ISSN 1342-4297

Bulletin of the Botanic Gardens of Toyama

No. 23

富山県中央植物園研究報告

第 23 号

December, 2017
Botanic Gardens of Toyama

2017 年 12 月
富山県中央植物園

Reviewer（外部査読者、敬称略）
The editors are grateful to the following individual for his cooperation in reviewing a paper appearing in this number.
本号の原稿は次の方の査読をいただきました。記してお礼申し上げます。
Kazumasa Yokoyama, Kusatsu
（横山和正 : 草津）

Explanation of Cover
Fruits of *Callicarpa longissima* (Hemsl.) Merr. (Photo by T. Shiuchi)
（表紙の説明）
タカクマムラサキの果実（志内利明　撮影）

Bull. Bot. Gard. Toyama	No. 23	pp. 1–78	Toyama	December 28, 2017

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 1–8（2017）
富山県中央植物園研究報告

富山県氷見市小境海岸で分布確認された一年生アマモの形態と生態

東　義詔[1)]*・川住清貴[1)]・川窪伸光[2)]

[1)] 富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42
[2)] 岐阜大学応用生物科学部　〒 501-1193　岐阜県岐阜市柳戸 1-1

Morphological and ecological characteristics of the annual form of *Zostera marina* found in a cove on Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture, Japan

Yoshitsugu Azuma[1)]*, Kiyotaka Kawazumi[1)] & Nobumitsu Kawakubo[2)]

[1)] Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
*y-azuma@bgtym.org (corresponding author)
[2)] Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University,
1-1 Yanagito, Gifu 501-1193, Japan

Abstract: A new record of the annual form of *Zostera marina* was documented at the shallow-sea bottom of Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture. The wild populations appeared at the infralittoral zone (water depth: ~0.8 m) between early April and early July. The mature plants, *in situ*, consisted only of reproductive shoots that disappeared in August. The morphological and ecological characteristics of the annual form in wild and cultivated conditions were described in detail. In cultivated conditions, several plants flowered after being transplanted to an indoor aquarium, but the plants did not develop any reproductive or vegetative shoots. This is also the first report of the filiform pollen release occurring in the annual form of *Z. marina* in an aquarium.

Key Words: filiform pollen, reproductive shoots, seagrass, Toyama bay, Zosteraceae

アマモ科アマモ属 *Zostera* は海産の種子植物で、世界の寒帯から熱帯の沿岸域に 11 種が生育し（den Hartog & Kuo 2006）、日本には 5 種の分布が確認されている（Aioi & Nakaoka 2003）。その中でアマモ *Z. marina* L. は北海道から九州の沿岸域まで広域に分布している（田中 2015）。本種は、一般的に波の穏やかな砂地の潮下帯で群落をつくるが、最大干潮時に全体が空気中へ露出するような場所に生育することもある（大場・宮田 2007）。

かつてアマモは多年生草本とされていた（Tutin 1942）。Keddy & Patriquin（1978）は、カナダのノバスコシア沿岸で多年生ではない一年生アマモを発見し、詳細な形態観察と発芽実験、遺伝的な検討の結果、多年生と一年生アマモは同一種であると結論づけている。一年生アマモは、多年草のアマモに

比べて、海水温の変化、氷の形成、低塩分、深刻な暴風雨、他の生物による食害といった環境ストレスを受ける地域に生育する傾向があることから（Keddy & Patriquin 1978, McMillan 1983, Philips & Backman 1983, 菊池 1984, Robertson & Mann 1984, 今尾・伏見 1985, Meling-Lopez & Ibarra-Obando 1999, 河野ら 2012）、一年生アマモはストレス状態に適応していると考えられている（Robertson & Mann 1984）。

一年生アマモは、水中に露出する植物体に生殖枝を生じるが、地下茎は短くほとんど発達しない点が形態的な特徴である（Keddy & Patriquin 1978）。生殖枝の形態は、多年生アマモと一年生アマモの間で差異はないと言われている。一年生アマモは成熟後、根や地下茎が老化し、植物体が潮流によって運び去られる。このように一年生アマモは越冬することはない。本文中の生殖枝と栄養枝は、北村ら（1994）が記載したアマモ形態の見解を支持し、地下茎から生じる葉と花序とをつける枝を生殖枝（reproductive shoot）、地下茎から生じた葉だけをつける短い枝を栄養枝（vegetative shoot）とする。また、水中に露出する植物体を生殖株や栄養株と呼ぶ研究論文や報告書があるが、正しくは生殖枝（生殖シュート）と栄養枝（栄養シュート）である。

日本では、菊池（1984）が宮城県万石浦、三重県英虞湾、鹿児島県鹿児島湾にて一年生アマモが発見されていることを初めて報告している。今尾・伏見（1985）が静岡県浜名湖産一年生アマモの分布状況、形態、季節変化、生育環境の詳細な研究報告をした。その後、岡山県片上湾（尾田 2000）、高知県土佐市竜漁港内、須崎市鳴無（三重県 2008）でも確認されている。富山県では、松村（2017）が、氷見市沿岸域で水中カメラを用いて水深 20 m 以浅のウミクサ類と海藻の生育状況と季節的消長を調査し、一年生アマモが生育する可能性を示している。

著者らは、富山県北西部に位置する氷見市小境海岸のウミクサ類の生育状況、季節的消長、フェノロジーの把握といった長期的な観察を目的として、2016 年 6 月より継続的な調査を実施している（東・川窪 2016）。その調査中に、アマモ実生や、栄養枝をもたず生殖枝のみをつけた一年生アマモと思われる個体を発見した。これらを富山県中央植物園の研究室に持ち帰って水槽による海水アクアリウムで栽培し、並行して、一年生アマモと思われる個体を発見した地点で定期的なスノーケリング調査を行った。海域での自生状態と栽培環境下での形態・生態を観察し検討した結果、小境海岸に一年生アマモの生育を確認したので報告する。

方法

野外観察は富山県氷見市に位置する小境海岸で行った。方法はスノーケリングによる直接観察を行い、調査日は、2016 年 12 月 1 日、2017 年 1 月 27 日、3 月 10 日、4 月 10 日、4 月 27 日、5 月 8 日、6 月 9 日、7 月 6 日、8 月 4 日、9 月 5 日、10 月 3 日、11 月 6 日である。調査地では、アマモ個体の状態、生育状況に着目しながら直接観察を行った。採集したアマモは海水に浸した状態で研究室へ運んだ。研究室では、根に付いていた軟泥を海水中で軽く洗い、バットに浮かべ、発芽後に残存する種皮の有無、栄養枝の有無、地下茎の状態、生殖枝の有性生殖器官の形態に着目して観察を行った。バットに移したアマモは、リコー製デジタルカメラ WG-40 もしくはニコン製デジタルカメラ Nikon1V1 で形態の撮影を行った。

採集した生殖枝のみを付けた個体を観察するために、60 cm × 60 cm × 60 cm のアクリル水槽を用いた海水アクアリウムを構築した。水槽の底には調査地で得た軟泥を入れた。軟泥に採集個体を移植し栽培した。栽培条件はゼンスイ社製のクーラー ZC-500 を用

