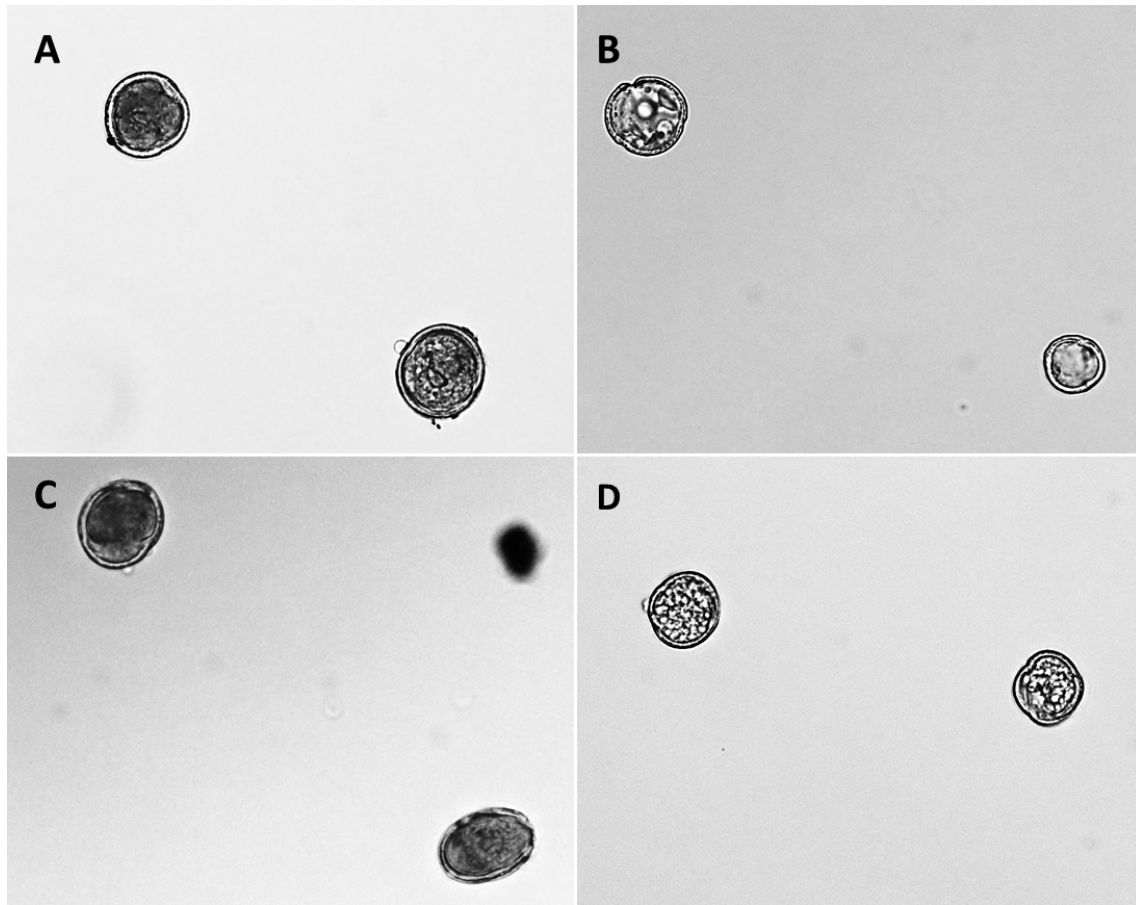


図 7. ホシザキユキノシタの花粉粒. **A, B:** 下部花弁が雄しべに分化したと推測される部分で形成された花粉粒 (**A:** 内部が充実した花粉粒; **B:** 不稔の花粉粒). **C, D:** 通常の雄しべで形成された花粉粒 (**C:** 内部が充実した花粉粒; **D:** 不稔の花粉粒).

Fig. 7. Pollen grains of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*. **A, B:** Pollen grains from stamens probably originated in petals at the lower parts of flowers (**A:** engorged pollen grains; **B:** sterile pollen grains). **C, D:** Pollen grains from normal stamens (**C:** engorged pollen grains; **D:** sterile pollen grains).

表 4. ホシザキユキノシタの花粉粒の充実率 (n = 100).

Table 4. Percentage of engorged pollen grains of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera* (n = 100).

	調査区 1 産標本		調査区 2 産標本		調査区 3 産標本		調査区 4 産標本		調査区 5 産標本		5 標本の平均 充実率 (%)
	染色 粒数	非染色 粒数	染色 粒数	非染色 粒数	染色 粒数	非染色 粒数	染色 粒数	非染色 粒数	染色 粒数	非染色 粒数	
下部花弁が雄しべに分化したと推測される部分から得た花粉粒	67	33	62	38	59	41	69	31	55	45	62.4
通常の雄しべから得た花粉粒	86	14	82	18	77	23	79	21	82	18	81.2

それぞれの花の型ごとに雄しべの数、形態と形成位置を観察した結果、I型、II型およびIII型の花では、下部の1本あるいは2本の雄しべが花の基部側の雄しべと重なるように形成されており、それらは他の卵形～楕円形の葯とは異なり、葯の先端が尖っていた(図5A-C)。このことは原(1939)によるホシザキユキノシタの記載とおおむね一致し、ユキノシタの花で認め

られる下部の花弁が、今回観察した植物群では雄しべに変化したことを示唆している。

従来、ホシザキユキノシタの花として認識されている型はII型であるが、原(1939)はホシザキユキノシタの花の上部の花弁も雄しべに分化することがあると述べている。今回観察されたIII型(図5C)は、上部の花弁3枚のうち、1枚のみが完全に雄しべに置き

換わっており、残りの2枚は不完全な葯を生じているか、痕跡的な葯が花弁の縁に付着しているなどの状態であった。これらのことから、III型では上部の花弁が雄しべへと変化している過程が示唆され、原(1939)の記載が支持された。なお、上部の花弁が雄しべに変化したと推測される部分は、葯の先端が尖っているため、葯が卵形～楕円形の通常の雄しべと形態的に区別できる(図5C)。

ユキノシタの上部の花弁について、原(1939)は「卵形鋭頭、長さ約3mm幅約2mm、基部急二細マリ長さ0.5mm許ノ爪部トナリ」と記載する一方、ホシザキユキノシタの上部の花弁は、「卵形鋭尖頭長さ1.5-2.5mm圓脚又は廣楔脚、細キ柄ガアリ」と述べている。今回筑波山において観察したユキノシタに類似する植物群の花の上部の花弁の形態(図6)は、I型、II型、III型、そしてN型の4つの花の型いずれにおいても、原(1939)によるホシザキユキノシタの花の上部花弁の記載と一致し、ユキノシタのものとは異なっていた。

以上のように、今回観察したユキノシタに類似する植物群の花の特徴は、原(1939)によるホシザキユキノシタの記載とおおむね一致した。また、本研究で設置した調査区は、従来からホシザキユキノシタの自生地として知られている地点である(茨城県生活環境部環境政策課, 2013; 八田ほか, 2017)。以上のことから、筆者らは今回観察した植物群を従来からホシザキユキノシタとして認識されている植物であると判断した。また、ホシザキユキノシタとユキノシタの花において、原(1939)が述べたように上部の花弁の長さや基部の形態が異なることが認められたため、これらを両者の識別形質として用いることが有効であると考えた。

一方で本研究により、ホシザキユキノシタの花には形態的に異なる少なくとも4つの型の存在が明らかとなった(図5, 6)。これらの型の中では、典型的なホシザキユキノシタの花として認識されている、下部の花弁2枚のうち2枚とも雄しべに置き換わったと推測されるもの(II型)が最も多く観察されたが、調査期間を通して、同一個体内でこの型のみが観察されるという例はなく、4つの型のうち2つ以上の型の花が同一個体内で混在して認められた(表2)。このように、ホシザキユキノシタの花には従来知られている型に加え、形態的に異なる複数の型が同一個体内に存在することが明らかとなったため、今後、Makino(1926)

が観察したホシザキユキノシタの基準標本を再検討し、基準標本に見られる花の型を明らかにしたうえで原記載の修正を行い、ホシザキユキノシタの花の形態を再定義する必要がある。

なお、筑波山の男体山山頂付近におけるホシザキユキノシタの開花時期は6月下旬から8月上旬であり、その中でもI型およびN型の花は、開花初期の6月下旬から7月中旬に形成されることが明らかとなった(表3)。ホシザキユキノシタの花弁の数は、開花時期あるいは生育地の日照条件などにより変化する可能性があるが、花弁数の変化をもたらす要因についてはさらに詳細な調査が必要である。また、調査区1のII型の花にはザトウムシ目の一種 *Opiliones* sp. が(図8A)、調査区4のI型の花にはハナアブ科の一種 *Syrphidae* sp. の昆虫が(図8B)訪れていた。花弁の

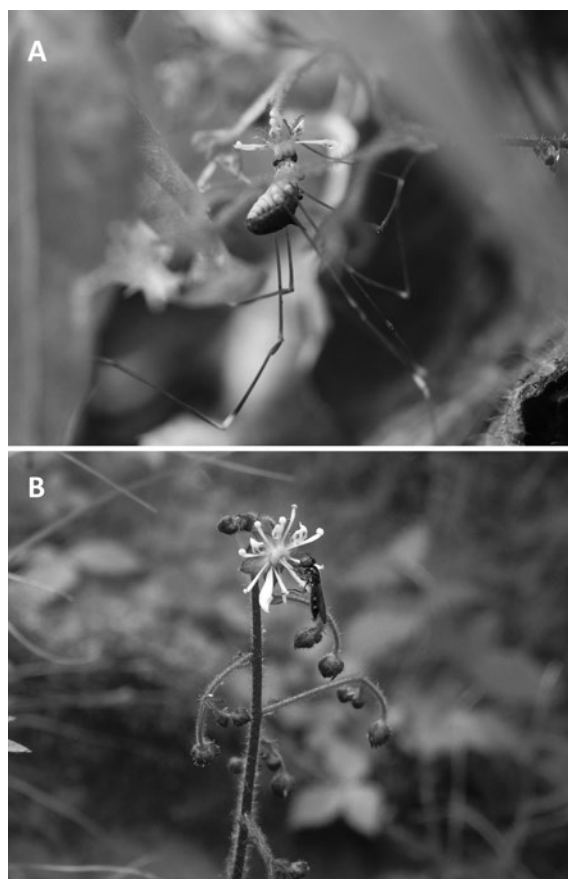


図8. ホシザキユキノシタの訪花動物。A: ザトウムシ目の一種 *Opiliones* sp. (調査区1)。B: ハナアブ科の一種 *Syrphidae* sp. (調査区4)。

Fig. 8. Flower-visitors of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera*. A: Unidentified species of *Opiliones* observed at study site 1. B: Unidentified species of *Syrphidae* observed at study site 4.

形態の違いと、訪花動物の多様性や生態との関係についても今後の調査が必要である。

花粉粒の光学顕微鏡観察の結果、ホシザキユキノシタにおいて下部の花弁が雄しべに変化したとされる部分も、通常の雄しべと同様に充実した花粉粒を形成することから（図7）、雄しべとしての機能を有する可能性が示唆された。なお、下部花弁が雄しべに置き換わったと推測される部分の方が、それ以外の雄しべと比較して花粉粒の充実率が低い値を示した（表4）が、この要因については今後の検討が必要である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、茨城県県民生活環境部自然環境課、つくば市教育委員会ならびに筑波山神社の皆様には、筑波山における野外調査に際して多大なご理解とご協力を賜った。また、野外調査の実施に際して、千葉科学大学危機管理学部の学生諸氏にご協力いただいた。匿名の2名の査読者には、本論文の内容を改善するために有益なご助言をいただいた。以上の各位に深く感謝申し上げます。

引用文献

Darlington, C. T. and L. F. La Cour. 1960. The handling of chromosomes, 3 ed. 248 pp., Allene & Unwin, UK.
原 寛. 1939. 大日本植物誌, 第3巻. ユキノシタ科. 152 pp., 三省堂.

八田珠郎・植木岳雪・糟谷大河・小濱 剛・塚本浩司. 2017. 筑波山周辺および霞ヶ浦の自然環境. 千葉科学大学紀要, 10: 121-141.
茨城県生活環境部（編）. 1995. 特定動植物分布調査報告書1, 茨城の特定動植物の分布 植物編（平成5・6年）. 493 pp., 茨城県生活環境部.
茨城県生活環境部環境政策課（編）. 2013. 茨城における絶滅のおそれのある野生生物植物編, 2012年改訂版. 263 pp., 茨城県生活環境部環境政策課.
糟谷大河・梅内基裕・小幡和男. 2016. 筑波山におけるホシザキユキノシタの分布と形態的特徴の再検討. 日本植物分類学会第15回大会研究発表要旨集, p. 70, 日本植物分類学会第15回大会準備委員会.
栗原 孝・岡 利雄・成島 明・小幡和男. 2012. 筑波山塊南部（宝篋山, 朝日峠, 雪入山, 権現山周辺）の維管束植物第2報. 茨城県自然博物館研究報告, 15: 39-103.
Makino, T. 1926. A Contribution to the Knowledge of the Flora of Japan. *J. Jap. Bot.* 3: 42-44.
牧野富太郎・根本莞爾. 1931. 訂正増補日本植物総覧. 1936 pp., 春陽堂書店.
ミュージアムパーク茨城県自然博物館（編）. 2010. 第50回企画展, 筑波山ーブナとガマと岩とー. 38 pp., ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
大橋広好・星 比呂志・池谷祐幸. 1991. ナナカマド属ハゴロモナナカマド類の分類と花粉形態. 植物研究雑誌, 66: 110-124.
奥山雄大. 2016. ユキノシタ科. 大橋広好・門田裕一・邑田 仁・米倉浩司・木原 浩（編）. 改訂新版日本の野生植物, 第2巻, pp. 197-214, 平凡社.
鈴木昌友. 1970. 茨城の植物. 490 pp., 茨城新聞社.
鈴木昌友. 1976. 茨城の花. 421 pp., 常陽新聞社.
鈴木昌友・清水 修・安見珠子・安 昌美・藤田弘道・中崎保洋・和田尚幸・野口達也. 1981. 茨城県植物誌. 339 pp., 茨城県植物誌刊行会.

(要 旨)

糟谷大河・小原功子・梅内基裕・伊藤彩乃・小幡和男. 筑波山に自生するホシザキユキノシタの花弁形態の変異. 茨城県自然博物館研究報告 第23号 (2020) pp. 1-12.

筑波山固有の植物であるホシザキユキノシタの花の形態を明確に把握することを目的として、筑波山の男体山山頂付近にて野外調査を行い、ホシザキユキノシタの花弁形態の変異を明らかにした。ホシザキユキノシタの開花時期は6月下旬から8月上旬であり、その花には形態的に異なる少なくとも4つの型が存在することが明らかとなった。その中でも下部花弁を1枚あるいは2枚有する花は、開花初期の6月下旬から7月中旬に形成されることが明らかとなった。また、ホシザキユキノシタの下部花弁の数は、開花時期あるいは生育地の日照条件などにより変化する可能性が示唆された。ホシザキユキノシタの下部の花弁が雄しべに置き換わったと推測される部分から花粉粒を得て、光学顕微鏡により観察を行った結果、それらの充実率は62.4%であった。一方で、通常の雄しべから得た花粉粒の充実率は81.2%であった。下部花弁が雄しべに置き換わったと推測される部分にも内部が充実した花粉が形成されることから、通常の雄しべとしての機能を有する可能性が示唆された。

(キーワード): 固有植物, 筑波山, ホシザキユキノシタ, 雄しべ, 花弁, 花粉粒.

原著論文

茨城県自然博物館が所蔵する更新統塩原層群の昆虫類化石
～カゲロウ目～

西元重雄*・加藤太一*・石綿進一**

(2020年9月6日受理)

**Insect Fossils from the Pleistocene Shiobara Group
Stored in Ibaraki Nature Museum – Ephemeroptera –**

Shigeo NISHIMOTO*, Taichi KATO* and Shin-ichi ISHIWATA**

(Accepted September 6, 2020)

Abstract

A total of 238 insect fossil specimens occurred from the Pleistocene Shiobara Group are stored in Ibaraki Nature Museum. In this study, 22 specimens of mayfly (Ephemeroptera) are taxonomically examined. They are identified as *Procloeon* sp. for 9 specimens, cf. *Procloeon* sp. for 6 specimens, Heptageniidae gen. et sp. indet. for 4 specimens and Ephemeroptera fam., gen. et sp. indet. for 3 specimens. This suggests *Procloeon* had already inhabited in Japan in the Middle Pleistocene, indicating that there was a slow stream as a paleoenvironment of the Paleo-Shiobara Lake river system. A large number of larval mayfly fossils indicates that the larval mayflies were dominant in the aquatic insect fauna of Paleo-Shiobara Lake.

Key words: Insect fossils, Ephemeroptera, Pleistocene, Shiobara Group.

はじめに

栃木県那須塩原市に分布する第四系更新統チバニア階の塩原層群からは、保存良好な植物化石および魚やカエル、昆虫などの多様な動物化石が産出することで知られている (e. g. Allison *et al.*, 2008). 塩原層群の昆虫などの節足動物化石の研究は、大石 (1931) がカメムシ類を *Carpocaris? shiobarensis* として新種記載したことに始まり、現在までに 90 種類以上が報告されている (e. g. 相場, 2015; Hayashi and Aiba, 2016; 高橋ほか, 2017).

ミュージアムパーク茨城県自然博物館 (以下、当館) は、1996 年より木の葉化石園 (栃木県那須塩原市中塩原 427) の敷地に露出する塩原層群宮島層から採取された「化石原石 (化石を含む手のひらサイズの地層ブロック)」を用いて、「化石のクリーニング」という教育普及イベントを実施している。このイベントは当館のボランティア「化石クリーニングチーム」によって運営されており、昆虫類化石などの研究利用が可能と思われる化石の収集を継続的に行ってきた。これにより、塩原層群産の昆虫類化石 238 標本 (執筆時点) が当館に蓄積されている。

*ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

**神奈川工科大学 〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030 (Kanagawa Institute of Technology, 1030 Shimoogino, Atsugi, Kanagawa 243-0292, Japan).

尾上 (2004) が報告したネコシデ (INM-4-5149), 高橋ほか (2017) が報告したクワガタムシ科 (INM-4-15696) とムカデ綱 (INM-4-15697), 相場ほか (2019) が報告したサナエトンボ科 (INM-4-16754), 鈴木ほか (2019) が報告したオオウバタマコメツキ (INM-4-16752, 16753) などは, 上記の活動によって蓄積された当館の収蔵資料である。しかし, 当館の塩原層群産昆虫類化石の多くは分類学的検討がなされておらず, その全容は不明である。

本研究の目的は, 当館に収蔵される塩原層群産昆虫類化石を目レベルで分類してコレクションとしての全容を把握し, 目ごとにさらに詳細な分類学的検討を行って記載を行い, 塩原層群の昆虫化石相を明らかにすることである。本稿ではその第1弾として, カゲロウ目の幼虫化石 22 点について同定結果を記載する。

地質概説

塩原層群は, 塩原火山のカルデラ陥没によって生じた湖成層であり, 南側に分布する高原火山噴出物と指交する (池島・青木, 1962; 尾上, 1989; Tsujino and Maeda, 1999)。塩原層群の層序は Tsujino and Maeda (1999) によれば, 岩相の側方変移によって, 砂礫層からなる湖の縁辺相である上塩原層と, 珪藻質葉理泥岩からなる湖の中心相である宮島層の2つに区別されている。宮島層は, 宮島を中心に塩原盆地中央部に分布し, 灰色葉理と白色葉理からなり, 層厚数 cm ~ 1 m の凝灰質砂~シルト層を狭在している (辻野, 2008)。木の葉化石園の周辺に分布する宮島層では, 珪藻殻の opal-A が opal-CT に変質し, 葉理泥岩は硬質頁岩状になっている (Tsujino and Maeda, 1999)。本稿で記載する昆虫類化石は, いずれも硬質な珪藻質葉理泥岩に含まれていることと, 木の葉化石園の敷地内の露頭から採取されていることから, 塩原層群宮島層から産出したものと判断される。

塩原層群からは, 保存良好な化石が多産することで知られている (e. g. Allison *et al.*, 2008)。特に植物化石は「塩原化石植物群」と呼ばれ, Nathorst (1883, 1888), 金原 (1900), 矢部 (1929), 遠藤 (1931), Endo (1934, 1935, 1940), 小泉 (1940), 鈴木 (1973), 尾崎 (1982), 尾上 (1984, 1989, 2004) によって研究が進められた。特に多産するブナ *Fagus crenata* およびイヌブナ *Fagus japonica* を含めてこれまでに 172 種が報告さ

れているが, そのすべてが現生種である (尾上, 1989, 2004)。

塩原層群産の脊椎動物化石はこれまで, シオバラガエル (Shikama, 1955), ウグイ (上野, 1967), ヒメネズミ (長谷川・青島, 1988), アカネズミ (長谷川・青島, 1988) が報告されている。

塩原層群産の昆虫類およびその他の節足動物化石はこれまで, カメムシの新種 *Carpocaris ? shiobarensis* (大石, 1931), シモヅケクサガメ (直良, 1933), ムカシイシノミ (直良, 1933), チョウセンオオカメムシ (日浦, 1966; 相場, 2019a), キンクロミドリカメムシ類似種 (日浦, 1966), マエジロカメムシ (相場, 2019b), コヤマトンボ (Asahina, 1959), サナエトンボ科 (相場ほか, 2019), ミヤマカラスアゲハとゴマダラチョウ (Fujiyama, 1968, 1983), エゾハルゼミとコエゾゼミ (Fujiyama, 1969, 1979), ハネカクシ科 (渡辺, 1978), マスダチビヒラタドロムシ (Hayashi and Aiba, 2016), チビヒゲナガハナノミ (Hayashi *et al.*, 2020), クワガタムシ科 (高橋ほか, 2017), オオウバタマコメツキ (鈴木ほか, 2019) が報告されている。

塩原層群は孤立した山間盆地の堆積物であるため, 年代対比が難しいとされる (辻野, 2008)。しかし, 早川ほか (1985) はローム層序に基づき, 塩原層群の上位にある白戸上位段丘 (中山上位段丘) を後期更新世的那須野中位面に対比した。また, 尾上 (1989) は「塩原化石植物群」はすべてが現生種であり, メタセコイアなどの前期更新世までに絶滅した種を含まないことから, 宮島層の堆積年代を前期更新世のメタセコイア消滅期以降であると推定した。これらにより, 塩原層群の年代は, 中期更新世 (チバニアン) の間氷期であると推定されている (Tsujino and Maeda, 1999)。さらに, 塩原層群に狭在する安山岩溶岩の K-Ar 法による全岩年代測定で約 30 万年前の値が示されている (Itaya *et al.*, 1989) ことを考慮すると, 宮島層は海洋酸素同位体ステージの MIS 7 に相当すると考えられる。

研究方法

カゲロウ目幼虫の化石 22 点について, 実体顕微鏡での観察結果に基づき同定した。同定の際には, 石綿 (2001), 相場 (2015), 石綿ほか (2018) の同定方法や結果を参考にした。また, デジタルノギスで全長,

腹幅、尾毛の長さを測定した。全長については、保存状態によって頭部や尾毛を欠失するものや体位が湾曲するものがあるため、保存されている前端から後端までを保存全長とした。腹幅については、すべての化石において腹部が認められたため最大腹部幅を測定した。カゲロウ目の特徴でもある尾毛については、一部を欠失するものも含め、最も長い尾毛の基部から先端までを測定した。

古生物学的記載

Class Insecta 昆虫綱

Subclass Pterygota 有翅亜綱

Order Ephemeroptera カゲロウ目 (蜉蝣目)

Family Baetidae コカゲロウ科

Procloeon sp.

ヒメウスバコカゲロウ属の一種

1. INM-4-17404 (Pl. 1-1a, 1-1b)

カウンターパートが保存されている。頭部は一部欠失するが、胸部と腹部は明瞭である。脚部は片側で腿節と脛節の1本、反対側でわずかに腿節の1本がある。尾毛は3本が明瞭で、外側の内1本は半分が欠失する。

2. INM-4-17409 (Pl. 1-2)

頭部、胸部、腹部は明瞭である。両複眼がある。胸部左側で翅芽が開く。脚部はない。尾毛は3本あるが、中央の1本は大部分が欠失する。

3. INM-4-17411 (Pl. 1-3a, 1-3b)

カウンターパートが保存されている。頭部は一部欠失し、胸部、腹部は明瞭である。腹部は中央付近で裂ける。両複眼がある。胸部で片側の翅芽が開く。脚部はない。尾毛は3本ある。

4. INM-4-17412 (Pl. 1-4a, 1-4b)

カウンターパートが保存されている。頭部が欠失し、胸部、腹部、および翅芽が明瞭である。脚部はなく、尾毛は3本ある。第10腹節の後縁両端に棘状の突起がある。

5. INM-4-17413 (Pl. 1-5a, 1-5b)

カウンターパートが保存されている。頭部は欠失し、

胸部は翅芽が曲がっており、腹部は明瞭である。胸部の上方に脚部状の部位があるが、同標本の一部かは不明。尾毛は3本あるが外側の1本は先端が欠失している。

6. INM-4-17416 (Pl. 1-6)

頭部は欠失し、胸部と腹部は判別できる。脚部はない。尾毛は3本あるが中央の1本は半分程度が欠失している。

7. INM-4-17422 (Pl. 1-7)

頭部、胸部は欠失し、腹部はある。脚部はない。尾毛は3本で微毛が明瞭である。

8. INM-4-17424 (Pl. 1-8)

一部欠失はしているが頭部、胸部、腹部がある。尾毛は3本で、両端の2本は明瞭だが中央の1本は大部分を欠く。

9. INM-4-17427 (Pl. 1-9)

頭部は欠失し、胸部、腹部は明瞭。脚部はない。尾毛は3本あるが、中央の尾毛で半分程度欠失する。

同定

コカゲロウ科の幼虫は、体型が流線型の種が多く、腹部第8節や第9節に著しい後側突起がない。2本の尾毛には遊泳毛があるものが多く、3本の場合は外側の2本で内側に、中央の1本では両側にそれぞれ長毛列をもつ。尾毛の中央部には暗色帯斑がある種が多い。一方、ヒメウスバコカゲロウ属 *Procloeon* やフタバカゲロウ属 *Cloeon* では、尾毛の節の接合部が3節から5節の間隔で暗色化する。この両属を区別するには、口器、脚部の爪、末端腹節のそれぞれの形状が重要である。今回検討した化石標本については、保存状態から口器および脚部の爪を比較検討することが不可能なため、腹背末端節中央後縁部の形状を精査した。つまり、ヒメウスバコカゲロウ属の後縁中央部が後方に大きく突出することなく直線的であり、その両端には一対の突起が存在する特徴があるが、フタバカゲロウ属は末端節後縁の中央部が直線的ではなく、その両端の突起がない特徴がある。以上の形態的特徴が一致することから、コカゲロウ科のヒメウスバコカゲロウ属の一種 *Procloeon* sp. と同定した。

測定

表 1. ヒメウスバコカゲロウ属の一種の測定値.

Table 1. Measured values of the specimens of *Procloeon* sp.

標本番号 Specimen number	保存全長 Preserved total length (mm)	最大尾毛長 Maximum tail length (mm)	最大腹部幅 Maximum abdominal width (mm)
INM-4-17404	8.56	2.70	1.35
INM-4-17409	10.86	3.15	1.97
INM-4-17411	8.53	1.61	1.81
INM-4-17412	10.06	2.48	2.14
INM-4-17413	9.45	3.01	2.02
INM-4-17416	11.61	2.98	2.19
INM-4-17422	6.47	2.60	1.79
INM-4-17424	9.88	3.15	2.22
INM-4-17427	11.29	3.07	1.94

cf. *Procloeon* sp.

ヒメウスバコカゲロウ属の一種 (参照)

1. INM-4-17414 (Pl. 1-10)

頭部は一部欠失するが、胸部と腹部の判別はできる。翅芽が左側でわずかに、右側で大きく開く。脚部はない。尾毛は3本あるが外側の1本は先端が欠失している。中央と左側の尾毛で微毛が明瞭である。

2. INM-4-17418 (Pl. 1-11)

頭部、胸部、腹部は明瞭である。左側で翅芽がわずかに開く。脚部はない。尾毛は3本あるが中央の1本は大部分が欠失している。

3. INM-4-17419 (Pl. 2-1)

頭部は不明瞭で、胸部、腹部は判別できる。左側で翅芽がわずかに開く。脚部はない。尾毛は3本あるが中央の1本は大部分が欠失している。

4. INM-4-17420 (Pl. 2-2a, 2-2b)

カウンターパートが保存されている。頭部、胸部、腹部が判別できる。複眼と考えられる部位がある。脚

部は不明瞭だが左右に3本ずつあり、腿節と脛節がわずかに判別できる。尾毛は3本ある。

5. INM-4-17426 (Pl. 2-3)

頭部、胸部、腹部、および3本の尾毛が明瞭。中央の尾毛で両側に微毛がある。脚部は右後脚のみ。

6. INM-4-17429 (Pl. 2-4)

頭部、胸部、腹部は明瞭。脚部はない。尾毛は3本あるが、中央の尾毛で大部分が欠失する。

同定

流線型の体型で、腹部第8、9節に後側突起がなく、外側の尾毛で内向きのみ微毛がある。以上の形態的特徴がコカゲロウ科の幼虫と一致することから、コカゲロウ科と同定した。なお、ヒメウスバコカゲロウ属 *Procloeon* と考えるが、本属の特徴である後縁中央部が後方に大きく突出することなく直線的であることや、その両端に一对の突起が存在する特徴は確認できない。

測定

表 2. ヒメウスバコカゲロウ属の一種 (参照) の測定値.

Table 2. Measured values of the specimens of cf. *Procloeon* sp.

標本番号 Specimen number	保存全長 Preserved total length (mm)	最大尾毛長 Maximum tail length (mm)	最大腹部幅 Maximum abdominal width (mm)
INM-4-17414	11.94	3.47	1.95
INM-4-17418	11.36	3.02	2.14
INM-4-17419	12.05	3.16	2.29
INM-4-17420	7.73	2.33	1.22
INM-4-17426	12.33	3.18	2.17
INM-4-17429	8.80	2.81	1.67

Family Heptageniidae ヒラタカゲロウ科

Heptageniidae gen. et sp. indet.

ヒラタカゲロウ科 属種未定

1. INM-4-17405 (Pl. 2-5)

頭部, 胸部, 腹部, および3本の尾毛は明瞭. 頭部は楕円形で背面に両複眼がある. 脚部は左前脚で腿節, 左中脚と後脚でそれぞれ腿節と脛節, 右前脚と後脚でそれぞれ腿節, 右中脚で腿節と脛節がある. 前脚腿節の先端に明瞭な突起はない.

2. INM-4-17406 (Pl. 2-6)

腹部端が欠失しており, 尾毛もない. 頭部は楕円形. 脚部は左後脚で腿節, 右中脚と後脚でそれぞれ基節と腿節がある.

3. INM-4-17408 (Pl. 2-7a, 2-7b)

カウンターパートが保存されている. 頭部, 胸部, 腹部, および3本の尾毛は明瞭. 頭部は楕円形. 脚部は左前脚と後脚でそれぞれ腿節と脛節, 左中脚で腿節と脛節, および跗節, 右前脚と中脚, および後脚でそれぞれ腿節と脛節, および跗節がある. 前脚腿節の先端部は不明瞭.

4. INM-4-17421 (Pl. 2-8)

頭部, 胸部, 腹部は明瞭. 頭部は楕円形. 尾毛は3

本あるが, 右側は不明瞭である. 脚部は左側に1本あり, 基節と脛節が不明瞭だが扁平な腿節が明瞭である.

同定

ヒラタカゲロウ科の幼虫は匍匐型の体型が多く, 体全体(頭部・胸部・腹部・脚部の腿節)は扁平である. 以上の形態的特徴が一致することから, ヒラタカゲロウ科と同定した. なお, 現存のヒラタカゲロウ科を Bauernfeind and Soldán (2012) に準じ整理するとヒメヒラタカゲロウ亜科 Rhithrogeninae, タニガワカゲロウ亜科 Ecdyonurinae, キハダヒラタカゲロウ亜科 Heptageniinae の3亜科となり, 幼虫は口器, 鰓, 腿節の形状から区別できるとされる. これらのうち, ヒメヒラタカゲロウ亜科の幼虫は前脚腿節の先端の突起が明瞭であることや, ヒラタカゲロウ属 *Epeorus* の幼虫で尾毛が2本, ヒメヒラタカゲロウ属 *Rhithrogena* の幼虫で尾毛が3本であることが特徴とされる. 本化石標本についても前脚腿節先端の突起の有無および尾毛の本数について調べた結果, INM-4-17405, INM-4-17408, INM-4-17421 についてはタニガワカゲロウ亜科 Ecdyonurinae またはキハダヒラタカゲロウ亜科 Heptageniinae の属あるいはそれに近縁なグループと考えられる.

測定

表 3. ヒラタカゲロウ科属種未定の測定値.

Table 3. Measured values of the specimens of Heptageniidae gen. et sp. indet.

標本番号 Specimen number	保存全長 Preserved total length (mm)	最大尾毛長 Maximum tail length (mm)	最大腹部幅 Maximum abdominal width (mm)
INM-4-17405	8.44	2.05	1.35
INM-4-17406	6.40	-	1.62
INM-4-17408	7.66	3.18	1.19
INM-4-17421	10.55	3.95	1.63

Ephemeroptera fam., gen. et sp. indet.

カゲロウ目 科属種未定

1. INM-4-17410 (Pl. 2-9)

頭部はわずかに判別可能で, 胸部, 腹部は明瞭である. 脚部はない. 尾毛は3本あるが, それぞれ大部分が欠失する. 後側突起は不明.

2. INM-4-17415 (Pl. 2-10)

頭部, 胸部は欠失するが, 腹部が半分程度確認でき

る. 尾毛は3本あり, それぞれの尾毛で両側に微毛がある.

3. INM-4-17417 (Pl. 2-11a, 2-11b)

カウンターパートが保存されている. 頭部が不明瞭だが判別はできる. 胸部と腹部は明瞭である. 尾毛, 脚部はない. 中胸と考えられる部位から翅芽が突出する.

同定

カゲロウ目の幼虫は、中後胸に翅芽があり、頭部や胸部と比べて長い腹部となる流線型の体型や、3本の

尾毛をもつ種が多い。以上の形態的特徴が一致することから、カゲロウ目と同定した。

測定

表 4. カゲロウ目科属種未定の測定値。

Table 4. Measured values of the specimens of Ephemeroptera fam., gen. et sp. indet.

標本番号 Specimen number	保存全長 Preserved total length (mm)	最大尾毛長 Maximum tail length (mm)	最大腹部幅 Maximum abdominal width (mm)
INM-4-17410	7.27	-	1.62
INM-4-17415	6.32	3.03	1.36
INM-4-17417	8.55	-	1.96

分類群の構成

ミュージアムパーク茨城県自然博物館で収蔵する塩原層群産の昆虫類化石 238 標本を 8 目 193 点と不明種 45 点に分類した (表 5)。本稿ではこれらのうち、カゲロウ目幼虫 22 点について形態観察を行い、コカゲロウ科 15 点、ヒラタカゲロウ科 4 点を識別し、コカゲロウ科についてはヒメウスバコカゲロウ属 9 点、ヒメウスバコカゲロウ属 (参照) 6 点を同定した。

表 5. 茨城県自然博物館に収蔵されている塩原層群産の昆虫類化石の点数。

Table 5. Number of insect fossils from the Shiobara Group stored in Ibaraki Nature Museum.

