

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、

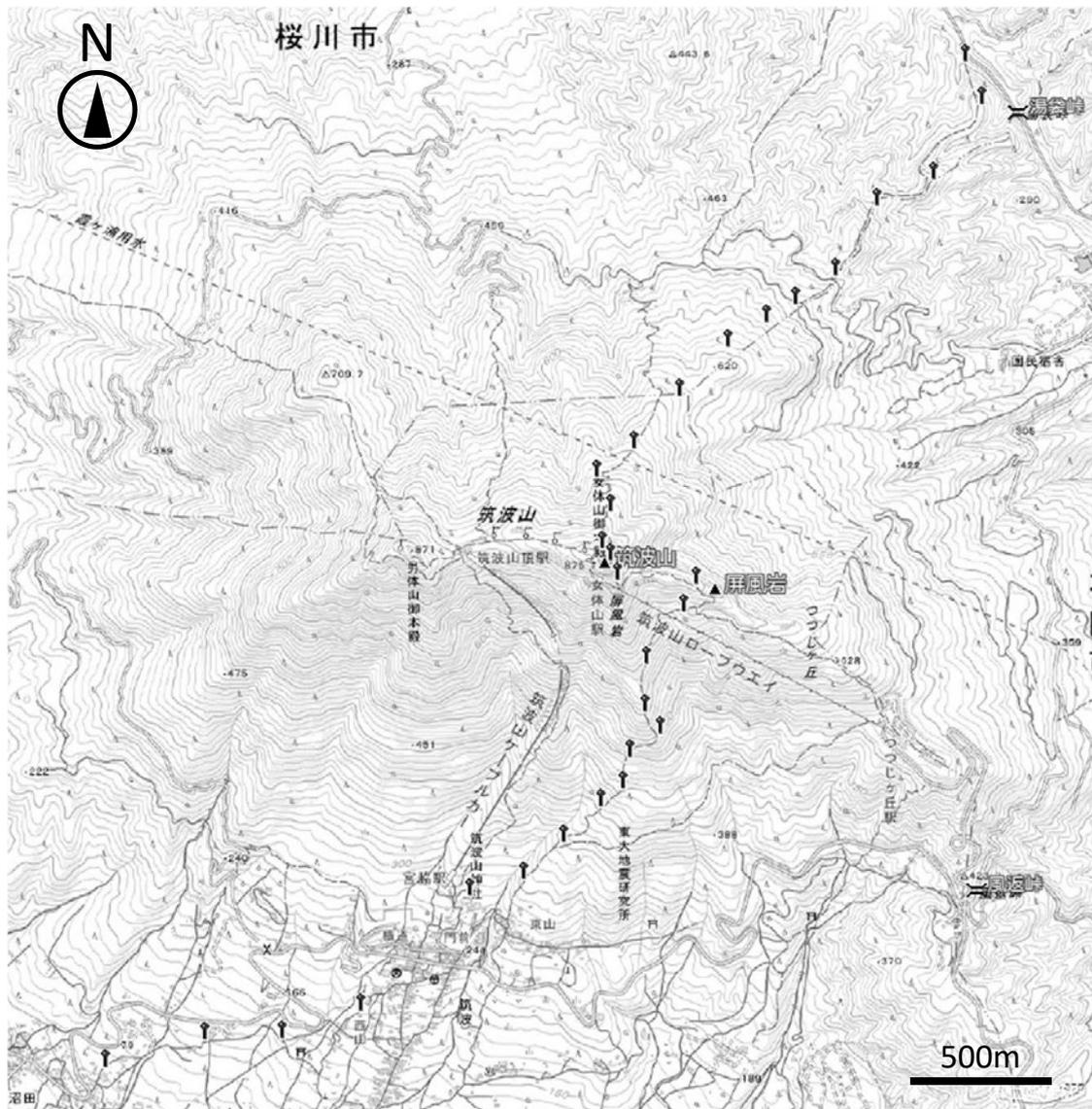


図 1. 調査ルートと調査区基点の位置.

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. 南北両ルートでの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				
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	32	38	19	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						
1	ゼンマイ	sg				17						1			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						4	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									12	625
12	シケシダ	sg															1		2	46	660
13	ミサキカグマ	sg														12				13	692
14	ヘビノネゴザ	sg				1							1							902	706
15	ナンタイシダ	sg							4	116	41	43	62			155	261	45	174	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.