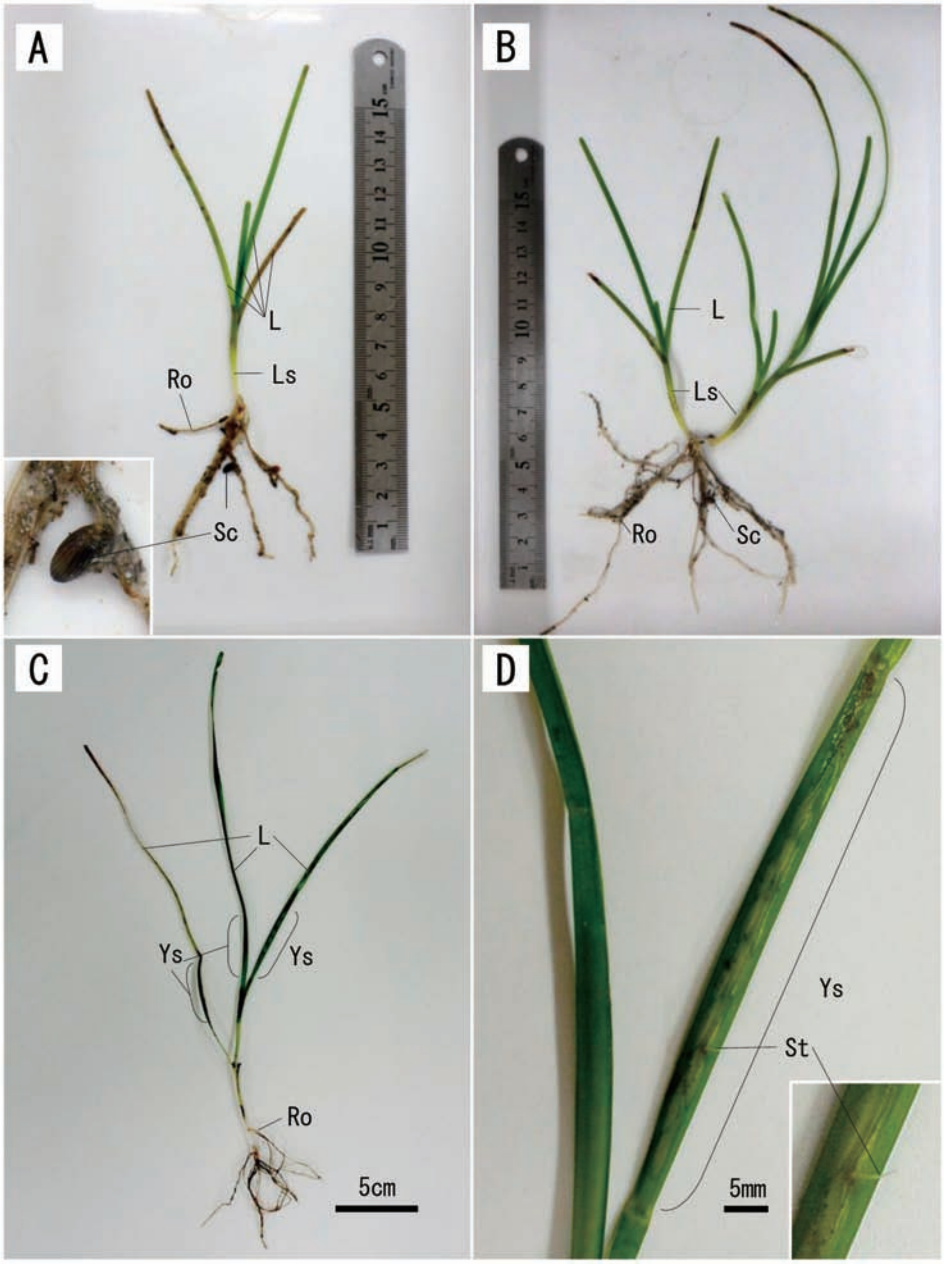

Fig. 1. *Zostera marina* in the infralittoral zone at Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture. A: Seedling of *Z. marina* collected at a water depth of 0.8 m on April 10, 2017. Leaf blade (L). Leaf sheath (Ls). Root (Ro). Seed coat (Sc). B: A branched seedling collected on April 10, 2017. C: The annual form of *Z. marina* with reproductive shoots, collected on April 27, 2017. Young spadix (Ys). D: Young spadix of Fig. 1.C. Style (St).

図 1.　富山県小境海岸産アマモ．A: 2017 年 4 月 10 日に水深 0.8 m で採集した実生．葉身（L）．葉鞘（Ls）．根（Ro）．種皮（Sc）．B: 同年 4 月 10 日に採集した分枝がみられる実生．C: 同年 4 月 27 日に採集した生殖枝のみがついた一年生アマモ．若い肉穂花序（Ys）．D: 拡大した C の若い肉穂花序．花柱（St）．

いて水温 19°C 〜 27°C の範囲内で管理した。照明は自然光とエムズワン社製アクアハイパワーライト ME-31501 を使用した。海水のろ過は、エーハイムフィルター 2213 を 2 台用いて行った。

結果及び考察

生育状況と形態観察

スノーケリングによる直接観察の結果、当年に発芽したアマモが成熟し、開花していたことが明らかになった。

入り江内には、水深 1 m から水深 1.5 m に一年を通じて消失することのないアマモ群落が分布しているが、水深約 80 cm の浅い砂地でもアマモの生育を確認した。このアマモに注目して 4 月 10 日に個体を掘り起こすとアマモ実生であった。アマモ実生は、波打ち際から 2 m 程度沖側に進んだ砂地に 30 個体点在していた。発見した実生は、図 1A のような第 4 葉から第 5 葉まで展開した状態だった。それらに加え、図 1B のような分枝の進んだ実生を同一箇所で 1 個体のみ採集した。図 1A と図 1B ともに種皮や胚軸が確認できる状態で、新崎（1950）が図示した実生と同じ形態であることから、当年に発芽した個体と推定できた。

その後、4 月 27 日に同じ場所で、生殖枝のみがついた 3 個体のアマモを採集した。図 1C は、採集した個体の 1 つである。種皮と胚軸は観察中に脱落してしまったが、当年に発芽した個体と推測できた。図 1A と比較すると根の本数は若干増加している。根茎は短く貧弱であり、その先に生殖枝のみが付いている。生殖枝は若い花序を有していた。その花序の大きさは 52 mm であった。また、若い花序葉鞘の隙間から 4 mm の花柱が出ていた（図 1D）。図 1C は、Keddy & Patriquin（1978）が報告した、水中に露出する植物体に生殖枝を生じるが、地下茎は短くほとんど発達しない一年生アマモの形態とよく似る。

5 月 8 日から 7 月 6 日の調査では、その場所に生殖枝のみがついたアマモを数個体観察できた。しかし、8 月 4 日以降、その場所から水中に露出する植物体がなくなった。スコップで掘り返し地下部を観察しようとしたが地下茎は確認出来なかった。

生殖枝のみがついたアマモ個体の栽培下観察

生殖枝のみがついた 3 個体のアマモを水深約 80 cm の浅い砂地から採集し、4 月 28 日に水槽へ移植して、栽培を開始した。図 1D の肉穂花序がついた株は 5 月 1 日のうちに開葯し花粉を放出した。まず、午前 9 時頃には半葯が葉鞘の隙間から起き上がるようにして突出しており、糸状花粉の一部が裂開部から水中へ出てきたのを目視した。その後、糸状花粉は水槽内の水流にわずかに流されるようにして半葯から放出されたと推測される。水面から約 30 cm 下の海中で放出された糸状花粉は、5 月 2 日午前 9 時頃には水面で浮いているのを確認できた。糸状花粉は、時間の経過とともに海面に浮き上がったと考えられる。大部分の糸状花粉が無くなった半葯は、5 月 2 日午後 5 時頃には全てが肉穂花序から脱落した。ほかの 2 個体も同様に糸状花粉が肉穂花序内の葯から放出された。栽培条件下の肉穂花序で最後に花粉放出が起こったのは、6 月 20 日であった。また水槽内の肉穂花序が結実することはなかった。7 月 30 日には栽培していたアマモは、3 個体とも全体が茶褐色に変色し、生殖枝が離脱した。褐色化した地下茎からは、新たな生殖枝や栄養枝が発生することがなかったので枯死と判断した。つまり、当年に発芽した個体を栽培し、それらが開花後に枯死したことから、それらの個体が一年生アマモであると考えられた。

実際、一年生アマモと断定するには野外における観察だけでは十分でない。Gagnon *et al.*（1980）は、一年で枯死するアマモには、遺伝的には多年生でありながら環境に適さず

に枯死している個体が含まれている場合があるとしている。また、池森ら(2016)は石川県七尾西湾産多年生アマモが、夏季の海水温が高温になる場合にのみ、環境に適さず枯死することを報告している。その成熟した植物体が越冬することなく枯死する個体は、まるで一年生の生活史を示すようだ。つまり、一年生アマモの確証を得るには、Keddy & Patriquin (1978)が記した地下茎が短くほとんど発達しない点と生殖枝からなる点を確認する必要がある。そのうえで、一年を通した定期的な野外観察を踏まえ、一年生アマモの存在を判断する必要がある。

本研究で水深約 80 cm の浅い砂地から採集した生殖枝のみがついた個体は、定期的なスノーケリングによる直接観察、形態観察、水槽内での栽培観察の結果より、発芽後一年未満で開花し、越冬することなく枯死する一年生アマモであると考えられた。

富山県における一年生アマモ

富山県では、松村(2017)が、氷見市沿岸域で一年生アマモの分布の可能性を示している。しかし、松村は一年生アマモの分布域を水深 6 m 以深と推定しており、その生育環境は、今回我々が発見した一年生アマモが生育していた水深約 80 cm の浅い砂地とは大きく異なる。

松村(2017)は、氷見市沿岸域で船上から海底まで水中カメラを垂下し、水深 20 m 以浅のウミクサ類と海藻の生育状況とその季節的消長の把握を試みた。水中カメラで撮影した海底は、夏季の 6 月 27 日と 7 月 1 日に 229 個所、秋季の 11 月 28 日と 12 月 2 日に 251 個所におよんでいる。さらに録画した映像からアマモの季節的消長を夏季と秋季で比較した。

それらの結果、アマモの生育が確認できたのは夏季に 99 個所、秋季に 76 個所で、水深 2.8 ～ 21 m に生育することが明らかになった。夏季のアマモ生育状況は栄養枝と生殖枝の両方が見られ、特に深い水深で生殖枝が多く見られたとしている。一方、秋季のアマモ生育状況は、栄養枝のみが見られ、深い水深のほとんどの個体が枯れていたが、実生由来と思われる栄養枝をもつ個体が多数確認された。夏季と秋季のアマモ被度を比較すると、氷見漁港北側水深 6 m 以深のアマモが大きく減少していた。水深 6 m 以深のアマモは成熟期に生殖枝が多いこと、秋季に実生由来の植物体が多く存在すること、夏季から秋季にかけて減少する被度が大きいことから、一年生アマモが生育する可能性があるとした。つまり、富山県の一年生アマモは、松村の示した水深 6 m 以深と、本研究で生育が確実となった浅瀬域の異なる二つの水深で生育している可能性がある。