目	Order	標本点数	Number of Specimens
カゲロウ目	Ephemeroptera		22
トンボ目	Odonata		6
カワゲラ目	Plecoptera		8
カメムシ目	Hemiptera		8
コウチュウ目	Coleoptera		15
ハチ目	Hymenoptera		17
ハエ目	Diptera		116
チョウ目	Lepidoptera		1
不明	unidentified		45
合計	Total		238

議 論

1. カゲロウ目の産出頻度

相場 (2015) の報告では、塩原層群から産出した昆虫類化石 411 点のうち最も多いのはハエ目 164 点であり、次いでカゲロウ目 57 点とされている。本稿では、表 5 に示すように昆虫類化石 238 点のうち最も多いのはハエ目 116 点であり、次いで不明種を除くとカゲロ

ウ目 22 点となり、どちらの報告においてもカゲロウ目の化石数は二番目に多いものとなる。

また、水生昆虫であるトンボ目幼虫やカワゲラ目幼虫と比較すると、カゲロウ目幼虫は最も多い数となる。

これらのことから、塩原層群が形成された古塩原湖においてはカゲロウ目の幼虫が水生昆虫集団において優占していたことが考えられる。

2. カゲロウ目化石による古環境の推定

カゲロウ目の国内における現生種は 13 科 39 属 150 種とされる (石綿ほか, 2018)。幼虫は生涯のほとんどを水中で過ごし、種やグループによって水質の好みが変わるため環境調査における指標生物としても活用されることが多い。

ヒメウスバコカゲロウ属は、石綿ほか (2018) によると、比較的大きな河川の山地渓流域から河川下流域に生息し、幼虫は平瀬や淵の砂底の岸際に多く見出される。河川源流域の調査では、堰堤にできる一時的な池の流入部や池の中で採集された記録がある (石綿ほか, 2013)。これらのことから判断して、河川の緩流域に広く分布する属といえる。

また、ヒラタカゲロウ科では、本稿で記載したタニガワカゲロウ亜科やキハダヒラタカゲロウ亜科に属するものも緩流域を主な生息場所としている。相場 (2015) においても、緩流域に広範に生息するタニガワカゲロウ亜科のシロタニガワカゲロウ *Ecdyonurus yoshidae* と考えられる化石標本の報告がある。

これらのことから、古塩原湖およびその周辺では緩流域が存在していたことが示唆される。

3. コカゲロウ科の進化史における意義

現存するカゲロウの遺伝子による系統解析では、コカゲロウ科は現生カゲロウ目の中で最初に分岐したとされている (Ogden and Whiting, 2005). しかし、コカゲロウ科の化石記録はまばらで乏しいことが指摘されており (McCafferty, 1997; Poinar, 2011), その進化史の解明には、より多くの化石記録の蓄積が大きな課題となっている。

コカゲロウ科の絶滅属として、下部白亜系 (パラングニアン階～アプチアン階) から属不明のコカゲロウ科の一種が報告されている (McCafferty, 1997). さらに、下部白亜系アルビアン階からは化石種 *Vetuformosa buckleyi* が報告されており (Poinar, 2011), 上部白亜系セノマニアン階からは化石種 *Palaeocloeon taimyricum* が報告されている (Kluge, 1997).

一方で、コカゲロウ科の現生属化石の報告は少なく、先行研究である相場 (2015) によって報告されたコカゲロウ属未定種 (*Baetis* sp. A, および *B.* sp. B) のほか、メキシコの新第三系中新統から *Cloeodes* sp. が報告されているに過ぎない (Schawaller, 1982). かつてはコカゲロウ科の現生属化石として、古第三系始新統から *Baetis gigantea* および *B. grossa* が報告され (Pictet and Hagen, 1856), 新第三系鮮新統から *Cloeon emmavillensis* が報告されていたが (Riek, 1954), これらは Kluge (2004) によっていずれも所属不明の化石カゲロウ *Euplectoptera incertae sedis* に再分類されている。

本研究により、コカゲロウ科ヒメウスバコカゲロウ属未定種 *Procloeon* sp. の化石が塩原層群宮島層より記載された。本属の化石は The Paleobiodiversity Database (<https://paleobiodb.org>) や Fossilworks (<http://fossilworks.org>) といった国際的な古生物情報検索サービスを用いても前例が見当たらないことから、世界的にも非常に稀有な産出情報であるといえる。本稿で報告するヒメウスバコカゲロウ属化石により、本属が中期更新世 (チバニアン) の日本に既に生息していたことが明らかとなった。相場 (2015) で報告されたコカゲロウ属未定種 (*Baetis* sp. A, および *B.* sp. B) と合わせると、塩原層群宮島層から産出したコカゲロウ科は合計 2 属となり、そのいずれも現生属である。コカゲロウ科は現存のカゲロウ目のうち最も小型な一群であるが、あらゆる淡水域に進出し、多くの属を包含する一大グループである。継続する調査により、上述の 2 属に加え、さらに多くのグループの化石標本の発見を期待す

るとともに、これまで得られてない成虫の化石標本の発見を含めて多くの情報が蓄積され、この古生物環境の詳細が明るくなることを望んでやまない。

謝 辞

本稿を作成するにあたり、慶應義塾幼稚舎の相場博明氏からは昆虫類化石の同定について助言をいただいた。つくば国際大学の岸本 亨氏からはカゲロウ目同定の協力者についての紹介をいただいた。ミュージアムパーク茨城県自然博物館の化石クリーニングチームのボランティアの皆様には、長年にわたってイベントを実施いただくとともに博物館の資料収集においてもご尽力いただいた。以上の皆様に厚く御礼を申し上げる。

引用文献

- 相場博明. 2015. 塩原木の葉石ガイドブッカー実習・同定の手引きと植物・昆虫化石図鑑. pp. 108. 丸善プラネット.
- 相場博明. 2019a. 栃木県塩原層群から新たに発見されたチョウセンオオカメシ化石. 月刊むし, **576**: 14-19.
- 相場博明. 2019b. 栃木県塩原層群から産出のマエジロカメシ化石. 月刊むし, **581**: 38-40.
- 相場博明・加藤太一・二橋 亮. 2019. 栃木県塩原層群から産出のサナエトンボ科化石. 月刊むし, **575**: 23-26.
- Allison, P. A., H. Maeda, T. Tuzino and Y. Maeda. 2008. Exceptional Preservation and Taphofacies within Pleistocene Lacustrine Sediments of Shiobara, Japan. *Palaios*, **23**: 260-266.
- Asahina, S. 1959. On the fossil dragonfly wing from the Pleistocene of Shiobara, Central Japan. *Kontyu*, **27** (1): 63-65.
- Bauernfeind, E. and T. Soldán. 2012. The Mayflies of Europe (Ephemeroptera). 781 pp., Apollo Books, Ollerup.
- 遠藤誠道. 1931. 日本更新世 (Pleistocene Age) の気候について. 地質学雑誌, **38**: 520-531.
- Endo, S. 1934. On the fossil *Acer* from Shiobara Pleistocene plant beds, Japan. Some Japanese Cenozoic plants, 1. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **11**: 239-253.
- Endo, S. 1935. A Pleistocene flora of Japan as an indicator of climatic condition. *Jour. Geol. Soc. Tokyo*, **43**: 658-674.
- Endo, S. 1940. A pleistocene flora from Shiobara, Japan. *Sci. Rep. Tohoku. Univ. Ser. 2*, **21**: 47-80.
- Fujiyama, I. 1968. A pleistocene fossil papilio from Shiobara, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo*, **11** (1): 85-95.
- Fujiyama, I. 1969. A Miocene cicada from Nasu, with an additional record of a pleistocene cicada from Shiobara, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo*, **12** (4): 863-874.
- Fujiyama, I. 1979. Some Late Cenozoic cicadas from Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **8** (4): 181-187.
- Fujiyama, I. 1983. A Pleistocene nymphalid butterfly from

- Shiobara, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **9** (4): 122-128.
- 長谷川善和・青島陸治. 1988. 塩原湖成層産のネズミ類化石 2 種. 栃木県立博物館紀要, **5**: 1-5.
- 早川唯弘・広瀬和男・野口 真. 1985. 箒川上流における河岸段丘の発達. 茨城大学教育学部紀要 (自然科学), **34**: 1-22.
- Hayashi, M. and H. Aiba. 2016. A fossil record of *Malacopsephenoides japonicus* (Coleoptera, Psephenidae) from the Middle Pleistocene Shiobara Group in Shiobara, Tochigi Prefecture, Japan. *Elytra, Tokyo, New Series*, **6**: 301-302.
- Hayashi, M., H. Aiba, E. Nakano, Y. Takahashi and T. Sato. 2020. Fossilized Water Pennies (Coleoptera: Psephenidae) in the Middle Pleistocene Lake Deposits in Shiobara Site, Tochigi Prefecture, Japan. *Japanese Journal of Systematic Entomology*, **26** (1): 84-86.
- 日浦 勇. 1966. 栃木県塩原化石湖から発見されたカメムシの化石 2 種. 大阪自然科学博研究報告, **19**: 39-45.
- 池島柳一・青木謙一郎. 1962. 高原火山の岩石学的研究. 岩石鉱物鉱床学会誌, **48**: 97-107.
- 石綿進一. 2001. 千葉県のカゲロウ類 - チェックリスト, 記相および検索. 千葉県中央博自然誌研究報告, **6** (2): 163-200.
- 石綿進一・藤谷俊仁・司村宜祥. 2013. スタノ沢のカゲロウ類. 神奈川県自然環境環境保全センター研究報告, **10**: 177-185.
- 石綿進一・藤谷俊仁・竹門康弘. 2018. カゲロウ目. 川合 禎次・谷田一三 (編). 日本産水生昆虫第二版 - 科・属・種への検索. pp. 47-149. 東海大学出版会.
- Itaya, T., T. Okada, T. Onoe and N. Isshiki. 1989. K-Ar Ages of the Middle Pleistocene Takahara Volcano, Central Japan, and Argon Release Processes in Cooling Lava. *Mass Spectroscopy*, **37** (6): 365-374.
- 金原信恭. 1900. 高原火山地質調査報告. 震災予防調査会報告, (31): 1-45.
- Kluge, N. J. 1997. Classification and phylogeny of the Baetidae (Ephemeroptera) with description of the new species from the Upper Cretaceous resins of Taimyr. In: Landolt, P. and M. Sartori (eds.). *Ephemeroptera & Plecoptera. Biology-Ecology-Systematics*. pp. 527-535, Mauron+ Tinguely & Lacht SA, Fribourg.
- Kluge, N. J. 2004. The phylogenetic system of Ephemeroptera. 456 pp., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- 小泉源一. 1940. 塩原更新世植物叢. 植物分類及植物地理, **9** (1): 1-27.
- McCafferty, W. P. 1997. Discovery and analysis of the oldest mayflies (Insecta, Ephemeroptera) known from amber. *Bull. Soc. His. Nat., Toulouse*, **133**: 77-82.
- 直良信夫. 1933. クサガメとイシノミの化石. 昆虫界, **1** (6): 570-572.
- Nathorst, A. G. 1883. Contribution a la flore fossile du Japan. *Kunliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, **20**: 3-92.
- Nathorst, A. G. 1888. Zur fossilen flora Japan. *Pal. Abh. von Dam, und Kayser.*, **4** (3): 197-250.
- Ogden, T. H. and M. F. Whiting. 2005. Phylogeny of Ephemeroptera (mayflies) based on molecular evidence. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **37**: 625-643.
- 尾上 亨. 1984. 栃木県塩原産更新世植物群に関する研究 (1), 小型 (花粉・孢子) 化石による古環境考察. 地質調査所月報, **35** (2): 49-60.
- 尾上 亨. 1989. 栃木県塩原産更新世植物群による古環境解析. 地質調査所報告, **269**: 1-207.
- 尾上 亨. 2004. 栃木県塩原町の中部更新統塩原層群から新たに発見されたネコシデについて. 茨城県自然博物館研究報告, (7): 91-92.
- 大石三郎. 1931. 塩原化石湖産昆虫の一新種 (雑報). 地質学雑誌, **38** (449): 91-92.
- 尾崎高彦. 1982. 植物化石による古環境の推定. 採集と飼育, **44** (2): 91-94.
- Pictet, F. J. and H. Hagen. 1856. Die im Bernstein befindlichen Neuropteren der Vorwelt. *Die in Bernstein Befindlichen Organischen Reste der Vorwelt Gesammelt in Verbindung mit Mehreren Bearbeitet und Herausgegeben*, **2** (2): 41-126.
- Poinar, G. 2011. *Vetuformosa buckleyi* n. gen., n. sp. (Ephemeroptera: Baetidae; Vetuformosinae n. subfam.), a new subfamily of mayflies in Early Cretaceous Burmese amber. *Historical Biology*, **23** (4): 369-374.
- Riek, E. F. 1954. A re-examination of the Upper Tertiary mayflies described by Etheridge and Olliff from the Vegetable Creek Tin-field. *Records of the Australian Museum*, **23** (4): 159-160.
- Schawaller, W. 1982. Der erste Pseudoskorpion (Chernetidae) aus Mexikanischem Bernstein (Stuttgarter Bernsteinsammlung: Arachnida, Pseudoscorpionidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde / B: Geologie und Paläontologie*, **85**: 1-9.
- Shikama, T. 1955. Note on occurrence of fossil Rana from Shiobara, Tochigi Prefecture. *Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ. Sec. 2*, **4**: 35-40.
- 鈴木 互・相場博明・加藤太一. 2019. 栃木県塩原層群から発見されたオオウバタマコメツキの化石について. さやばねニューシリーズ, **36**: 52-56.
- 鈴木三男. 1973. 栃木県塩原産埋れ木. 植物研究雑誌, **48** (6): 173-182.
- 高橋 唯・加藤太一・相場博明・指田勝男. 2017. 博物館活動で得られた栃木県塩原層群産のクワガタムシ科及びオオムカデ目化石について. 茨城県自然博物館研究報告, (20): 51-55.
- Tsujino, T. and H. Maeda. 1999. Stratigraphy and taphonomic features of diatomaceous shale of the Pleistocene Shiobara Group, in Tochigi, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo, Ser. C*, **25**: 73-104.
- 辻野 匠. 2008. 塩原盆地. 日本地質学会 (編). 日本地方地質誌 3 関東平野. pp. 367-368. 朝倉書店.
- 上野輝弥. 1967. 栃木県塩原産コイ科魚類の化石について. 資源科学研究所彙報, **69**: 131-134.
- 渡辺泰明. 1978. ハネカクシ漫步 (6) ハネカクシ化石について. 甲虫ニュース, **42**: 1-3.
- 矢部長克. 1929. 塩原火山と地体構造との関係. 地理学評論, **5**: 142-158.

(要 旨)

西元重雄・加藤太一・石綿進一. 茨城県自然博物館が所蔵する更新統塩原層群の昆虫類化石～カゲロウ目～. 茨城県自然博物館研究報告 第23号 (2020) pp. 13-21, pls. 1-2.

更新統塩原層群産の昆虫類化石 238 標本が茨城県自然博物館に収蔵されている。本稿ではそのうち、カゲロウ目の幼虫化石 22 点について分類学的検討を行った。その結果、コカゲロウ科のヒメウスバコカゲロウ属 9 点、ヒメウスバコカゲロウ属 (参照) 6 点、属種未定のヒラタカゲロウ科 4 点、科属種未定のカゲロウ目 3 点が同定された。これにより、現生属であるヒメウスバコカゲロウ属が中期更新世 (チバニアン) の日本に既に分布していたことが明らかになった。また、本属の現在の生息環境より、古塩原湖の水系に緩流域が存在していたことが示唆された。さらに、カゲロウ目の幼虫化石の産出数が多いことから、古塩原湖の水生昆虫相の中でカゲロウ目の幼虫の割合が大きかったことが推測される。

(キーワード): 昆虫類化石, カゲロウ目, 更新世, 塩原層群.

図版と説明

(2 図版)

Plates and Explanations

(2 plates)

図版 1 (Plate 1)

1~9. ヒメウスバコカゲロウ属の一種

Procloeon sp.

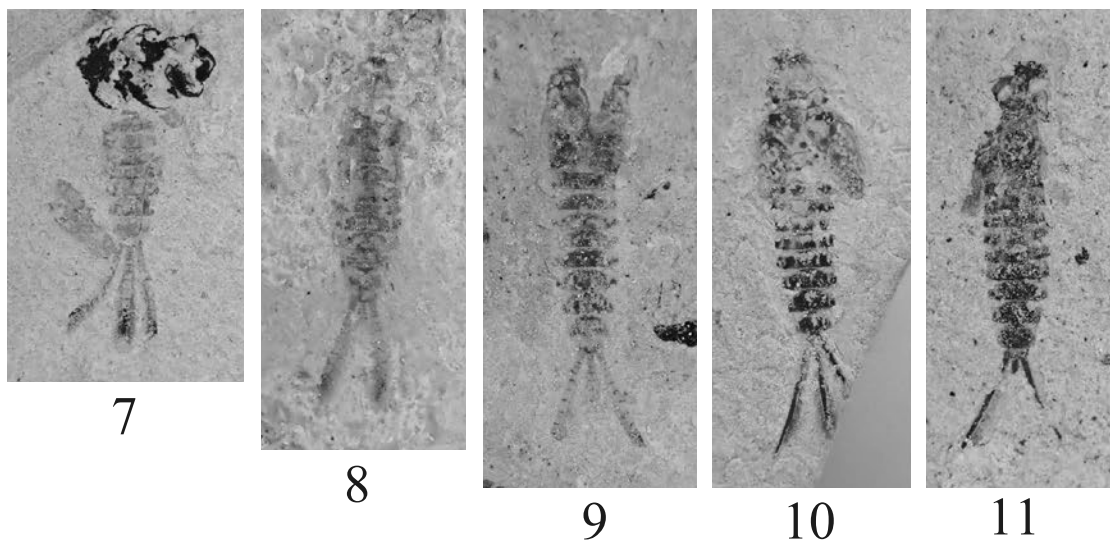
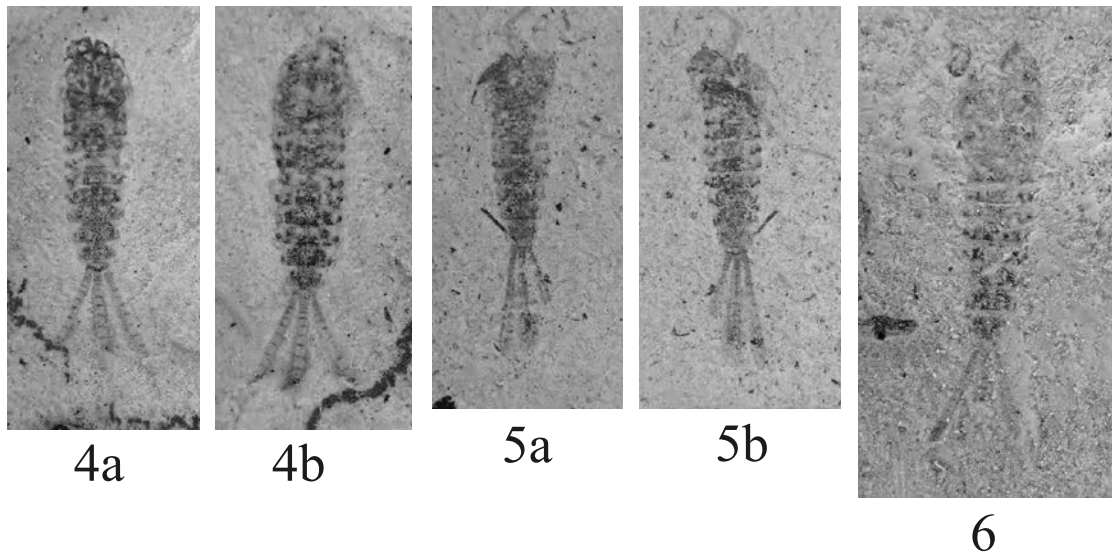
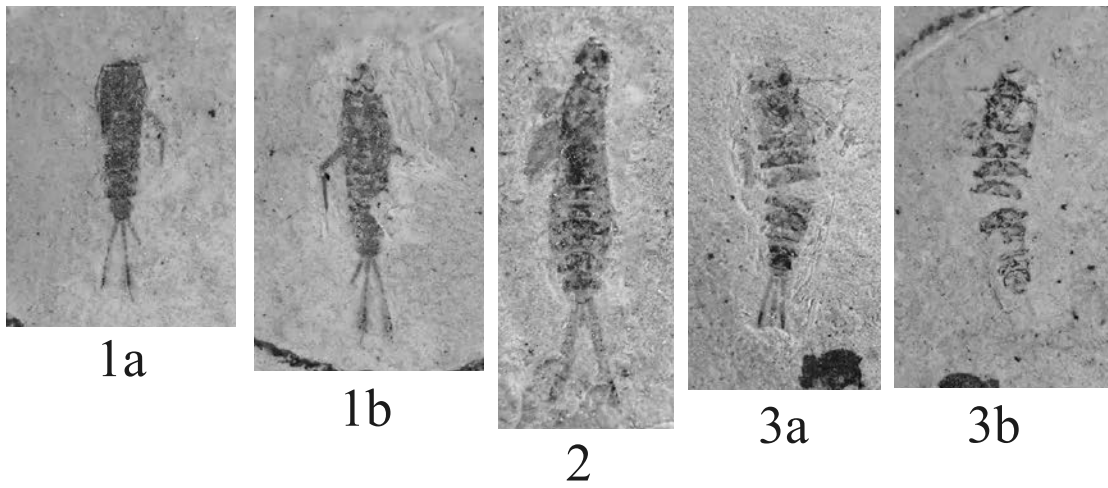
1a, b; INM-4-17404, 2; INM-4-17409, 3a, b; INM-4-17411, 4a, b; INM-4-17412, 5a, b; INM-4-17413, 6; INM-4-17416, 7; INM-4-17422, 8; INM-4-17424, 9; INM-4-17427.

10, 11. ヒメウスバコカゲロウ属の一種 (参照)

cf. *Procloeon* sp.

10; INM-4-17414, 11; INM-4-17418.

Scale bar: 1 cm.



1 cm

図版 2 (Plate 2)

1~4. ヒメウスバコカゲロウ属の一種 (参照)

cf. *Procloeon* sp.

1; INM-4-17419, 2a, b; INM-4-17420, 3; INM-4-17426, 4; INM-4-17429.

5~8. ヒラタカゲロウ科 属種未定

Heptageniidae gen. et sp. indet.

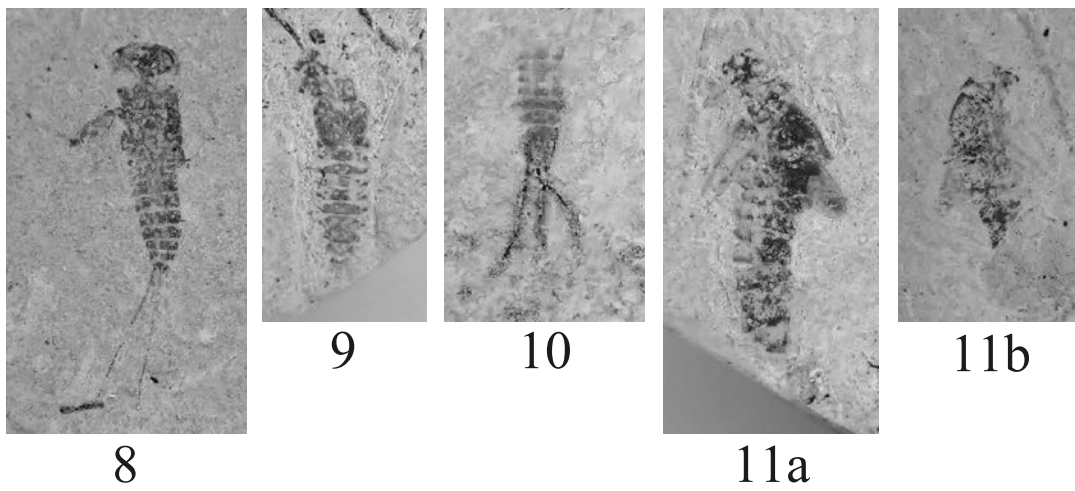
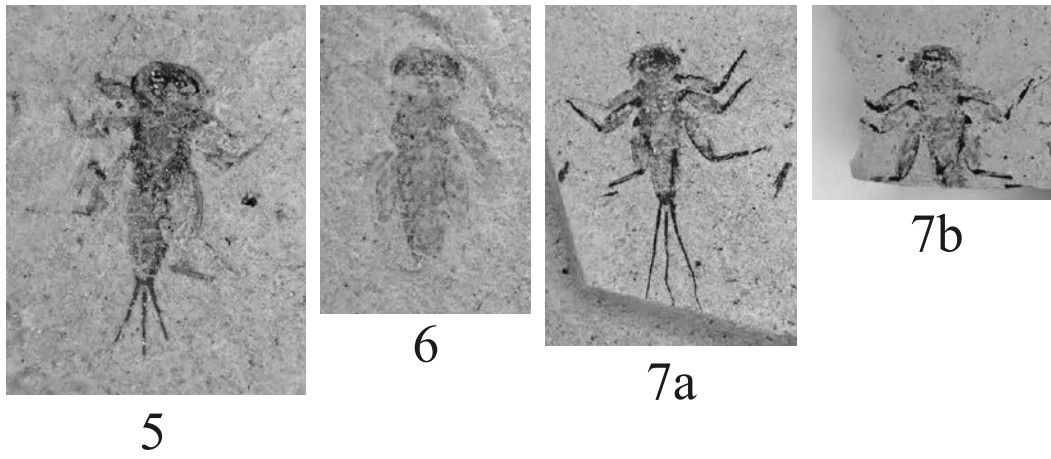
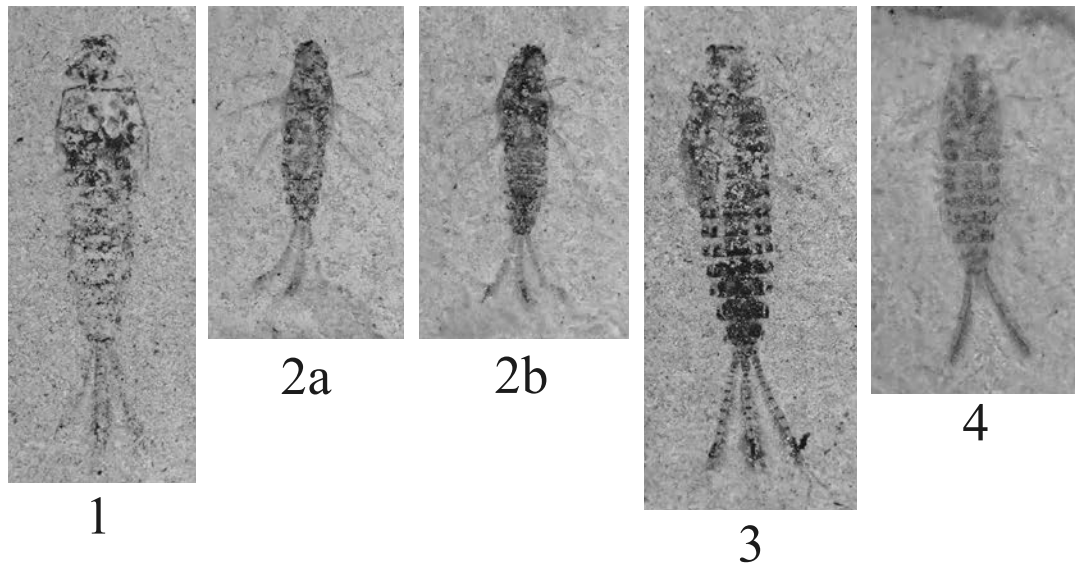
5; INM-4-17405, 6; INM-4-17406, 7a, b; INM-4-17408, 8; INM-4-17421.

9~11. カゲロウ目 属種未定

Ephemeroptera fam., gen. et sp. indet.

9; INM-4-17410, 10; INM-4-17415, 11a, b; INM-4-17417.

Scale bar: 1 cm.



1 cm

原著論文

筑波山におけるシダ植物の垂直分布

小幡和男*・田中信行**・岡 利雄***

(2020年9月16日受理)

**Vertical Distribution of Pteridophytes in Mt. Tsukuba,
Ibaraki Prefecture, Japan**

Kazuo OBATA*, Nobuyuki TANAKA** and Toshio OKA***

(Accepted September 16, 2020)

Abstract

Initiating the monitoring of the distribution of pteridophytes, which are possible indicator plants of climate change, we studied the vertical distributions of pteridophytes on Mt. Tsukuba (877 m). We selected a south trail and a north trail, both of which climb up to the summit of Mt. Nyotai (877 m) on Mt. Tsukuba, and set up plots every 50 m in altitude along each trail. The size of each plot was 100 m long and 3 m wide along both sides of the trail. We recorded the names of species and number of individuals of pteridophytes in 30 plots, as well as the names of species of canopy trees covering the plots.

As a result, the number of species of recorded pteridophytes was 41 on the south trail, 30 on the north trail, and 54 in total, of which 17 species were common to both trails. The number of species was higher on the south trail than on the north trail. We compared the vertical distributions of pteridophytes by their ranges and devised index, “gravity center of distribution,” both of which indicate the distribution pattern of plants. On the south trail, vertical habitat segregation was clear for taxonomically the same group of pteridophytes, such as the groups of *Dryopteris bissetiana* and *Thelypteris japonica*, but not so clear on the north trail. The rate of evergreen pteridophytes was much higher on the south trail than on the north trail.

Therefore, as climate warming progresses, some species distributed on the summit such as *Dryopteris maximowiczii* and *Hymenophyllum wrightii* occurring at high altitude may become extinct, and other species distributed at low altitude such as *Cyrtomium laetevirens* and *Dryopteris immixta* may increase and expand to higher altitude.

Key words: gravity center of distribution, Mt. Tsukuba, pteridophytes, vertical distribution.

*ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

**東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1 (Tokyo University of Agriculture, Faculty of International Agriculture and Food Studies, Department of International Agricultural Development, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502, Japan).

***日本シダの会会員 自宅 〒302-0109 茨城県守谷市本町734-9 (The member of The Nippon Fernist Club, 734-9 Honcho, Moriya, Ibaraki 302-0109, Japan).

はじめに

近年、国内外において地球温暖化に伴う植生や植物相の変化が問題になっている（田中ほか，2006）．植物種によっては温暖化による生育適地の移動の速度に、分布域の移動がついていけず、地域的絶滅が予想されている（田中ほか，2006）．

筑波山は、日本の太平洋側に位置し、標高 877 m の低山にもかかわらず山頂付近にブナ林が広がっており、植生や植物相の垂直分布が顕著に見られる（谷本，1992）．標高が低い筑波山は温暖化の影響がブナをはじめとする冷温帯植物の衰退や絶滅としていち早く現れる最前線であり、その状況を把握することはきわめて重要である（小幡・田中，2012）．しかし、ブナなどの樹木の多くは寿命が長く、種子散布による移動速度は早くないので、温暖化の影響を検出するには長期間のモニタリングが必要になる．それに対して、シダ植物は、小さくて軽い孢子によって分散するため、分散能力の低い他の維管束植物より温暖化による気候の変化を反映した分布変化を示す植物であると考えられる（堀川ほか，2008）．

本研究は、温暖化の影響を知るための指標として筑波山に生育するシダ植物に注目し、継続的なモニタリングにより分布変化を検出し温暖化など環境変化の影響を明らかにするために、現時点の垂直分布を明らかにすることを目的とする．

調査地

調査地は、筑波山女体山山頂（標高 877 m、北緯 36 度 13 分、東経 140 度 6 分）に至る南北斜面に 1 ルートずつ設置した．

南ルートは、旧筑波駅（標高 31 m、廃線になった関東鉄道筑波線の旧駅）から筑波山神社を経て女体山山頂に至る登山道（白雲橋コースを通るルート）とした．北ルートは、湯袋峠登山口（標高 235 m）から女体山山頂に至る登山道とした．

シダ植物の生育環境は、標高の違いによる気温の差だけでなく、尾根か谷か、平坦か傾斜地か、落葉が多いか少ないか、着生できる岩があるかないかなど、種々の要因に影響されている．杉村・沖津（2002，2009）が筑波山で行った研究によると、特にコケ植物の生育には微地形の影響が大きく、谷、斜面、岩が出現種数

を大きくする要因となっている．そして、シダ植物の生育はコケ植物に準じ、顕花植物では、コケ植物、シダ植物に比べてこれらの影響は小さいといっている（杉村・沖津，2002；杉村・沖津，2009）．著者らも、この研究の本調査に先立って数回の予備調査を実施し、谷沿いのルート、谷をほとんど含まないルート、東西南北の斜面のルートなど、いくつかのルートを調査した．その結果、北斜面にある谷沿いのルートでは、杉村・沖津（2002，2009）のいうように出現種数が多く種組成が他のルートと大きく異なり、標高の違いやルート間での比較が難しいことがわかった．本研究において設置した南北ルートは、谷をほとんど含まず、斜面方位については対照的な位置にある．

男体山山頂にある筑波山気象観測所（標高 868 m）の 2001 年の気象観測資料によると、年平均気温は 10.4 °C、年降水量は 1306 mm である（気象庁，2020）．なお、筑波山頂における気象観測の歴史は古く、1893 年から冬季臨時気象観測が中央气象台（現気象庁）によって行われ、1902 年からは旧皇族の山階宮家により測候所が開設され通年観測が開始された（中津留ほか，2011）．その後、気象庁による観測が 2001 年まで続いたが、2006 年より筑波大学が観測を再開している（中津留ほか，2011）．この気象データからわかる気温の変化率は 108 年間（1902-2009 年）で 0.93 °C /100 yr の上昇、最近 30 年間では 1.22 °C /100 yr の上昇となっている（中津留ほか，2011）．

調査方法

南北ルートにおいて、山麓から山頂まで標高 50 m ごとに調査区を設置した．調査区の数、南ルートでは標高 50 m から 850 m までに 17 カ所、北ルートでは標高 250 m から 850 m までに 13 カ所設置した（図 1）．

調査は、各調査区において登山道沿いに起点から上方に 100 m のラインを設定し、道の両側の縁から奥方向 3 m 以内に生育するシダ植物の種名と個体数を記録した．なお、登山道の中に生育するシダ植物も加えた．

シダ植物の多くは多年生で、短い根茎を伸ばして叢生する場合と、根茎を比較的長く伸ばして地上葉を単立する場合がある．叢生型の種の場合は、1 株を 1 個体と数えるので個体数計測は容易であるが、単立型の種で群生している場合、個体数計測が困難なことがある．この場合できるだけ個体を痛めないように注意し、

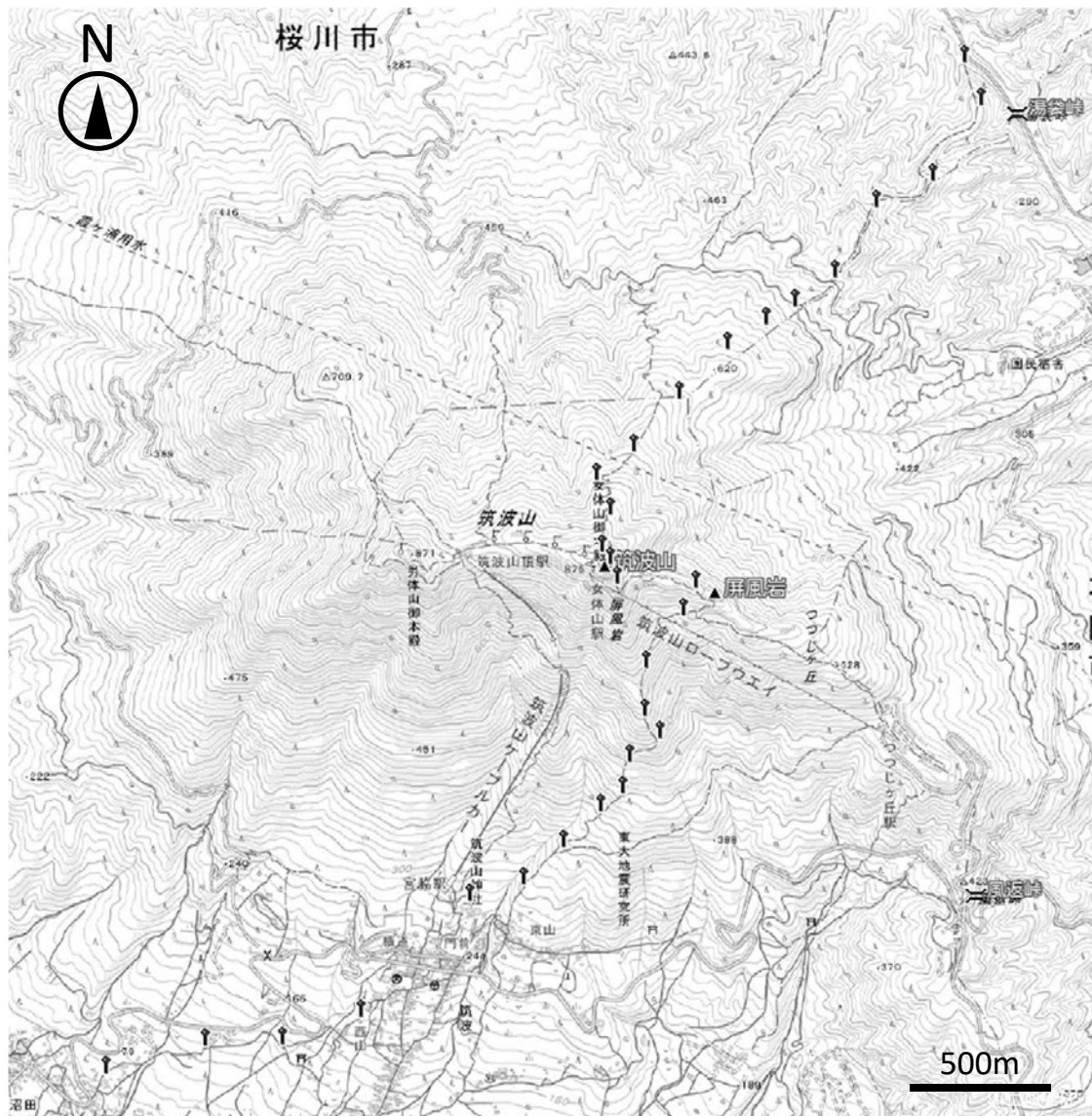


図 1. 調査ルートと調査区基点の位置.