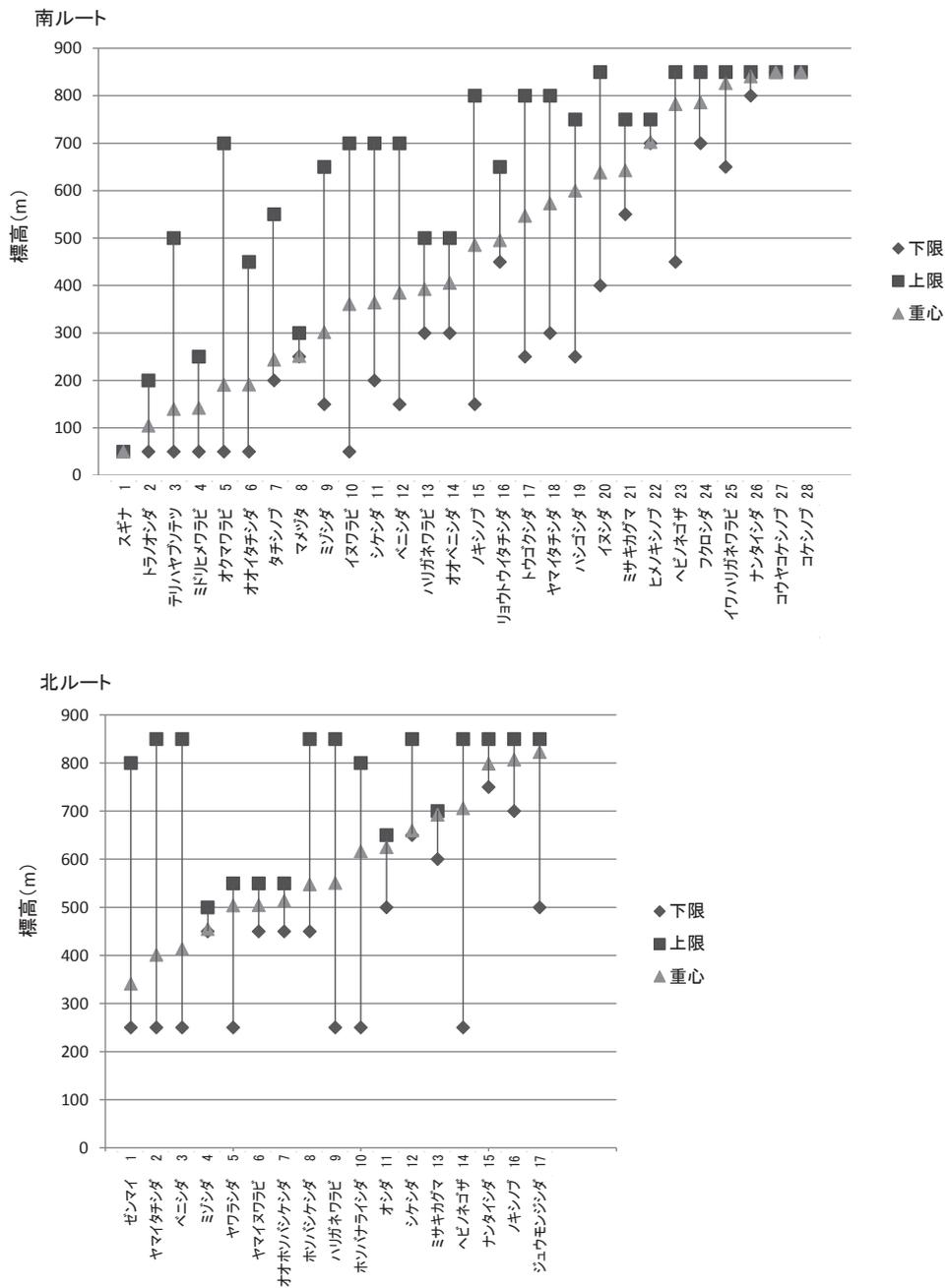


図2. 南北両ルートに出現したシダ植物の分布重心と分布上下限.
 Fig. 2. Gravity center of distributions and upper and lower limits of pteridophytes on the north and south trails.

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.