同所的に生育する一年生と多年生アマモ

小境海岸沿岸域のアマモは冬季に消失しないことから、著者らは調査開始時には、その集団は、多年生アマモのみからなると考えていた。しかし今回の調査の結果、多年生アマモ群落から岸側に 5 m 程度離れた水深約 80 cm の浅い砂地には、一年生アマモの個体が生育していた。つまり、小境海岸のアマモ集団には、一年生アマモと多年生アマモが同所的もしくは側所的に生育することが明らかになった。Keddy & Patriquin (1978)が報告したカナダのノバスコシア沿岸のアマモ集団でも、一年生アマモと多年生アマモが混生していた。Keddy らは、一年生アマモが多年生アマモと外見上よく似ているために見落とされやすいと指摘した。さらに多年生アマモ集団の中には、普通に一年生アマモが存在するとも示唆している。

例えば、Miki (1933)は、福井県敦賀湾にて採集した生殖枝のみからなる個体(5 月 25 日採集)の写真を示している。これは当時一年生アマモが敦賀湾にも生育し、一年生アマ

モと多年生アマモとが混生していた可能性を示唆している。これらの報告や今回の著者らの研究結果に基づくと、日本で北海道から九州の沿岸域に生育する他の多年生アマモ集団においても、水深 1 m 以下の浅瀬の砂地には一年生アマモが生育している可能性が考えられる。

小境海岸沿岸域で一年生アマモが生育していた環境要因としては、浅瀬における温度ストレスが影響するかもしれない。Moore & Short (2006) は、海水温の温度ストレスは有性生殖に影響を与える重要な要因と報告している。例えば、メキシコ湾における一年生アマモの発生は、高水温が関係しているとされている（McMillan 1983, Phillips & Backman 1983, Meling-Lopez & Ibarra-Obando 1999）。日本の分布南限である鹿児島県鹿児島湾に生育するアマモも一年生である（菊池 1984, 菊池 1987, 河野ら 2012）。また、今尾・伏見（1985）は、浜名湖における一年生アマモ群落の成立を水域の低塩分が主要因と考え、高水温との関係性も無視できないとしている。

一方、カナダのノバスコシア沿岸では、低水温と氷の形成が一年生アマモの発生に関係しているとされている（Keddy & Patriquin 1978, Robertson & Mann 1984）。そこから考察すると、松村（2017）が示した水深 6 m 以深に生育するアマモは、浅瀬とは逆に低い海水温にさらされていることが推測される。さらに、水深が深くなるにつれ水中光の減少が起こり、アマモの生活史戦略に影響を及ぼすと考えられている（Phillips & Backman 1983, Kim *et al.* 2014）。このように氷見漁港北側の水深 6 m 以深に生育する一年生アマモは、低温度の温度ストレスや水中光の減少を要因とし、発生しているのかもしれない。

本研究では、一年生アマモの種子や発芽直後の実生を自然条件下で発見することが出来なかった。松村（2017）は富山湾水深 8 m 付近で種子と発芽後の実生株を 9 月末に観察している。また、今尾・伏見（1985）が調査した浜名湖産一年生アマモは、11 月と 12 月に発芽することを報告している。小境海岸の一年生アマモでも種子や新しい実生は、秋から冬にかけて採集できるかもしれない。種子が採集できれば、一年生アマモと多年生アマモを同一水槽内で播種し、比較栽培することができる。今後の研究課題となる比較栽培では、栄養枝の有無、生殖枝と栄養枝における生長の違いに着目することが、小境海岸産一年生アマモの生態的特性を明らかにするうえで重要となる。

本調査により多年生アマモが分布する富山県氷見市小境海岸に、発芽後一年未満で成熟、開花し、越冬することなく枯死するアマモが生育することが明らかになった。栽培条件下の一年生アマモ観察結果では、有性繁殖特性上、非常に重要な花粉放出を形態・生態的に記録できた。今後は、この一年生アマモが生産した種子の発芽能や、実生定着の可能性を含め、一年生アマモの生活史を解明する継続的な観察が必要であると考えられる。

本研究を行うにあたり、氷見漁業協同組合には調査の実施にご理解とご協力いただきました。魚津水族館の不破光大学芸員にはアマモのアクアリウムを構築するにあたり、有益なアドバイスをいただきました。公益財団法人環日本海環境協力センターの松村　航博士、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産大学校の阿部真比古博士と村瀬　昇博士には文献を提供いただきました。また執筆にあたり富山県中央植物園園長中田政司博士には多くの助言をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

引用文献

Aioi, K. & Nakaoka, M. 2003. The seagrasses of Japan. *In* Green, E. P. & Short, F. T.

(eds.), World atlas of Seagrasses. pp. 185–192. University of California Press, California.

東　義詔・川窪伸光．2016．富山県氷見市小境海岸産ウミクサ類の生育状況．富山県中央植物園研究報告 **22**: 1–8.

den Hartog, C. & Kuo, J. 2006. Taxonomy and biogeography of seagrasses. *In* Larkum, A. W. D., Orth, R. J. & Durate, C. M. (eds.), Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. pp. 1–23. Springer, Dordrecht.

Gagnon, P. S., Vadas, R. L., Burdick, D. B. & May, B. 1980. Genetic identify of annual and perennial forms of *Zostera marina* L. Aquat. Bot. **8**: 157–162.

池森貴彦・東出幸真・坂井恵一．2016．石川県の七尾西湾におけるアマモ類の分布域と季節的特徴．日本海域研究 **47**: 29–33.

今尾和正・伏見　浩．1985．浜名湖におけるアマモ（*Zostera marina* L.）の生態、特に一年生アマモの成立要因．藻類 **33**: 320–327.

河野敬史・Nishihara, G. N.・寺田竜太．2012．日本産アマモ *Zostera marina* の分布南限群落における季節的消長と光合成特性．日本水産学会誌 **78**: 692–704.

Keddy, C. J. & Patriquin, D. G. 1978. An annual form of eelgrass in Nova Scotia. Aquat. Bot. **5**: 163–170.

菊池泰二．1984．アマモの生態．丸茂隆三（編），海洋の生物過程．pp. 53–56．恒星社厚生閣，東京．

菊池弘太郎・佐藤秋生・本多正樹．1987．電源立地点の藻場造成技術の開発－第7報　環境要因とアマモの花枝形成－．電力中央研究所報告．U86044．10pp．財団法人電力中央研究所，東京．

Kim, S. H., Kim, J. H., Park, S. R. & Lee, K. S. 2014. Annual and perennial life history strategies of *Zostera marina* populations under different light regimes. Marine Ecology Progress Series **509**: 1–13.

北村四朗・村田　源・小山鐵夫．1994．原色日本植物図鑑．草本編Ⅲ（改訂52刷）．465pp．保育社，大阪．

松村　航．2017．平成28年度富山湾リモートセンシング調査事業報告書．99pp．公益財団法人環日本海環境協力センター，富山県．

McMillan, C. 1983. Seed germination for an annual form of *Zostera marina* from the Sea of Cortez, Mexico. Aquat. Bot. **16**: 105–110.

Meling-Lopez, A. E. & Ibarra-Obando, S. E. 1999. Annual life cycles of two *Zostera marina* L. populations in the Gulf of California: Contrasts in seasonality and reproductive effort. Aquat. Bot. **65**: 59–69.

三重県農水商工部水産基盤室．2008．アマモ場再生ガイドブック．62pp．三重県．

Miki, S. 1933. On the sea-grasses in Japan (I), *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters. Bot. Mag. Tokyo **47**: 842–862.

Moore, K. A. & Short, F. T. 2006. *Zostera*: Biology, Ecology, and Management. *In* Larkum, A. W. D., Orth, R. J. & Durate, C. M. (eds.), Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. pp. 361–386. Springer, Dordrecht.

新崎盛敏．1950．アマモ、コアマモの生態（Ⅱ）．日本水産学会誌 **16**: 70–76.

尾田　正．2000．アマモの枯死期及び葉体の部位による光合成活性．岡山県水産試験場報告 **15**: 34–38.

大場達之・宮田昌彦．2007．日本海草図譜．114pp．北海道大学出版会，北海道．

Phillips, R. C. & Backman, T. W. 1983.

Phenology and reproductive biology of eelgrass (*Zostera marina* L.) at Bahia Kino, Sea of Cortez, Mexico. Aquat. Bot. **17**: 85–90.

Robertson, A. I. & Mann, K. H. 1984. Disturbance by ice and life-history adaptations of the seagrass *Zostera marina*. Marine Biology **80**: 131–141.

田中法生. 2015. トチカガミ科. 大橋広好・門田裕一・木原　浩・邑田　仁・米倉浩司(編), 改訂新版　日本の野生植物 1. pp. 118–125. 平凡社, 東京.

寺脇利信・田中敏博・阿部真比古・新井章吾. 2006. 分布南限域にあたる鹿児島湾産一年生アマモの形態観察. 海苔と海藻 **71**: 31–35.

Tutin, T. G. 1942. *Zostera* L. J. Ecol. **30**: 217–226.