Fig. 1. Location of plots along the surveyed trails.

根茎を観察しながら同一クローンを1個体として測定した。

さらに各調査区の林冠を構成する樹種を優占種とそれ以外に分けて記録した。

調査日は、南ルートが2016年12月10日、2017年7月15日、8月19日、10月26日の延べ4日間、北ルートが2019年11月30日、12月1日の延べ2日間であった。

データのとりまとめにおいて、出現したシダ植物について、どの標高にどれだけ分布するかを表すため、「分布重心」という指数を考案した。

分布重心 = (各標高の個体数 × その標高の値) を出現した調査区すべてで加算 / 全個体数。

例えば、A種が標高300mに10個体、350mに15個体、400mに8個体出現したとすると、

A種の分布重心 =

$$(10 \times 300 + 15 \times 350 + 8 \times 400) / (10 + 15 + 8) = 347 \text{ (m)}$$

となる。

結 果

1. 調査区のエ冠を構成する樹木について

各調査区において記録したエ冠を構成する樹木は、南ルートが37種、北ルートが21種であった(表1)。うち1カ所以上で優占種となっている樹種と3カ所以上に出現する樹種に限ると南ルートが15種、北ルートが14種となった。これを標高との関係で表したのが表2である。

南ルートでは標高700mと750mの間でアカガシ優

占林からブナ優占林になっていた。また、標高300mと350mの間でスダジイ優占林からアカガシ優占林になっており、ここが照葉樹林の下部と上部の境界であると考えた。よって、南ルートでは、標高300mまでを照葉樹林帯下部、標高350~700mを照葉樹林帯上部、標高750m以上を夏緑樹林帯とした。

一方、北ルートでは、標高700mより上部がブナ優占林になっており、標高650m以下はヤマザクラやコナラ、アカマツなどからなる二次林が見られた。よって、北ルートでは、標高650mまでが照葉樹林帯(二

表1. 調査ルートのエ冠を構成する木本植物。

Table 1. List of canopy trees on the north and south trails.

No.	種名	科名	南ルート	北ルート	常緑・夏緑
1	<i>Abies firma</i> Siebold et Zucc. モミ	マツ科	○	○	eg
2	<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc. アカマツ	マツ科	○	○	eg
3	<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Siebold et Zucc.) Endl. ヒノキ	ヒノキ科	○	○	eg
4	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. サワラ	ヒノキ科	○		eg
5	<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D.Don スギ	ヒノキ科	○	○	eg
6	<i>Torreya nucifera</i> (L.) Siebold et Zucc. カヤ	イチイ科	○		eg
7	<i>Magnolia obovata</i> Thunb. ホオノキ	モクレン科	○	○	sg
8	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl クスノキ	クスノキ科	○		eg
9	<i>Lindera glauca</i> (Siebold et Zucc.) Blume ヤマコウバシ	クスノキ科	○		sg
10	<i>Lindera praecox</i> (Siebold et Zucc.) Blume アブラチャン	クスノキ科	○		sg
11	<i>Machilus thunbergii</i> Siebold et Zucc. タブノキ	クスノキ科	○		eg
12	<i>Neolitsea sericea</i> (Blume) Koidz. シロダモ	クスノキ科	○		eg
13	<i>Phyllostachys reticulata</i> (Rupr.) K.Koch マダケ	イネ科	○		eg
14	<i>Cerasus jamasakura</i> (Siebold ex Koidz.) H.Ohba ヤマザクラ	バラ科	○	○	sg
15	<i>Cerasus leveilleana</i> (Koehne) H.Ohba カスミザクラ	バラ科	○		sg
16	<i>Padus grayana</i> (Maxim.) C.K.Schneid. ウワミズザクラ	バラ科		○	sg
17	<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino ケヤキ	ニレ科	○		sg
18	<i>Aphananthe aspera</i> (Thunb.) Planch. ムクノキ	アサ科	○		sg
19	<i>Celtis sinensis</i> Pers. エノキ	アサ科	○		sg
20	<i>Castanopsis sieboldii</i> (Makino) Hatus. ex T.Yamaz. et Mashiba スダジイ	ブナ科	○	○	eg
21	<i>Fagus crenata</i> Blume ブナ	ブナ科	○	○	sg
22	<i>Fagus japonica</i> Maxim. イヌブナ	ブナ科		○	sg
23	<i>Quercus acuta</i> Thunb. アカガシ	ブナ科	○	○	eg
24	<i>Quercus acutissima</i> Carruth. クスギ	ブナ科	○		sg
25	<i>Quercus crispula</i> Blume ミズナラ	ブナ科	○	○	sg
26	<i>Quercus myrsinifolia</i> Blume シラカン	ブナ科	○		eg
27	<i>Quercus salicina</i> Blume ウラジロガシ	ブナ科	○		eg
28	<i>Quercus serrata</i> Murray コナラ	ブナ科	○	○	sg
29	<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold et Zucc.) Blume アカシデ	カバノキ科	○	○	sg
30	<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim. イヌシデ	カバノキ科	○	○	sg
31	<i>Mallotus japonicus</i> (L.f.) Müll.Arg. アカメガシワ	トウダイグサ科	○		sg
32	<i>Acer amoenum</i> Carrière var. <i>amoenum</i> オオモミジ	ムクロジ科	○	○	sg
33	<i>Acer palmatum</i> Thunb. イロハモミジ	ムクロジ科	○	○	sg
34	<i>Acer rufinerve</i> Siebold et Zucc. ウリハダカエデ	ムクロジ科	○	○	sg
35	<i>Acer pictum</i> Thunb. イタヤカエデ	ムクロジ科	○		sg
36	<i>Tilia japonica</i> (Miq.) Simonk. シナノキ	アオイ科	○		sg
37	<i>Camellia japonica</i> L. ヤブツバキ	ツバキ科	○		eg
38	<i>Styrax japonicus</i> Siebold et Zucc. エゴノキ	エゴノキ科		○	sg
39	<i>Clethra barbinervis</i> Siebold et Zucc. リョウブ	リョウブ科	○	○	sg
40	<i>Ilex macropoda</i> Miq. アオハダ	モチノキ科	○	○	sg

常緑・夏緑の eg は常緑, sg は夏緑.

表2. 南北両ルート of 林冠を構成する木本植物の垂直分布.
Table 2. Vertical distribution of canopy trees on the north and south trails.

南ルート			照葉樹林帯下部						照葉樹林帯上部							夏緑樹林帯			
No.	種名/常緑・夏緑	標高(m)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
1	コナラ	sg			●														
2	ケヤキ	sg	○		○	●													
3	シラカシ	eg	○		●		○	○											
4	ヒノキ	eg		●		○	○	○											
5	スダジイ	eg		●	○	○	●	●	○	○	○								
6	ヤブツバキ	eg				●							○		○				
7	モミ	eg					●	●	●	●	●	●		●	●				
8	スギ	eg	○		●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●			○
9	ウラジロガシ	eg						○	●	○	○	○	○						
10	ヤマザクラ	sg							○					○					
11	アカガシ	eg							○	●	●	●	●	●	●	●		○	○
12	オオモミジ	sg													○	○			○
13	ブナ	sg												○	○	○			
14	ミズナラ	sg													○				
15	リョウブ	sg													○				○

北ルート			照葉樹林帯 (二次林)							夏緑樹林帯					
No.	種名/常緑・夏緑	標高(m)	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
1	スギ	eg					●								
2	コナラ	sg		○	●	○	●		○						
3	アカマツ	eg			○		●				●				
4	ホオノキ	sg		○								○	○	○	
5	ヤマザクラ	sg	○	○	○	○	●		●	●	●	●	○		
6	ヒノキ	eg	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	
7	アカガシ	eg					●								
8	オオモミジ	sg										●			
9	イヌブナ	sg										●			
10	アカシデ	sg								●		●	●	●	
11	リョウブ	sg										●	○	○	
12	アオハダ	sg										●	○	○	
13	ミズナラ	sg										●	●	●	●
14	ブナ	sg										●	○	●	●

●は優占種を表す。

次林), 標高 700 m 以上が夏緑樹林帯とした。

2. 調査区に生育するシダ植物について

調査地で生育が確認されたシダ植物の種数は, 南ルートで 41 種, 北ルートで 30 種, 全体で 54 種であった (表 3)。うち南北両ルートの共通種は 17 種で全体の 31.5 % であった (表 4)。南北ルートで基点となる標高が異なるので, 比較するために南ルートにおいて標高 250 m ~ 850 m の範囲の調査区で集計すると, 出現した種数は 5 種減って 36 種であった。北ルートを合わせると標高 250 m 以上では 49 種, 共通種は変わらず 17 種で 34.7 % であった。

分布重心に基づいて, 南北各ルートに出現した種について標高の低い方から並べたのが表 5 および図 2 で

ある。表は, 南北ルートそれぞれにおいて, 個体数が 10 個体以上の種について示した。これらは南ルートでは 28 種 (標高 250 m ~ 850 m では 26 種), 北ルートでは 17 種であった。

南ルートに出現する主なシダ植物は, 照葉樹林帯下部ではテリハヤブソテツなど, 照葉樹林帯下部から照葉樹林帯上部ではベニシダ, ミゾシダなど, 照葉樹林帯上部から夏緑樹林帯ではヘビノネゴザ, ヤマイタチシダなど, 夏緑樹林帯ではナンタイシダ, コケシノブ, コウヤコケシノブ, フクロシダなどであった。

北ルートに出現する主なシダ植物は, 照葉樹林帯 (二次林) ではベニシダなど, 照葉樹林帯 (二次林) から夏緑樹林帯にかけてはハリガネワラビ, ヘビノネゴザ, ホソバナライシダなど, 夏緑樹林帯ではナンタイシダ

表 3. 調査ルート全体に出現したシダ植物の個体数.

Table 3. Number of individuals of pteridophytes on the north and south trails.

No.	種名	科名	常緑・夏緑	南ルート	北ルート	備考
1	<i>Selaginella remotifolia</i> Spring クラマゴケ	イワヒバ科	eg		5	
2	<i>Selaginella tamariscina</i> (P.Beauv.) Spring イワヒバ	イワヒバ科	eg	2		準絶滅危惧
3	<i>Equisetum arvense</i> L. スギナ	トクサ科	sg	20		
4	<i>Osmunda japonica</i> Thunb. ゼンマイ	ゼンマイ科	sg	1	22	
5	<i>Crepidomanes minutum</i> (Blume) K.Iwats. ウチワゴケ	コケシノブ科	eg	1		
6	<i>Hymenophyllum barbatum</i> (Bosch) Baker コウヤコケシノブ	コケシノブ科	eg	100		
7	<i>Hymenophyllum wrightii</i> Bosch コケシノブ	コケシノブ科	eg	200		
8	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw. カニクサ	カニクサ科	sg	2		
9	<i>Dennstaedtia hirsuta</i> (Sw.) Mett. イヌシダ	コバノイシカグマ科	sg	17		
10	<i>Microlepia marginata</i> (Panzer) C.Chr. フモトシダ	コバノイシカグマ科	eg		1	
11	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>japonicum</i> (Nakai) Á. et D.Löve ワラビ	コバノイシカグマ科	sg		1	
12	<i>Onychium japonicum</i> (Thunb.) Kunze タチシノブ	イノモトソウ科	eg	24		
13	<i>Pteris cretica</i> L. オオバノイノモトソウ	イノモトソウ科	eg	6		
14	<i>Pteris multifida</i> Poir. イノモトソウ	イノモトソウ科	eg	9		
15	<i>Asplenium incisum</i> Thunb. トラノオシダ	チャセンシダ科	eg	11		
16	<i>Thelypteris glanduligera</i> (Kunze) Ching ハシゴシダ	ヒメシダ科	eg	13		
17	<i>Thelypteris japonica</i> (Baker) Ching ハリガネワラビ	ヒメシダ科	sg	13	270	
18	<i>Thelypteris laxa</i> (Franch. et Sav.) Ching ヤワラシダ	ヒメシダ科	sg	4	13	
19	<i>Thelypteris musashiensis</i> (Hiyama) Nakato, Sahashi et M.Kato イワハリガネワラビ	ヒメシダ科	sg	103		
20	<i>Thelypteris pozoi</i> (Lag.) C.V.Morton subsp. <i>mollissima</i> (Fisch. ex Kunze) C.V.Morton ミゾシダ	ヒメシダ科	sg	122	10	
21	<i>Thelypteris viridifrons</i> Tagawa ミドリヒメワラビ	ヒメシダ科	sg	25		
22	<i>Anisocampium niponicum</i> (Mett.) Y.C.Liu, W.L.Chiou et M.Kato イヌワラビ	メシダ科	sg	55	6	
23	<i>Athyrium iseanum</i> Rosenst. var. <i>iseanum</i> ホソバスイワラビ	メシダ科	sg		1	
24	<i>Athyrium vidalii</i> (Franch. et Sav.) Nakai ヤマイスイワラビ	メシダ科	sg		12	
25	<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. et Sav.) Christ ヘビノネゴザ	メシダ科	sg	902	902	
26	<i>Deparia conilii</i> (Franch. et Sav.) M.Kato ホソバシケシダ	メシダ科	sg	3	62	
27	<i>Deparia conilii</i> (Franch. et Sav.) M.Kato x <i>D. japonica</i> (Thunb.) M.Kato オオホソバシケシダ	メシダ科	sg		36	
28	<i>Deparia japonica</i> (Thunb.) M.Kato シケシダ	メシダ科	sg	14	46	
29	<i>Deparia jiu lungensis</i> (Ching) Z.R.Wang var. <i>albosquamata</i> (M.Kato) Z.R.Wang ハクモウイノデ	メシダ科	sg	1		
30	<i>Deparia pycnosora</i> (Christ) M.Kato ミヤマシケシダ	メシダ科	sg		8	
31	<i>Diplazium squamigerum</i> (Mett.) C.Hope キヨタキシダ	メシダ科	sg		1	
32	<i>Woodsia manchuriensis</i> Hook. フクロシダ	イワデンダ科	sg	96		
33	<i>Struthiopteris niponica</i> (Kunze) Nakai シシガシラ	シシガシラ科	eg		1	
34	<i>Pentarhizidium orientale</i> (Hook.) Hayata イヌガンソク	コウヤワラビ科	sg		1	
35	<i>Arachniodes miqueliana</i> (Maxim. ex Franch. et Sav.) Ohwi ホソバナライシダ	オシダ科	sg	3	157	
36	<i>Arachniodes standishii</i> (T.Moore) Ohwi リョウメンシダ	オシダ科	sg	1		
37	<i>Cyrtomium laetevirens</i> (Hiyama) Nakaike テリハヤブソテツ	オシダ科	eg	20		
38	<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C.Chr. ヤマイタチシダ	オシダ科	eg	274	40	
39	<i>Dryopteris chinensis</i> (Baker) Koidz. ミサキカグマ	オシダ科	sg	27	13	
40	<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai オシダ	オシダ科	sg		12	
41	<i>Dryopteris erythrosora</i> (D.C.Eaton) Kuntze ベニシダ	オシダ科	eg	280	838	
42	<i>Dryopteris hondoensis</i> Koidz. オオベニシダ	オシダ科	eg	18	1	
43	<i>Dryopteris pacifica</i> (Nakai) Tagawa オオイタチシダ	オシダ科	eg	79		
44	<i>Dryopteris kobayashii</i> Kitag. リョウトウイタチシダ	オシダ科	eg	22		
45	<i>Dryopteris maximowiczii</i> (Baker) Kuntze ナンタイシダ	オシダ科	sg	53	81	絶滅危惧Ⅱ類
46	<i>Dryopteris nipponensis</i> Koidz. トウゴクシダ	オシダ科	eg	82	6	
47	<i>Dryopteris uniformis</i> (Makino) Makino オクマワラビ	オシダ科	eg	27	8	
48	<i>Polystichum ovatopalaceum</i> (Kodama) Sa.Kurata var. <i>coraiense</i> (Christ ex H.Lév.) Sa.Kurata イワシロイノデ	オシダ科	sg		4	
49	<i>Polystichum polyblepharon</i> (Roem. ex Kunze) C.Presl イノデ	オシダ科	eg	2		
50	<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C.Presl ジュウモンジシダ	オシダ科	sg		26	
51	<i>Davallia mariesii</i> T.Moore ex Baker シノブ	シノブ科	sg	3		準絶滅危惧
52	<i>Lemmaphyllum microphyllum</i> C.Presl マメヅタ	ウラボシ科	eg	31		
53	<i>Lepisorus onoei</i> (Franch. et Sav.) Ching ヒメノキシノブ	ウラボシ科	eg	21		
54	<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching ノキシノブ	ウラボシ科	eg	220	14	

などであった。

また、南ルートでは、近緑のシダ植物で垂直的にすみわけをしていると考えられるグループが見られた。ヒメシダ属ハリガネワラビの仲間（ハリガネワラビ、イワハリガネワラビ、ニッコウシダ、タイワンハシゴシダを含む分類群）（海老原, 2016）で、ハリガネワラビ（照葉樹林帯下部～上部）、イワハリガネワ

ラビ（夏緑樹林帯）、オシダ属イタチシダ節（海老原, 2017）で、オオイタチシダ（照葉樹林帯下部～上部）、リョウトウイタチシダ（照葉樹林帯上部）、ヤマイタチシダ（照葉樹林帯上部～夏緑樹林帯）、イワイタチシダ（夏緑樹林帯）である。北ルートでは、このような傾向は認められなかった。

さらに、南北両ルートに出現するシダ植物が常緑

表 4. 調査ルート全体に出現したシダ植物の種数.

Table 4. Number of species of pteridophytes on the north and south trails.

	南斜面 (標高 50m ~)			南斜面 (標高 250m ~)			北斜面 (標高 250m ~)		
	全種	常緑	常緑の割合	全種	常緑	常緑の割合	全種	常緑	常緑の割合
出現種数 (全体)	41	21	51.2	36	18	50.0	30	9	30.0
出現種数 (10 個体以上)	28	16	57.1	26	15	57.7	17	3	17.6

表 5. 南北両ルートでの各調査区におけるシダ植物の個体数と分布重心 (垂直分布).

Table 5. Number of individuals and gravity center of distributions of pteridophytes in each plot along the north and south trails (vertical distributions).

南ルート		照葉樹林帯下部						照葉樹林帯上部							夏緑樹林帯			個体数合計		分布重心 (m)	
No.	種名 / 常緑・夏緑	標高 (m)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	個体数合計	分布重心 (m)
1	スギナ	sg	20																	20	50
2	トラノオシダ	eg	7			4														11	105
3	テリハヤブソテツ	eg	7	4	2	5	1					1								20	140
4	ミドリヒメワラビ	sg	12	2			11													25	142
5	オクマワラビ	eg	4	4	15				1				1			2				27	191
6	オオイタチシダ	eg	2		63		2		3	1	8									79	191
7	タチシノブ	eg				21							3							24	244
8	マメヅタ	eg					30	1												31	252
9	ミゾシダ	sg			9		30	48	20	8	6					1				122	302
10	イヌワラビ	sg	1	2		10	23					7				1	11			55	361
11	シケシダ	sg				5	4	1										4		14	364
12	ベニシダ	eg			42	2	58	11	60	24	9	4	10	4	10	46				280	385
13	ハリガネワラビ	sg					2		5		5	1								13	392
14	オオベニシダ	eg					6			1	8	3								18	406
15	ノキシノブ	eg			1	10		28	29		4	74	19		40	11		4		220	486
16	リョウトウイタチシダ	eg									9	10	1			2				22	495
17	トウゴクシダ	eg					8	2	17	6	2					46		1		82	547
18	ヤマイタチシダ	eg					9		8	30	22	48	20	7	51	57	4	18		274	573
19	ハシゴシダ	eg				1	3									1		8		13	600
20	イヌシダ	sg								1		1		10			2	2	1	17	638
21	ミサキカグマ	sg											1	7	16	1		2		27	643
22	ヒメノキシノブ	eg														20	1			21	702
23	ヘビノネゴザ	sg								4				11	69	71	136	376	235	902	782
24	フクロシダ	sg														7				96	786
25	イワハリガネワラビ	sg													7		1	18	77	103	827
26	ナンタイシダ	sg																10	43	53	841
27	コウヤコケシノブ	eg																	100	100	850
28	コケシノブ	eg																	200	200	850

北ルート		照葉樹林帯 (二次林)										夏緑樹林帯				個体数合計		分布重心 (m)			
No.	種名 / 常緑・夏緑	標高 (m)	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	個体数合計	分布重心 (m)				
1	ゼンマイ	sg			17				2					2		22	341				
2	ヤマイタチシダ	eg			13			18	5				2		2	40	401				
3	ベニシダ	eg			341			41	19	246	104	42	29	10	2	4	838	413			
4	ミゾシダ	sg						9	1							10	455				
5	ヤワランシダ	sg						1	4	7						13	504				
6	ヤマイヌワラビ	sg						1	9	2						12	504				
7	オオホソバシケシダ	sg						4	18	14						36	514				
8	ホソバシケシダ	sg						6	28	16	3	5				62	548				
9	ハリガネワラビ	sg			76			2	12	33	14	20	24	3	9	53	24	270	551		
10	ホソバナライシダ	sg			1					32	8	6	98	7	2	3		157	616		
11	オシダ	sg								2						10			12	625	
12	シケシダ	sg														43	1		2	46	660
13	ミサキカグマ	sg														12			13	692	
14	ヘビノネゴザ	sg			1				4	116	41	43	62	155	261	45	174		902	706	
15	ナンタイシダ	sg													32	19	30		81	799	
16	ノキシノブ	eg														4		10	14	807	
17	ジュウモンジシダ	sg																24	26	823	

表中の数字は出現個体数を表す.

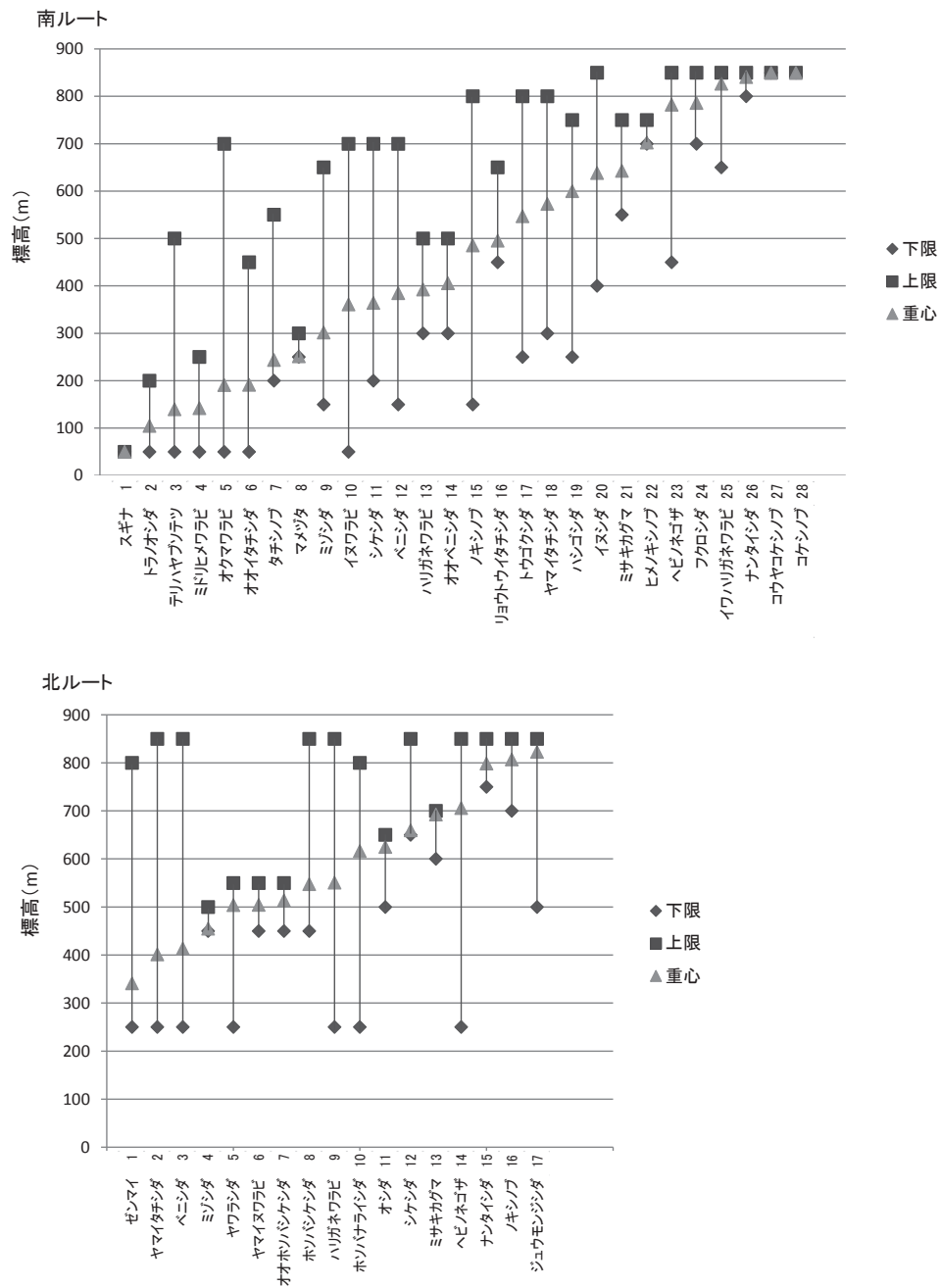


図2. 南北両ルートに出現したシダ植物の分布重心と分布上下限.
 Fig. 2. Gravity center of distributions and upper and lower limits of pteridophytes on the north and south trails.

か夏緑かを見てみる。南ルートに出現した41種のうち常緑は21種で51.2% (標高250m～850mに限ると36種のうち18種で50.0%)、北ルートでは、30種のうち9種で30%、個体数10個体以上の種に限って見てみると、南ルートでは28種のうち常緑は16種で57.1% (標高250m～850mに限ると26種のうち15種で57.7%)、北ルートでは17種のうち3種で17.6%であった。

考 察

1. 調査地の森林植生について

調査地である筑波山の自然植生は、山麓から中腹まではスダジイやアカガシの優占する照葉樹林、山頂付近ではブナやミズナラの優占する夏緑樹林である。筑波山では、ブナは標高500mより高いところに分布するが、標高700m付近がアカガシ優占林とブナ優占林

の境界となっている（小幡・田中，2012）。筑波山の南斜面は，古くから筑波山神社の境内林として保護され，神社の拝殿のある標高 300 m 付近から山頂まで自然植生が残されており，南ルートはその植生が見られる登山道である。また，標高 200 m 以下の山麓では，コナラやケヤキなどが出現し，人為的かく乱が強い。

一方，北斜面は，山頂付近にはブナ優占林が存在するが，山麓から中腹にかけてはスダジイやアカガシなどの照葉樹はほとんど見られず，コナラ・ヤマザクラなどの優占する落葉広葉樹の二次林やスギ・ヒノキなどの人工林となっている。現在は筑波山北斜面の大部分を国有林が占め，かつてこの場所は地域住民の里山的な管理の下で利用されていたと考えられる。また，このルートは，かつては森林火災予防の防火帯であった。その東縁には列状にヒノキが植林され，現在も残っている。

2. 生育するシダ植物の分布の現状と今後の変化について

筑波山におけるシダ植物相の研究として，倉本（1975）は 112 種を報告している。また，ミュージアムパーク茨城県自然博物館が実施した総合調査において（茨城県自然博物館維管束植物調査会，1998；安ほか，2011），118 種を報告している。本研究で確認した 54 種のうち，リュウトウイタチシダとオオホソバシケシダは，上述の文献に生育の報告はないが，ミュージアムパーク茨城県自然博物館に標本が収蔵されている（INM-2-20718 リュウトウイタチシダ，INM-2-20765 オオホソバシケシダ）。また，イワヒバ，ナンタイシダ，シノブの 3 種は茨城県により絶滅危惧種に指定されている（茨城県生活環境部環境政策課，2013）（表 4）。

筑波山におけるシダ植物の垂直分布を南北ルートにおいて比較してみると，次のような相違が見られた。

- 1 出現種数は南ルートが北ルートに比べて多い。
- 2 常緑性シダ植物の種数とその割合は，南ルートが北ルートに比べて圧倒的に多い。
- 3 植生帯ごとの主な出現種を比較すると，南北ルートともに似た傾向が見られる。
- 4 南ルートでは，ヒメシダ属ハリガネワラビの仲間，オシダ属イタチシダ節など，近縁の植物で垂直的なすみわけが見られたが，北ルートでは見られない。

これら，南北ルートの相違は，日射量，気温，傾斜

角など，斜面方位による環境の違いばかりでなく，人為的にかく乱の影響が大きいと考えられる。南ルートは，ほとんどの調査区が極相林と考えられる成熟した森林の林床で，シダ植物の生育場所として人為的にかく乱は大きくないと考えられる。それに対して北ルートは，ほとんどの調査区が二次林下にあり人為的にかく乱が南ルートに比べて大きいと考えられる。特に，北ルートの標高 300 m と 350 m の調査区では，シダ植物の生育がまったく見られなかった。これは，落葉樹林下の緩斜面で，登山道によく見られる周りよりへこんだ切り通しの微地形がなく，シダ植物の胞子が散布されても発芽できるような環境にないことが推定された。類似した現象は杉村・沖津（2002）が筑波山のコケ植物の研究で報告している。北ルートでは調査区によってこのような生育環境のばらつきが大きいと考えられる。

この研究で明らかになったシダ植物の垂直分布が，今後どのように変化していくのかを推定すると，温暖化の進行の影響が継続すれば，以下のことが考えられる。

- 1 温暖化による気温の上昇に伴い，それぞれの種の分布が上方に移動する。
- 2 山頂付近に分布するナンタイシダ，コケシノブなどが，逃避地を失い消滅する。
- 3 今回の調査では低標高のところに出現したテリハヤブソテツやオオイタチシダなどが低標高のところで個体数を増加したり，標高の高いところに分布を広げたりする。
- 4 今回の調査では調査区に出現しなかったが，ハチジョウベニシダ *Dryopteris caudipinna* Nakai, イワガネソウ *Coniogramme japonica* (Thunb.) Diels などが南ルートの標高 200 ~ 300 m に比較的多く見られる。これらの種が，テリハヤブソテツやオオイタチシダなどと同様に，低標高のところで個体数を増加させることにより調査区に出現したり，調査区の標高の高いところに分布を広げたりする。
- 5 これまで筑波山では見られなかったナガバノイタチシダ *Dryopteris sparsa* (Buch.-Ham. ex D. Don) Kuntze やマツザカシダ *Pteris nipponica* W.C. Shieh などが新たに調査区に侵入してくる。

ナガバノイタチシダとマツザカシダの分布は千葉県以西とされていたが（倉田・中池，1979），茨城県で

は筑波山塊南部において最近確認された(栗原ほか, 2012)。また, 海老原(2016, 2017)によれば, ナガバノイタチシダは茨城県まで, マツザカシダは宮城県まで分布が北上している。これらのシダ植物の分布の変化は温暖化の影響を受けていると考えられる。

今後, 定期的なモニタリング調査を実施していくことにより, シダ植物の垂直分布の変化を把握することとしたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたって, 現地調査において飯田勝明, 栗原 孝の各氏および東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科農業環境科学研究室の学生諸君の協力を得た。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

- 海老原 淳. 2016. 日本産シダ植物標準図鑑 1. 450 pp., 学研プラス.
- 海老原 淳. 2017. 日本産シダ植物標準図鑑 2. 450 pp., 学研プラス.
- 堀川真弘・村上健太郎・津山幾太郎・大藪崇司・松井哲哉・森本幸裕・田中信行. 2008. イヌケホシダの潜在分布域と気候変化シナリオに基づく分布変化の予測. 日緑工誌, **34** (1): 85-90.
- 気象庁. 2020. ホーム > 各種データ・資料 > 過去の気象データ検索 > 年ごとの値 筑波山.
URL:https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_a.php?prec_no=40&block_no=1082&year=&month=&day=&view= (参照 2020 年 5 月 28 日)
- 倉本嗣王. 1975. 筑波山系のシダ植物. 茨城の生物第 1 集, pp. 71-73., 茨城県高等学校教育研究会生物部.
- 倉田 悟・中池敏之(編). 1979. 日本のシダ植物図鑑 1. 628 pp., 東京大学出版会.
- 栗原 孝・岡 利雄・成島 明・小幡和男. 2012. 筑波山塊南部(宝篋山, 朝日峠, 雪入山, 権現山周辺)の維管束植物 第 2 報. 茨城県自然博物館研究報告, (15): 39-103.
- 茨城県生活環境部環境政策課. 2013. 茨城における絶滅のおそれのある野生生物 植物編 2012 年改訂版(茨城県版レッドデータブック). 263 pp., 茨城県.
- 茨城県自然博物館維管束植物調査会. 1998. 筑波山・霞ヶ浦の維管束植物. 茨城県自然博物館第 1 次総合調査報告書, pp. 109-168, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- 中津留高広・林 陽生・上野健一・植田宏昭・辻村真貴・浅沼 順・日下博幸. 2011. 筑波山(男体山)の過去 100 年間における気温の長期変化. 天気, **58** (12): 21-27.
- 小幡和男・田中信行. 2012. 筑波山におけるブナ・イヌブナの毎木調査に関する報告書(本文および資料). 37 pp., 茨城県県民生活環境部自然環境課.
URL:<https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/shizen/shizen/tsukubasan-buna.html> (参照 2020 年 5 月 28 日)
- 杉村康司・沖津 進. 2002. 筑波山の森林の林床における蘚苔類の種多様性と上層木および落葉, 岩との関係. 植生学会誌, **19** (2): 113-124.
- 杉村康司・沖津 進. 2009. 筑波山のスギ・ヒノキ人工林におけるコケ植物, シダ植物, 顕花植物の分布と微地形との関係. 植生学会誌, **26** (1): 33-48.
- 田中信行・松井哲哉・八木橋勉・埜田 宏. 2006. 天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測: とくにブナ林について. 地球環境, **11**: 11-20.
- 谷本丈夫. 1992. 筑波山の植生. 筑波山 つくばの自然誌 I (学園都市の自然に親しむ会編), pp. 42-52, STEP.
- 安 昌美・内山治男・安嶋 隆. 2011. 筑波山の維管束植物第 I 期総合調査地域補完調査. 茨城県自然博物館総合調査報告書 茨城県西部および筑波山の維管束植物(2006-2008), pp. 73-77, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.

(要 旨)

小幡和男・田中信行・岡 利雄. 筑波山におけるシダ植物の垂直分布. 茨城県自然博物館研究報告 第23号 (2020) pp. 29-39.

温暖化の影響を知るための指標として筑波山に生育するシダ植物に注目し、継続的なモニタリングにより分布変化を検出し温暖化など環境変化の影響を明らかにするために、現時点の垂直分布を明らかにすることを目的とした。調査では、筑波山女体山山頂（標高 877 m）に至る南北斜面に1ずつ登山道沿いの調査ルートを設定し、山麓から山頂まで標高 50 m ごとに長さ 100 m、道際両側 3 m の範囲で調査区を設置し、そこに生育するシダ植物の種名と個体数および樹冠を構成する樹木を記録した。

出現したシダ植物は、南ルートで 41 種、北ルートで 30 種、全体で 54 種、うち南北両ルートの共通種は 17 種であった。出現種数は南ルートが北ルートに比べて多かった。分布域（レンジ）とともに、植物の分布パターンを表す「分布重心」という指数を考案して、垂直分布を比較した。南ルートでは、ヤマイタチシダの仲間、ハリガネワラビの仲間など、近縁の植物で垂直的なすみわけが見られたが、北ルートでははっきりした傾向は見られなかった。常緑性シダ植物の種数とその割合は、南ルートが北ルートに比べて圧倒的に多かった。

このような結果から、現在進行する気候温暖化に伴い、将来、山頂付近に分布するナンタイシダやコケシノブが消滅し、主に山麓に分布するテリハヤブソテツやオオイタチシダが増加・拡大すると考えられる。

(キーワード): 分布重心, 筑波山, シダ植物, 垂直分布.

短報

茨城県つくば市におけるホソミイトトンボ (トンボ目, イトトンボ科) の追加記録

長谷部有紀*・二橋 亮**.* **

(2020年8月1日受理)

Additional Records of *Aciagrion migratum* (Selys, 1876) (Odonata, Coenagrionidae) in Tsukuba City, Ibaraki Prefecture, Japan

Yuki HASEBE* and Ryo FUTAHASHI**.* **

(Accepted August 1, 2020)

Key words: Odonata, *Aciagrion migratum*, Ibaraki Prefecture.

ホソミイトトンボ *Aciagrion migratum* (Selys, 1876) は、成虫に越冬型と夏型の季節多型がみられるイトトンボ科 (Coenagrionidae) の一種で、国内では関東地方から鹿児島県にかけて分布する (尾園ほか, 2017). 茨城県からは、最近まで未記録であったが (廣瀬, 1997; 二橋ほか, 2012), 2019年6月につくば市和台で越冬型1♂が初めて記録された (二橋, 2019). 今回つくば市神郡で本種を複数採集・撮影したので報告する. なお、長谷部が採集した標本2♂2♀ (越冬型および夏型それぞれ1♂1♀) はミュージアムパーク茨城県自然博物館が収蔵している.

採集・撮影記録

つくば市神郡, 1♂ (越冬型) 採集・1♂ (越冬型) 目撃, 2020年5月28日, 長谷部有紀; 1♂ (越冬型) 採集, 2020年6月5日, 長谷部有紀; 1♂ (越冬型) 目撃, 2020年6月6日, 長谷部有紀; 1♀ (越冬型)

採集, 2020年6月10日, 長谷部有紀 (図1-B); 1♂ (越冬型) 撮影, 2020年6月18日, 長谷部有紀 (図1-A); 2♂ (夏型・1♂は羽化直後) 1♀ (越冬型) 採集, 1♂ (夏型) 撮影, 2020年6月21日, 長谷部有紀; 1♂ (夏型) 撮影・採集, 2020年6月29日, 二橋亮 (図1-C); 1♂ (夏型) 撮影, 1♀ (夏型) 撮影・採集, 2020年7月2日, 長谷部有紀 (図1-D).

引用文献

- 二橋 亮. 2019. 茨城県からホソミイトトンボ (トンボ目, イトトンボ科) を初記録. 茨城県自然博物館研究報告, (22): 25-27.
- 二橋 亮・山中武彦・植村好延・久松正樹. 2012. 茨城県におけるトンボ目の採集・撮影記録. 茨城県自然博物館研究報告, (15): 13-38.
- 廣瀬 誠. 1997. 羽化の刻 茨城のトンボ誌, 181 pp., 茨城県虫の会.
- 尾園 暁・川島逸郎・二橋 亮. 2017. ネイチャーガイド 日本のトンボ 第3版, 532 pp., 文一総合出版.

(キーワード): トンボ目, ホソミイトトンボ, 茨城県.

* 筑波大学保全生態学研究室 〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1 (Laboratory of Conservation Ecology, The University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan).

** 産業技術総合研究所 〒305-8566 茨城県つくば市東1-1-1 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8566, Japan).

*** ミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査調査員.

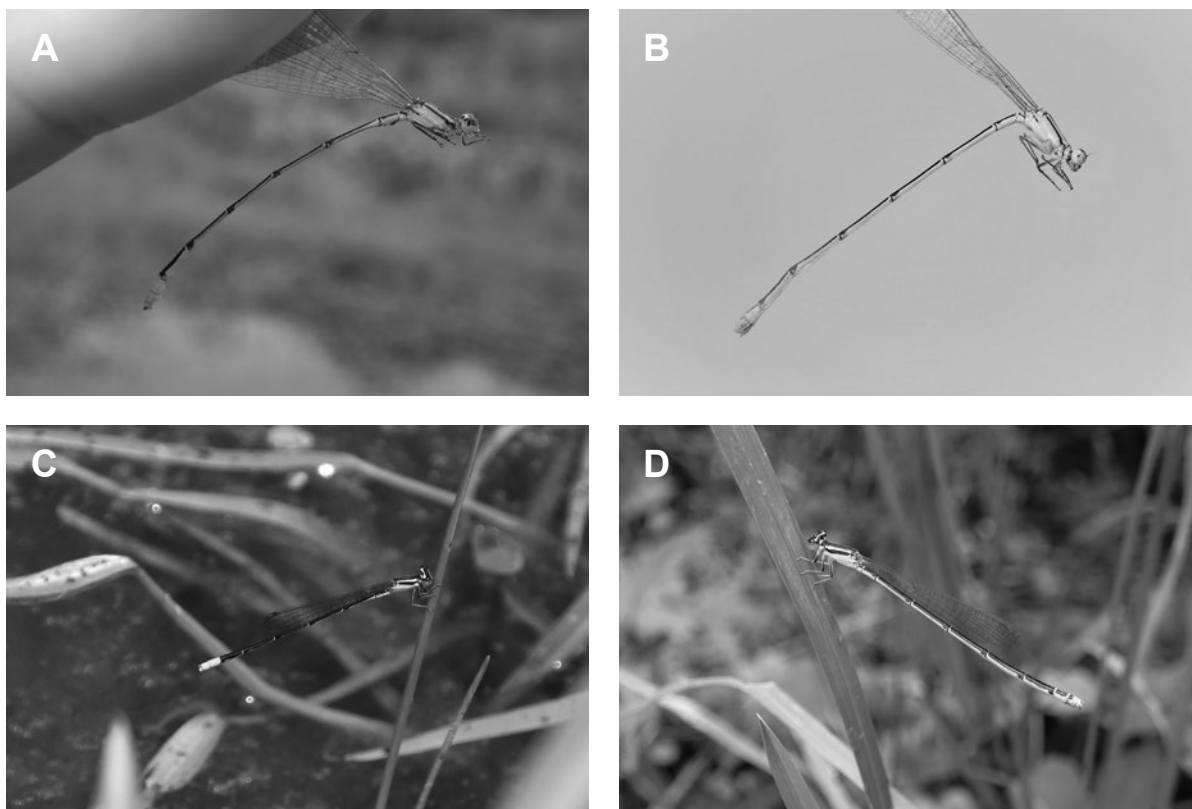


図 1. つくば市神郡で 2020 年に採集・撮影されたホソミイトトンボ。A: 越冬型♂ (6 月 18 日, 長谷部有紀採集); B: 越冬型♀ (6 月 10 日, 長谷部有紀採集); C: 夏型成熟♂ (6 月 29 日, 二橋亮撮影); D: 夏型成熟♀ (7 月 2 日, 長谷部有紀撮影)。

Fig. 1-A. A male of *Aciagrion migratum*, the wintering type (collected by Y. Hasebe on June 18, 2020 in Kangori, Tsukuba City).

Fig. 1-B. A female of *Aciagrion migratum*, the wintering type (collected by Y. Hasebe on June 10, 2020 in Kangori, Tsukuba City).

Fig. 1-C. A male of *Aciagrion migratum*, the summer type (photographed by R. Futahashi on June 29, 2020 in Kangori, Tsukuba City).

Fig. 1-D. A female of *Aciagrion migratum*, the summer type (photographed by Y. Hasebe on July 2, 2020 in Kangori, Tsukuba City).

短報

上部白亜系那珂湊層群から産出した
“翼竜類”（ヒタチナカリユウ）標本の分類学的再検討

加藤太一^{*. **}・藺田哲平^{***}・中島保寿^{****}・安藤寿男^{*****}

(2020年9月6日受理)

**Taxonomical Reexamination of the “Pterosaur” (Hitachinaka-ryu)
Specimen from the Upper Cretaceous Nakaminato Group**

Taichi KATO^{*. **}, Teppei SONODA^{***}, Yasuhisa NAKAJIMA^{****} and Hisao ANDO^{*****}

(Accepted September 6, 2020)

Abstract

INM-4-15300 was initially identified as a right scapula of the pterosaur in the previous study. The specimen is herein re-identified as the right humerus of a trionychid turtle based upon the internal structure observation using X-ray computed tomography images and comparisons of bone surface morphology with wider taxonomic groups beyond pterosaurs. The pterosaur identified previously would be removed from the faunal list of the Upper Cretaceous Nakaminato Group, if the taxonomic correction in this paper is accepted. Hitherto, four trionychid turtle materials, including one humerus redescribed here and three costals, are now known in the Isoai Formation of the Nakaminato Group. The carapace length can be estimated as 60–70 cm based on the humerus. The largest individual previously reported had a carapace estimated as 80 cm in length. The present specimen represents one of the biggest trionychids from the Nakaminato Group.

Key words: Nakaminato Group, Late Cretaceous, Trionychidae.

* ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

** 茨城大学大学院理工学研究科 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1 (Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan).

*** 福井県立恐竜博物館 〒911-8601 福井県勝山市村岡町寺尾 51-11 (Fukui Prefectural Dinosaur Museum, 51-11 Terao, Muroko, Katsuyama, Fukui 911-8601, Japan).

**** 東京都市大学理工学部自然科学科 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 (Department of Natural Sciences, Faculty of Science and Engineering, Tokyo City University, 1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya, Tokyo 158-8557, Japan).

***** 茨城大学理学部理学科地球環境科学コース 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1 (Faculty of Science, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan).

はじめに

茨城県ひたちなか市の太平洋岸に分布する上部白亜系的那珂湊層群からは、近年いくつかの大型脊椎動物化石の産出が知られており（加藤ほか, 2017, 2019, 2020）、カンパニアン期–マーストリヒチアン期の北西太平洋沿岸域における脊椎動物相を復元する上での重要性が増しつつある。加藤ほか（2017）では、那珂湊層群礫合層から産出した爬虫類骨格化石3点についての検討を行い、翼竜類、モササウルス類、スッポン類を報告した。特に標本番号 INM-4-15300（図版 1A-F）については、オルニソケイルス上科（cf. ニクトサウルス科）翼竜類の肩甲骨と同定されていた。この標本は、2002年に那珂湊層群の上部にあたる礫合層下部から、松浦良彦氏によって採集され、茨城県自然博物館に寄贈されたものである。その後、当館職員を中心とする研究により、2003年に本標本はオルニソケイルス類翼竜類の右肩甲骨化石（図 1C）であると判断され、“ヒタチナカリユウ”という名称で呼ばれるようになった（e. g. ひたちなか市広報広聴課, 2003）。それ以降、本標本は関東初の翼竜化石として紹介されてきた（e. g. ミュージアムパーク茨城県自然博物館, 2004, 2011, 2013, 2019; 朝日新聞社, 2007; Ando *et al.*, 2014）。

筆者らが本標本について更なる検討を進めたところ、骨幹の破断面の観察から、骨内部に大きな含気腔が見られないことが確認された（図 1B）。翼竜類の肩甲骨には骨幹の内部にも大きな含気腔があることが報告されているため（図 1D; Steel, 2008）、本標本の分類について再検討を行う必要が生じた。そこで本稿では、INM-4-15300 について CT 撮像を実施し、内部構造と外部形態の両面から分類学的検討を行った。その結果、本標本が翼竜類の肩甲骨ではなく、カメ類（スッポン科）の上腕骨であるという新たな同定結果に至ったので報告する。

手 法

本研究では、INM-4-15300 の内部構造を観察するため、株式会社ニコンインステック第2計測室（神奈川県横浜市）の XT H225ST において CT 撮像を行った。撮像条件は、管電圧 220 kV、管電流 300 μ A、Cu フィルタ（厚さ 1 mm）使用、露光時間 500 ms、解像

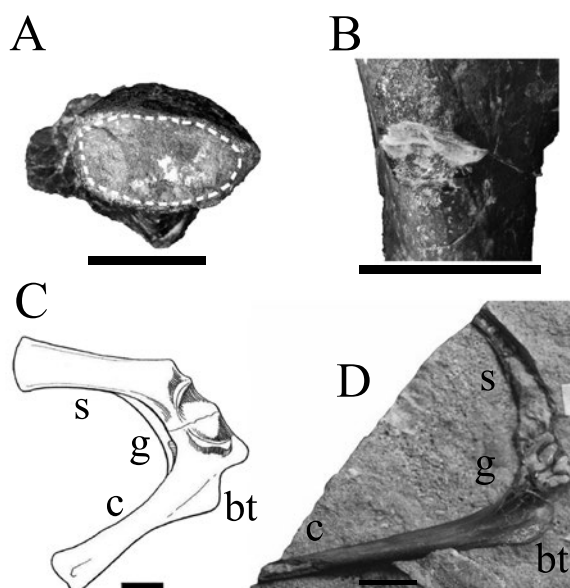


図 1. A-B: INM-4-15300 (A: “大きな骨髓腔” (点線で囲った領域) があるように見える骨端部; B: 大きな骨髓腔が確認されない骨幹部の破断面), C: ニクトサウルス科の肩甲骨烏口骨 (Williston, 1903 より), D: 非プレロダクティルス科翼竜類の肩甲骨烏口骨 (O’Sullivan and Martill, 2018 より). 略語: bt, 上腕二頭筋稜; c, 烏口骨; g, 関節窩; s, 肩甲骨. スケールは全て 10 mm.

Fig. 1. A-B: INM-4-15300 (A: Epiphyseal region showing an apparent “large medullary cavity”, surrounded by a dotted line; B: A fracture surface in the shaft region not showing a large medullary cavity), C: Scapulacoracoid of *Nyctosaurus* (from Williston, 1903), D: Scapulacoracoid of non-pterodactyloid pterosaur (from O’Sullivan and Martill, 2018). Abbreviations: bt, biceps tubercle; c, coracoid; g, glenoid; s, scapula. All scales: 10 mm.

度 54.1 μ m/voxel とした。撮像データは TIFF ファイル 1782 枚として出力し、CT データ解析ソフトウェア OsiriX (Rosset *et al.*, 2004) を使用して三次元像（図 2A, B）を構成し、その断面を観察した（図 2C, E, F）。

内部構造および外部形態の比較には、現生インドシナオオスッポン *Amyda cartilaginea* (MNHN-ZA-AC 1896-265) の左上腕骨（図 2D, G, H; 図版 2E-H）および現生ニホンスッポン *Pelodiscus sinensis* (INM-4-17702) の右上腕骨（図版 2A-D）を用いた。なお、MNHN-ZA-AC はパリ自然史博物館の収蔵資料であることを示す略号であり、INM はミュージアムパーク茨城県自然博物館の収蔵資料であることを示す略号である。

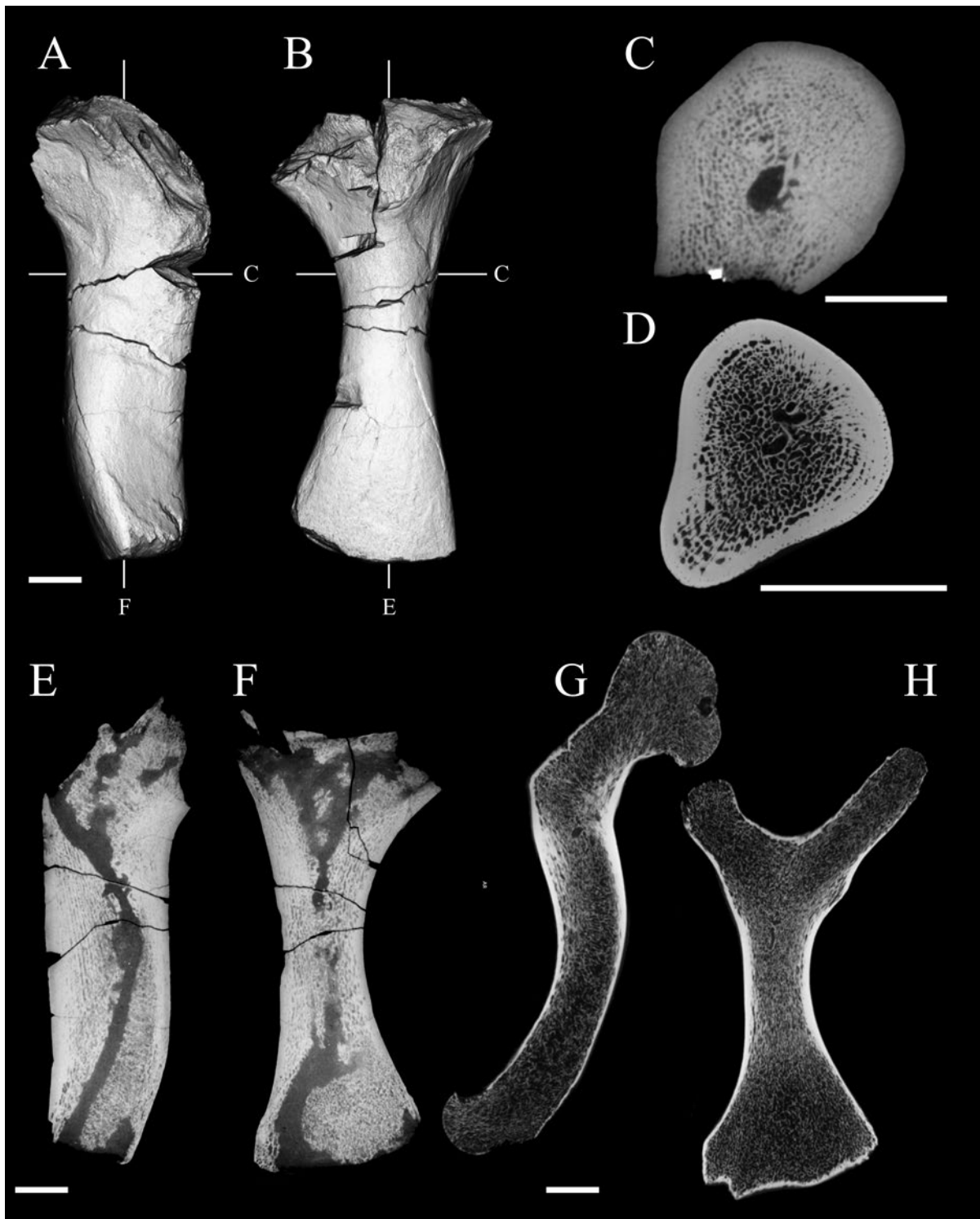


図 2. INM-4-15300 (A, B: 三次元像; C: 成長中心における横断面 CT 画像; E-F: 縦断面 CT 画像), インドシナオオスッポン (*Amyda cartilaginea*) の上腕骨 (D: 成長中心における横断面 CT 画像; G, H: 縦断面 CT 画像). 断面 CT 画像においては, 骨組織は白色・明灰色に, 空隙や充填物質は暗灰色・黒色に表示されるようコントラストを調整した. スケールは全て 10 mm.

Fig. 2. INM-4-15300 (A, B: 3D images; C: virtual cross section at the growth centre; E-F: longitudinal sections), a humerus of *Amyda cartilaginea* (D: cross section at the growth centre; G, H: longitudinal sections). In CT-image sections, bones are displayed in white or light gray, cavities and matrices in black or dark gray. All scales: 10 mm.

検 討

1. 骨微細解剖学による比較

INM-4-15300の表面を観察した限りは、骨幹の破断面(図1A)において、ごく薄い緻密骨と大きな骨髓腔があるかのように見える。この特徴は、加藤ほか(2017)においては図示されたのみであるが、翼竜としての同定の大きな根拠のひとつになった。しかし、CT撮像によって観察された骨内部構造において、破断面付近以外の大部分には海綿骨が発達している(図2E, F)。これにより、当初大きな骨髓腔のように見えたものは、続成作用もしくは風化により破断面から海綿骨が溶脱して形成された空間であると考えるのが合理的である。

INM-4-15300の断面(図2C, E, F)の全体的な傾向として、緻密骨は外表面側に薄く存在する一方で、海綿骨が骨内部のほとんどを占めており、骨中央付近には大きな骨髓腔は存在しない。ただし、骨幹の破断面付近の一部には海綿骨の分布しない空間が存在し、その一部に堆積物が充填していた(図2E, F)。この空間は破断面付近では大きく広がっているが、骨幹中心へ延長した部分に関しては細く収束している。これは多くの四足動物の骨髓腔や鳥類・翼竜類の含気腔における、骨幹部でも収束しないという特徴とは一致しない(Currey and Alexander, 1985; Currey, 2003; Steel, 2008; Nakajima and Endo, 2013; Sullivan *et al.*, 2017)。したがって、INM-4-15300は、翼竜や鳥類などの飛翔性四足動物、走行性の恐竜類などに由来する可能性は低いと考えられる。

二次的に水生適応した四足動物においては、骨髓腔が退縮し、骨内部が緻密骨もしくは海綿骨によって占められることが知られており、本標本の特徴と一致する(Houssaye, 2009; Laurin *et al.*, 2011; Nakajima and Endo, 2013)。また、カメ類においては、陸生・水生・半水生に関わらず、大きな骨髓腔が発達しないことが知られている(Nakajima *et al.*, 2014)。

本標本の緻密骨より内部にある海綿骨は、骨梁および骨梁間隙が層状をなす表面付近の部分と、骨梁の配列が不規則な中心付近の部分が確認できる(図2E, F)。これらはそれぞれ、一次的に骨幹で膜性骨化によって形成された部分と、骨端部で軟骨性骨化によって形成された部分と解釈できる(Nakajima *et al.*, 2014)。膜性骨の層状構造は、S字カーブの変曲点付近で最も厚

くなり、両骨端に向かって薄くなる(図2E, F)。この位置は、骨表面に見られる栄養孔から栄養管が向かう領域と一致し(図3)、栄養管の到達点付近が骨成長の中心点(骨成長点)とみられる(Digby, 1915; Payton, 1932; Lee, 1968; Gray and Gardner, 1969)。このINM-4-15300の骨成長点における横断面を、Nakajima *et al.* (2014)による現生カメ類の長骨(上腕骨)の骨成長点を通る断面データと比較したところ、緻密骨ではなく海綿骨が主体である点、血管腔および骨梁間隙の配列が同心円層状を成す点において、スッポン科の一部やウミガメ上科などの水生カメ類との一致が確認された(図2C-H)。

2. 白亜紀の水生爬虫類の骨格における比較

INM-4-15300は、骨幹が強くくびれた長骨であり、くびれをなす湾入は片側がより深く非対称である(図版1A-B)。端部の一方は平たくなりつつ拡大・湾曲し、楕円形の断面を持つ(図版1E)。端部のもう一方は急激に拡大しつつ厚みを増し、他方と反対側に湾曲し、三角形の断面を持つ(図版1F)。以上の特徴から、本標本は肋骨や肩帯、腰帯の骨ではなく四肢を構成する骨格要素であると考えられる。

カンパニアン期-マーストリヒチアン期の主要な大型の水生爬虫類としては首長竜目 Plesiosauria, モササウルス科 Mosasauridae, 正鰐亜目 Eusuchia, コリストデラ目 Choristodera, そしてカメ目 Testudines が挙げられる(Benton, 2014)。

後期白亜紀の首長竜目およびモササウルス科では、四肢骨は短縮するか平板状化しており、湾曲した骨幹を持つ長骨は肋骨や腸骨に限られるが、肋骨頭は単頭化が顕著となり、腸骨も骨端部の突起が退縮する(Romer, 1956)ため、INM-4-15300の3方向に突出する骨端部の特徴とは合致しない。正鰐亜目の長骨(肢骨・肋骨)は、いずれも骨幹から骨端方向へ向かう拡大がINM-4-15300ほど顕著ではなく、S字状湾曲のみられる上腕骨・大腿骨についても湾曲が極めて弱い(Romer, 1956)ことから、INM-4-15300とは合致しない。コリストデラ目の長骨は、上腕骨以外では骨幹から骨端方向へ向かう拡大がINM-4-15300ほど顕著ではなく、上腕骨についても湾曲は極めて弱く骨端が扁平である(Brown, 1905)ことから、INM-4-15300とは合致しない。

平山(1992)によると、水生カメ類の上腕骨は、“長

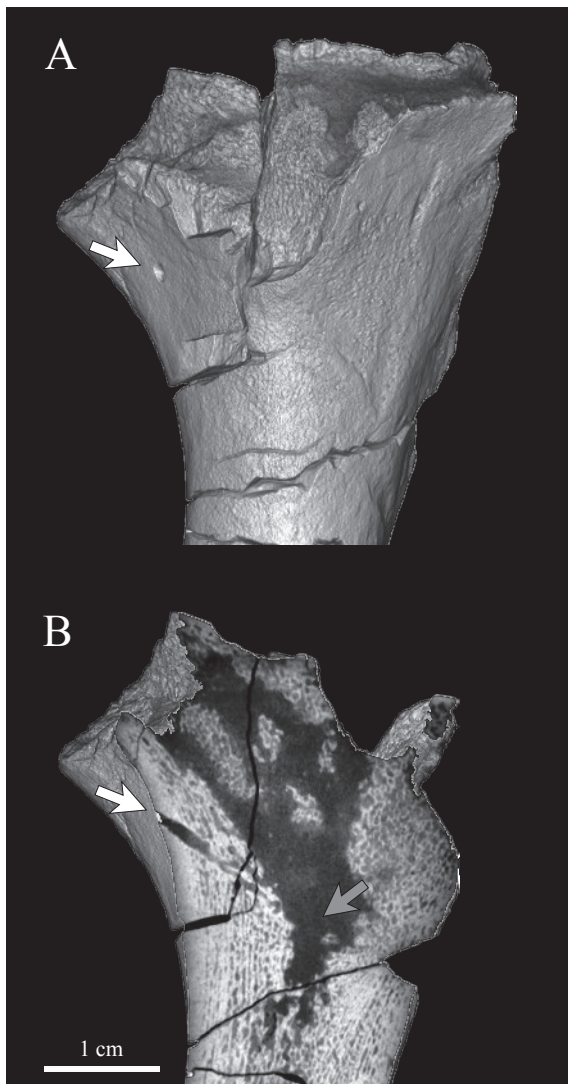


図 3. INM-4-15300 (A: 栄養孔のある骨端部の三次元像, B: 栄養管に沿う断面を表示した骨端部の三次元像). 栄養孔 (白矢印) および成長点 (グレー矢印) を示す.

Fig. 3. INM-4-15300 (A: 3D image of the epiphysis region with nutrient foramen; B: 3D image of the epiphysis region sectioned at the plane including the nutrient canal). The white arrow indicates the nutrient canal and the gray arrow indicates the position of the growth centre.

軸部が背側方向に弓状をなして屈曲し、骨頭 (caput humerus) は長軸とほぼ直角に交差する。(中略) 骨頭の両側近位にはそれぞれ内側突起 (medial process of humerus) と外側突起 (lateral process of humerus) がある。(中略) 上腕骨の長軸部は両突起の基部で細くなり亜円筒形になるが、遠方位に向かうにつれて拡大し扁平になる。”とされる。INM-4-15300 は、全体として骨幹 (= 長軸部) が弓状をなして屈曲し、一方の末端の断面が三角形を呈し (骨頭および外側突起, 内側突起の

発達による), その基部で骨幹が細くなって亜円筒形になり、もう一方の末端は再び拡大し扁平になることから、上記の水生カメ類の上腕骨の一般的な形態と特徴が一致する。検討 1 の結果と合わせると、本標本は水生カメ類の右上腕骨であり、堆積過程で近位端および遠位端を欠損したものであると判断される。

3. カメ類の上腕骨における形態比較

INM-4-15300 が産出した那珂湊層群礫合層が海成層であることと、その大きさからはウミガメ上科の可能性が考えられるが、ウミガメ上科の上腕骨は骨幹が直線的で前後方向に拡大し扁平になる (平山, 1992) ことから、本標本の形態とは一致しない。したがって、INM-4-15300 は、大型の非海生カメ類の右上腕骨である可能性が高いと考えられる。その場合、三角形の断面を呈する骨端が近位、もう一方が遠位と解釈される。

本標本に見られた全体的に S 字を描くように湾曲する形状や、前後に著しく拡大する近位および遠位端、偏平な遠位端、骨幹に沿って遠位方向へ発達する外側突起といった特徴は、スッポン科の上腕骨において顕著であることが知られている (Meylan, 1987)。腹側における外側突起の発達具合は、現生スッポン科の中でも種によって差異がある。例えばニホンスッポン (*Pelodiscus sinensis*) の上腕骨 (図版 2A-D) ではあまり発達しないが、インドシナオオスッポン (*Amyda cartilaginea*) の上腕骨 (図版 2E-H) では、INM-4-15300 と同様に顕著に発達している。

INM-4-15300 では近位部、遠位部どちらにも欠損部があるが、ニホンスッポン (*Pelodiscus sinensis*) やインドシナオオスッポン (*Amyda cartilaginea*) と比較することで、欠損部の概形が推測できる。近位部の破断面および形状に基づき、骨頭とその前後両側に板状に発達する外側突起および内側突起の概形を復元した (図版 2I-L)。内側突起は後方へ向かって強く発達するのに対して、外側突起は骨幹の軸に比較的平行に発達する。また外側突起は、腹側において軸に沿うように遠位方向へ続く隆起が保存されている。カメ類の上腕骨の遠位背側には、外側上顆孔と呼ばれる特徴的な溝状の構造が見られ、部位同定の根拠としてよく用いられるが (Meylan, 1987; 平山, 1992)、INM-4-15300 では外側上顆孔は遠位部の欠損により確認できない。

欠損部を復元した上腕骨の推定長は約 125 mm である。現生スッポン科を参考にすると、骨板の背甲長は

約 45 cm, 軟骨を含めた生息時の背甲長は約 60 ~ 70 cm に達する大型のスッポンだったと推定される。加藤ほか (2019) が報告した那珂湊層群のスッポン科カメ類は, 断片的な背甲のみだが, 生息時の背甲長は約 80 cm と推定されており, INM-4-15300 も同程度の体サイズを持った個体だったことが伺える。

これまで日本の白亜系から産出したスッポン科カメ類化石として, 福井県の手取層群北谷層, 福岡県の関門層群千石層, 熊本県の御船層群および御所浦層群, 兵庫県の和泉層群下灘層, 鹿児島県の姫浦層群および岩手県の久慈層郡玉川層から, スッポン科属種未定の化石が報告されている (平山, 1998, 2006a, 2006b, 2014; Hirayama *et al.*, 2012; 梅津ほか, 2013; 岸本, 2014; 小松ほか, 2014; Nakajima *et al.*, 2017)。これらの中で, 那珂湊層群から産出したスッポン科カメ類は特に大型であり, 日本の白亜系から産出したスッポン科として最大級といえる。

おわりに

本稿では, これまで外部形態の類似によって翼竜類の右肩甲骨であるとされてきた INM-4-15300 について, CT 撮像を実施して内部構造と外部形態の両面から分類学的な再検討を行った。その結果, 本標本はスッポン科カメ類の右上腕骨であると同定するのが適切であると考えられる。

那珂湊層群から産出した脊椎動物化石はこれまで, サメ類 (Saito, 1962; 加藤ほか, 2020) のほかに, 翼竜類, モササウルス類, スッポン類が報告されてきたが (加藤ほか, 2017, 2019), 本稿によって翼竜類はここから一旦除外される。

INM-4-15300 が産出した那珂湊層群礫合層 Is3 より, これまでにスッポン類の背甲化石が 3 点報告されている (加藤ほか, 2017, 2019)。本標本がスッポン類に再同定されたことにより, 礫合層産のスッポン類標本は 4 点となった。

INM-4-15300 の分類に関する混乱が生じた主な原因は, 骨端部の海綿骨が溶脱し, 大きな骨髓腔が存在するかのように見えてしまっていたことである。本標本のように欠損部が多い単一の骨化石において, CT 撮像による内部構造の観察が, 分類学的な検討に有効な場合があることが示された。これまでに那珂湊層群から発見されている脊椎動物化石はすべてが断片的であ

る (Saito, 1962; 加藤ほか, 2017, 2019, 2020)。そのため, 今後もこのような断片的な骨格化石が産出した場合には, 外部形態の比較検討だけではなく, 必要に応じて内部構造についても慎重に比較検討を行うことが重要である。

謝 辞

この報告を行うにあたり, 松浦良彦氏からは化石標本を博物館にご寄贈いただいた。株式会社ニコンインステックの小室直氏および丸山敏正氏には, CT 撮像において便宜を図っていただいた。本研究にご協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Ando, H., K. Kashiwagi, R. Hirayama and S. Toshimitsu. 2014. Cretaceous forearc basin siliciclastic successions along the Pacific coast, central Japan: Choshi, Nakaminato and Futaba groups, Field Excursion Guide of the Second International Symposium of International Geoscience Programme (IGCP) Project 608 (September 7-10, 2014, Japan), 42 pp. 朝日新聞社. 2007. 世界最大の翼竜展, 91 pp.
- Benton, M. J. 2014. Vertebrate Palaeontology. Fourth Edition. 474 pp., John Wiley & Sons, Ltd (Hoboken, NJ, USA).
- Brown, B. 1905. The osteology of *Champsosaurus* Cope. *Mémoires of the American Museum of Natural History*, 9 (1): 1-26.
- Currey, J. D. 2003. The many adaptations of bone. *Journal of Biomechanics*, 36: 1487-1495.
- Currey, J. D. and R. M. Alexander. 1985. The thickness of the walls of tubular bones. *Journal of Zoology*, 206: 453-468.
- Digby, K. H. 1915. The measurements of diaphyseal growth in the proximal and distal directions. *Journal of Anatomy and Physiology*, 50: 187-188.
- Gray, D. J. and E. Gardner. 1969. The prenatal development of the human humerus. *The American Journal of Anatomy*, 124: 431-445.
- 平山 廉. 1992. ウミガメ上科における上腕骨の形態的多様性; その機能形態学的・系統学的考察. 穂別町立博物館研究報告, 8: 17-57.
- 平山 廉. 1998. 熊本県御船層群 (白亜紀後期) の化石カメ類. 熊本県重要化石分布確認調査報告「御船層群の恐竜化石」, pp. 85-99.
- 平山 廉. 2006a. 白山周辺の手取層群非海成層におけるカメ類化石による生層序学. 日本古生物学会第 155 回例会予稿集, 29.
- 平山 廉. 2006b. 日本産化石カメ類研究の概要. 化石, 80: 47-59.
- 平山 廉. 2014. 九州の白亜紀から新第三紀初頭のカメ類

- 化石. 日本地質学会学術大会講演要旨: S1-O-3.
- Hirayama R., S. Isaji and T. Hibino. 2012. *Kappachelys okurai* gen. et sp. nov., a new stem soft-shelled turtle from the Early Cretaceous of Japan. In: Brinkman D. B., P. A. Holroyd and J. D. Gardner (eds.). *Morphology and Evolution of Turtles*. pp. 179-185, Springer Science+Business Media, Dordrecht.
- ひたちなか市広報広聴課. 2003. 大発見「平磯海岸に翼竜がいた」. 2003年4月25日記事.
- Houssaye, A. 2009. “Pachyostosis” in aquatic amniotes: a review. *Integrative Zoology*, **4** (4): 325-340.
- 加藤太一・国府田良樹・安藤寿男・藪田哲平・増川玄哉. 2017. 茨城県ひたちなか市的那珂湊層群から産出した白亜紀爬虫類化石. 茨城県自然博物館研究報告, (20): 7-14.
- 加藤太一・宮田真也・河野重範・奥村よほ子・高野朋子・藪田哲平・大倉正敏・高柴祐司・安藤寿男. 2020. 茨城県ひたちなか市の上部白亜系那珂湊層群から産出したサメ類の歯化石. 化石研究会誌, **53** (1): 18-28.
- 加藤太一・藪田哲平・宮田真也・河野重範・安藤寿男. 2019. 茨城県ひたちなか市の上部白亜系那珂湊層群から産出した大型スポン類化石とその産出意義. 茨城県自然博物館研究報告, (22): 31-36.
- 岸本眞五. 2014. 淡路島の和泉層群から産出する脊椎動物化石. 共生のひろば, **9**: 68-72.
- 小松俊文・三宅優佳・真鍋 真・平山 廉・籾本美孝・對比地孝亘. 2014. 甌島列島に分布する上部白亜系姫浦層群の層序と化石および堆積環境. 地質学雑誌, **120**: 補遺 19-39.
- Laurin, M., A. Canoville and D. Germain. 2011. Bone microanatomy and lifestyle: a descriptive approach. *Comptes Rendus Palevol*, **10** (5-6): 381-402.
- Lee, M. 1968. Natural markers in bone growth. *American Journal of Physical Anthropology*, **29**: 295-310.
- Meylan, P. A. 1987. The phylogenetic relationships of soft-shelled turtles (family Trionychidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **186**: 1-101.
- ミュージアムパーク茨城県自然博物館. 2004. 恐竜たちの足音が聞こえるー中国そして日本ー (開館10周年記念企画展展示解説書), 68 pp.
- ミュージアムパーク茨城県自然博物館. 2011. 恐竜発掘ー過去からよみがえる巨大動物ー (第53回企画展展示解説書), 38 pp.
- ミュージアムパーク茨城県自然博物館. 2013. ジオ・トラベル in いばらきー5億年の大地をめぐる旅ー (第59回企画展展示解説書), 38 pp.
- ミュージアムパーク茨城県自然博物館. 2019. 体験! 発見! 恐竜研究所ーようこそ未来の研究者ー (第74回企画展展示解説書), 38 pp.
- Nakajima, Y. and H. Endo. 2013. Comparative humeral microanatomy of terrestrial, semiaquatic, and aquatic carnivores using micro-focus CT scan. *Mammal Study*, **38** (1): 1-8.
- Nakajima, Y., I. G. Danilov, R. Hirayama and T. Sonoda. 2017. Morphological and histological evidence for the oldest known softshell turtles from Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1278606.
- Nakajima, Y., R. Hirayama and H. Endo. 2014. Turtle humeral microanatomy and its relationship to lifestyle. *Biological Journal of the Linnean Society*, **112**: 719-734.
- O’ Sullivan, M. and D. M. Martill. 2018. Pterosauria of the Great Oolite Group (Bathonian, Middle Jurassic) of Oxfordshire and Gloucestershire, England. *Acta Palaeontologica Polonica*, **63** (4): 617-644.
- Payton, C. G. 1932. The growth in length of the long bones in the madder-fed pig. *Journal of Anatomy*, **66**: 414-425.
- Romer, A. S. 1956. *Osteology of the Reptiles*. pp. 793., University of Chicago Press (Chicago, IL, USA).
- Rosset, A., L., Spadola and O. Ratib. 2004. OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *Journal of Digital Imaging: The Official Journal of the Society for Computer Applications in Radiology*, **17**: 205-216.
- Saito, T. 1962. The Upper Cretaceous system of Ibaraki and Fukushima Prefectures, Japan (Part 2). *Bulletin of the Faculty of Arts and Sciences, Ibaraki University. Natural Science*, **13**: 51-88.
- Steel, L. 2008. The palaeohistology of pterosaur bone: an overview. *Zitteliana*, **B28**: 109-125.
- Sullivan, T. N., B. Wang, H. D. Espinosa and M. A. Meyers. 2017. Extreme lightweight structures: avian feathers and bones. *Materials Today*, **20** (7): 377-391.
- 梅津慶太・藪田哲平・平山 廉・高嶋礼詩. 2013. 岩手県に分布する白亜系宮古層群および久慈層群の浅海〜非海成堆積物と後期白亜紀陸生脊椎動物群. 地質学雑誌, **119**: 補遺 82-95.
- Williston, S. W. 1903. On the osteology of *Nyctosaurus* (*Nyctodactylus*), with notes on American pterosaurs. *Field Columbian Museum Publications, Geological Series*, **2**: 125-163.