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 9–18（2017）
富山県中央植物園研究報告

ヤマトキホコリの葉形はウワバミソウとの識別に使えない

兼本　正

富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42

The leaf shape of *Elatostema laetevirens* (Urticaceae) is useless for distinguishing from *E. umbellatum* var. *majus*

Tadashi Kanemoto

Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
kane@bgtym.org

Abstract: Morphological variation in the vegetative organs of *Elatostema laetevirens* Makino, between forest floor and forest edge populations, were observed in two ecological regions: a montane region (elevation: 1447 m) and a lowland region (elevation: 224 m), in Toyama prefecture. In both regions, plants of the forest floor populations had long stems and large leaves that were oblong lanceolate in shape, coarsely dentate, and were long acuminate at the apex, whereas those of the forest edge populations had short stems and small leaves that were elliptic in shape, finely dentate, and had an acuminate apex. Significant differences in the measured characters were found between forest floor populations and forest edge populations in both regions. Plants of the forest edge population of *E. laetevirens* in both regions had been mowed at base of the stem from May to June for maintenance of forest roads. Thus, the variations in stem height and leaf shape of the second shoot of *E. laetevirens* were considered to be caused by roadside mowing.

Key Words: diagnostic characters, environmental factor, *Elatostema laetevirens*, forest floor, forest edge, roadside mowing, Urticaceae, vegetative organ

ヤマトキホコリ *Elatostema laetevirens* Makino は北海道から九州の山地の湿った林床谷部に生育する多年草で、茎は軟弱多汁、基部に稜があり、ほとんど分枝せず、葉は無柄で基部はくさび形にせばまり、葉は互生し左右 2 列に並び、上半部の両側に粗い鋸歯がある（Makino 1932, 根本 1936, 北村・村田 1961, 大井 1953, 奥山他 1977, 佐竹 1982, 大井・北川 1983, 小野他 1989, 米倉 2016, 邑田・米倉 2017）。ヤマトキホコリはウワバミソウ *Elatostema umbellatum* Blume var. *majus* Maxim. の花期が 4 月であるのに対し秋に開花し、雌花序内に雄花が混生すること、秋に節が肥厚することが無いので区別できるが、春から夏にかけては草姿がよく似ており、両者を混同することが多い。北村･村田（1961）、Ohwi（1965）、佐竹（1982）、小野他（1989）、米倉（2016）、邑田・米倉（2017）はヤマトキ

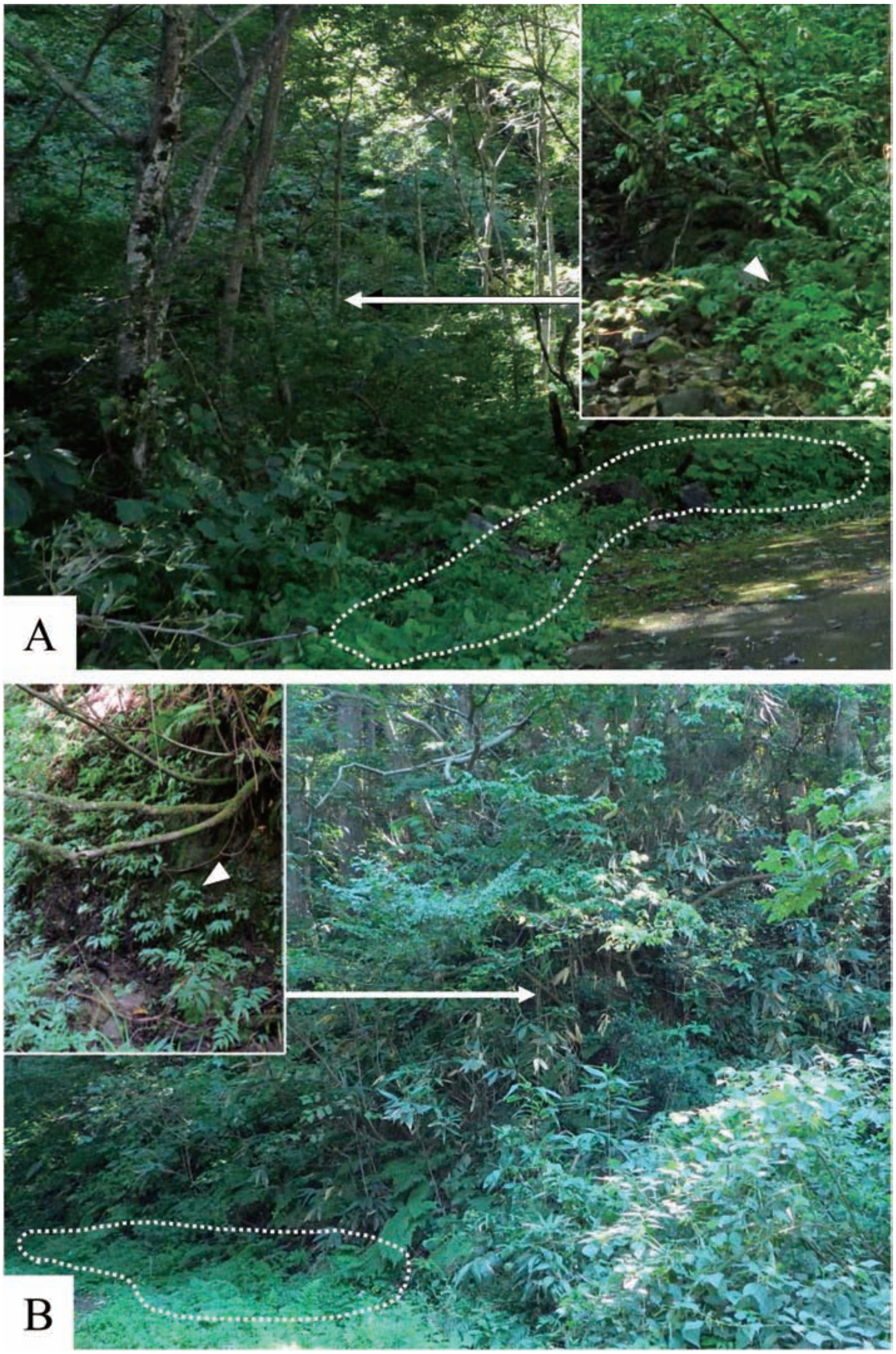

Fig. 1. Habitats of *Elatostema laetevirens*. A: Arimine, montane region; B: Yoshimine, lowland region. Arrows indicate the forest floor population and arrowheads indicate individuals. Dotted circles show the forest edge populations. Photo: September 10, 2017.

図 1. ヤマトキホコリの生育地. A: 富山市有峰, B: 立山町吉峰. 矢印は林床集団の位置を示す. 矢頭は林床で生育している個体を示す. 破線で囲まれた範囲は林縁集団を示す. 写真は 2017 年 9 月 10 日.

Table 1. Localities of measured individuals of *Elatostema laetevirens.*

表 1. 測定したヤマトキホコリの個体の産地.

Locality	Alt. (m)	Latitude (N)	Longitude (E)
Yoshimine, Tateyama Town, Nakaniikawa-gun, Toyama Pref.	240	36.613567	137.338836
Higashidani, Arimine, Toyama City, Toyama Pref.	1447	36.424874	137.445573

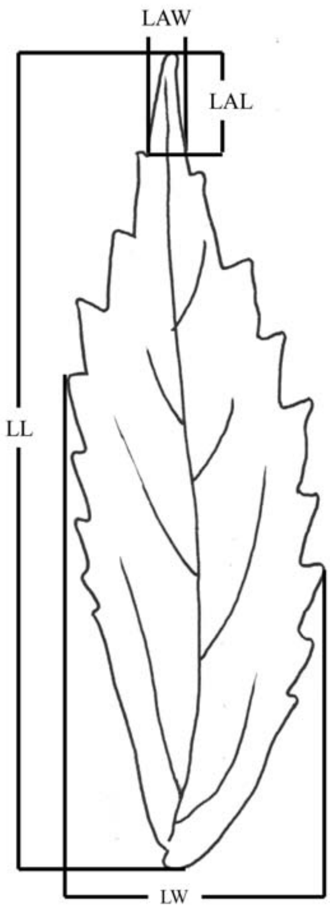

Fig. 2. Illustration showing the parts of the leaves of *Elatostema laetevirens* that were measured. For abbreviations see Table 2.

図 2. ヤマトキホコリの葉の測定箇所を示した図. 略字については表 2 を参照.

ホコリの葉先は尖鋭頭または鈍頭であり、ウワバミソウの葉先は尾状に伸長することから、2 種を識別する形質として葉先の特徴を取り上げている。一方、Makino（1932）、奥山他(1977)、大井・北川(1983) はヤマトキホコリには葉先が尾状に伸長するものもあることから、葉先をウワバミソウと区別する形質として取り上げておらず、ヤマトキホコリとウワバミソウを区別する上で葉先の形態を識別形質とする見解は一致していない。

Table 2. Morphological characters measured in this study. See explanatory diagram in Fig. 2.

表 2. 形態比較に用いた形質. 測定箇所は図 2 参照.