(要 旨)

加藤太一・藺田哲平・中島保寿・安藤寿男. 上部白亜系那珂湊層群から産出した“翼竜類”(ヒタチナカリユウ) 標本の分類学的再検討. 茨城県自然博物館研究報告 第23号 (2020) pp. 43-50, pls. 1-2.

これまで翼竜類(“ヒタチナカリユウ”)の右肩甲骨であるとされてきた INM-4-15300 について, X線CT撮像を実施して内部構造と外部形態の両面から分類学的な再検討を行った. その結果, 本標本は大型スッポン科カメ類の右上腕骨の一部として同定を修正する必要が生じた. これにより, 上部白亜系の那珂湊層群から産出した脊椎動物化石群から, 翼竜類は現時点では削除される. また, 上部白亜系那珂湊層群礫合層から産出したスッポン科カメ類の化石は, 肋板3点および上腕骨1点の合計4点となった. 本標本から推定される背甲長は60~70cmである. これまでに報告されている那珂湊層群のスッポン科の最大個体の甲長は80cmと推定されているが, 本標本も最大級の個体の一つとなる.

(キーワード): 那珂湊層群, 後期白亜紀, スッポン科.

図版と説明

(2 図版)

Plates and Explanations

(2 plates)

図版 1 (Plate 1)

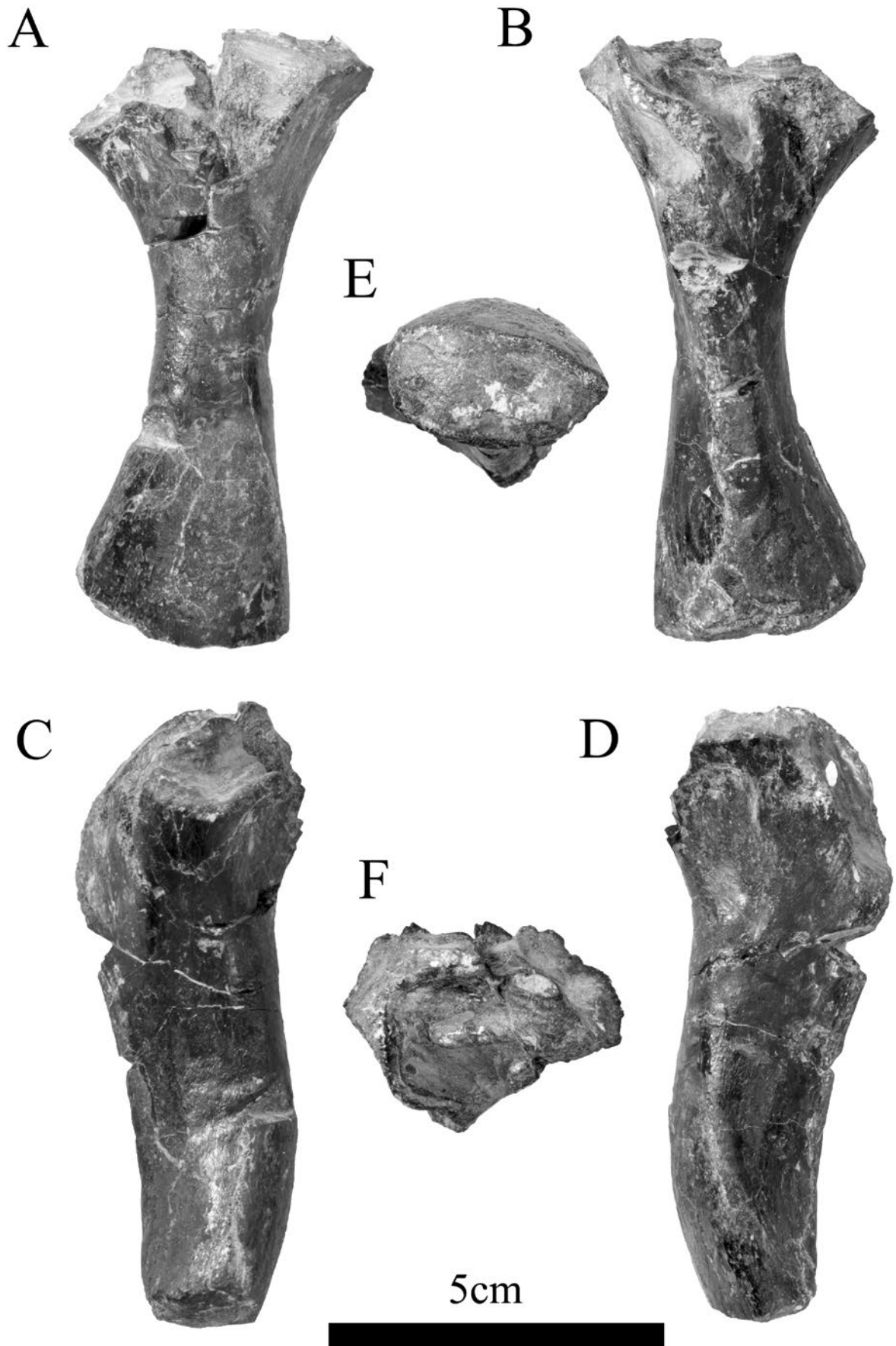
A-F: INM-4-15300.

スッポン科カメ類の右上腕骨.

The right humerus of a Trionycidae turtle.

A: 背面観, B: 腹面観, C: 後面観, D: 前面観, E: 遠心面観, F: 近心面観.

A: Dorsal view, B: ventral view, C: posterior view, D: anterior view, E: distal view, F: proximal view.



図版 2 (Plate 2)

A-D: INM-4-17702.

ニホンスッポンの右上腕骨.

The right humerus of *Pelodiscus sinensis*.

A: 背面観, B: 腹面観, C: 後面観, D: 前面観.

A: Dorsal view, B: ventral view, C: posterior view, D: anterior view.

E-H: MNHN-ZA-AC 1896-265.

インドシナオオスッポンの左上腕骨を左右反転した像.

A horizontally-flipped image of the left humerus of *Amyda cartilaginea*.

E: 背面観, F: 腹面観, G: 後面観, H: 前面観.

E: Dorsal view, F: ventral view, G: posterior view, H: anterior view.

I-L: INM-4-15300.

INM-4-15300 の欠損部を補完した復元像.

A reconstructed image of INM-4-15300.

I: 背面観, J: 腹面観, K: 後面観, L: 前面観.

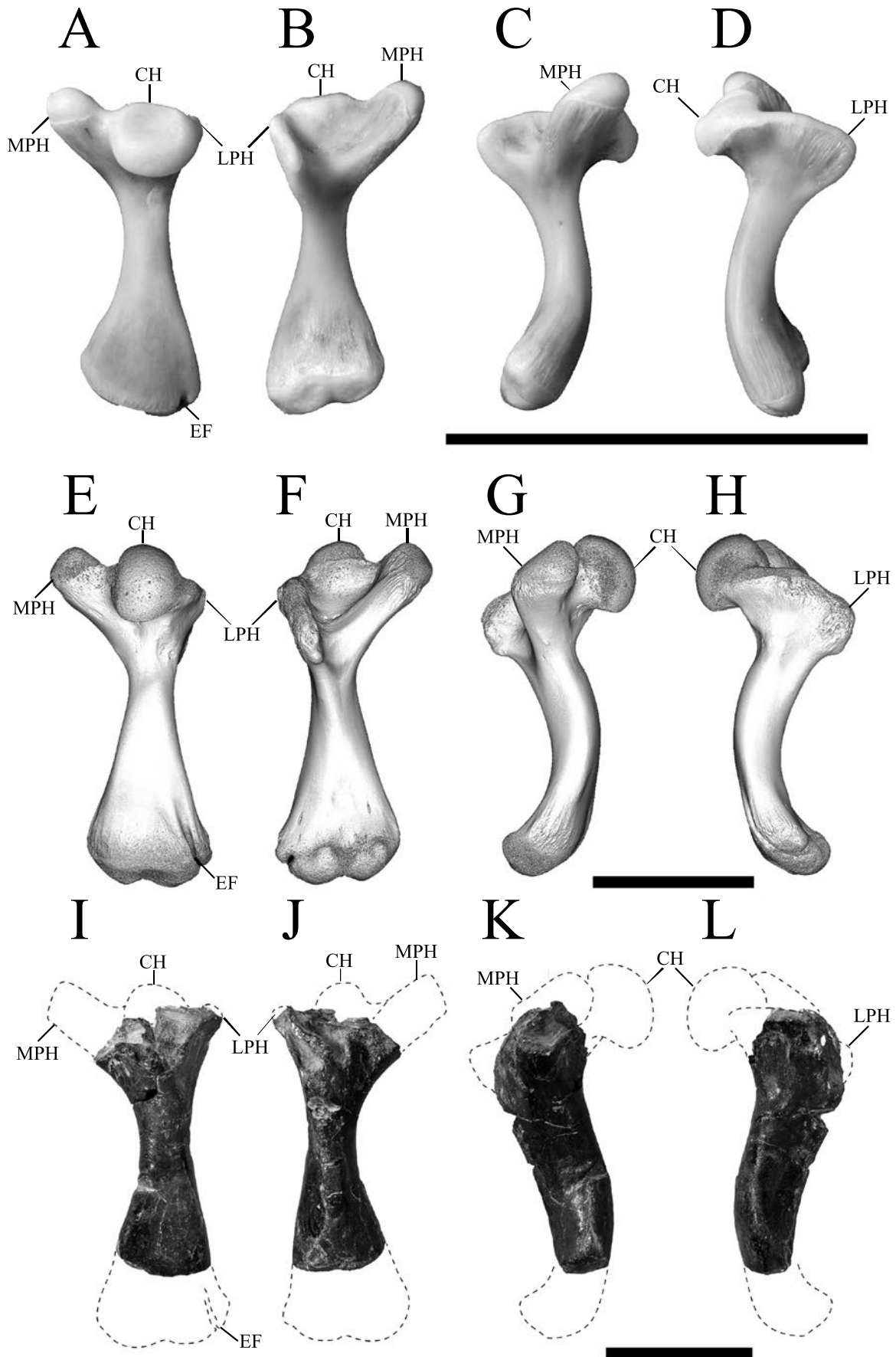
I: Dorsal view, J: ventral view, K: posterior view, L: anterior view.

略称: CH, 骨頭; EF, 外側上顆孔; LPH, 外側突起; MPH, 内側突起.

スケールは全て 50 mm.

Abbreviations: CH, caput humerus; EF, ectepicondylar foramen; LPH, lateral process of humerus; MPH, medial process of humerus.

All scales: 50 mm.



資料

カラタチトビハムシ (コウチュウ目: ハムシ科) の茨城県での初記録

坂本紀之*・清水実嗣*・西元重雄**

(2019年12月5日受理)

A New Record of *Podagricomela weisei* (Coleoptera, Chrysomelidae) in Ibaraki Prefecture, Central Japan

Noriyuki SAKAMOTO*, Mitsugu SHIMIZU* and Shigeo NISHIMOTO**

(Accepted December 5, 2019)

カラタチトビハムシ *Podagricomela weisei* Heikertinger, 1924 は、中国原産のハムシ科 (Chrysomelidae)、ヒゲナガハムシ亜科 (Galerucinae) の昆虫で、国内では2006年に千葉県で初めて採集された。その後、千葉県と東京都で続いて採集されている (南ほか, 2016)。また、ハムシハンドブック (尾園, 2014) には、外来のノミハムシの一種として、写真と説明文がある。今回、茨城県牛久市で本種が大量に発生し、一部を採集したので報告する。

採集記録

7 exs., 茨城県牛久市刈谷町, 17 VI, 2019, 清水実嗣採集。

2019年6月、筆者の一人清水実嗣の牛久市内の自宅に植栽された1本のナツミカンの木で未知のハムシ (図1左) が100個体以上大量に発生した。成虫を採集し専門家に同定を依頼したところ、カラタチトビハムシと判明した。現在までに茨城県内で本種の採集報告は無く (高野・大桃, 2000, 2005, 2008; 大桃・高野, 2011, 2014, 2016), 茨城県初記録と思われる。

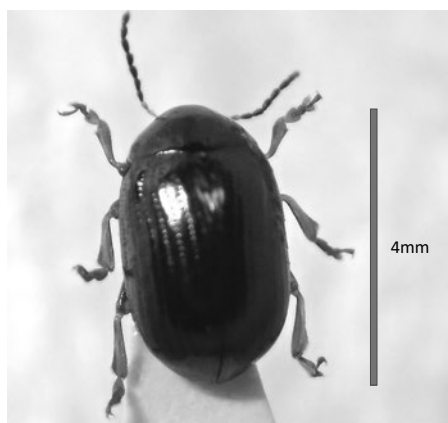


図1. 牛久市で採集したカラタチトビハムシ (左) とナツミカン葉の食痕 (右)。

Fig. 1. Adult of *Podagricomela weisei* collected in Ushiku City, Ibaraki (left), and food marks on leaves of *Citrus natsudaidai* (right).

*ミュージアムパーク茨城県自然博物館ボランティア昆虫チーム 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Insect Team of Volunteers, Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

**ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

寄生されたナツミカンには約7割程度の葉が食害されたが(図1右), 7月にはハムシの幼虫も成虫も見られなくなった。その後, 自宅周辺の半径約1 kmの範囲の柑橘類を調べた結果, ナツミカン23本, ウンシュウミカン19本, ユズ7本, キンカン9本, レモン2本, グレープフルーツ3本, 不明種33本, 合計96本の内, ナツミカン4本, ウンシュウミカンとユズ, レモン, 不明種各1本の合計8本の葉に図1右と同様の食痕が観察された。このことから, 本地域ではかなりの個体が発生したものと思われる。詳細な分布状況は今後の調査に待たなければならないが, 県内での被害拡大が心配される。

標本の同定は, 東京農業大学総合研究所の松沢春雄博士にお願いした。また, 報告に際し, 大桃定洋博士と久松正樹博士から助言を頂いた。これらの方々に深く感謝する。7個体の標本がミュージアムパーク茨城県自然博物館に収蔵されている。

引用文献

- 南 雅之・宮内博至・滝沢春雄・齊藤明子・深谷信一・鳥倉英徳. 2016. 外来種カラタチトビハムシ(新称)における知見. 月刊むし, (544): 44-47.
- 大桃定洋・高野 勉. 2011. 茨城県産甲虫リスト補遺(3). るりぼし, (40): 2-22.
- 大桃定洋・高野 勉. 2014. 茨城県産甲虫リスト補遺(4). るりぼし, (43): 2-36.
- 大桃定洋・高野 勉. 2016. 茨城県産甲虫リスト補遺(5). るりぼし, (45): 2-21.
- 尾園 暁. 2014. ハムシハンドブック. 104 pp., 文一総合出版.
- 高野 勉・大桃定洋. 2000. 茨城県産甲虫リスト. るりぼし, (23): 2-55.
- 高野 勉・大桃定洋. 2005. 茨城県産甲虫リスト補遺(1). るりぼし, (32): 35-61.
- 高野 勉・大桃定洋. 2008. 茨城県産甲虫リスト補遺(2). るりぼし, (36): 18-37.

資料

三宅島の溶岩上の植生遷移と植生模型の製作

小幡和男*・上條隆志**

(2020年8月6日受理)

Plant Succession on Volcanic Lava in Miyake-jima
and Construction of Vegetation Models

Kazuo OBATA* and Takashi KAMIJO**

(Accepted August 6, 2020)

Key words: Miyake-Jima, plant succession, vegetation models.

はじめに

ミュージアムパーク茨城県自然博物館では、2018年7月7日から9月17日までの会期で第72回企画展「火山列島・日本-大地との語らい-」を開催した。企画展では、火山における植生遷移を分かりやすく来館者に紹介することを目的に、三宅島において、火山溶岩上の植生遷移を調査し、さく葉標本、植生模型、写真、調査データ等を展示した。特に、植生模型については、来館者が植生遷移という現象をイメージしやすいように、調査データに基づいて精密な縮小模型を製作した。

本報は、植生遷移の調査結果の報告とこれに基づく植生模型製作過程の記録を目的とした。

調査地について

植生遷移には一次遷移と二次遷移がある。火山の溶岩上で起こる植生遷移は典型的な一次遷移で、植物や土壤がまったくない状態から始まる遷移である。これに対して二次遷移は、山火事跡地や放棄畑など土壤や種子などの植物体があらかじめ存在する状態から始ま

る遷移である。両者は植生の発達速度や植物と無機的環境の相互作用などが大きく異なる(上條, 2010)。

火山溶岩上の一次遷移はその進行が極めて遅く、一定の場所で一人の人間がその現象を観察することはできない。そこで、成立年代が異なる立地を選び、植生を相互比較するクロノシーケンス研究と呼ばれる手法がある(上條, 2010)。この方法を用いた日本の火山島での研究として、Tezuka (1961)は、立地の成立年代と植生の発達度合いを基にして、伊豆大島の一次遷移と土壤の発達過程を示した。Tagawa (1964)は、鹿児島県桜島において、成立年代の異なる溶岩原上の植生を比較して、一次遷移系列とその進行に要する年数を推定している。三宅島における研究として、Hiroki and Ichino (1993)は1962年と1874年の溶岩流上のオオバヤシャブシ、タブノキ、スダジイに着目し、種子散布様式が遷移の進行に重要であること示唆している。さらに、Kamijo *et al.* (2002)は、1983年、1962年、1874年、さらに800年以上大きな噴火の影響を受けていない立地上で、遷移の進行と土壤栄養塩の関係性を詳しく論じている。服部ほか(2012)は、桜島におけるTagawa (1964)の研究をもとに、遷移の進行にかかる時間を再検証している。

*ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

**筑波大学生命環境系 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan).

三宅島では、島の中腹からふもとにかけて流出した噴火年代の異なる溶岩流が分布しており、降水量や温度などの環境条件をほぼ一定にして遷移の研究をすることができる(上條, 2010)。その溶岩流の代表的なものは、① 1983年、② 1962年、③ 1874年の溶岩流がある(Kamijo *et al.*, 2002)。本研究では、この3世代の溶岩上の植生と、さらに1983年の溶岩上で海岸に近いため遷移の進行が遅れている場所④、さらにKamijo *et al.* (2002)が対象としていなかった1000年以上前と推定される溶岩上(姉ヶ滝溶岩上(津久井ほか, 2005)、現在は姉川神社)を④として加えて、5カ所に調査プロットを設置して5段階の植生を調査した(図1, 表1)。

調査方法

各調査地に20 m × 20 mの調査プロットを設置し、枠内に生育する維管束植物を対象に調査を実施した。

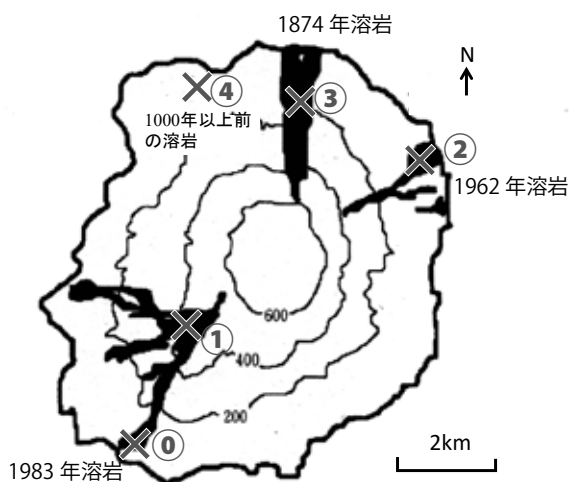


図1. 調査プロットの位置と三宅島の主な溶岩流(Kamijo *et al.* (2002)をもとに作図)。

Fig. 1. Location of the survey plots and major lava flows on Miyake-jima (drawing based on Kamijo *et al.* (2002)).

表1. 調査プロットの位置のデータ。

Table 1. Local data of the survey plots.

調査プロット	住所	溶岩の年代	緯度	経度	標高(m)
プロット④	三宅村阿古	1000年以上前の溶岩	北緯34度4分13秒	東経139度18分10秒	69
プロット③	三宅村神着	1874年溶岩	北緯34度3分53秒	東経139度18分55秒	174
プロット②	三宅村赤場暁	1962年溶岩	北緯34度3分44秒	東経139度19分58秒	27
プロット①	三宅村雄山	1983年溶岩(中腹)	北緯34度2分33秒	東経139度18分11秒	424
プロット①	三宅村阿古	1983年溶岩(海岸, 遷移の進行が遅い)	北緯34度1分52秒	東経139度17分41秒	53

樹高5 m以上の木本については、幹および樹冠の位置、樹高、胸高直径を記録し、現場で樹冠投影図を作成した。樹高5 m未満の木本と草本については出現種を記録した。

調査は、2018年4月13、14日に実施した。

植生調査の結果と考察

各調査プロットに出現した植物を表2に示した。この調査で43種の維管束植物の生育を確認した。プロット④から①にかけて、遷移の進行に伴って出現する植物の種類と種数が変化しているのが分かる。種数については、1962年の溶岩上のプロット②で22種と最も多くなり、その後の種の移り変わりはあるが種数はほとんど変化していない。

各調査プロットの植生の概要について以下に述べる。

プロット④ オオバヤシャブシ、ハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが粗に生える。まだ裸地に近い溶岩の状態である。

プロット① オオバヤシャブシの低木林(樹高5 m)の下層にハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが生える。

プロット② オオバヤシャブシの優占林にタブノキ、オオシマザクラなどが混じる(林冠の高さ10 m)。

プロット③ タブノキ優占林にオオシマザクラ、ヤブニッケイなどが混じる(林冠の高さ14 m)。

プロット④ スダジイ優占林にタブノキなどが混じる、亜高木層にヤブツバキが多く生える(林冠の高さ14 m)。

次に、各調査プロットに出現した樹高5 m以上の木本について、種名、個体数、胸高断面積合計、各調査プロットの基底面積を表3に示した。調査プロット①のオオバヤシャブシについては、すべての個体の胸高直径は測定できなかったため、便宜上65株78本の幹

表 2. 調査プロットに出現した植物.

Table 2. Plant species of the survey plots.

No.	種名	調査プロット					調査プロット
		①	②	③	④	⑤	⑥
1	ユノミネシダ <i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm.	○	○				⑥ 1983年溶岩 (海岸・遷移の進行が遅い)
2	ハチジョウススキ <i>Miscanthus condensatus</i> Hack.	○	○				① 1983年溶岩 (中腹)
3	ハチジョウイタドリ <i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr. var. <i>hachidoensis</i> (Makino) Yone	○	○	○			② 1962年溶岩
4	オオバヤシャブシ <i>Alnus sieboldiana</i> Matsum.	○	○	○	○		③ 1874年溶岩
5	オオシマザクラ <i>Cerasus speciosa</i> (Koidz.) H. Ohba	○	○	○	○		④ 1000年以上前の溶岩
6	ハチジョウベニシダ <i>Dryopteris caudipinna</i> Nakai	○	○	○	○	○	
7	ミズスギ <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.		○				
8	カジイチゴ <i>Rubus trifidus</i> Thunb.		○				
9	ハチジョウアザミ <i>Cirsium hachijoense</i> Nakai		○				
10	ヒサカキ <i>Eurya japonica</i> Thunb. var. <i>japonica</i>		○	○	○		
11	スイカズラ <i>Lonicera japonica</i> Thunb.		○				
12	サカキカズラ <i>Anodendron affine</i> (Hook. et Arn.) Druce		○				
13	トベラ <i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T. Aiton		○				
14	ヘクソカズラ <i>Paederia foetida</i> L.		○				
15	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parl.		○				
16	ヒトツバ <i>Pyrrosia lingua</i> (Thunb.) Farw.		○	○			
17	ヒメズリハ <i>Daphniphyllum teijsmannii</i> Zoll. ex Kurz		○	○			
18	ハチジョウイボタ <i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk. var. <i>pacificum</i> (Nakai) M. Mizush.		○	○			
19	オオシマカンスゲ <i>Carex oshimensis</i> Nakai		○	○			
20	アスカイノデ <i>Polystichum fibrillosopaleaceum</i> (Kodama) Tagawa		○	○	○		
21	テイカカズラ <i>Trachelospermum asiaticum</i> (Siebold et Zucc.) Nakai		○	○	○		
22	イヌビワ <i>Ficus erecta</i> Thunb. var. <i>erecta</i>		○	○	○		
23	タブノキ <i>Machilus thunbergii</i> Siebold et Zucc.		○	○	○		
24	ヤブニッケイ <i>Cinnamomum yabunikkei</i> H. Ohba		○	○	○		
25	オオムラサキシキブ <i>Callicarpa japonica</i> Thunb. var. <i>luxurians</i> Rehder		○	○			
26	アオノクマタケラン <i>Alpinia intermedia</i> Gagnep.		○	○			
27	ヤブツバキ <i>Camellia japonica</i> L.		○	○			
28	アリドオシ <i>Damnacanthus indicus</i> C.F. Gaertn. var. <i>indicus</i>			○			
29	ウツギ <i>Deutzia crenata</i> Siebold et Zucc.			○			
30	ガクアジサイ <i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser. f. <i>normalis</i> (E.H. Wilson) H. Hara			○			
31	ヘラシダ <i>Deparia lancea</i> (Thunb.) Fraser-Jenk.			○			
32	ヤツデ <i>Fatsia japonica</i> (Thunb.) Decne. et Planch.			○			
33	オオバエゴノキ <i>Styrax japonicus</i> Siebold et Zucc. var. <i>kotoensis</i> (Hayata) Masam. et Suzuki			○	○		
34	ツルグミ <i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.			○	○		
35	スタジイ <i>Castanopsis sieboldii</i> (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba			○	○		
36	イスマキ <i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet f. <i>spontaneus</i> H. Ohba et S. Akiyama				○		
37	ウラシマツウ <i>Arisaema thunbergii</i> Blume subsp. <i>urashima</i> (H. Hara) H. Ohashi et J. Murata				○		
38	カクレミノ <i>Dendropanax trifidus</i> (Thunb.) Makino ex H. Hara				○		
39	カラスザンショウ <i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Siebold et Zucc.				○		
40	シキミ <i>Illicium anisatum</i> L.				○		
41	シロタモ <i>Neolitsea sericea</i> (Blume) Koidz.				○		
42	フウトウカズラ <i>Piper kadsura</i> (Choisy) Ohwi				○		
43	ホソバカナワラビ <i>Arachniodes exilis</i> (Hance) Ching				○		
合計		6	9	22	21	20	

の直径を 3 cm として計算した。遷移の進行に伴う基底面積の変化と、さらに横軸に溶岩の年代(噴火からの経過年数)を用いて表した出現種数と基底面積の変化について、それぞれ図 2 と図 3 に示した。

表 3 および図 2 により、森林の優占種が、① オオバヤシャブシ → ② オオバヤシャブシ、タブノキ → ③ タブノキ、オオシマザクラ → ④ スタジイ、タブノキ、ヤブツバキと移り変わっているのが分かる。この地域の極相林と言われる照葉樹林の一構成種タブノキが調査プロット②で第 2 位の優占種となっ

ており、比較的早いステージで優占している。図 3 により、遷移の進行に伴う基底面積の変化は、最初の 100 年で大きく増加し、その後ゆっくりと増加する傾向にある。それに対して、出現種数から見る生物多様性の変化は基底面積の変化より早く、最初の数十年で急激に増加してそれ以降はほとんど変化しないか、収斂的に減少する傾向にある。

次に、図 4 に各調査プロットの樹冠投影図(現地の写真、植生模型を対にして示した)を示した。すべてのプロットで図の上下が斜面の傾斜の上下と一致して

表 3. 調査プロットに出現した樹木の個体数, 胸高断面積, 基底面積.

Table 3. Population, cross section at breast height and basal area of trees of the survey plots.

調査プロット	種名	個体数	胸高断面積合計 (m ² /ha)	基底面積 (m ² /ha)		
①	オオバヤシャブシ	65	1.4	1.4		
	オオバヤシャブシ	8	40.8			
②	タブノキ	10	16.5	67.7		
	オオシマザクラ	2	4.9			
	ヤブニッケイ	2	3.9			
	クロマツ	2	1.6			
	タブノキ	11	73.4			
③	オオシマザクラ	3	29.3	120.7		
	ヒメユズリハ	3	5.7			
	オオバヤシャブシ	4	4.8			
	ヒサカキ	2	3.9			
	イスビワ	3	1.2			
	ヤブニッケイ	1	1.1			
	スダジイ	1	0.8			
	ハチジョウイボタ	1	0.5			
	オオバエゴノキ	1	0.4			
	スダジイ	5	247.4			
	④	タブノキ	4		37.3	311.5
		ヤブツバキ	17		26.0	
		カラスザンショウ	1		0.8	

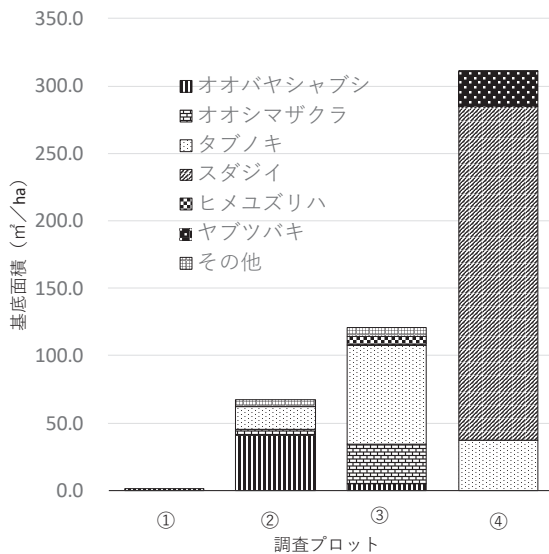


図 2. 各調査プロットにおける基底面積.

Fig. 2. Base area of each survey plot.

いる. プロット①から④にかけて, 遷移の進行に伴って, 林冠のうっ閉率, 常緑樹の占める割合がそれぞれ増加しているのが分かる.

この研究結果から, 三宅島の火山溶岩上の一次遷移系列は, 溶岩の裸地→ハチジョウススキ, ハチジョウイタドリを伴ったオオバヤシャブシ低木林→オオバヤシャブシを優占種とする陽樹林→タブノキを優占種とする陰樹林→スダジイを優占種とする陰樹林(極相

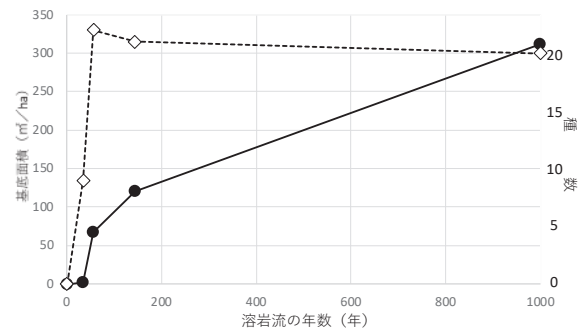


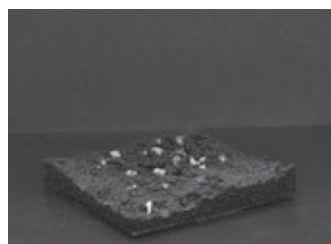
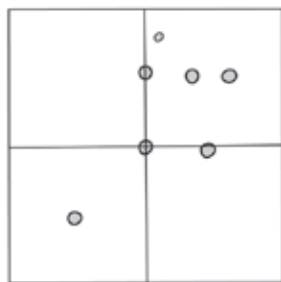
図 3. 溶岩流の経過年数に伴う出現植物種数および基底面積の変化.

Fig. 3. Changes in the number of plant species and basal area with the age of lava flow.

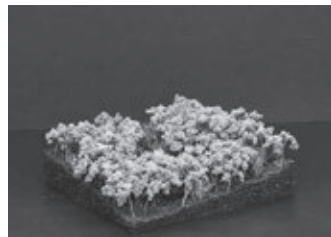
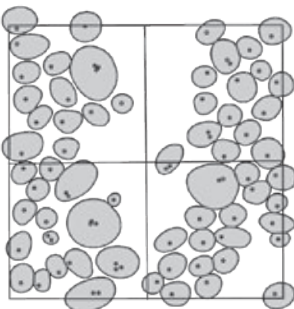
林)となる. 一次遷移は, 草本群落→低木林→陽樹林→陰樹林という系列が一般的であるといわれるが, 三宅島の溶岩上で見られる植生遷移の特徴としては, 遷移の初期段階で木本植物であるオオバヤシャブシが侵入する, 陰樹であるタブノキが早い段階で侵入し, 陽樹林でタブノキが第2位の優占種となっている, ということである. また, 極相群落を構成する草本植物, 木本植物ともに遷移の早い段階で侵入しているものが多くあることが分かった. これらの結果は, Kamijo *et al.* (2002) とほぼ一致しており, 先行研究の結果を補完する役割を果たしたと考えている.



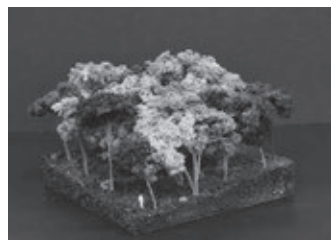
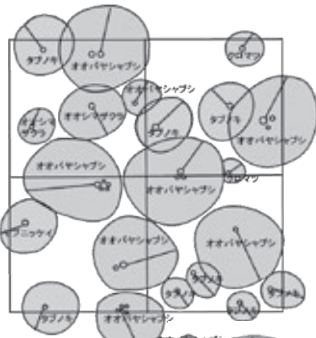
プロット① オオバヤシャブシ, ハチジョウススキ, ハチジョウイタドリが粗に生える.



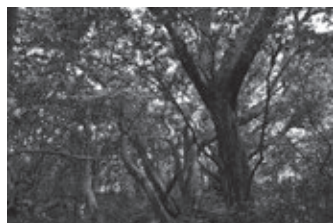
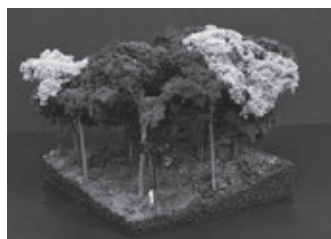
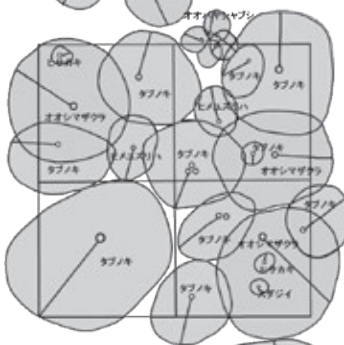
プロット② オオバヤシャブシの低木林 (樹高5m) の下層にハチジョウススキ, ハチジョウイタドリが生える.



プロット③ オオバヤシャブシの優占林にタブノキ, オオシマザクラなどが混じる (林冠の高さ10m) .



プロット④ タブノキ優占林にオオシマザクラ, ヤブニッケイなどが混じる (林冠の高さ14m) .



プロット④ スダジイ優占林にタブノキなどが混じる, 亜高木層にヤブツバキが多く生える (林冠の高さ14m) .



20m x 20m
大きな円は樹冠
小さな円は幹を表す
黄緑: 落葉樹 緑: 常緑樹

図 4. 各調査プロットの樹冠投影図, 風景, 植生模型.
Fig. 4. Canopy projections, landscapes and vegetation models of each survey plot.

植生模型の製作について

植生模型の製作は、有限会社ティーアンドティー（代表取締役社長 塚田和美 〒322-0047 栃木県鹿沼市酒野谷 248）に委託した。

植生模型の縮尺は、67分の1とした（20 m × 20 m の調査プロットの方形枠を 30 cm × 30 cm に縮小、高さについても同じ縮尺）。植生模型の写真は図 4 に樹冠投影図と対応してみられるように示した

製作に当たって、次の資料を用意した。

1 樹冠投影図

2 鳥瞰見取図

3 個々の樹木の樹高と胸高直径のデータ

4 樹木の種ごと、樹高ごとの側面図（プロファイル）

5 調査地の写真および植物種ごとの写真資料

6 林床のおもな草本植物の模式図（イメージの分かるもの）

製作は 2018 年 4 月～6 月に行った。

製作に当たって工夫したことは、樹木の樹冠の色については、落葉樹は黄緑色、常緑樹は深緑色とした。樹木の樹皮については、色、模様などをできるだけ実物に近づけた。下生えの植物については、いろいろな材料を使って質感を高めた。例えば、ハチジョウウイタドリは、耐久性を高める処理をしたコツボゴケの実物を用いた。また、植生模型に同縮尺の人模型を配置し、実感できるようにした。さらに、5つの植生模型は、これらを収納するプラスチックケースを用意し、効率よく運搬できるようにした（図 5）。

植生模型は、ミュージアムパーク茨城県自然博物館の第 72 回企画展（図 6）で展示した後も、NHK 高校講座生物基礎 2018 年度第 31 回「植生の遷移」（2018 年 12 月 4 日 14:40-15:00 NHK E テレで放映）、同じく 2019 年度生物基礎第 31 回「植生と遷移」（2019 年 12 月 3 日同時間で放映）に使用、富山市科学博物館の 2019 年度特別展「タテヤーマ火山局」（2019 年 7 月 13 日～9 月 8 日開催）に展示（図 7）、上條が三宅島で行った「雄山における東京都版エコツアーリズムの『東京都自然ガイド』認定講習」（東京都三宅村アカコッコ館、2019 年 11 月 22 日）において「伊豆諸島の植物」のテーマで行った講演で展示解説、2020 年度の筑波大学の講義（総合科目森林、生態学）などで使用している。今後もいろいろな場面で活用していきたい。



図 5. ケースに収めた植生模型。
Fig. 5. Vegetation models in a case.



図 6. ミュージアムパーク茨城県自然博物館第 72 回企画展「火山列島・日本-大地との語らい-」の展示風景。
Fig. 6. A scene of the 72nd Exhibition “Volcanic Activity on the Islands of Japan” in Ibaraki Nature Museum.



図 7. 富山市科学博物館 2019 年度特別展「タテヤーマ火山局」の展示風景。
Fig. 7. A scene of the Special Exhibition 2019 “Tatejama Volcano Bureau” in Toyama Science Museum.

謝 辞

本研究を進めるにあたって、現地調査において津村一、加倉田学、川越みなみ、岡島菜穂子の各氏の協力を得た。富山市科学博物館の展示では特別展チーフの増渕佳子氏にお世話になった。各位に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 服部 保・南山典子・岩切康二・栃本大介. 2012. 照葉樹林帯の植生一次遷移－特に桜島の溶岩原について－. 植生学会誌, **29** (2): 75-90.
- Hiroki, S. and K. Ichino. 1993. Difference of invasion behavior between two climax species, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* and *Mechilus thunbergii*, on lava flows on Miyakejima, Japan. *Ecological Research*, **8**: 167-172.
- Kamijo, T., K. Kitayama, A. Sugawara, S. Urushimichi and K. Sasai. 2002. Primary succession of the warm-temperate broad-leaved forest on a volcanic island, Miyake-jima, Japan. *Folia Geobotanica*, **37**: 71-91.
- 上條隆志. 2010. 森の遷移. 森林学への招待. pp. 13-25, 筑波大学出版会.
- Tagawa, H. 1964. A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan. 1. Dynamics of vegetation. *Memoirs of the faculty of science, Kyushu Unjversity, Series E, (Biology)*, **3**: 166-229.
- Tezuka, Y. 1961. Development of vegetation in relation to soil formation in the volcanic island of Oshima, Izu, Japan. *Japanese Journal of Botany*, **17**: 371-402.
- 津久井雅志・川邊禎久・新堀賢志. 2005. 三宅島火山地質図. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

(キーワード): 三宅島, 植生遷移, 植生模型.

資料

茨城県妙岐ノ鼻（浮島湿原）のコケ植物相

鶴沢美穂子*・杉村康司**・***

(2020年9月6日受理)

Bryophytes Flora of Myoginohana Moor, Ibaraki Prefecture, Japan

Mihoko UZAWA* and Koji SUGIMURA**・***

(Accepted September 6, 2020)

Abstract

We surveyed the bryophytes flora of Myoginohana moor in Ibaraki Prefecture from 2009 to 2015, and collected 144 specimens of bryophytes. We identified 25 species, which were classified into 18 genera of 11 families. They include five endangered species, i.e., *Sphagnum fimbriatum* Wilson ex Wilson & Hook.f., *S. microporum* Warnst. ex Cardot, *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Sasaokaea aomoriensis* (Paris) Kanda and *Gollania splendens* (Broth. ex Iisiba) Nog. It was suggested that the number of bryophytes species, especially endangered species, tended to grow relatively abundantly in the areas where removing or burning of weeds was carried out.

Key words: bryophytes, flora, Ibaraki Prefecture, Lake Kasumigaura, Myoginohana Moor, *Sphagnum*.

はじめに

茨城県の妙岐ノ鼻（浮島湿原）は、霞ヶ浦東南岸の新利根川の河口（北緯 35 度 57 分，東経 140 度 27 分）に位置する低海拔地の低層湿原である。面積は約 52 ha で，標高は 0～1 m，利根川水系の河川改修基準面（YP）による水位は YP+1.1～1.9 m である（路川・前田，1994）。ヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. が優占する霞ヶ浦最大の湿性植物群落を有し，環境庁により特定植物群落に選定されている（環境庁，1980）。路川・前田（1994）はこの湿原を地理的条件から 8 つの区域に分け，279 種の維管束植物を記録するとともに

に，それらの分布を明らかにしている。その後の調査結果を合わせると，この湿原には，302 種の植物が生育していることが明らかになっている（国土交通省河川局河川環境課，2001）。その中には，妙岐ノ鼻で唯一生育が確認されているカドハリイ *Eleocharis tetraquetra* Nees var. *tsurumachii* (Ohwi) Ohwi がある。また，シムラニンジン *Pterygopleurum neurophyllum* (Maxim.) Kitag., ハナムグラ *Galium tokyoense* Makino など，環境省が選定する絶滅危惧種が 14 種含まれている（環境省，2015a）。

一方コケ植物については，茨城県では数少ないミズゴケ類の生育地として知られるとともに（路川・前田，

* ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

** 熊本大学薬学部 〒862-0973 熊本県熊本市中央区大江本町 5-1 (School of Pharmacy, Kumamoto University, 5-1 Oehonmachi, Chuo-ku, Kumamoto 862-0973, Japan).

*** ミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査調査員。

1994; 杉村ほか, 2011), 環境省レッドデータブック (環境省, 2015b) の絶滅危惧 I 類に選定されているササオカゴケ *Sasaokaea aomoriensis* (Paris) Kanda とオオカギイトゴケ *Gollania splendens* (Broth. ex Iisiba) Nog. が生育していることが明らかになっている (鵜沢, 2010; 鵜沢ほか, 2019). 特に, オオカギイトゴケは現存する生育地が妙岐ノ鼻と千葉県成東・東金植物群落の 2カ所のみであり, 貴重な生育地の 1つとなっている (鵜沢ほか, 2019). また, 妙岐ノ鼻においてはコケ植物と維管束植物の関係についていくつかの研究が行われており, 維管束植物の絶滅危惧種数種の分布がコケ植物の群落に偏っていること (野副ほか, 2010), コケ植物が維管束植物の発芽セーフサイトを形成している可能性が高いこと (Wang *et al.*, 2012), 出現するコケ植物の種類によって維管束植物の種組成に明瞭な違いが見られること (杉村・鵜沢, 2015) が明らかになっている. このように, 妙岐ノ鼻においては, コケ植物自体の希少種が分布するだけでなく, コケ植物と維管束植物に強い関係性があることが示唆されている. しかし, 妙岐ノ鼻のコケ植物においては前述のような断片的な報告しかなく, これまでコケ植物相の網羅的な調査は行われていなかった. 本報告では, 妙岐ノ鼻の動植物の多様性を保全する基礎資料とするため, コケ植物相の調査を行い結果をリストとしてまとめた.

調査方法

調査は 2009 年から 2015 年までに計 9 回実施した. 調査地域は, 路川・前田 (1994) に従い, 8 区域に分割した (図 1). E 区においては, 湿地とは環境が大きく異なる土手の部分にもコケ植物の生育が見られたため, 土手の部分を区別して記録を行った.

調査は踏査により行い, コケ植物の生育環境と区域を記録するとともに一部を採集し標本にした. また, 外部の協力者より数点の標本の提供を受けた. これらの証拠標本はミュージアムパーク茨城県自然博物館 (INM) と熊本大学 (KUMA) に保管されている. なお, 妙岐ノ鼻は古くからヨシ地として利用され, 主に住民による刈り取りと火入れが繰り返されてきた (路川・前田 1994). 本研究期間中に草本の刈り取り等が行われたことが目視により確認できた場所は同時に記録を行った.

路川・前田 (1994) による調査結果に, 本研究で現

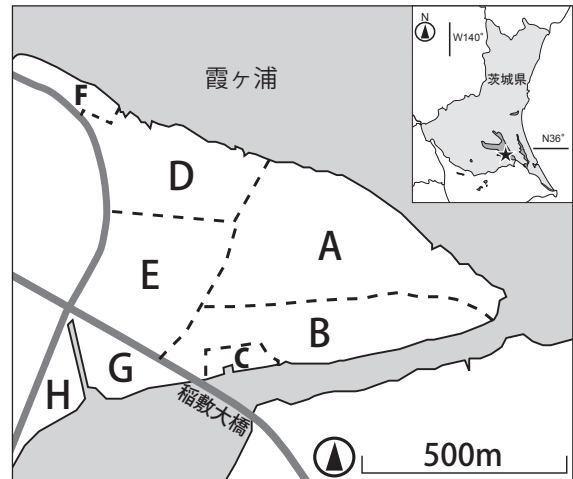


図 1. 調査地. A-H の区域は路川・前田 (1994) に基づく. Fig. 1. Study area. The area A-H is based on Michikawa and Maeda (1994).

地の植生を踏査した結果を加えた 8 区域の植生の特徴は, 以下の通りである.

A 区: 水路と霞ヶ浦湖岸線で囲まれた半島の先端部外側の区域である. 河川改修基準面 YP +1.1 m と水位の低い所が多い. ヨシが優占する群落が多く分布し, 常時冠水するような場所では, カサスゲーヨシ群落が多く, やや凸地の場所ではカモノハシヨシ群落がやや多く分布する.

B 区: 水路と新利根川側湖岸線で囲まれた半島先端部内側の区域である. 河川改修基準面 YP +1.1 m と水位が低い所が多い. カサスゲーヨシ群落が多く分布し, 一部分にカモノハシヨシ群落が分布する.

C 区: 水資源公団の作業ヤード区域であり, 河川改修基準面 YP +1.4 m と高い所が多い. 人為的攪乱が多く, ブタナ *Hypochaeris radicata* L., ヒメコバンソウ *Briza minor* L., シマスズメノヒエ *Paspalum dilatatum* Poir. などの帰化植物が多い.

D 区: 水路, 湖岸線, 観察路に囲まれた半島基部の北半区域である. 河川改修基準面 YP +1.1 m と低い所が多い中, YP +1.2 m とやや高い所が含まれる. ヨシカモノハシ群落が多く分布し, 一部分にカサスゲーヨシ群落が分布する. 湿原を特徴づける大型多年生湿生植物であるノハナショウブ *Iris ensata* Thunb. var. *spontanea* (Makino) Nakai ex Makino et Nemoto やミズチドリ *Platanthera hologlottis* Maxim. が出現する. また, 湿生の貴重種であるハナムグラやカドハリイに加えて, 注目すべき希少なヌマアゼスゲ *Carex cinerascens*

Kük., アサマスケ *Carex lithophila* Turcz., ヌマクロボスゲ *Carex meyeriana* Kunth などのカヤツリグサ科 Cyperaceae Juss. の種が多い。さらに、ミズゴケ類が分布する高層湿原的な微高地も見られる。

E区：水路と観察路に囲まれた区域に外側の干拓堤（土手）を加えた半島基部の南部区域である。河川改修基準面 YP +1.1 m と低い所から YP +1.4 m と高い所まで様々な所が含まれる。カモノハシヨシ群落が多く分布し、一部分にカサスゲヨシ群落も分布する。湿原を特徴づける大型多年生湿生植物であるミズオトギリ *Triadenum japonicum* (Blume) Makino, ナガボノシロワレモコウ *Sanguisorba tenuifolia* Fisch. ex Link, ヌマトラノオ *Lysimachia fortunei* Maxim., クサレダマ *Lysimachia vulgaris* L. subsp. *davurica* (Ledeb.) Tatew., シロネ *Lycopus lucidus* Turcz. ex Benth. などが多く出現する。また、ミズゴケ類が分布する高層湿原的な微高地が存在する。

F区：北部の観察路から西の湖岸線に沿う区域である。河川改修基準面 YP +1.4 m と高い所が多い。堤防からの距離が近いので、コマツヨイグサ *Oenothera laciniata* Hill, トウオオバコ *Plantago japonica* Franch. et Sav. などの帰化植物やイシミカワ *Persicaria perfoliata* (L.) H.Gross, ケキツネノボタン *Ranunculus cantoniensis* DC., オニタビラコ *Youngia japonica* (L.) DC. などの路傍雑草が出現する。

G区：稲敷大橋から尾島樋管排水路までの区域である。河川改修基準面 YP +1.8 m と高い所が多くノイバラ *Rosa multiflora* Thunb. などが侵入する。観察路から近いので、アメリカセンダングサ *Bidens frondosa* L., ヒメジョオン *Erigeron annuus* (L.) Pers. などの帰化植物やコハコベ *Stellaria media* (L.) Vill., カモジグサ *Elymus tsukushiensis* Honda var. *transiens* (Hack.) Osada などの路傍雑草が多く出現する。

H区：河川改修基準面 YP +1.9 m と高い所が多い。尾島樋管排水路から南の区域である。ヨシ群落内にオギ *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. et Hook.f. ex Franch. やトダシバ *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka などが侵入している部分があり、乾燥化が進みつつある。また、堤防から近いので、マメゲンバイナズナ *Lepidium virginicum* L., ヒメオドリコソウ *Lamium purpureum* L., アメリカイヌホオズキ *Solanum emulans* Raf. などの帰化植物が出現する。その一方で、小型の湿生植物であるヒメシダ *Thelypteris palustris*

(Salisb.) Schott, アリアケスミレ *Viola betonicifolia* Sm. var. *albescens* (Nakai) F.Maek. et T.Hashim., ツボスミレ *Viola verecunda* A.Gray, チゴザサ *Isachne globosa* (Thunb.) Kuntze などが出現する湿地が中央部にあり、そこにはカモノハシヨシ群落が見られる。

結果および考察

著者らが収集した144点の標本の同定を行った結果、蘚類 11科 18属 25種のコケ植物を確認した。いくつかの種では孢子体の形成も確認された。リストを末尾に記す。なお、今回の調査では、苔類とツノゴケ類は確認されなかった。この中で、ササオカゴケ（図2）とオオカギトゴケ（図3）は環境省のレッドデータブック（環境省, 2015b）と茨城県版レッドデータブック（茨城県, 2020）により絶滅危惧I類に選定されている。また、コアナミズゴケ、ヒメミズゴケは茨城県



図2. ササオカゴケ。

Fig. 2. *Sasaokaea aomoriensis* (Paris) Kanda.



図3. オオカギトゴケ。

Fig. 3. *Gollania splendens* (Broth. ex Iisiba) Nog.

版レッドデータブック（茨城県，2020）により絶滅危惧Ⅱ類，フロウソウは準絶滅危惧種に選定されている。

ミズゴケ類に着目して見ると，これまでの研究でミズゴケ類が良く調べられているのは，北海道などの北方地域の湿原（橘・伊藤，1980）と中部山岳地帯などの高層湿原（松田，1985）や針葉樹林帯（上野ほか，1995）である（松田，2002）．従って，関東地方の低地（利根川水系の河川改修基準面 YP +1.1 ~ 1.9 m）に位置する妙岐ノ鼻で行った本研究は，ヨシが優占する低層湿原に生育するミズゴケ類を含むコケ植物相の実態を明らかにした数少ない報告事例である．さらに，ミズゴケ類 1 種が出現する湿原は比較的多いが，2 種類以上のミズゴケ類が出現する湿原は限定されることが

知られており（松田，2002），ヒメミズゴケとコアナミズゴケの 2 種の分布が確認された妙岐ノ鼻は，ミズゴケ類の貴重な生育地であると考えられる．このようにミズゴケ類に適した環境である妙岐ノ鼻において，低地に分布するミズゴケ類の中で最も普通に見られるはずのオオミズゴケを確認することができなかったことは興味深い．これは，妙岐ノ鼻内の水分環境が水位変動や氾濫が頻繁に発生することにより変化しやすく（中田ほか，2009），オオミズゴケの主要な生育地である，湿原の周辺部や谷間の細流沿いの湿った林床や林縁部などの，比較的安定した場所とは水分環境が異なるためと考えられる．

各区域のコケ植物の出現状況をミズゴケ類，湿地生

表 1. 各区域におけるコケ植物の出現状況.

Table 1. Appearance of bryophytes in each area.

種名	区域									出現回数
	A	B	C	D	E	E*	F	G	H	
1. ミズゴケ類										
<i>Sphagnum microporum</i> コアナミズゴケ (IB)				○	○				○	3
<i>Sphagnum fimbriatum</i> ヒメミズゴケ (IB)				○	○					2
2. 湿地生の種										
<i>Leptodictyum humile</i> ハヤマヤナギゴケ	○			○	○		○		○	5
<i>Thuidium subglauzinum</i> オオアオシノブゴケ				○	○				○	3
<i>Sasaokaea aomoriensis</i> ササオカゴケ (RDB, IB)				○	○				○	3
<i>Climacium dendroides</i> フロウソウ (IB)	○			○						2
<i>Gollania splendens</i> オオカギイトゴケ (RDB)	○									1
3. その他の種										
<i>Callicladium haldanianum</i> クサゴケ	○			○	○					3
<i>Haplocladium microphyllum</i> コメバキヌゴケ	○		○							2
<i>Brachymenium exile</i> ホソウリゴケ	○				○					2
<i>Hypnum plumaeforme</i> ハイゴケ				○		○				2
<i>Physcomitrium japonicum</i> コツリガネゴケ	○									1
<i>Physcomitrium sphaericum</i> アゼゴケ	○									1
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> オオハリガネゴケ	○									1
<i>Weissia controrersa</i> ツチノウエノコゴケ			○							1
<i>Weissia crispa</i> ツチノウエノタマゴケ			○							1
<i>Bryum caespiticium</i> ホソハリガネゴケ			○							1
<i>Haplocladium angustifolium</i> ノミハニワゴケ			○							1
<i>Amblystegium varium</i> ナミスジヤナギゴケ				○						1
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i> コガネハイゴケ				○						1
<i>Hypnum sakuraii</i> オオベニハイゴケ				○						1
<i>Atrichum undulatum</i> ナミガタタチゴケ						○				1
<i>Weisia exserta</i> トジクチゴケ						○				1
<i>Plagiomnium acutum</i> コツボゴケ						○				1
<i>Oxyrrhynchium hians</i> ツクシナギゴケモドキ									○	1
区域ごとのコケ植物の出現種数**	9	0	5	11	7	4	1	0	5	全区域計 25 種類
区域ごとの維管束植物の出現種数***	14	17	25	51	71	-	30	30	42	全区域計 278 種類

E*: 湿地外の土手区域

コケ植物の出現種数**: 本調査による出現種数

維管束植物の出現種数***: 路川・前田 (1994) による出現種数

RDB: 環境省 (2015b) レッドデータブック掲載種

IB: 茨城県 (2020) レッドデータブック掲載種

の種、その他の種に分けて、表1に示すとともに、路川・前田（1994）による維管束植物の出現種数を追記した。以下に、各区域におけるコケ植物の出現状況の概要とその生育環境を記す。

A区：コケ植物の生育量は少なく、半島の先端付近の地面で少量のコツリガネゴケ、アゼゴケ、ホソウリゴケ、オオハリガネゴケ、コメバキヌゴケ、ハヤマヤナギゴケを確認した。D区とE区に近い場所でオオカギイトゴケ、フロウソウ、ハヤマヤナギゴケ、クサゴケを確認したが、地面の水分量が多い低層湿原の環境で、冬に草本の刈り取りが行われた場所であった。A区では計9種のコケ植物を確認した。

B区：コケ植物は確認できなかった。

C区：人工物である観察台の周辺の比較的乾燥した土壌にツチノウエノコゴケ、ツチノウエノタマゴケ、ホソハリガネゴケ、ノミハニワゴケ、コメバキヌゴケを確認した。C区では計5種のコケ植物を確認した。

D区：ヒメミズゴケ、コアナミズゴケ、フロウソウ、オオアオシノブゴケ、ハヤマヤナギゴケ、ササオカゴケ、ハイゴケなど、ミズゴケ類と湿地生の種が集中して分布していた。E区に比較的近い湿原環境にはササオカゴケ、クサゴケを確認した。この地区では冬に草本の刈り取りが広い面積で行われていた。D区では計11種のコケ植物を確認した。

E区：ヒメミズゴケ（図4）、コアナミズゴケ（図5）、オオアオシノブゴケ、ハヤマヤナギゴケ（図6）、ササオカゴケ、クサゴケが確認された。鳥類観察小屋から同心円状に水路が掘られており、水路に沿ってミズゴケ類が豊富に生育していた。この地域では、毎年ではないが、冬に刈り取りや火入れが行われていた。な

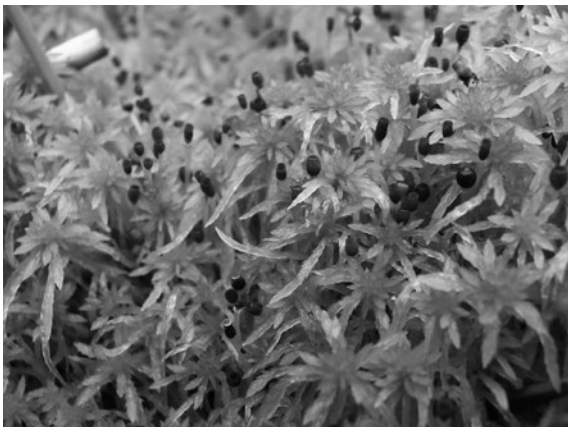


図4. ヒメミズゴケ.

Fig. 4. *Sphagnum fimbriatum* Wilson ex Wilson & Hook.

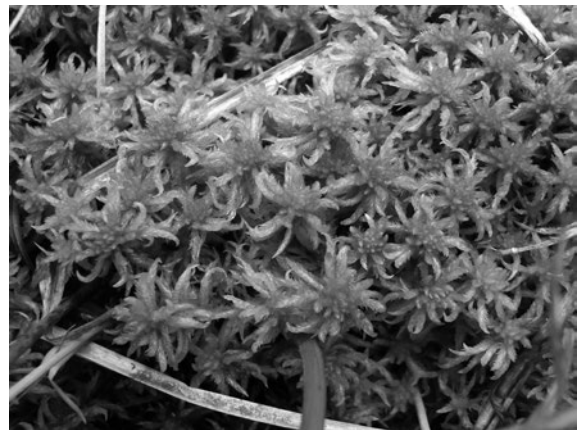


図5. コアナミズゴケ.

Fig. 5. *Sphagnum microporum* Warnst. ex Cardot.



図6. ハヤマヤナギゴケ.

Fig. 6. *Leptodictyum humile* (P.Beauv.) Ochyra.

お、周辺の土手には比較的乾燥した土壌が広がっており、ナミガタチゴケ、トジクチゴケ、コツボゴケ、ハイゴケが生育していた。E区では計7種、土手（E'区）では計4種のコケ植物を確認した。

F区：木道が設置されており、その脇の湿地にハヤマヤナギゴケが確認された。その他の場所ではコケ植物は出現しなかった。F区では計1種のコケ植物を確認した。

G区：コケ植物は確認されなかった。

H区：湿原の中央付近では微高地があり、コアナミズゴケ、オオアオシノブゴケ、ハヤマヤナギゴケ、ササオカゴケ、ツクシナギゴケモドキが確認された。この地区では冬に草本の刈り取りが行われていた。H区では計5種のコケ植物を確認した。

環境省と茨城県版の絶滅危惧種に選定されている湿生コケ植物であるオオカギイトゴケとササオカゴケの

分布をみると、オオカギトゴケはA区(D, E区近い部分)に、ササオカゴケはD, E, H区に分布することが明らかになった。さらに、茨城県の絶滅危惧種に選定されている湿生コケ植物であるコアナミズゴケはD, E, H区、ヒメミズゴケはD, E区、フロウソウはA区(D, E区に近い部分)とD区に分布することが明らかになった。これらの4区域は、他地区に比べてコケ植物の出現種数が多いことに加え、冬に草本の刈り取りや火入れが行われた区域であった。さらに、D区とE区は、湿原を特徴づけるミズゴケ類と湿地生のコケ植物が多く出現することに加えて、大型多年生の湿生維管束植物が多く出現しており、妙岐ノ鼻(浮島湿原)の湿地の中で、コケ植物と維管束植物の保全にとって重要な生育地であると考えられる。湿地の環境は変化しやすいため、草本の刈り取りの状況も含めコケ植物の出現状況を把握する調査を今後も継続的に行う必要がある。

妙岐ノ鼻コケ植物目録

科の配列と各属の所属は岩月(編)(2001)に従った。また、科の中の種の配列は学名のアルファベット順とした。学名および和名については、Iwatsuki(2004)に従った。各種について、学名、和名、採集区域を、代表的な標本については、採集日、標本番号、コレクター名を順に記した。同日に同種の標本を複数採集した場合、代表する1点のみ記載した。コレクター名は略称で記し、杉村康司はKS、鶴沢美穂子はMUとした。コレクターが採集していない標本(外部の協力者が採集した標本の提供を受けた場合)は、採集者を括弧の中に記した。なお、KSの標本は熊本大学(KUMA)に、MUの標本は茨城県自然博物館(INM)に保管されている。また、標本が孢子体を有していた場合は、c. fr.と括弧の中に記した。なお、採集区域について、E区の土手で採集された標本は、E*と表記した。

Bryopsida 蘚綱

Sphagnaceae ミズゴケ科

1. *Sphagnum fimbriatum* Wilson ex Wilson & Hook.f.

ヒメミズゴケ D, E

2009/11/10 F60251 (KS), 2010/03/06 INM-2-97870 (MU), 2010/03/12 INM-2-97871 (MU), 2010/06/16

INM-2-97886 (MU, c. fr.), 2010/12/02 INM-2-97891 (MU, c. fr.), 2013/03/28 INM-2-97915 (MU), 2014/08/08 INM-2-97919 (MU), 2015/03/12 INM-2-97933 (MU).

2. *Sphagnum microporum* Warnst. ex Cardot コアナミズゴケ D, E, H

2010/03/12 INM-2-97872 (MU), 2010/06/16 INM-2-97882 (MU), 2010/12/02 INM-2-97892 (MU), 2013/03/28 F70207. (KS).

Polytrichaceae スギゴケ科

3. *Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv. ナミガタタチゴケ E*

2010/12/02 F60697 (KS).

Pottiaceae センボンゴケ科

4. *Weissia controrsera* Hedw. ツチノウエノコゴケ C

2015/03/12 F80001 (KS).

5. *Weissia crispa* (Hedw.) Mitt. ツチノウエノタマゴケ C

2015/03/12 INM-2-97935 (MU, c. fr.).

6. *Weisia exserta* (Broth.) P.C.Chen トジクチゴケ E*

2010/12/02 F60701 (KS).

Funariaceae ヒョウタンゴケ科

7. *Physcomitrium japonicum* (Hedw.) Mitt. コツリガネゴケ A

2015/03/12 INM-2-97925 (MU, c. fr.).

8. *Physcomitrium sphaericum* (Ludw.) Fuernr. アゼゴケ A

2015/03/12 F80007 (KS).

Bryaceae ハリガネゴケ科

9. *Brachymenium exile* (Dozy et Molk.) Bosch et Sande Lac. ホソウリゴケ A, E

2015/3/12 INM-2-97928 (MU).

10. *Bryum caespiticium* Hedw. ホソハリガネゴケ C

2015/3/12 F80003 (KS).

11. *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn. オオハリガネゴケ A

2015/3/12 INM-2-97927 (MU).

Mniaceae チョウチンゴケ科

12. *Plagiomnium acutum* (Lindb.) T.J.Kop. コツボゴケ E*

2010/12/02 F60703 (KS).

Climaciaceae コウヤノマンネングサ科

13. *Climacium dendroides* (Hedw.) F.Weber & Mohr

フロウソウ A, D

2009/06/16 F60111 (KS), 2013/03/28 INM-2-97913 (MU), 2015/03/12 INM-2-97932 (MU).

Thuidiaceae シノブゴケ科

14. *Haplocladium angustifolium* (Hampe & Müll.Hal.)

Broth. ノミハニワゴケ C, E *

2010/12/02 F60700 (KS), 2015/03/12 INM-2-97936 (MU, c. fr.).

15. *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth. コメ

バキヌゴケ A, C

2015/03/12 INM-2-97926 (MU).

16. *Thuidium subglaucinum* Cardot オオアオシノブ
ゴケ D, E, H

2009/06/16 F60109 (KS), 2010/03/12 INM-2-97878 (MU), 2010/06/11 INM-2-97888 (MU, 採集者: 成島明), 2010/06/16 INM-2-97883 (MU), 2010/12/02 INM-2-97900 (MU), 2013/03/28 F70200 (KS), 2015/03/12 F80012 (KS).

Amblystegiaceae ヤナギゴケ科

17. *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb. ナミスジヤ
ナギゴケ D

2010/12/02 INM-2-97907 (MU).

18. *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra
コガネハイゴケ D

2009/06/16 F60108 (KS).

19. *Leptodictyum humile* (P.Beauv.) Ochyra ハヤマヤ
ナギゴケ A, D, E, F, H

2010/03/12 INM-2-97881 (MU), 2010/06/16 F60527 (KS), 2010/12/02 INM-2-97895 (MU), 2013/03/28 F70203 (KS), 2014/08/08 INM-2-97921 (MU), 2015/03/12 INM-2-97930 (MU, c. fr.), 2015/03/12 F80004 (KS).

20. *Sasaokaea aomoriensis* (Paris) Kanda ササオカゴ
ケ D, E, H

2010/03/12 INM-2-97880 (MU), 2010/06/16 INM-2-97884 (MU), 2010/12/02 INM-2-97897 (MU), 2012/04/09 INM-2-97908 (MU), 2013/03/28 INM-2-97912 (MU), 2014/08/08 INM-2-97920 (MU), 2015/03/12 F80011 (KS).

Brachytheciaceae アオギヌゴケ科

21. *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske ツクシナギ
ゴケモドキ H

2010/12/02 F60710 (KS).

Hypnaceae ハイゴケ科

22. *Callicladium haldanianum* (Grev.) H.A.Crum クサ
ゴケ A, D, E

2009/06/16 F60110 (KS), 2010/06/11 INM-2-97887 (MU, 採集者: 成島明, c. fr.), 2010/12/02 INM-2-97904 (MU, c. fr.), 2013/03/28 F70195 (KS), 2014/08/08 INM-2-97924 (MU), 2015/03/12 F80009 (KS), 2015/10/23 INM-2-97937 (MU, 採集者: 伊藤彩乃).

23. *Gollania splendens* (Broth. ex Iisiba) Nog. オオカ
ギイトゴケ A

2015/3/12 INM-2-97932 (MU).

24. *Hypnum plumaeforme* Wilson ハイゴケ D, E *

2009/06/16 F60112 (KS), 2010/12/02 INM-2-97905 (MU), 2013/03/28 F70206 (KS), 2015/10/23 INM-2-97938 (MU, 採集者: 伊藤彩乃).

25. *Hypnum sakuraii* (Sakurai) Ando オオベニハイゴ
ケ D

2013/03/28 F70198 (KS).

謝 辞

現地調査では、小幡和男氏をはじめとする茨城県自然博物館の職員の協力を得た。また、一部の標本は、国立科学博物館の樋口正信博士と慶應義塾大学の有川智己博士に同定結果を確認していただいた。ここに厚く御礼を申し上げる。

引用文献

- 茨城県. 2020. 茨城における絶滅のおそれのある野生生物 蘚苔類・藻類・地衣類・菌類編 2020年版 (茨城県版レッドデータブック). 147 pp., 茨城県県民生活環境部自然環境課 茨城県生物多様性センター.
- 岩月善之助 (編). 2001. 日本の野生植物 コケ. 355 pp., 平凡社.
- Iwatsuki, Z. 2004. New Catalog of the Mosses of Japan. 182 pp., Hattori Botanical Laboratory, Nichinan.
- 環境庁. 1980. 日本の重要な植物群落 - 北関東版. 大蔵省印刷局, 東京.
- 環境省. 2015a. レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 8 植物 I (維管束植物). 646 pp., ぎょうせい.
- 環境省. 2015b. レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 9 植物 II (蘚苔類・藻類・地衣類・菌類). 580 pp., ぎょうせい.