Abbereviation	Character
SL	Stem length
LL	Leaf length
LW	Leaf width
LAL	Leaf apex length
LAW	Leaf apex width
LPL	Leaf periferal length
LTN	Leaf tooth number

栄養器官は環境条件に敏感に反応し形態や大きさの変異が大きく、その報告例としてキク科エゾノコンギク *Aster microcephalus*（Miq.）Franch. et Sav. var. *yezoensis*（Kitam. et H.Hara）Soejima et Mot.Ito の葉の下半分のくびれは生育地の陰陽と乾湿により大きな差があること(水島 1959)、ブナ科ブナ *Fagus crenata* Blume の葉面積は生育地が乾性土壌から湿性土壌に移行するに従って増大すること(萩原 1977)、モチノキ科ツルツゲ *Ilex rugosa* F.Schmidt var. *hondoensis* Yamazaki の葉形と大きさは生育地によって変わること(山崎 1987)、ミズアオイ科ミズアオイ *Monochoria korsakowii* Regel et Maack は 葉

形と大きさが生育地の水深と日当りにより大きく変化すること（汪他 2010）などがある。

ヤマトキホコリも生育地によって葉形態が変異することが予想され、このことが葉先の特徴を識別形質として用いる見解の不一致を招いていると考えられる。そこで異なる生育地におけるヤマトキホコリの栄養器官の形態変異を調査した。

材料と方法

ヤマトキホコリは富山県では山地や低地の湿った林床や林縁に生育している。異なる生育地として、山地と低地について、それぞれ林床と林縁に生育している個体を対象に栄養器官の形態を比較した。材料は 2017 年 9 月 10 日に、山地は富山県富山市有峰林道東谷（Fig. 1A）、低地林は富山県中新川郡立山町吉峰（Fig. 1B）の林内から林縁にかけて連続的に生育している北東斜面のそれぞれ林床集団と林縁集団から 50 cm 間隔で採集した開花 10 個体を用いた。採集地の標高と位置を Table 1 に示した。

採集した個体は腊葉標本にした後、茎長（SL）を測定し、葉の形質では最大葉をスキャナーで画像として取り込んだ後、画像解析ソフト ImageJ（Abramoff *et al*. 2004）を用いて、Fig. 2 と Table 2 に示した葉身長（LL）、葉身幅（LW）、葉先長（LAL）、葉先基部幅（LAW）、葉周長（LPL）、鋸歯数（LTN）を測定し、葉形指数（LL / LW）、葉先の尖り具合を表す葉先長と葉先基部幅の比（LAL / LAW）、葉周 1 cm 当りの鋸歯数を表す鋸歯数と葉周長の比（LTN / LPL）を算出した。茎長、葉身長、葉幅と、算出された葉形指数、葉先長と葉先基部幅の比、鋸歯数と葉周長の比を統計解析ソフト Statcel（柳井 2004）でチューキー・クレイマー多重比較検定により有意水準 $p < 0.01$ において平均値の有意差を求めた。

結果

（1）生育地環境

林床集団は、有峰がブナ *Fagus crenata* Blume、ホオノキ *Magnolia obovata* Thunb.、ユキツバキ *Camellia rusticana* Honda、チマキザサ *Sasa palmata*（Lat.-Marl. ex Burb.）E.G.Camus など（Fig. 1A）、吉峰がスギ *Cryptomeria japonica*（L.f.）D.Don、コナラ *Quercus serrata* Murray、ケヤキ *Zelkova*

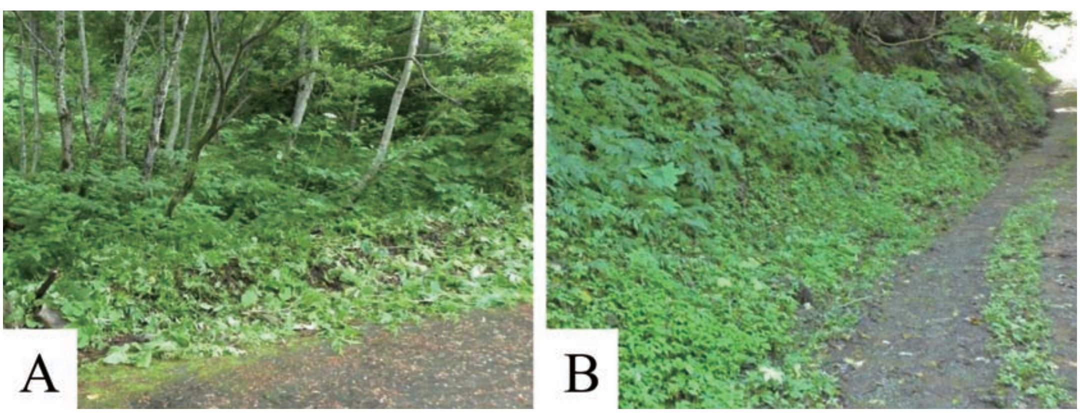

Fig. 3. *Elatostema laetevirens* populations at the forest edge in Arimine (A) and Yoshimine (B), both photographed on June 20, 2017. Roadside mowing had been completed on the same day as the photograph was taken (A) and several weeks prior to the photograph (B).

図 3. 林縁のヤマトキホコリ集団．ほとんどの植物は茎基部から刈り取られていた．Ａ：富山市有峰，Ｂ：立山町吉峰．写真は 2017 年 6 月 20 日撮影.

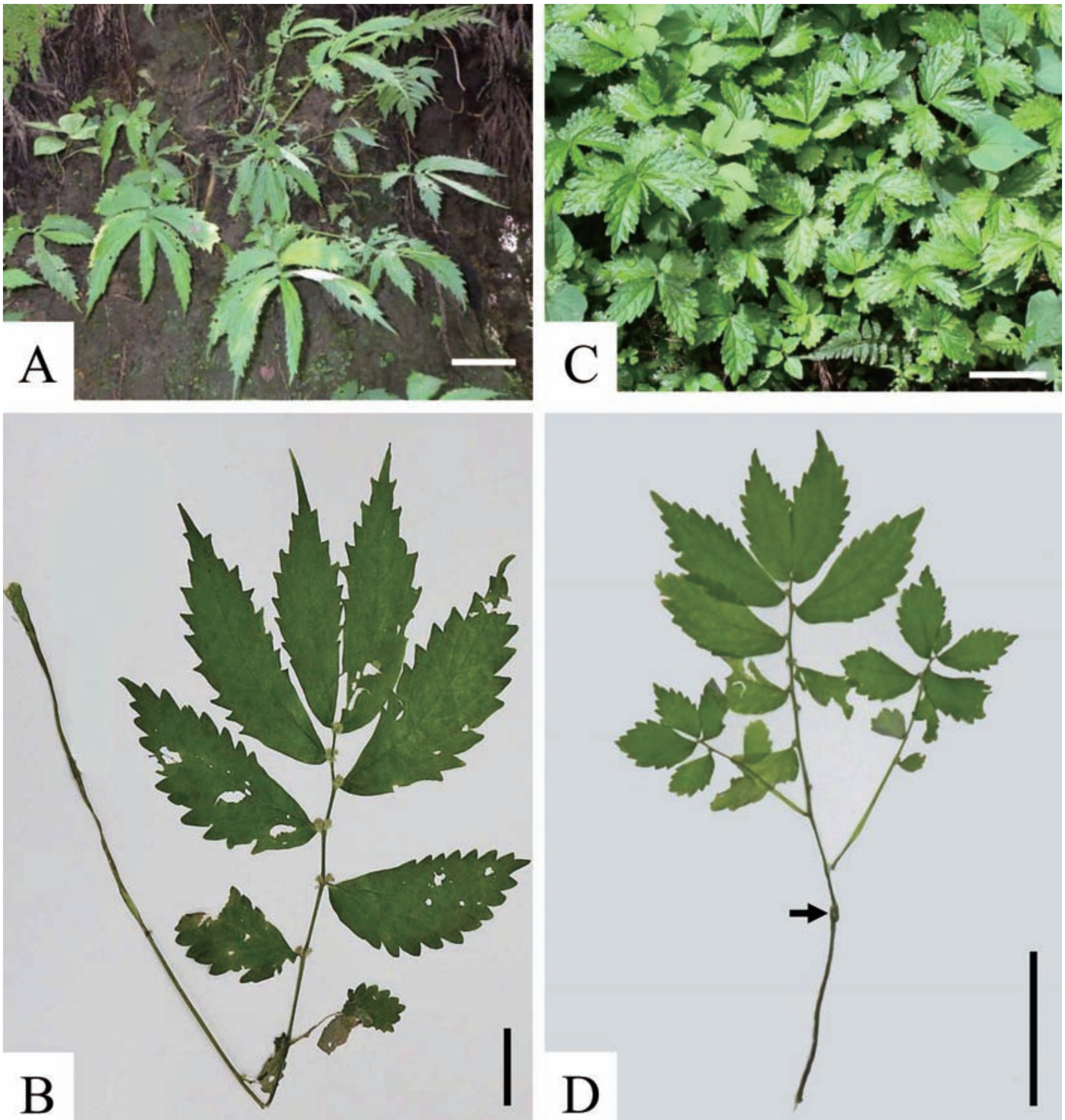

Fig. 4. Growing condition of *Elatostema laetevirens* of the forest floor population (A) and forest edge population (C), and representative individuals of the forest floor (B) and forest edge populations (D) in Arimine. Arrow indicates the cutted point. Scale bars indicate 5 cm.