- 国土交通省河川局河川環境課. 2001. 河川水辺の国勢調査年鑑(河川版)植物調査編. 39 pp., 山海堂, 東京.
- 松田行雄. 1985. 中部地方の高層湿原植生. 宮脇 昭(編). 日本植生誌(中部編). pp. 405-412, 至文堂.
- 松田行雄. 2002. ミズゴケ類の分布と湿原植生. 植物地理・分類研究, 50: 1-13.
- 路川宗夫・前田 修. 1994. 妙岐の鼻湿原の植生. 筑波の環境研究, 15: 67-83.
- 中田 達・塩沢 昌・吉田貢士. 2009. 霞ヶ浦妙岐ノ鼻湿原における水位変化と水循環. 水文・水資源学会誌, 22: 456-465.
- 野副健司・西廣 淳・ホーテス シュテファン・鷺谷いづみ. 2010. 霞ヶ浦湖岸「妙岐の鼻湿原」における植物の種多様性指標としてのカモノハシ. 保全生態学研究, 15: 281-290.
- 杉村康司・今野寿視・高野信也・鵜沢美穂子・樋口正信. 2011. 茨城県産蘚苔類チェックリスト. 茨城県自然博物館研究報告, 14: 93-129.
- 杉村康司・鵜沢美穂子. 2015. 茨城県妙岐ノ鼻(浮島湿原)のヨシ群落の立地指標としてのコケ植物. 保全生態学研究, 20 (1): 27-34.
- 橋ヒサ子・伊藤浩司. 1980. サロベツ湿原の植物生態学的研究. 環境科学, 北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 3: 73-134.
- 上野 健・樋口正信・沖津 進. 1995. 八ヶ岳(中部日本)におけるホソバミズゴケの生育地と地形条件. 日本蘚苔類学会会報, 6 (8):151-156.
- 鵜沢美穂子. 2010. 日本の絶滅危惧種-茨城県妙岐ノ鼻におけるササオカゴケの発見. 蘚苔類研究, 10 (2): 53-55.
- 鵜沢美穂子・杉村康司・樋口正信. 2019. 茨城県妙岐ノ鼻におけるオオカギトゴケの発見. 蘚苔類研究, 12 (1): 14-16.
- Wang, Z., J. Nishihiro and I. Washitani. 2012. Regeneration of native vascular plants facilitated by *Ischaemum aristatum* var. *glaucum* tussocks: An experimental demonstration. *Ecological Research*, 27: 239-244.

(要 旨)

鵜沢美穂子・杉村康司. 茨城県妙岐ノ鼻(浮島湿原)のコケ植物相. 茨城県自然博物館研究報告 第23号(2020) pp. 67-74.

茨城県妙岐ノ鼻において, 2009年から2015年にかけてコケ植物相の調査を行い, 144点の標本を収集した. 標本は11科18属25種に分類された. この中には, 5種の絶滅危惧種(ヒメミズゴケ, コアナミズゴケ, フロウソウ, ササオカゴケ, オオカギトゴケ)が含まれていた. 同地域を8区域に分けて行った比較調査結果から, 草本の刈り取りや火入れが行われる4区域はコケ植物の出現種数が多く, 絶滅危惧種が多く分布する傾向があることが示唆された.

(キーワード): コケ植物, 植物相, 茨城県, 霞ヶ浦, 妙岐ノ鼻, ミズゴケ属.

資料

笠間市仏頂山で採集された土壌性クモ類

菅波洋平*・久松正樹**・***

(2020年9月30日受理)

**Soil Spiders Collected at Mt. Buttyosan in Kasama City,
Ibaraki Prefecture**

Yohei SUGANAMI* and Masaki HISAMATSU**・***

(Accepted September 30, 2020)

Abstract

A list of soil spiders collected from 1987 to 1988 at Mt. Buttyosan in Kasama City is presented. This new list includes 48 species in 20 families, of which *Robertus nojimai*, *Arcuphantes uenoi*, *Walckenaeria orientalis*, and *Tegeocoelotes mizuyamae* are rare species with few records in Japan.

Key words: Arachnida, Araneae, *Robertus nojimai*, *Arcuphantes uenoi*, *Walckenaeria orientalis*, *Tegeocoelotes mizuyamae*.

はじめに

クモ類の分類については、分子系統学の発展もあって分類体系に大きな変更の動きが続いているが、国内では小野(2009)により分類の見直しが行われ、新たな体系で種が分類されるようになってきた。茨城県におけるクモ類の生息調査は、菅波(1971, 1975, 1992)などによって行われ、約460種が報告されているが、主に地上性の種が多い。土壌性の種の報告は、菅波(1991)のほか、ミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査による報告(菅波, 1998, 2001, 2004, 2007)を見るに過ぎない。

筆者の一人、菅波が所属する茨城土壌動物研究会では、1987年6月から1988年5月までの1年間、笠間市仏頂山山腹で土壌動物の生息状況を調査した。近年

多数のクモ類研究者により新種の記載が進み、この調査で採集した土壌性クモ類についても種名が判明したので今回報告する。

なお、土壌性クモ類とは、造網するか否かなどの行動の違いに因らず、土壌より採集された全ての種を含めることにする。また、執筆にあたりクモ類の採集・同定については菅波が行い、論文の構成については主に久松が行った。

調査地および調査方法**1. 調査地**

仏頂山は茨城県と栃木県の県境にある(北緯36度24分15秒, 東経140度11分36秒)標高430.8mの山で、八溝山地の南支脈である鶏足山地の南部に位置する

* 自宅 〒318-0004 茨城県高萩市上手綱53-12 (53-12 Kamitetsuna, Takahagi, Ibaraki 318-0004, Japan).

** つくば市立栄小学校 〒305-0018 茨城県つくば金田54 (Sakae Elementary School, 54 Konda, Tsukuba, Ibaraki 305-0018, Japan).

*** ミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査調査員。

(図1). 比較的傾斜の緩い丘陵地形で、山系に広がる森林はスギ *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. が植林され優良な木材を産出している. 中腹までは暖地性のシラカシ *Quercus myrsinaefolia* Blume, スダジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba などが多く、山頂にかけてはアカシデ *Carpinus laxiflora* (Sieb. et Zucc.) Blume, クマシデ *Carpinus japonica* Blume, イタヤカエデ *Acer pictum* Thunb. subsp. *mono* (Maxim.) H. Ohashi などの樹木も見られる (安見, 2001).

調査は、山頂より南東方向に約 200 m 下がったシデ類が多くみられる標高約 370 m の調査地 1 と、楞厳寺からの登山道を 1 km ほど登ったシラカシが多くみられる標高 300 m の調査地 2 の 2 箇所で行った (図 1).

2. 調査方法

土壌性のクモ類を採集するために、調査地において土壌を採取し、ツルグレン装置で抽出した. 各調査地点で 25 cm × 25 cm の方形区を 8 カ所設け、深さ 5 cm までの土壌サンプルを採取した. 各サンプルは 60W の白熱電球を使用したツルグレン装置で 120 時間の抽出を行った.

抽出したクモ類は、液浸標本にして双眼実体顕微鏡と生物顕微鏡を用いて同定し、ミュージアムパーク茨城県自然博物館に収蔵した. 和名および学名、種の配列は、谷川 (2020) の「日本産クモ類目録 ver. 2020R3」に従った. なお、ヒタチヤマヤチグモ *Tegeocoelotes mizuyamae* Ono, 2008, フタバヤチグモ *Coelotes hamamurai* Yaginuma, 1967, タテヤマテナガグモ *Microbathyphantes tateyamaensis* (Oi, 1960), ザラア

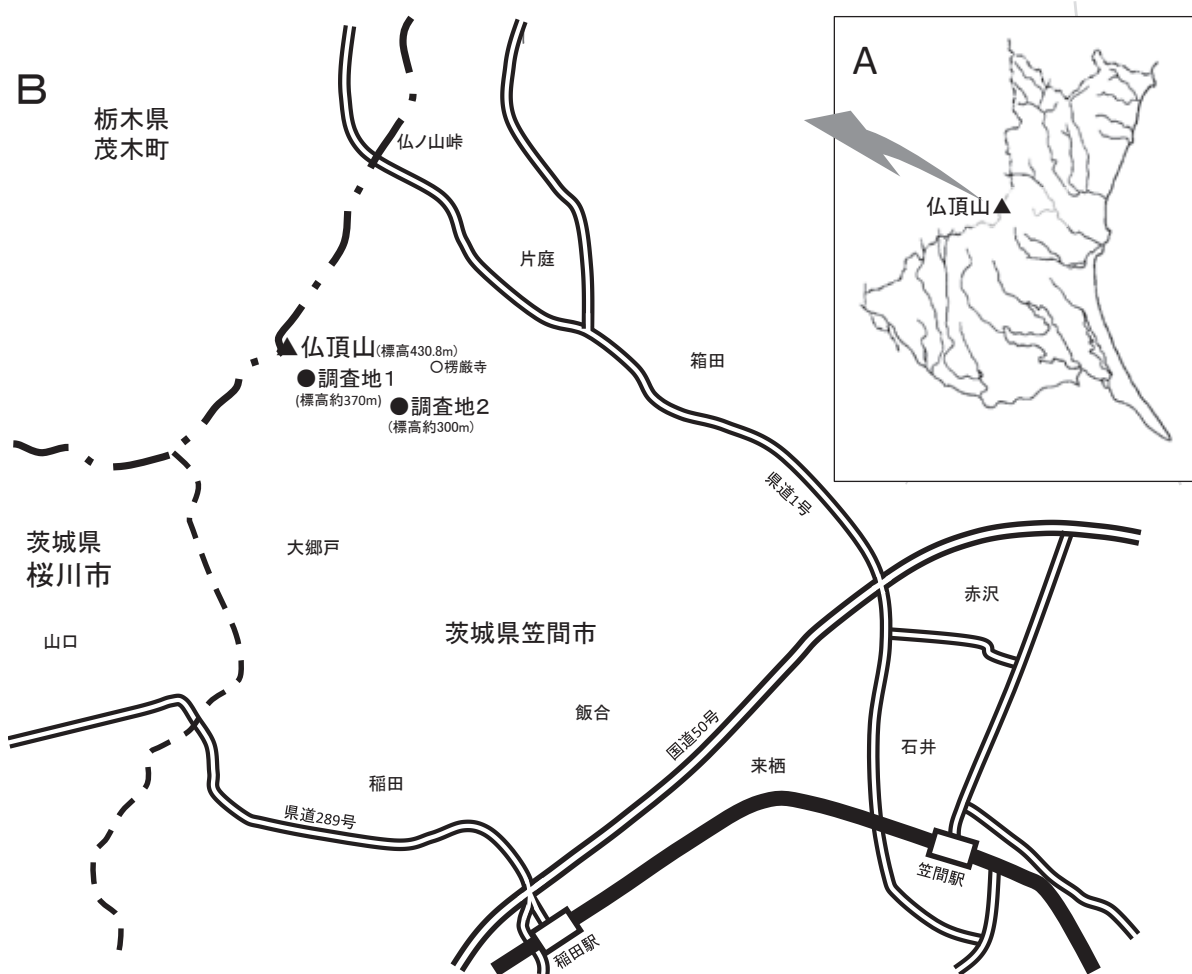


図 1. A: 笠間市仏頂山の位置, B: 調査地の拡大図.

Fig. 1. A: Location of Mt. Buttyosan, Kasama City, Ibaraki Prefecture; B: Magnified map showing the two surveyed sites.

カムネグモ *Asperthorax communis* Oi, 1960 の4種については、国立科学博物館動物研究部の小野展嗣博士の同定による。

3. 調査日

調査は1987年6月から翌年の5月まで、次のように合計11回実施した。

1987年：6月21日，7月19日，8月23日，9月21日，11月23日，12月22日

1988年：1月24日，2月21日，3月21日，4月24日，5月29日

4. 調査参加者

土壌の採取および資料のソーティングは、茨城土壌動物研究会（会長：田村浩志博士）の酒寄 廣氏，宍田幸男氏，菊地義昭氏，茅根重夫氏，大村 邁氏，宮田俊晴氏，萩野康則氏，石井 清氏，中村修美氏，伊藤良作氏，古野勝久氏，細野浩司氏，萩原康夫氏，敦見和徳氏と菅波が行った。

結 果

20科48種1,449個体の土壌性クモ類が記録された(表1)。各科の構成をみるとサラグモ科が最も多く15種(937個体)，カニグモ科5種(16個体)，ヒメグモ科4種(5個体)，タナグモ科3種(30個体)と続き，残りの科は2種以下であった。

調査地内で最も多く記録された種はサクラグモ科のイマダテテングヌカグモ *Oia imadatei* (Oi, 1964) で595個体(381♀214♂)，次いでサクラグモ科オオイワヤマトコナグモ *Paratapytocyba oiwa* (H. Saito, 1980) 254個体(159♀95♂)，ツチフクログモ科イタチグモ *Prochora praticola* (Bösenberg & Strand, 1906) 177個体(176♀1♂)，カネコトタテグモ科カネコトタテグモ *Antrodiaetus roretzi* (L. Koch, 1878) 98個体(98♀)，ウラシマグモ科ウラシマグモ *Phrurolithus nipponicus* Kishida, 1914, 90個体(66♀24♂)，サクラグモ科タテヤマテナガグモ 52個体(33♀19♂) の6種が50個体を超えて採集された。

なお，調査地別に見ると調査地1では13科27種，調査地2では17科36種が採集された。調査地1のみで採集された種は，オキツハネグモ *Orcheatina okitsui* Oi, 1958, ギンメッキゴミグモ *Cyclosa argentealba* Bösenberg

& Strand, 1906, ウエノヤミサラグモ *Arcuphantes uenoi* H. Saito, 1992, ザラアカムネグモ, ニホンウスイロサラグモ *Asthenargus nipponius* H. Saito & Ono, 2001, ヒロテゴマグモ *Pseudomicrargus latitegulatus* (Oi, 1960), ヤマトトウジヌカグモ *Tojinium japonicum* H. Saito & Ono, 2001, カントウヒゲヌカグモ *Walckenaeria orientalis* (Oligier, 1985), ヒタチヤマヤチグモ, マイコフクログモ *Clubiona rostrata* Paik, 1985, エビチャヨリメケムリグモ *Drassyllus sanmenensis* Platnick & Song, 1986, ヤマヨリメケムリグモ *Drassyllus sasakawai* Kamura, 1987の12種，調査地2のみで採集された種はジグモ *Atypus karschi* Dönitz, 1887, キシノウエトタテグモ *Latouchia typica* (Kishida, 1913), ナルトミダニグモ *Ischnothyreus narutomii* (Nakatsudi, 1942), ヨコフマシラグモ *Falcileptoneta striata* (Oi, 1952), ヤホシヒメグモ *Coleosoma octomaculatum* (Bösenberg & Strand, 1906), ツリガネヒメグモ *Parasteatoda angulithorax* (Bösenberg & Strand, 1906), ノジマモリヒメグモ *Robertus nojimai* Yoshida, 2002, スネグロオチバヒメグモ *Stemmops nipponicus* Yaginuma, 1969, クスミサラグモ *Nerienne fusca* (Oi, 1960), ツリサラグモ *Nerienne japonica* (Oi, 1960), アシナガサラグモ *Neriena longipedella* (Bösenberg & Strand, 1906), ヤマトマルサラグモ *Saaristoa nipponica* (H. Saito, 1984), スガナミヤマジコナグモ *Tapinocyba suganamii* H. Saito & Ono, 2001, ヨシアキナミハグモ *Cybaeus yoshiakii* Yaginuma, 1968, アズマキシダグモ *Pisaura lama* Bösenberg & Strand, 1906, ニッポンオチバカニグモ *Ozyptila nipponica* Ono, 1985, トラフカニグモ *Tmarus piger* (Walckenaer, 1802), ヤミイロカニグモ *Xysticus croceus* Fox, 1937, チシマカニグモ *Xysticus kurilensis* Strand, 1907, チャイロアサヒハエトリ *Phintella abnormis* (Bösenberg & Strand, 1906) の20種であった。

採集個体数が多かった6種の調査地ごとの個体数比(調査地1の個体数：調査地2の個体数)はイマダテテングヌカグモが245:350で，以下，オオイワヤマトコナグモ(22:232)，イタチグモ(70:107)，カネコトタテグモ(6:92)，ウラシマグモ(31:59)，タテヤマテナガグモ(17:35)であった。

考 察

1. 科および種構成

今回の調査では，20科48種のクモ類の生息が確認

表 1. 笠間市仏頂山で採集された土壌性クモ類の種と個体数.

Table 1. Species of soil spiders and their number of individuals collected at Mt. Buttyosan in Kasama City.

科名/種名	総個体数	調査地別個体数		採集年月日					
		調査地1	調査地2	1987					
				6月21日		7月19日		8月23日	
		調査地1	調査地2	調査地1	調査地2	調査地1	調査地2	調査地1	調査地2
ジグモ科 Atypidae									
ジグモ <i>Atypus karschi</i> Dönitz, 1887	2♀		2♀			1♀			
カネコトタテグモ科 Antrodiaetidae									
カネコトタテグモ <i>Antrodiaetus roretzi</i> (L. Koch, 1878)	98♀	6♀	92♀	1♀	12♀		14♀		1♀
トタテグモ科 Halonoproctidae									
キシノウエトタテグモ <i>Latouchia typica</i> (Kishida, 1913)	1♀		1♀						
タマゴグモ科 Oonopidae									
ナルトミグニグモ <i>Ischnothyreus narutomii</i> (Nakatsudi, 1942)	8♀		8♀						
オキツハネグモ <i>Orcheatina okitsui</i> Oi, 1958	1♀	1♀							
ユウレイグモ科 Pholcidae									
シモングモ <i>Spermophora senoculata</i> (Dugès, 1836)	10♀	8♀	2♀					5♀	2♀
マシラグモ科 Leptonetidae									
ヨコフマシラグモ <i>Falcileptoneta striata</i> (Oi, 1952)	1♂		1♂		1♂				
ヒメグモ科 Theridiidae									
ヤホシヒメグモ <i>Coleosoma octomaculatum</i> (Bösenberg & Strand, 1906)	1♀		1♀						1♀
ツリガネヒメグモ <i>Parasteatoda angulithorax</i> (Bösenberg & Strand, 1906)	1♀		1♀			1♀			
※ノジマモリヒメグモ <i>Robertus nojimai</i> Yoshida, 2002	1♀								
スネグロオチバヒメグモ <i>Stemmops nipponicus</i> Yaginuma, 1969	2♀		2♀						2♀
コガネグモ科 Araneidae									
ギンメッキゴミグモ <i>Cyclosa argenteoalba</i> Bösenberg & Strand, 1906	1♀	1♀							
サラグモ科 Linyphiidae									
ウエノヤミサラグモ <i>Arcuphantes uenoi</i> H. Saito, 1992	1♀	1♀							
ザラアカムネグモ <i>Asperthorax communis</i> Oi, 1960	1♂	1♂							
ニホンウスイロサラグモ <i>Asthenargus nipponius</i> H. Saito & Ono, 2001	2♀	2♀							
タテヤマテナガグモ <i>Microbathypantes tateyamaensis</i> (Oi, 1960)	33♀19♂	13♀4♂	20♀15♂	3♀1♂	1♀		1♀2♂		2♀
クスマサラグモ <i>Neriene fusca</i> (Oi, 1960)	1♀		1♀						
ツリサラグモ <i>Neriene japonica</i> (Oi, 1960)	1♀		1♀						
アシナガサラグモ <i>Neriena longipedella</i> (Bösenberg & Strand, 1906)	1♀		1♀						
イマダテテングスガグモ <i>Oia imadatei</i> (Oi, 1964)	381♀214♂	145♀100♂	236♀114♂	4♀	5♀	1♀	36♀14♂		6♀
フタエツノスガグモ <i>Paikiana keikoea</i> H. Saito, 1988	4♀	1♀	3♀				1♀		
オオイワヤマトコナグモ <i>Paratapiocyba oiwa</i> (H. Saito, 1980)	159♀95♂	19♀3♂	140♀92♂		4♀		11♀11♂		
ヒロテゴマグモ <i>Pseudomicrargus latitegulus</i> (Oi, 1960)	1♀	1♀							
ヤマトマルサラグモ <i>Saaristoa nipponica</i> (H. Saito, 1984)	10♀4♂		10♀4♂		1♀				
スガナミヤマジコナグモ <i>Tapinocyba suganami</i> H. Saito & Ono, 2001	10♀4♂		10♀4♂				1♀		1♀
ヤマトトウジスガグモ <i>Tojinium japonicum</i> H. Saito & Ono, 2001	1♀	1♀							
※カントウヒグスガグモ <i>Walckenaeria orientalis</i> (Oligier, 1985)	1♀	1♀							
タナグモ科 Agelenidae									
フタバヤチグモ <i>Coelotes hamurai</i> Yaginuma, 1967	21♀2♂	21♀1♂	1♂			3♀	1♂		
アズマヤチグモ <i>Coelotes kitazawai</i> Yaginuma, 1972	6♀	4♀	2♀						
ヒタチヤマヤチグモ <i>Tegeocoelotes mizuyamae</i> Ono, 2008	1♀	1♀							
ナミハグモ科 Cybaeidae									
ヨシアキナミハグモ <i>Cybaeus yoshiakii</i> Yaginuma, 1968	4♀1♂		4♀1♂						
ハタケグモ科 Hahniidae									
コタナグモ <i>Cicurina japonica</i> (Simon, 1886)	22♀	8♀	14♀						2♀
ハタケグモ <i>Hahnica corticicola</i> Bösenberg & Strand, 1906	14♀1♂	11♀	3♀1♂			3♀		7♀	
シボグモ科 Ctenidae									
シボグモ <i>Anahita fauna</i> Karsch, 1879	2♀	1♀	1♀						
キシダグモ科 Pisauridae									
アズマキシダグモ <i>Pisaura lama</i> Bösenberg & Strand, 1906	1♀		1♀						
カニグモ科 Thomisidae									
ワカバグモ <i>Oxytate striatipes</i> L. Koch, 1878	4♀		4♀						
ニッポンオチバカニグモ <i>Ozyptila nipponica</i> Ono, 1985	8♀		8♀				2♀		1♀
トラフカニグモ <i>Tmarus piger</i> (Walckenaer, 1802)	1♀		1♀						
ヤミイロカニグモ <i>Xysticus croceus</i> Fox, 1937	2♀		2♀						
チシマカニグモ <i>Xysticus kurilensis</i> Strand, 1907	1♀		1♀						
フクログモ科 Clubionidae									
マイコフクログモ <i>Clubiona rostrata</i> Paik, 1985	1♀	1♀							
ウラシマグモ科 Phrurolithidae									
コムラウランマグモ <i>Otacilia komurai</i> (Yaginuma, 1952)	7♀5♂	1♂	7♀4♂						
ウラシマグモ <i>Phrurolithus nipponicus</i> Kishida, 1914	66♀24♂	23♀8♂	43♀16♂		1♀	1♀	3♀	4♀	8♀
ワシグモ科 Gnaphosidae									
エビチャヨリメケムリグモ <i>Drassyllus sanmenensis</i> Platnick & Song, 1986	1♀	1♀							
ヤマヨリメケムリグモ <i>Drassyllus sakakawai</i> Kamura, 1987	1♀	1♀							
ツチフクログモ科 Miturgidae									
イタチグモ <i>Prochora praticola</i> (Bösenberg & Strand, 1906)	176♀1♂	70♀	106♀1♂	7♀	7♀1♂	2♀	4♀		
ハエトリグモ科 Salticidae									
ウデプトハエトリ <i>Harmochirus insulanus</i> (Kishida, 1914)	5♀	2♀	3♀						
チャイロアサヒハエトリ <i>Phintella abnormis</i> (Bösenberg & Strand, 1906)	1♀		1♀						

※茨城県初記録種.

され、科の構成ではサラゲモ科が15種(943個体)で抜き出て多かった。サラゲモ科は大きな群で、第1次から第4次のミュージアムパーク茨城県自然博物館総合調査でも、最も記録が多く(菅波, 1998, 2001, 2004, 2007)、本地域でも最も優勢な科といえよう。

採集個体数が多かったイマダテテングヌカゲモとイタチゲモ、ウラシマゲモは、県内の多数の地区で採集されており(菅波, 1998, 2001, 2004, 2007)、全県下で普通に見ることができる種といえる。オオイワマトコナゲモは、本地域では採集個体数が254個体と多いが、県内の採集記録をみると分布に偏りがある(菅波, 1998, 2001, 2004, 2007)。本地域で目立って採集されるため、仏頂山あるいはこの地域の特徴的な種の一つといえる。

採集された種の中で、カネコトタテゲモとキシノウエトタテゲモ(トタテゲモ科)は、2016年改訂版「茨城県における絶滅のおそれのある野生生物(動物編)」(茨城県生活環境部環境政策課, 2016)の中で準絶滅危惧種に指定されている。両種とも地表面や土壌中から採集されることは稀であるが、本地域ではカネコトタテゲモが98個体と全体の4位を占めた。カネコトタテゲモは本地域を代表する種であり、他の地域と種組成を比較した際に、本地域の特徴を最も明確に示す種ともいえよう。

今回の調査で茨城県初記録の種は、ノジマモリヒメゲモ(ヒメゲモ科)、カントウヒゲヌカゲモ(サラゲモ科)の2種である。これらは近年になって記載された種で、今後、調査が進展すれば県内の他地域で採集される可能性も高いと思われる。

仏頂山で記録された土壌性クモ類の種数を、他地域と比べてみる。調査方法が異なるので単純な比較は行えないが、筑波山の23種(菅波, 1998)、難台山の18種(菅波, 2001)などと比べて、仏頂山の48種は極めて多い。他地域より調査頻度が高かったこと、新種の記載が進み新たな種が確認されたことなどが一つの要因と考えられる。一方、本地域の野生ハナバチ相の調査(久松, 2017)にみるように、本地域は種から見た生態系の多様性の高い地域であることが示されており、土壌性クモ類についても、非常に豊かな種が生息していることを示しているといえる。

2. 調査地による種構成の違い

シデ類が多くみられる調査地1では13科28種、シ

ラカシが多くみられる調査地2では17科36種の土壌性クモ類が記録された。今回の採集を行った2カ所での共通種は16種で、全体48種の3分の1にしかならなかった。調査地1のみで記録されたのが12種であったのに対し、調査地2のみで記録されたのが20種である。このことから、調査地1に比べ調査地2が、土壌性クモ類の種類相は豊かであると考えられる。

採集個体数が50個体を超えるような種は、調査地1, 2のいずれでも採集された。個体数が多い種の構成は、調査地間で明らかな違いは認められなかった。しかし、全体で98個体が採集されたカネコトタテゲモは、採集個体数の大半の92個体が調査地2で採集された。先述のようにカネコトタテゲモは本地域を代表する種といえるが、生息場所は地域内でも偏っている。また、共通種は全体の3分の1しかなく、調査地間で異なる植生は、クモ類の種構成に大きな影響を与えていると考えられる。しかし、調査地間のこの偏りについては、植生の違いの他にも土壌の性質や土壌動物の構成など、その他要因の存在も否定できない。調査地間の種構成の違いの要因については、今後の調査に期待している。今回の調査地と環境の違いがある稜線や林縁などの調査が進めば、新たな種の追加も期待できよう。

3. 注目種

稀に採集されて、本県を始め全国的に見て分布記録が少ない4種を以下に記す。

ノジマモリヒメゲモ *Robertus nojimai* Yoshida, 2002 (ヒメゲモ科) (図2-A)

体長はメスが2.2~2.7 mm, オスが2.0 mm 前後である。背甲は卵形、腹部は円筒形をしている。県初記録である。これまでに、東京都、神奈川県、静岡県、岐阜県、三重県、滋賀県、香川県、高知県、鳥取県、岡山県、愛媛県で採集されている(新海ほか, 2020)。

ウエノヤミサラゲモ *Arcuphantes uenoi* H. Saito, 1992 (サラゲモ科) (図2-B)

体長はメスが2.0~2.3 mm, オスが2.0 mm 前後である。栃木県栃木市の岩屋洞で最初に採集され、新種として記載された(Saito, 1992)。県内では、常陸太田市真弓山(菅波, 未発表)と鹿嶋市鹿島神宮の森(加藤, 2016)でメスの成体が採集されている。採集記録は、茨城県、栃木県、群馬県の3県のみである。

カントウヒゲヌカゲモ *Walckenaeria orientalis* (Oligier,

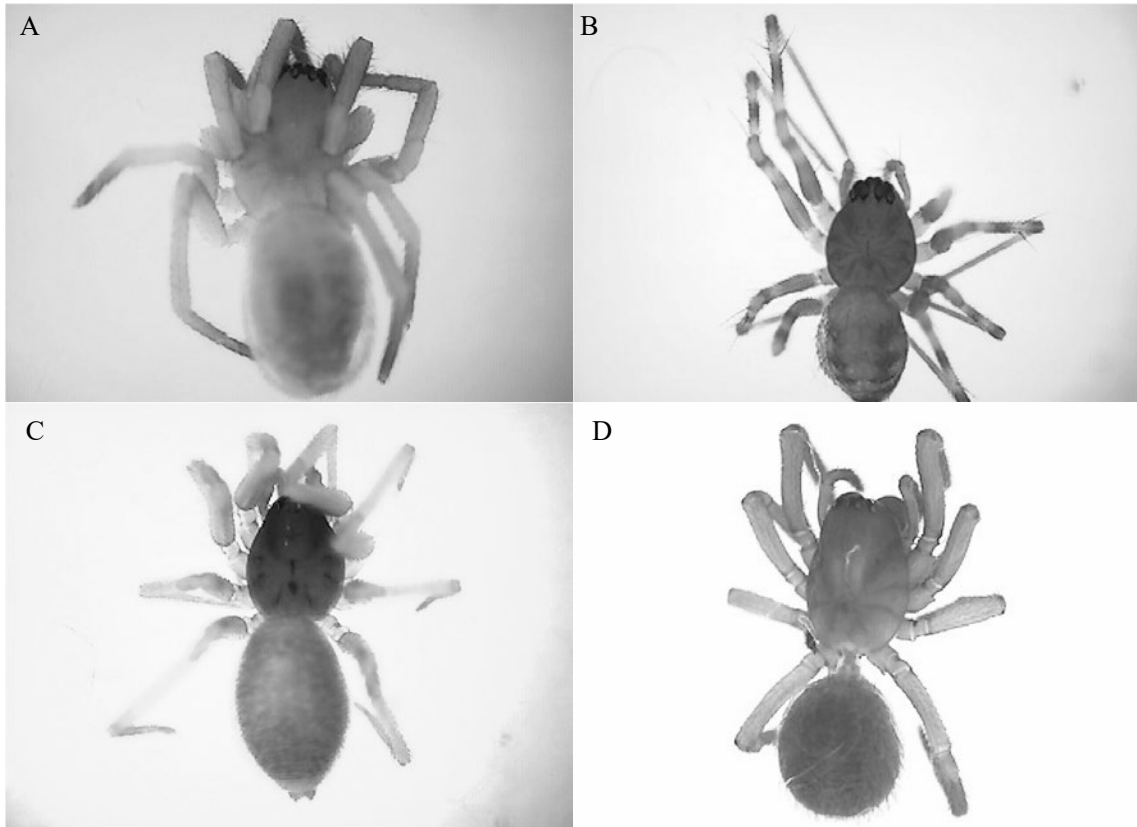


図2. 仏頂山で採集された注目される4種のクモ。A: ノジマモリヒメグモ (ヒメグモ科) のメス (1987年12月22日, 笠間市仏頂山), B: ウエノヤミサラグモ (サラグモ科) のメス (2002年12月14日, 常陸太田市真弓神社), C: カントウヒゲヌカグモ (サラグモ科) のメス (1993年11月19日, 笠間市佐白山), D: ヒタチヤマヤチグモ (タナグモ科) のメス (1987年11月23日, 笠間市仏頂山)。BとCの写真は、県内の別の場所で採集された個体。

Fig. 2. Four noteworthy spiders collected at Mt. Buttyosan. A: Female of *Robertus nojimai* Yoshida, 2002 (Theridiidae)(22 XII 1987, Mt. Buttyosan in Kasama City), B: Female of *Arcuphantes uenoi* H. Saito, 1992 (Linyphiidae)(14 XII 2002, Mayumi Shrine in Hitachiota City.), C: Female of *Walckenaeria orientalis* (Oligier, 1985)(Linyphiidae)(19 XI 1993, Mt. Sashiro in Kasama City.), D: Female of *Tegeocoelotes mizuyamae* Ono, 2008 (Agelenidae) (23 XI 1987, Mt. Buttyosan in Kasama City). Photos B and C were taken for specimens collected at different localities in Ibaraki Prefecture.

1985) (サラグモ科) (図2-C)

体長はメスが2.3 mm 前後, オスが1.8~1.9 mm で, 背甲は明るい赤褐色, 歩脚は黄褐色をしている。オスの頭部は丘形に隆起していて, 1対の角状の突起がある。県初記録である。これまでに, 栃木県, 埼玉県, 東京都, 神奈川県, 愛知県, 三重県, 岡山県で採集されている (新海ほか, 2020)。

ヒタチヤマヤチグモ *Tegeocoelotes mizuyamae* Ono, 2008 (タナグモ科) (図2-D)

体長はメスが7.5~11.0 mm, オスが6.0~10.0 mm で, 胸部と歩脚は黄褐色, 腹部は灰色もしくは肌色をしている。メスの腹部背面に黒斑があるが, オスでは不明瞭である。基準産地は土浦市宍塚で (Ono, 2008), この他に水山ほか (2009) が同地で, 馬場ほか (2010)

が牛久市遠山で採集している。

謝 辞

本報告を行うにあたって, 国立科学博物館動物研究部の小野展嗣博士には標本の同定でお世話になった。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

安見珠子. 2001. 仏頂山・佐白山の維管束植物. 茨城県自然博物館第2次総合調査報告書-鶏足山塊・涸沼・県央海岸を中心とする県央地域の自然-. pp.148-154, ミュージウムパーク茨城県自然博物館.

- 馬場友希・吉武 啓・平館俊太郎・楠本良延・栗原 隆・吉松慎一. 2010. 茨城県南部の農地で採集されたクモ標本目録. *Kishidaia*, (97): 84-104.
- 久松正樹. 2017. 笠間市片庭における野生ハナバチの種構成と茨城県の野生ハナバチ群集の特性の比較. *環動昆*, 27: 121-131.
- 茨城県生活環境部環境政策課. 2016. 茨城における絶滅の恐れのある野生生物 動物編 2016年改訂版(茨城県版レッドデータブック). 327 pp., 茨城県生活環境部環境政策課.
- 加藤輝代子. 2016. 潮来市・鹿嶋市(茨城県)のクモ. *Kishidaia*, (109): 50-57.
- 水山栄子・山根尚子・深澤理恵子・久地岡美保・薄井由美子. 2009. 土浦市宍塚のクモ類. *Kishidaia*, 95: 87-96.
- Ono, H. 2008. Five new species of the families Dictynidae, Coelotidae and Ctenidae (Arachnida, Araneae) from Japan. *Bull. Natn. Mus. Nat. Sci.*, 34: 157-171.
- 小野展嗣(編著). 2009. 日本産クモ類. 738 pp., 東海大学出版会.
- Saito, H. 1992. New linyphiid spiders of the genus *Arcuphantes* (Araneae: Linyphiidae) from Japan. *Korean Arachnol.*, 8: 13-31.
- 新海 明・谷川明男・安藤昭久・池田博明・桑田隆夫. 2020. CD日本のクモ. Ver. 2020. 自費出版.
- 菅波洋平. 1971. 茨城県の真正蜘蛛類. *Atypus*, (56): 14-37.
- 菅波洋平. 1975. 茨城県の真正蜘蛛類. 茨城の生物 第1集. pp. 131-143, 茨城県高等学校教育研究会生物部.
- 菅波洋平. 1991. 土壌性クモ目(Araneae). 高萩の動物. pp. 417-422, 高萩市.
- 菅波洋平. 1992. 茨城のクモ類. 茨城の生物 平成4年版. pp. 206-209, 茨城県高等学校教育研究会生物部.
- 菅波洋平. 1998. クモ類. 茨城県自然博物館第1次総合調査報告書-筑波山・霞ヶ浦を中心とする県南部地域の自然-. pp. 302-305, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- 菅波洋平. 2001. クモ類. 茨城県自然博物館第2次総合調査報告書-鶏足山塊・洞沼・県央海岸を中心とする県央地域の自然-. pp. 332-342, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- 菅波洋平. 2004. クモ類. 茨城県自然博物館第3次総合調査報告書-阿武隈山地・県北部海岸を中心とした県北東部地域の自然-. pp. 366-370, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- 菅波洋平. 2007. クモ類. 茨城県自然博物館第4次総合調査報告書-八溝山地・久慈川を中心とする県北西地域の自然-. pp. 333-338, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- 谷川明男. 2020. 日本産クモ類目録 ver. 2020R3. *Kishidaia*, (117): 162-238.