図4. 有峰におけるヤマトキホコリの生育状況. 林床(A), 林縁(C). 典型的な林床集団の個体(B)と林縁集団の個体(D). 矢印は茎が切断された部位を示す. スケールバーは5 cm.

serrata（Thunb.）Makino、オオバクロモジ *Lindera umbellata* Thunb. var. *membranacea*（Maxim.）Momiy. ex H.Hara et M.Mizush.、ヒメアオキ *Aucuba japonica* Thunb. var. *borealis* Miyabe et Kudô 、チマキザサ *Sasa palmata*（Lat.-Marl. ex Burb.）E.G.Camus などで被陰され（Fig. 1B）、林縁集団では有峰と吉峰ともに上部が開け、明るかった（Fig. 1A, B）。有峰と吉峰の林縁集団は5月～6月にかけて林道管理のために草刈りが行われ、

Table 3. Measurements of stem and leaf characters of *Elatostema laetevirens*. SL, Stem length; LL, Leaf length; LW, Leaf Width; LAL, Leaf apex length; LAW, Leaf apex width; LPL, Leaf periferal length; LTN, Leaf tooth number.

表3. ヤマトキホコリの茎と葉の形質の測定値. SL, 茎長; LL, 葉身長; LW, 葉身幅; LAL, 葉先長; LAW, 葉先基部幅；LPL, 葉周長；LTN, 鋸歯数.

Character	Population			
	Arimine		Yoshimine	
	Forest floor	Forest edge	Forest floor	Forest edge
SL (cm)	41.3 ± 8.3* (29.0–52.9)**	32.6 ± 4.5 (25.6–39.3)	43.7 ± 8.5 (35.0–62.1)	33.8 ± 5.3 (22.0–39.8)
LL (mm)	141.3 ± 14.7 (106.8–159.7)	88.2 ± 12.3 (67.8–104.6)	142.0 ± 21.7 (108.2–176.1)	89.5 ± 8.3 (74.9–98.1)
LW (mm)	38.4 ± 4.2 (32.6–46.8)	29.5 ± 3.2 (24.0–34.8)	39.0 ± 7.9 (25.0–51.7)	25.8 ± 2.9 (20.8–31.3)
LAL (mm)	21.2 ± 6.4 (13.7–33.1)	12.3 ± 4.8 (5.3–20.6)	21.0 ± 4.2 (14.6–27.7)	13.1 ± 3.1 (9.2–17.6)
LAW (mm)	5.3 ± 1.4 (3.9–8.0)	4.7 ± 0.9 (3.5–6.8)	5.4 ± 1.2 (3.8–7.5)	4.0 ± 1.2 (2.8–6.5)
LPL (cm)	30.1 ± 3.3 (21.8–33.3)	18.4 ± 2.4 (15.0–21.7)	28.7 ± 4.3 (22.6–35.0)	17.5 ± 2.2 (14.7–20.3)
LTN	15.3 ± 1.5 (14–18)	15.6 ± 1.3 (13–17)	15.1 ± 1.5 (13–18)	15.6 ± 1.8 (12–18)
LL／LW	3.7 ± 0.2 (3.3–4.0)	3.0 ± 0.4 (1.9–3.5)	3.7 ± 0.6 (3.0–4.5)	3.5 ± 0.2 (3.1–3.9)
LAL／LAW	4.0 ± 0.5 (3.2–5.0)	2.6 ± 1.0 (1.1–4.4)	3.9 ± 0.4 (3.4–4.6)	2.2 ± 0.6 (1.1–3.3)
LTN／LPL	0.52 ± 0.09 (0.42–0.69)	0.86 ± 0.13 (0.69–1.11)	0.53 ± 0.07 (0.44–0.63)	0.90 ± 0.13 (0.67–1.11)

* mean ±SD
** range

2 地点ともに 6 月 20 日は茎基部から刈り取られていた（Fig. 3A, B）。Fig. 4 は有峰のヤマトキホコリの例を示すが、有峰と吉峰ともに林床集団の茎は疎らで（Fig. 4A）、分枝しておらず（Fig. 4B）、林縁集団の茎は密集し（Fig. 4C）、刈り取られた茎の下部の節から伸長したシュートは分枝していた（Fig. 4D）。

（2）茎長と葉の形態的変異

測定結果は Table 3 に示した。茎長（SL）の平均値は有峰の林床集団が 41.3 cm、林縁集団が 32.6 cm、吉峰の林床集団が 43.7 cm、林縁集団が 33.8 cm であり、変異は重なっていたが有峰と吉峰ともに林床集団の茎は林縁集団より有意に長かった（Fig. 5A）。葉身

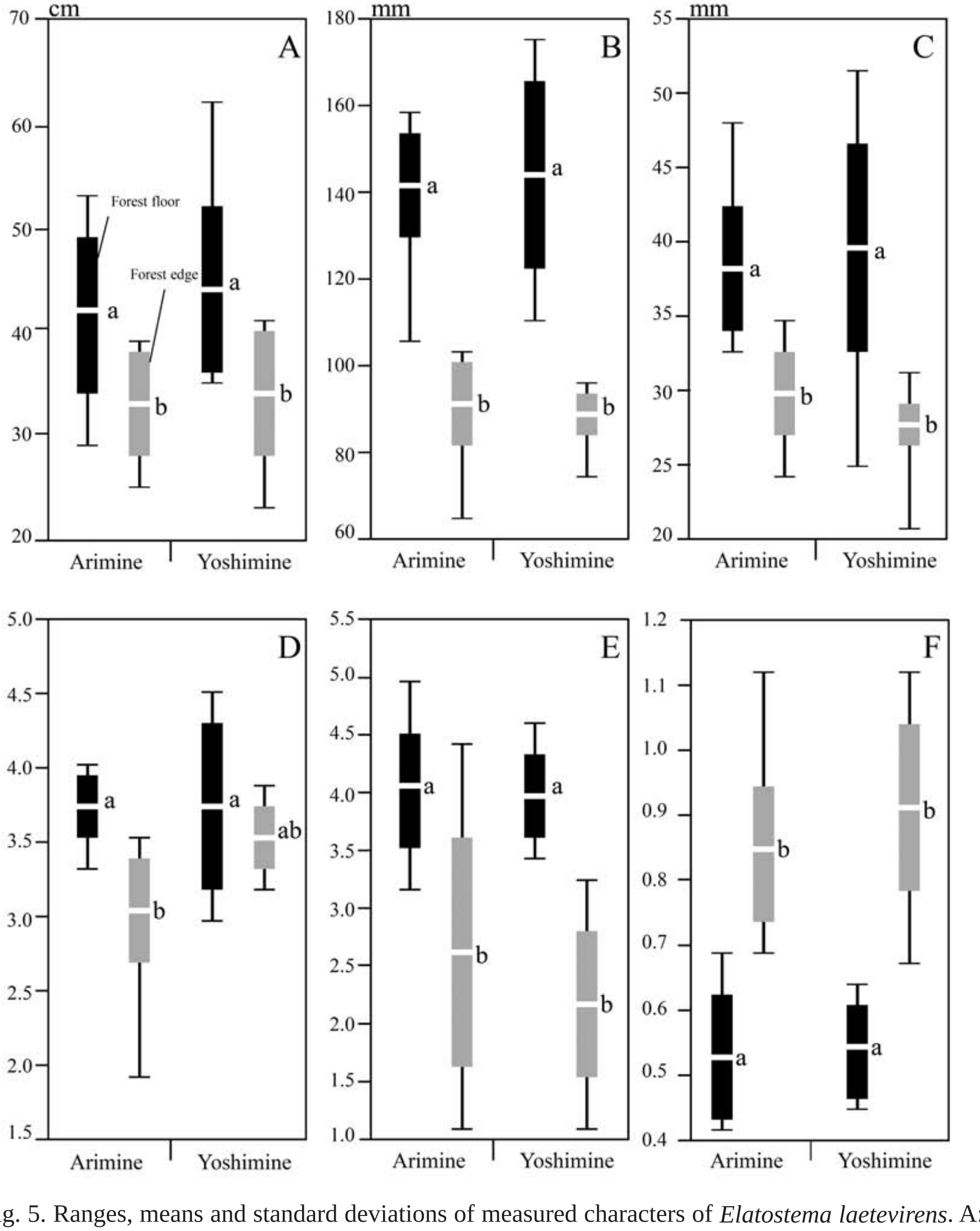

Fig. 5. Ranges, means and standard deviations of measured characters of *Elatostema laetevirens*. A: SL, B: LL, C: LW, D: LL/LW, E: LAL/LAW, F: LTN/LPL. Means with the same letters are not significantly different ($p < 0.01$). Black boxes show the forest floor population, while gray boxes show the forest edge population. SL, Stem length; LL, Leaf length; LW, Leaf Width; LAL, Leaf apex length; LAW, Leaf apex width; LPL, Leaf periferal length; LTN, Leaf tooth number.

図 5. 測定されたヤマトキホコリの形質の変異幅，平均と標準偏差．A: SL, B: LL, C: LW, D: LL/LW, E: LAL/LAW, F: LTN/LPL．同じアルファベット小文字は有意差がないことを示す($p < 0.01$)．SL, 茎長；LL, 葉身長；LW, 葉身幅；LAL, 葉先長；LAW, 葉先基部幅；LPL, 葉周長；LTN, 鋸歯数.