(要 旨)

菅波洋平・久松正樹. 笠間市仏頂山で採集された土壌性クモ類. 茨城県自然博物館研究報告 第23号 (2020) pp. 75-82.

1987～1988年にかけて笠間市仏頂山で採集した土壌性クモ類のリストを作成した. 20科48種が記録され, その中には国内で記録が少ないノジマモリヒメグモ, ウエノヤミサラグモ, カントウヒゲヌカグモ, ヒタチヤマヤチグモが含まれる.

(キーワード): クモ綱, クモ目(真正クモ目), ノジマモリヒメグモ, ウエノヤミサラグモ, カントウヒゲヌカグモ, ヒタチヤマヤチグモ.

 雑 録

3D プリンタで製作した模型を用いた教育普及活動の実践*

相田裕介**、***

(2020年9月4日受理)

**The Practice of Educational Dissemination Activities Using Models
Made with a 3D Printer***

Yusuke AIDA**,***

(Accepted September 4, 2020)

Key words: 3D printer, Hands-on, Educational dissemination activities.

はじめに

近年飛躍的に技術が進歩した3Dプリンタの技術を導入し、ハンズオン資料を作成することで、より多くの人たちに、博物館や学校において体験を伴った学習が提供できるのではないかと考えた。

今回、3Dプリンタを活用して製作したハンズオン資料が、教育普及活動の中でどのような効果があるのかについて実践したので報告する。

研究の目的

さまざまな教育普及活動の中における、3Dプリンタで製作したハンズオン資料の効果を調査する。

研究の方法

本研究は、2018年4月から2019年3月にかけて以下の実践を行った。

(1) 3Dデータの取得

外部の博物館やインターネット等で公開されている以下のデータを取得した。

- ・地学分野では恐竜の化石と微化石
- ・動物分野では昆虫

(2) ハンズオン資料の製作 (3Dプリンタでの出力)

取得したデータを3Dプリンタで出力し、ハンズオン資料を以下のことを考慮して製作した。

- ・恐竜の化石は縮小
- ・微化石や昆虫などは拡大

(3) ハンズオン資料を活用したプログラムの開発

健常者だけでなく障がい者も活用できる学習プログラムを作成した。

(4) 常設展示への設置

ミュージアムパーク茨城県自然博物館（以下、当館という）内において、体験型の観察コーナーであるディスカバリープレイスにおいて、以下のような展示を行った。

- ・小さな標本を拡大した3D模型
- ・模型の製作過程が見れるよう、3Dプリンタを展示

* 本研究の一部は公益財団法人日本科学協会「笹川科学研究助成」による資金援助を受けて実施された (This research was partially supported by the Sasakawa Scientific Research Grant from The Japan Science Society).

** 坂東市立南中学校 〒306-0624 茨城県坂東市矢作326 (Bando South Junior High School, 326 Yahagi, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

*** ミュージアムパーク茨城県自然博物館研究協力員 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

・電子顕微鏡で3D模型の基の資料を提示

(5) ハートフルミュージアム（視覚障がい者向けの展示会）での展示

当館で実施している、ハンズオン資料を中心に扱った視覚障がい者向けの展示会「ハートフルミュージアム」における資料として、昆虫、微化石などの拡大模型、恐竜の縮小模型を活用した。

(6) 学校移動博物館での展示

当館のアウトリーチ事業で行われている「学校移動博物館」の一環として、茨城県立盲学校において、以下のような資料を中心に展示を行った。

・化石の縮小模型

・昆虫、微化石などの微小なものの拡大模型

(7) アンケート調査

学校移動博物館では、ハンズオン資料の効果についてのアンケートを実施校の教員を対象に実施し、教育的な効果について考察した。

実践内容

(1) 3Dデータの取得

3Dデータの取得には3Dスキャナやフォトグラメトリーなどさまざまな手法があるが、本研究では外部の団体や博物館などのWEBサイトで公開されているデータを活用した。

その理由として、本研究の成果を学校や博物館等で活用するとした場合、すべての施設が3Dスキャナやフォトグラメトリーの設備や技術を有しているわけではないため、どのような施設でも活用できるようにするために外部からの取得という手法を採用した。

本研究で取得したデータは下記のWEBサイトから取得した。

① Thingiverse

2008年に発足した、3Dプリンタメーカー MakerBot Industries が運営するデジタルデザインファイルの共有サイト（Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/>）である。

Thingiverse は、近年、教育的な指向がますます高まっており、Thingiverse Education 部門には多くの授業プランとアイデアが用意され、より多くの人が授業等で活用できるようになっている。

Thingiverse で公開されているデータの著作権は、クリエイティブコモンズの下で利用可能なように公開さ

れている。

② GB3D Type Fossils

英国地質調査所が主催するWEBサイト（GB3D Type Fossils: www.3d-fossils.ac.uk/）である。

イギリスでは、化石のタイプ標本は全国の複数拠点に保管されており、当サイトは、これら複数の異なる標本を検索する研究者のため発足した。

GB3D タイプ化石オンラインプロジェクトは、JISC（英国情報システム合同委員会）によって資金を供給されており、イギリスで見つかった化石種および亜種のタイプ標本を1つのデータベースにまとめることを目的として開発された。

公開されているデータの著作権は、クリエイティブコモンズの下で利用可能なように公開されている。

(2) ハンズオン資料の製作（3Dプリンタでの出力）

本研究において、ハンズオン資料の製作に用いた3Dプリンタは、「FLASHFORGE Guider II」を採用した。（FLASHFORGE JAPAN: <http://flashforge.co.jp/guider2/>）

選定の理由として、同価格帯の機器を比較した場合、造形範囲が大きいことが一番の要因となった。フィラメント切れの場合の緊急停止と再造形が容易であること、データの導入が容易であることも選定理由として高く評価された。

上記機器を使用し、本研究では主に下記のハンズオン資料を作成した。

茨城県立盲学校の教員と協議した結果、微小なものを拡大することが重要であることが分かった。そのた

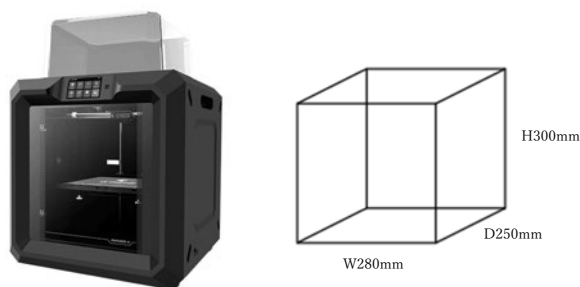


図 1. 本研究で使用した3Dプリンタ「FLASHFORGE Guider II」と造形範囲。造形範囲については、FLASHFORGE JAPANの資料を参考とした（<http://flashforge.co.jp/guider2/>）。
Fig. 1. The “FLASHFORGE Guider II” 3D printer used in this study and modeling range. The modeling range was based on FLASHFORGE JAPAN materials (<http://flashforge.co.jp/guider2/>).



図 2. 恐竜の頭骨（縮小模型）.
Fig. 2. Dinosaur skull (reduced model).



図 3. 恐竜の全身骨格（縮小模型）.
Fig. 3. Dinosaur whole body skeleton (reduced model).



図 4. 有孔虫（拡大模型）.
Fig. 4. Foraminifera (magnified model).



図 5. 昆虫（拡大模型）.
Fig. 5. Insect (magnified model).

め、本研究では、微小な生物の拡大模型を作成することで、生物の形態的な特徴および生活スタイルについて学べるようにした。

(3) ハンズオン資料を活用したプログラムの開発

本研究で作成したハンズオン資料は、職員が解説する場面であれば、どの部分を触ればよいか、ポイントはどこかなど、細かく指示を与えることができるが、いつも立ち会うことは困難である。

そこで、体験者が自発的に学ぶことができるようにプログラムを検討した。すべての部分についてではなく、形状において一番顕著であり分かりやすい部分について学習プログラムを作成した。

① 恐竜の頭骨

ティラノサウルスの頭骨は、実物はかなり大きく、直接触ることは困難である。ティラノサウルスの頭骨の特徴として、頭を軽くするために多くの空洞があることが特徴であり、それぞれの空洞の役割は意外と知られていない。特に目の付く位置についてはまったく違うところを考えている人も多い。そこで、頭骨を触りながら、目の位置について考える問題を作成した。

② 有孔虫

有孔虫は最大でも大きさが1 mmであり、実際に触れて形態的特徴を把握することは困難である。しかしながら古生物学において、地質年代を決定するために使われたり、酸素同位体を使い古環境の復元に使われたりと、多くの研究で活用されている。有孔虫を知ってもらう機会および浮遊性と底生性があることを知ってもらう機会として問題を作成した。

③ 昆虫（カトハエ）

身近にいる昆虫であるが、実際に触る機会はない。また動きが速いため、体のつくりなど細かいところを



図 6. クイズ形式の学習プログラム(有孔虫). 左: 問題, 右: 答え.
Fig. 6. Quiz-style learning program (foraminifera). Left: Question, Right: Answer.

観察することも困難である。図鑑等で写真として紹介されていることはあるが、実際に触りながら観察することで、より実感をもって形態について理解できるのではないかと考える。今回は特に口器の違いについて問題を作成した。

(4) 常設展示での設置

本研究で製作したハンズオン資料を常設展示に取り入れ、多くの来館者が触れて学べるようにした。設置するだけでなく、クイズ形式の掲示物を取り入れることで、体験者が自発的に学ぶことができるようにした。また、問題や解答、解説には点字をつけ、視覚障がい者も利用できるようにした。

当館では、電子顕微鏡を自分で操作できるコーナーがある。今回作成したハンズオン資料としての拡大模型と、電子顕微鏡で観察できる資料をリンクさせ、生物についての学習効果が高まるように工夫した。具体的には、電子顕微鏡で有孔虫（エルフィディウム・クリスパン）の資料を観察することができるようにし、その操作盤の反対側で3Dプリンタで製作した拡大模型を触りながら観察できるようにした。また、3Dプ



図7. 常設展に設置したハンズオンコーナー。
Fig. 7. Hands-on corner installed at the permanent exhibition.



図8. ハンズオンコーナーを体験する来館者。
Fig. 8. Visitors experiencing the hands-on corner.



図9. 電子顕微鏡などと連動したコーナーの設置。A: ハンズオンコーナー。B: 電子顕微鏡。C: 3Dプリンタ。
Fig. 9. Installation of a corner linked to an electron microscope. A: Hands-on corner, B: electron microscope, C: 3D printer.

リントを電子顕微鏡の隣に設置し、製作過程を見学できるようにし、3D模型を紹介するコーナーを設けた。

ハンズオン資料の設置だけでなく、ほかの展示と関連付けることで、ハンズオン資料に興味をもって見学する来館者の姿を見ることができた。また、視覚障がい者には、健常者が展示内容について説明をしながら、見学をする姿が見られた。

(5) ハートフルミュージアム（視覚障がい者向けの展示会）での展示

当館では、視覚障がい者向けの展示会「ハートフルミュージアム」を開催している。2018年度は2018年11月23日から12月9日まで開催した。この展示会は、障がいのある方々に博物館の展示や資料をとおして自然への興味や関心を高めていただくことを目的としており、動物の剥製や植物の標本、鉱物などの直接手で触れる展示物を中心とした特別展示である。毎年展示している標本に加え、今回、本研究で製作したハンズオン資料を展示に活用した。

触るだけでは、形態的な特徴しか分からないため、ハンズオン資料のほかにクイズ形式の生物の生態に関する学習プログラムを取り入れた。

問題文や解答、解説については、点字をつけた。点字については、筑波産業大学の方に確認してもらった。

研究を行った2018年度は、来場者数9,632人、そのうち障がい者53人（うち視覚障がい者2人）であった。

(6) 学校移動博物館での展示

本研究で製作したハンズオン資料を、学校で行われる学校移動博物館で展示した。



図 10. ハートフルミュージアムで展示したハンズオン資料。
Fig. 10. Hands-on materials exhibited at the Heartful Museum.



図 11. ハートフルミュージアムのようす。
Fig. 11. Heartful Museum.



図 12. クイズ形式の学習プログラム(恐竜)。左: 問題。右: 答え。

Fig. 12. Quiz-style learning program (dinosaurs). Left: Question, Right: Answer.



図 13. クイズ形式の学習プログラム(昆虫)。左: 問題。右: 答え。

Fig. 13. Quiz-style learning program (insect). Left: Question, Right: Answer.



図 14. カのハンズオン資料。
Fig. 14. Mosquito hands-on material.



図 15. デフォルメしたカとハエのハンズオン資料。
Fig. 15. Hands-on materials of deformed mosquito and fly.

学校移動博物館とは、当館のアウトリーチ事業で行っているものであり、遠方で博物館まで来ることが困難な地域や、障がいなどで児童生徒の移動が困難な学校を対象に実施している。2018年度は茨城県立盲学校で行った。

2018年7月に茨城県立盲学校の教員と打ち合わせを行い、視覚障がい者に対してどのようなハンズオン資料を作成すれば学習効果が高まるかを協議した。そのなかで、大きいものは実物で大きさを体感できることが大切であり、視覚障がい者が最も知りたがってい

るのは、小さなもの(生物)がどのような形態をしているのかであるとの意見が出た。ほかには、ミジンコやミドリムシのような微生物、植物の根・茎・葉のつながり、天体など、多くの意見が出た。しかし、すべての希望の3Dデータは準備ができなかった。

そこで、本研究で製作するハンズオン資料で、身近にいたるが、触ることが困難な「カ」と「ハエ」を製作することとした。

児童生徒が実際に触ることを考慮し、実際の蚊をそのまま拡大した3D模型だけでなく、実際のカのプロ



図 16. カの模型に触れる生徒.

Fig. 16. Student touching a mosquito model.

ポーションよりも、足などの突出したところは太くデフォルメしたものも作成し、耐久性のあるハンズオン資料とした。

実際の学校移動博物館では、ハンズオン資料を細部まで丁寧に触り、小さな形態にも疑問をもちながら観察する姿が見られた。

(7) アンケート調査

学校移動博物館を実施した茨城県立盲学校の教員 10 人に対して、実施後に自由記述によるアンケートを行い、ハンズオン資料の有効活用について意見を集めた。

以下のような回答があった。

- ・小さいものを大きく作った資料は、視覚障がい者にとって、とても有効なものだった。特に蚊の模型は、身近な生物であるため存在は知っているが形が分からない生物のひとつであったため、生徒は熱心に観察することができた。
- ・教材として販売されているものは多くない。そのなかで、自分たちが生徒に学ばせたいものを見つけることは困難であり、購入も難しい。今回のような 3D プリンタで製作できるようになっていけば、自分たちが必要としている教材を製作することができ、授業に役立てることができると感じた。
- ・大きいものは実物が一番良い。大きさを体感させることで、自分たちの体の大きさと比較することも視覚障がい者にとっては大切なこと。今後、3D プリンタで模型を製作するのであれば小さなものを大きく作っていくとよい。



図 17. 恐竜の模型に触れる児童.

Fig. 17. Student touching a dinosaur model.

・視覚障がい者だけでなく、健常者にとってもよい教材である。図鑑のようにイラストや写真では分からない細かな形のつくりを学ぶことができる。

上記のことから、ハンズオン資料は視覚障がい者にとって生物を学習するための有効な教材であり、今後、このようなものが増えていくことで、視覚に障がいをもつ児童生徒の教育活動に活用できることが期待される。

考 察

本研究において、3D プリンタを用いて製作したハンズオン資料は健常者だけでなく、視覚障がい者に対しても、自然科学に対する関心を高めることができたのではないかと考えられる。博物館の資料は、標本の状態を保つことが大切にされており、直接触れる機会が少ないため、「見る」という視覚が資料利用の重要な要素であったが、3D プリンタを用いた資料作成を行うことにより、視覚だけでなく触覚も取り入れて、より実感を伴った学びが展開できると考えられる。

そのなかで、ハンズオン資料を準備するだけではなく、学習プログラムを作成することが重要である。触るだけでなく、そこで何を感じ取れるのか、どの部分に注目するとよいのかについて、学習プログラムがあることで、体験的な学びが実践できると考えられる。

教育普及活動のなかで、「直接触れられる」「破損しても修復が容易」「たくさん用意ができる」などの点が、3D プリンタを用いたハンズオン資料の特性である。今後の教育普及活動ならびに学校等での学習活動

で普及していくものと考える。

これらの内容について、自館だけの情報の蓄積ではなく、外部へ発信していくことが重要である。他の博物館や学校等と連携を行い、より多くの学びの場で、ハンズオン資料の活用を図っていく。得られたデータを共有することで、多くの児童生徒に学ぶ機会を提供できる。さまざまなデータを蓄積し、それらを外部と共有していきたい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、茨城県立盲学校の一木麻紀教諭、山田正雄教諭、海野洋一教諭には、移動博物館の実施やアンケート調査の際に多大なるご協力いただいた。また、筑波技術大学の生田目美紀教授には、資料作成のアドバイスをいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(キーワード): 3D プリンタ, ハンズオン, 教育普及活動.

茨城県自然博物館研究報告投稿規程

I 一般的な事項

1 投稿原稿の内容及び種類

「茨城県自然博物館研究報告」(以下「研究報告」という。)に掲載することのできる論文等は、自然科学、自然教育及び博物館学に関する原著論文、総説、短報、資料及び雑録とし、それぞれの内容は、次に掲げるとおりとする。

- (1) 原著論文 (Original article) オリジナルな研究論文で、内容の主要な部分が学術論文として他に印刷公表されていないもの
- (2) 総説 (Review) 研究論文、学説、研究法等を独自の立場から総括、解説又は紹介するもの
- (3) 短報 (Short article) 研究の予報、中間報告、内容が原著論文にまでは至らない報告等で、速報性を必要とするもの
- (4) 資料 (Note) 資料の正確な記載や実践報告等が中心となる調査報告
- (5) 雑録 (Miscellany) 上記の種類以外で、博物館活動の記録として重要なもの

2 投稿資格

投稿者は、原則としてミュージアムパーク茨城県自然博物館(以下「自然博物館」という。)の館職員および研究協力員、総合調査に関わる調査員とする。ただし、館職員との共著の場合は、外部の者でも投稿することができる。これらの条件を満たさない場合でも、自然博物館の館長の承認を得れば、投稿原稿としてこれを処理することができる。

3 投稿手続

- (1) 原稿は、原則としてワードプロセッサにより作成する。
- (2) 投稿は可能な限り電子メールによる電子投稿とする。電子投稿が不可能な場合、原稿**2部**(図、表を含む)を編集会議へ提出する。図表等の原版は、原稿受理まで各自で保管する。
- (3) 投稿の際には、必ず**投稿原稿整理カード**を添付する。

4 原稿の提出先

〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700

ミュージアムパーク茨城県自然博物館内 編集議長(研究報告)

e-mail: webmaster@nat.museum.ibk.ed.jp

5 原稿の受付

原稿は、本投稿規程に従って書かれた場合に限り受付ける。投稿規程に反する原稿は、編集会議が投稿者に返却する。

6 原稿の審査

原稿は、館外の当該分野の研究者による査読を受ける。編集会議は査読結果に基づいて原稿を審査し、著者に修正を求めたり、返却することがある。

7 原稿の受理

- (1) 自然博物館の館長がその論文の掲載を認めた日をもって、その論文の受理日とする。
- (2) 投稿原稿が受理されたら、速やかに査読終了後の修正原稿及び図表の原版を編集会議に提出する。

II 原稿の長さ

原著論文・総説・資料・雑録は刷り上がり 20 ページ以内、短報は 4 ページ以内を原則とする。

Ⅲ 原稿の構成

1 原著論文

(1) 構成

原著論文の原稿は、原則として以下の順序でまとめる。

和文 表題(和文)－著者名(和文)－受理年月日(和文)－表題(英文)－著名(英文)－受理年月日(英文)－脚注(和・英文)－要旨(英文)－キーワード(英文)－本文(和文)－謝辞(和文)－引用文献－要旨(和文)－キーワード(和文)

英文 表題(英文)－著者名(英文)－受理年月日(英文)－脚注(英文)－要旨(英文)－キーワード(英文)－本文(英文)－謝辞(英文)－引用文献－要旨(和文)－キーワード(和文)

(2) 表題(Title)

英文表題は、冠詞、前置詞及び種小名を除き、単語の第1文字を大文字にする。

(3) 脚注(Footnotes)

科研費等の補助金を受けた団体名、著者の所属名及び住所を記入する。和文原稿では、英文の所属名及び住所も記入する。著者名など、脚注で説明する項目にはアスタリスクを付ける。なお、脚注の末尾はすべてピリオドとする。

和文 (表題) 茨城県沿岸帯のウミグモ類の分類学的研究*

(著者名) 水戸太郎**・岩井一郎***

(脚注) *本研究の一部は文部省科学研究費(一般研究B, No. 05909005)によって実施された。

**ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, Bando 306-0622, Japan).

***茨城大学教育学部生物学教室 〒310-8512 水戸市文京2-1-1 (Laboratory of Biology, Faculty of Education, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito 310-8512, Japan).

英文 (表題) A Taxonomic Study of Pycnogonids on the Coasts of Ibaraki *

(著者名) Taro MIRO ** and Ichiro IWAI ***

(脚注) *This research was partially supported by Grant-and-Aid for Scientific Research (No. 05909005), Ministry of Education.

** Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando 306-0622, Japan.

*** Laboratory of Biology, Faculty of Education, Ibaraki University, Mito 310-0056, Japan.

(4) 要旨(Abstract)

原則として、英文で200語、和文300字以内とする。

(5) キーワード(Key words)

論文の内容を端的に表す語句を原則として3語以上10語以内で選び、以下のように表示する。

英文 **Key words:** *ancestrulae*, *Bryozoa*, *Celleporina*, early astogeny, larvae, metamorphosis, systematics.

和文 (キーワード): 初虫, コケムシ, コブコケムシ属, 初期群体発生, 幼生, 変態, 系統分類学.

(6) 本文

本文の構成は、原則として次に掲げるようにする。

- a はじめに(Introduction)
- b 材料および方法(Materials and Methods)
- c 結果(Results)又は記載(Descriptions)
- d 考察(Discussion)

(7) 謝辞(Acknowledgments)

謝辞の中では、肩書き又は敬称を付ける。

(8) 引用文献 (References)

- a 論文中で言及又は引用した文献は、まとめて論文中の「引用文献」のリストに掲げる。論文中で言及又は引用をしていない文献は、掲げない。
- b 本文中での引用の仕方は、場合に応じて、小川 (1899, 1990) ..., (Brown, 1986; Mawatari, 1986) ... のように、姓 (年) 又は (姓, 年) とする。文献の著者が2名のときは、鈴木・佐藤 (1990) ..., (Zimmer and Woollacott, 1989) ... のように、3名以上のときは、田中ほか (1974) ..., (Lyke *et al.*, 1983) ... のように示す。ただし、著者が3名以上のときでも引用文献のリストには全員の氏名を書く。
- c 引用文献のリストでは、著者の姓のイニシャルによって、アルファベット順に列する。同じ著者のものは、年代順に同じ年号の場合は早いものから順に a, b, c... を付す (1986a, 1986b...)。
- d 文献の書き方は、以下に従う。
- (a) 単行本 (例 1, 6) 著者名. 年号. 表題. ページ数, 出版社名.
(欧文の場合は、最後に出版地名を入れる。)
- (b) 雑誌 (例 2, 7) 著者名. 年号. 表題. 雑誌名, 巻又は (号): ページ数.
(巻はゴシック体の太字にする。欧文の場合、雑誌名は原則として省略名を用い、イタリック体にする。)
- (c) 報告書 (例 3, 4) 著者名. 年号. 報告書名, ページ数, 発行者名.
(部分引用の場合は、著者名. 年号. 表題. 編者名. 報告書名, ページ数, 発行者名。)
- (d) 編著書の部分引用 (例 5, 8, 9) 著者名. 年号. 表題. 編者名. 編著書名. ページ数, 出版社名.
(欧文の場合は、編著書名をイタリック体とし、最後に出版地名を入れる。)
- e 2行以上にわたる時、2行目以下は1字分 (和文活字相当) だけ下げて書く。
- f 欧文の文献で著書が2名以上のとき、2人目以下は First name のイニシャルを先に書く (例 6, 8)。

- (例 1) 糸魚川淳二. 1993. 日本の自然史博物館. 228 pp., 東大出版会. Publishing Co., Amsterdam.
- (例 2) 渋谷 保・品田正一. 1986. 房総半島南端の作名背斜の形成過程. 地質雑, 92: 1-13.
- (例 3) 環境庁. 1979. 第2回自然環境保全基礎調査 動物分布調査報告書 (哺乳類) 全国版, 91 pp.
- (例 4) 萩原康夫. 2004. アリ類. 茨城県自然博物館第3次総合調査報告書, pp. 416-420, ミュージアムパーク茨城県自然博物館.
- (例 5) 福田一郎. 1982. エンレイソウ. 常脇恒一郎(編). 植物遺伝学実験法. pp. 321-328, 共立出版.
- (例 6) Klevelen, D. W. 1957. Coal science. 185 pp., Elsevier
- (例 7) Schnurer, J. M., M. Clarholm and T. Rosswall. 1985. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 611-618.
- (例 8) Addicott, J. F. 1985. Competition in mutualistic systems. In: Boucher, D. H. (ed.). *The biology of mutualism*. pp. 217-247, Croom Helm, London.
- (例 9) Zimmer, R. L. and R. M. Woollacott. 1977a. Structure and classification of gymnozoan larvae. In: Woollacott, R. M. and R. L. Zimmer (eds.). *Biology of bryozoans*. pp. 57-89, Academic Press, New York.

2 総説・短報・資料・雑録

短報・総説・資料・雑録の原稿の構成は原著論文に準ずる。ただし、短報の場合は、英語論文では英語の Abstract は省略してもよく、日本語論文では日本語の要旨は省略してもよい。また、資料および雑録の場合は、日本語の要旨および英語の Abstract を省略してもよい。

IV 用語と文章

- (1) 和文の場合、文章はひらがなと漢字による口語体とし、現代かなづかいを用いる。また、漢字は常用漢

字を用いる。

- (2) 和文の場合、固有名詞で読み誤るおそれのあるものにはふり仮名を付ける。
- (3) 句読点は「,」「.」を用いる。
- (4) 数量を表す数字は、アラビア数字とし、単位にはメートル法を用いる。ただし、専門分野で慣用されているものはこの限りではない。

V 原稿用紙と書き方

- (1) 和文の場合、A4判用紙に1行全角30字×35行とし、上下左右の余白は十分にとる。
- (2) 英文の場合、A4サイズの内紙に1行約10単語、約25行とし、ダブルスペースでタイプする。右そろえはしない。上下左右の余白は十分にとる。
- (3) ピリオド「.」、カンマ「,」、コロン「:」、セミコロン「;」は半角で記し、後ろに半角分スペースをとる。カッコ「()」は半角で、その前後に半角分スペースをとる。ただし、カッコが続く場合「() ()」、カッコの後にピリオドやコロンなどが続く場合「().」、「():」はスペースをとらない。計量単位はmm、kgのように小文字だけで記し、数字と単位の間半角分スペースをとる。℃、%などの単位は全角で記し、数字と単位の間スペースをとらない。
- (4) イタリック体又はゴシック体の指定は、次に掲げるところにより著者が行う。
 - a イタリック体の指定は、赤で下線を引く。
 - b ゴシック体の指定は、赤で波線の下線を引く。
- (5) 生物の学名などは、国際動物命名規約や国際植物命名規約に従う。

VI 図・表・図版

- (1) 投稿原稿の図・表・図版の内容は、次に掲げるとおりとし、それぞれの種類ごとに番号をつける。
 - a 図 (Fig.) 本文中に入れる黒色図及び写真
 - b 表 (Table) 本文中に入れる記号、文字及びケイのみからなるもの
 - c 図版 (Pl.) 通しページを付さない独立のページとして印刷される写真
- (2) 図は、白色紙又は淡青色印刷の方眼紙に墨又は黒インキで明瞭に描かれたもの、又はこれと同程度のものでそのまま写真製版が可能なものに限る。縮図してもよいように、文字、記号、線などの大きさと調和に留意すること。
- (3) 図の内容の大きさを示すには、何分の1とししないで、縮尺 (スケール) を図中に書く。
- (4) 図・表は、1図ごと、1表ごとに別の用紙に書き、小さいものは原稿用紙大の白い台紙に貼る。
- (5) 図・表の位置は、原稿の右側欄外に赤字で示す。
- (6) 表のタイトルは、表の上書き、注などの説明は表の下書き。
- (7) 図・図版につけるタイトルと説明文 (キャプション) は、別の原稿用紙に書く。
- (8) 和文の場合、図・表・図版のタイトルと説明文は和文と英文の両方とし、可能な場合は、図・表の内容も英文で書く。
- (9) 図・図版の原稿には、1枚ごとに、裏に著者名、番号及び天地を記す。
- (10) 図版の原稿は、そのまま写真製版できるように、1ページの形 (印刷面は15.7×23.2 cm) に調和させ、台紙に写真を貼る。

VII 電子投稿

以下の指示にしたがって作成する。

- (1) ファイルフォーマットは次に掲げるとおりとする。
 - a PDFファイル [可能な限り本文、表、図をひとつのファイルにまとめる、それが不可能な場合は (本

文+表)と図の2ファイルにする]

b マイクロソフトワードファイル [本文+表+図 (ペイント系グラフィックのみ)をひとつのファイルにまとめる]

c マイクロソフトワードファイル (本文) + 図表 (JPEG 等)

なお, グラフは可能な限り excel 等の元データも併せて送付する。

- (2) 本文および表で用いる書体は, 和文フォントでは MS 明朝, 英文フォントでは Times New Roman とする。ギリシャ文字やキリル文字などの特殊文字は Times New Roman などの英文フォントを使用する。なお, フォントの大きさは 10.5 ポイントとする。
- (3) 原稿にはページ番号と第 1 ページ 1 行目から連続した行番号の両方を必ず付ける。
- (4) 表は, 本文の末尾に画像ではなく, テキストとして貼り付け, あるいは書き込む。表中の文字の位置調整はスペースを挿入するのではなく, TAB キーで行う。
- (5) 投稿の際は, CD-R にすべてのファイルを保存し, 編集委員長宛に送付する。あるいは, 電子メールの添付ファイルとして編集委員長宛に送付する。

VIII 印刷用原図の電子ファイル

- (1) 原図は TIFF ファイルもしくは JPEG ファイルとする。図はカラーで送付しても良いが, 印刷は全て白黒で行われる。線画やグラフは可能な限りグレースケールを避け, 白黒 2 値で作成する。
- (2) ファイルサイズは, 可能な限り 1 つの図あたり 2MB 以下に収める。

IX 著作権

- (1) 本誌に掲載された論文の著作権 (著作権法第 21 条から第 28 条までの権利を含む) は自然博物館に帰属する。
- (2) 投稿者は, 投稿整理カードへの署名をもってこの規定に従うことに同意したものとみなす。なお, 著作者が複数の場合は, 著作者全員の合意を得た上で代表者が署名することができる。

X 補 則

この規程に定めるもののほか, 必要な事項については自然博物館の館長が別に定める。

付 則

この規程は, 平成 14 年 3 月 21 日から施行する。

付 則

この規程は, 平成 15 年 1 月 23 日から施行する。

付 則

この規程は, 平成 16 年 10 月 1 日から施行する。

付 則

この規則は, 平成 24 年 12 月 13 日から施行する。

付 則

この規則は, 平成 25 年 12 月 15 日から施行する。

付 則

この規則は, 平成 29 年 11 月 22 日から施行する。

投稿原稿整理カード

編集会議記入		受付番号：	年度, No.	受理番号：	年度, No.					
		受付日：	年 月 日	受理日：	年 月 日					
著者名	和字									
	ローマ字									
執筆者連絡先	自宅	(〒)	TEL FAX E-mail							
	勤務先	(〒)	TEL FAX E-mail							
表題	和文									
	欧文									
ランニングタイトル										
原稿種類	原著論文	総説	短報	資料	雑録	掲載分野	動物	植物	地学	博物館学
原稿の枚数	本文： 和文 ・ 欧文			枚	キャプション：			枚		
	図 (Figures)：			枚	図版 (Plates)：			枚		
	表 (Tables)：			枚	付表 (Appendix)：			枚		
著作権	本論文が掲載された場合の著作権は貴館に帰属することを承諾し、著者を代表して署名します。 ※著作権の帰属に関する詳細は投稿規程を参照のこと。					署名：				
備考										

編集会議

編集議長：中寫政明

編集幹事：伊藤彩乃

編集副幹事：加藤太一

後藤優介

編集委員：小池 渉

池澤広美

佐藤一康

前橋千里

西元重雄

日向岳王

鵜沢美穂子

Editorial Board

Chief editor: Masaaki NAKAJIMA

Managing editor: Ayano ITO

Sub-managing editors: Taichi KATO

Yusuke GOTO

Editors: Wataru KOIKE

Hiromi IKEZAWA

Kazuyasu SATO

Senri MAEBASHI

Shigeo NISHIMOTO

Takeo HINATA

Mihoko UZAWA

茨城県自然博物館研究報告 第23号

(令和2年度)

BULLETIN OF IBARAKI NATURE MUSEUM

No.23 (2020.12)

令和2年12月18日発行

発行 ミュージアムパーク茨城県自然博物館

〒306-0622 茨城県坂東市大崎700番地

TEL 0297-38-2000

編集 ミュージアムパーク茨城県自然博物館

印刷 前田印刷株式会社

Bulletin of Ibaraki Nature Museum

No.23

December, 2020

CONTENTS

Original articles

- Variation of Petal Forms of *Saxifraga stolonifera* f. *aptera* in Mount Tsukuba, Ibaraki Prefecture, Japan
..... Taiga KASUYA, Kouko OBARA, Motohiro UMEUCHI, Ayano ITO and Kazuo OBATA 1
- Insect Fossils from the Pleistocene Shiobara Group Stored in Ibaraki Nature Museum – Ephemeroptera –
..... Shigeo NISHIMOTO, Taichi KATO and Shin-ichi ISHIWATA 13
- Vertical Distribution of Pteridophytes in Mt. Tsukuba, Ibaraki Prefecture, Japan
..... Kazuo OBATA, Nobuyuki TANAKA and Toshio OKA 29

Short articles

- Additional Records of *Aciagrion migratum* (Selys, 1876) (Odonata, Coenagrionidae) in Tsukuba City,
Ibaraki Prefecture, Japan Yuki HASEBE and Ryo FUTAHASHI 41
- Taxonomical Reexamination of the “Pterosaur” (Hitachinaka-ryu) Specimen from the Upper Cretaceous
Nakaminato Group Taichi KATO, Teppei SONODA, Yasuhisa NAKAJIMA and Hisao ANDO 43

Notes

- A New Record of *Podagricomela weisei* (Coleoptera, Chrysomelidae) in Ibaraki Prefecture, Central Japan
..... Noriyuki SAKAMOTO, Mitsugu SHIMIZU and Shigeo NISHIMOTO 57
- Plant Succession on Volcanic Lava in Miyake-jima and Construction of Vegetation Models
..... Kazuo OBATA and Takashi KAMIJO 59
- Bryophytes Flora of Myoginohana Moor, Ibaraki Prefecture, Japan
..... Mihoko UZAWA and Koji SUGIMURA 67
- Soil Spiders Collected at Mt. Buttyosan in Kasama City, Ibaraki Prefecture
..... Yohei SUGANAMI and Masaki HISAMATSU 75

Miscellany

- The Practice of Educational Dissemination Activities Using Models Made with a 3D Printer
..... Yusuke AIDA 83