長（LL）は有峰の林床集団が 106.8 mm 以上、林縁集団が 104.6 mm 以下、吉峰では林床集団が 108.2 mm 以上、林縁集団が 98.1 mm 以下であり、有峰と吉峰の林床集団の葉身長は林縁集団より有意に長かった（Fig. 5B）。葉幅（LW）は吉峰の林床集団の変異域が 25.0 mm 〜 51.7 mm で有峰の林床集団と林縁集団、吉峰の林縁集団の変異域を含んでいたが、有峰と吉峰の林床集団は林縁集団より有意に葉幅が大きかった（Fig. 5C）。葉形指数（LL / LW）の平均値は有峰の林床集団が 3.7、林縁集団が 3.0、吉峰では林床集団が 3.7、林縁集団が 3.5 であり変異は重なっていたが、有峰では林床集団の葉形指数が林縁集団より有意に高く、林床集団は林縁集団より細長い葉を示す傾向があった。吉峰では林床集団と林縁集団に有意差は認められなかった（Fig. 5D）。有峰の林床集団と林縁集団の葉先長と葉先基部長の比（LAL / LAW）の変異は重なり、林床集団と林縁集団に尖鋭頭と尾状に伸長する葉先を持つ個体があった。平均値は有峰の林床集団が 4.0、林縁集団が 2.6、吉峰では林床集団が 3.9、林縁集団が 2.2 で、葉先長と葉先基部長の比は有意に林床集団が林縁集団より高く、有峰と吉峰の林床集団は林縁集団より葉先が尾状に伸長する傾向があった（Fig. 5E）。鋸歯数と葉周長の比（LTN / LPL）は有峰の林床集団が 0.69 以下、林縁集団が 0.69 以上、吉峰では林床集団が 0.63 以下、林縁集団が 0.67 以上であった。有峰と吉峰のどちらにおいても林床集団は林縁集団より鋸歯密度が有意に低かった（Fig. 5F）。有峰と吉峰の各林床集団間および有峰と吉峰の各林縁集団間では茎長、葉身長、葉幅、葉形指数、葉先長と葉先基部長の比および鋸歯数と葉周長の比の変異が重なり、有意差は認められなかった。

考察

林床集団と林縁集団のヤマトキホコリの茎長と葉形態は異なっていることが明らかとなった。林床集団の個体は茎が長く、密度は疎ら、葉は大型、長だ円形、鋸歯は粗く、葉先は尾状に伸長する特徴を持ち（Fig. 4B）、一方、林縁集団の個体の茎は短く、密集し、葉は小型、だ円形、鋸歯は密で、葉先は尖鋭頭という特徴を持っていた（Fig. 4D）。林床集団と林縁集団の茎の密度の差は、刈り取られた林縁では、切断後の二次シュートが 2–3 本出ることによる。ヤマトキホコリの林縁集団の個体の葉先の特徴は北村・村田（1961）、Ohwi（1965）、佐竹（1982）、小野他（1989）、米倉（2016）、邑田・米倉（2017）の記載と一

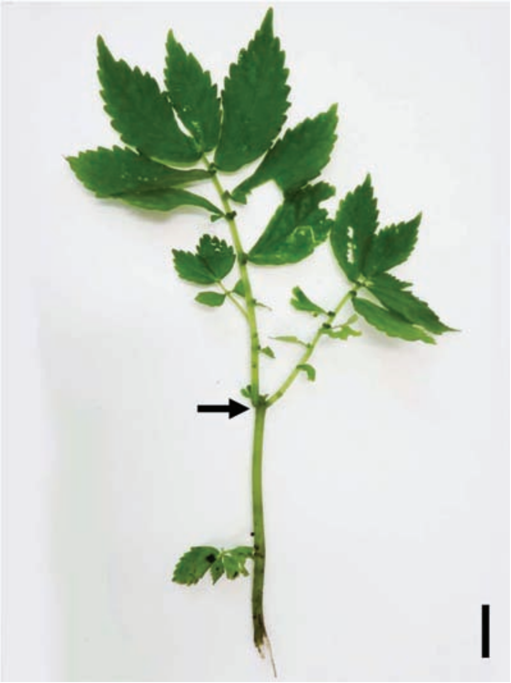

Fig. 6. An *Elatostema laetevirens* plant found in the forest floor population in Arimine. This plant was accidentally cut at the arrowed point and the secondary shoots has emerged. Note the leaf shape with acuminate apex. Scale bar indicates 5 cm.

図 6. 東谷の林床にみられた茎基部が切断され，二次シュートが伸びた個体．矢印は切断部を示す．鋭尖頭の葉先をともなう葉形に注目．スケールバーは 5 cm.

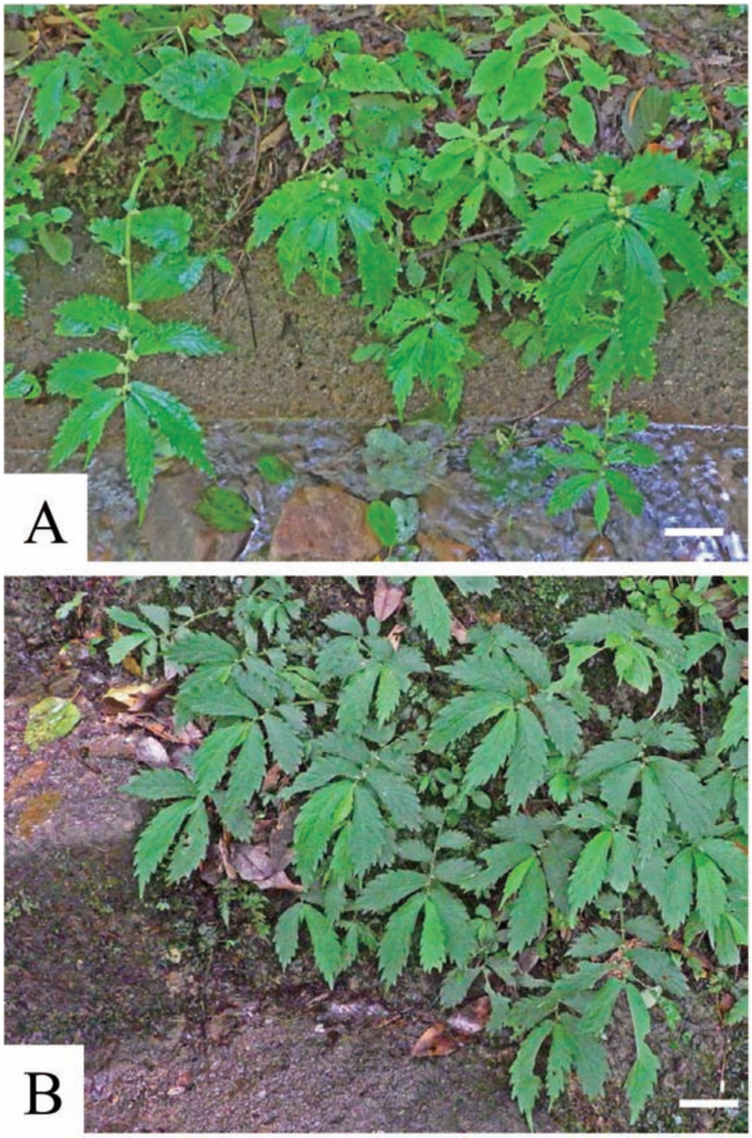

Fig. 7. *Elatostema laetevirens* plants found in the forest edge of Arimine (A), and Yoshimine (B). These plants have been left without cut by roadside mowing. Note the leaf shapes with long acuminate leaf apices. Scale bars indicate 5 cm. Photo: September 20, 2017.

図 7. 林縁集団で刈り残された個体. A: 有峰, B: 吉峰. 長く尾状に伸長した葉先をともなう葉形に注目. スケールバーは 5 cm. 写真は 2017 年 9 月 20 日.

致し、尾状に伸長する葉先が特徴のウワバミソウと区別することができる。しかし林床集団には葉先が尾状に伸長する個体がみられたことから、人為の影響のないヤマトキホコリは本来ウワバミソウと同じ葉先の形態を持つと考えられ、葉先の形態をヤマトキホコリとウワバミソウの識別形質とすることは不適切である。

山地と低地の林床集団間および山地と低地の林縁集団間では茎長と葉形態に有意差がな

いことから、変異の要因としては標高差は関連が無いと推察される。林床と林縁では光量と空中湿度に違いがあると想像されるが、林床集団の中で茎下部が切断されていた個体の二次シュートの葉は林縁個体の葉と同様の特徴を持ち(Fig. 6)、逆に林縁集団で草刈りに遭わなかった個体には尾状の葉先を持つものがあることから（Fig. 7)、光や湿度要因の影響ではなく、ヤマトキホコリは、切断後の節から伸長する二次シュートの葉は、小型、だ円形、鋸歯は密で葉先が尖鋭頭となる特性を持つことが推察される。

ヤマトキホコリの本来の栄養器官の特徴は、茎が刈り取られない林床集団のものであり、林縁では草刈りという人為的影響で形態に変異が生じていることを考慮する必要がある。したがって、ヤマトキホコリとウワバミソウの識別は、花期、雌花序内の雄花の混生の有無、秋期の節の肥厚の有無に因ることが適切である。

引用文献

Abramoff, M. D., Magalhaes, P. J. & Ram, S. J. 2004. Image Processing with ImageJ. Biophotonics Int. **11**: 36–42.

萩原信介．1977．ブナにみられる葉面積のクラインについて．種生物学研究 **1**: 39–51.

北村四朗•村田　源．1961．ウワバミソウ属．原色日本植物図鑑・草本編Ⅱ　離弁花類．pp. 335–336．保育社，東京．

Makino, T. 1932. A Contribution to the Knowledge of the flora of Nippon. Jour. Jap. Bot. **8**: 36.

水島正美．1959．エゾノコンギクと其の白花品．植物研究雑誌 **34**: 158.

邑田　仁・米倉浩司(編)．2017. 新分類牧野日本植物図鑑．1627pp．北陸館，東京．

根本莞爾．1936．ウワバミソウ属．日本植物総覧補遺．pp. 146–147．春陽堂, 東京．

大井次三郎．1953．日本植物誌．pp. 439–440．至文堂，東京．

Ohwi, J. 1965. *Elatostema*. *In* Frederick, G. M & Egbert, H. W. (eds.), Flora of Japan. p. 389. Smithsonian institution Press, Washington D. C.

大井次三郎•北川政夫．1983．新日本植物誌．pp. 582–583．至文堂，東京．

奥山春季・小林純子・初島住彦．1977．イラクサ科．奥山春季(編)，寺崎日本植物図譜．pp. 130–139．平凡社，東京．

小野幹雄・大場秀章・西田　誠(増補・編集)．1989．改訂増補牧野新日本植物図鑑．1453pp．北陸館，東京．

佐竹義輔．1982．ウワバミソウ属．佐竹義輔，大井次三郎，北村四朗，亘理俊次，冨成忠夫(編)，日本の野生植物　草本編Ⅱ．pp. 6–7．平凡社，東京．

汪　光煕・万　小春・冨永　達．2010．ミズアオイ属水生植物の形態における変異．雑草研究 **55**: 245–253.

山崎　敬．1987．ツルツゲについて．植物研究雑誌 **62**: 16.

柳井久江．2004．4Steps エクセル統計(第2版)．294pp．オーエムエス出版，東京．

米倉浩司．2016．ウワバミソウ属．大橋広好・門田裕一・木原　浩・邑田　仁・米倉浩司(編)．改訂新版　日本の野生植物 2. pp. 6–7．平凡社，東京．

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 19–37（2017）
富山県中央植物園研究報告

野外調査、形態観察および分子系統に基づく モグラ科動物の排泄所における外生菌根形成菌の同定

糟谷大河 [1)]*・三上　愛 [1), 2)]・橋屋　誠 [3)]・保坂健太郎 [4)]

[1)] 千葉科学大学危機管理学部　〒 288-0025　千葉県銚子市潮見町 3
[2)] 有限会社プラネットコンサルティングネットワーク
〒 132-0025　東京都江戸川区松江 7-21-19
[3)] 富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42
[4)] 国立科学博物館植物研究部　〒 305-0005　茨城県つくば市天久保 4-1-1

Identification of ectomycorrhizal fungi in mole latrines based on fieldwork, morphological observations, and molecular phylogeny

Taiga Kasuya[1)]*, Megu Mikami[1), 2)], Makoto Hashiya[3)] & Kentaro Hosaka[4)]

[1)] Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science,
3 Shiomicho, Choshi, Chiba 288-0025, Japan
*tkasuya@cis.ac.jp (corresponding author)
[2)] Planet Consulting Network Co., Ltd.,
7–21–19 Matsue, Edogawa-ku, Tokyo 132-0025, Japan
[3)] Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
[4)] Department of Botany, National Museum of Nature and Science,
4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan

Abstract: A basidiomycete fungus, *Hebeloma radicosum*, specifically colonizes mole latrines near mole nests in evergreen and deciduous oak forests in central Japan. From morphological observations, *H. radicosum* is presumed to be an ectomycorrhizal fungus. However, molecular identification of mycorrhizal fungi and their host plants at mole latrines has not been conducted yet. Morphological observations and molecular identification were performed to identify mycorrhizal fungi and their host plants at mole latrines. Fieldwork was conducted at Hida-shi, Gifu Prefecture and Komatsu-shi, Ishikawa Prefecture. To identify the animal species that caused the colonization of *H. radicosum*, we excavated the area beneath basidiomata of the fungus of interest and sampled animal nests. *Euroscaptor mizura* and *Mogera imaizumii* were identified as causal animals in the colonization of *H. radicosum* at Hida-shi and Komatsu-shi, respectively. Basidiomata and ectomycorrhiza were collected from these sites and sequences of nuc-rDNA ITS region and nuc-rDNA large subunit of each sample were obtained. Moreover, the chloroplast-encoded *rbcL* gene and the chloroplast *trnL-trnF* intergenic spacer region of mycorrhizal host plants were sequenced. Molecular identification and morphological observation of mycorrhiza revealed that *H. radicosum* and an ascomycete fungus related to *Delastria rosea* were mycorrhizal symbionts in mole latrines. *Quercus serrata* was identified as the host plant of these fungi.

Key Words: ectomycorrhiza, *Hebeloma radicosum*, mycosymbiont, phylogenetic analyses, *Quercus serrata*

担子菌門ヒメノガステル科ワカフサタケ属に属するナガエノスギタケ *Hebeloma radicosum*（Bull.: Fr.）Ricken は、日本と中国、ヨーロッパに分布し、ブナ科、カバノキ科、ヤナギ科などの広葉樹が存在する場所に発生する（相良 1998, 池田 2013, 糟谷ら 2013）。また、本菌はこれらの樹種と外生菌根を形成し、さらにモグラ科動物など、地中に営巣する哺乳動物の排泄所跡に子実体を形成することが知られている（相良 1998）。排泄所跡はこれらの哺乳動物の巣の近くにあるため、発生したナガエノスギタケの子実体に沿って地下を掘り進めると巣を見つけることができる（相良 1998）。このようにナガエノスギタケは、モグラ科動物などの巣を見つけるための手がかりとなっている。

日本にはモグラ科動物が 8 種生息しており、すべてが日本固有種である（本川ら 2006）。また、新潟県から福井県にかけての北陸地方には、その 8 種のうちの 7 種が分布し、世界有数の多様なモグラ科動物の見られる地域である（横畑 2012）。特に、石川県の加賀平野では、互いに強く排除しあう傾向のあるアズマモグラ *Mogera imaizumii*（Kuroda）とコウベモグラ *M. wogura*（Temminck）が共存している地域がある（Moribe & Yokohata 2011, 横畑 2012）。この地域に位置する小松市の梯川扇状地でも、アズマモグラとコウベモグラが同所的に分布している可能性が示唆されている（糟谷ら 2013）。

日本においては、本州でのナガエノスギタケの子実体発生はモグラ科動物の排泄所跡からの記録にほぼ限られているが、北海道ではトガリネズミ科動物の排泄所跡から発生した例が知られている（Sagara *et al.* 2008）。これまでに、ナガエノスギタケを手がかりとして日本で発見されたモグラ科動物の巣は、ミズラモグラ *Euroscaptor mizura*（Günther）、アズマモグラ、コウベモグラ、ヒミズ *Urotrichus talpoides* Temminck のものがある（糟谷ら 2013, Sagara *et al.* 1981, 1989, 相良 1996, 1998, 相良ら 2008）。日本のモグラ類の巣についての記録は、ナガエノスギタケを手がかりとした方法以外では、たまたま見つかったものまたは飼育条件下のものであり、数えるほどしかない（相良 1998）。このように、ナガエノスギタケの分布や生態に関する研究を行うことは、モグラ科動物の分布や生態を解明するうえでも重要である。これまでに、モグラ科動物の排泄所において、少なくともナガエノスギタケ、モグラ科動物、樹木の三者が関係していることが明らかとなっている（相良 2007）。この三者は生態系の中でそれぞれ分解者、消費者、生産者の役割を果たしており、森林内の生態系の縮図を表しているといえる。これまでのところ、ナガエノスギタケの発生が報告されているのはブナ科、カバノキ科、ヤナギ科などの広葉樹の樹種を含む林に限られており、モグラ科動物の排泄所跡においてナガエノスギタケはこれらの樹種と菌根共生し、その結果として子実体発生に至ると考えられている（相良 1998）。しかし、ナガエノスギタケがどのようにしてモグラ科動物の排泄所に到達するのかはわかっていない。また、ナガエノスギタケの菌根はモグラ科動物の排泄所を浄化し、巣の周辺の土壌をきれいに保っていると考えられている（相良 2007）が、モグラ科動物が菌根の存在を認識して営巣しているのかどうかも不明である。さらに、近年の分子系統学的研究の結果、日本産ナガエノスギタケはユーラシア大陸産のナガエノスギタケと異なる系統群を形成することが明らかとなっており（糟谷ら 2013）、本菌の分類は再検討の余地がある。

このように、ナガエノスギタケの系統分類、生物地理、生態や、モグラ科動物の分布や生態については不明な点が多い。菌類、動物、植物の三者の関係を明らかにすることは、森林内の生物種間の相互関係の一端を知ること

となり、ひいては森林生態系における生物と環境との関係を明らかにする手がかりにもなりうる。これらのことを解明するためにも、ナガエノスギタケの系統分類、生物地理や生態を明らかにすることは重要である。

これまでに、モグラ科動物の排泄所において、形態的特徴からナガエノスギタケのものと推測される外生菌根が形成されていることが明らかとなっている（相良 1998）。しかし、モグラ科動物の排泄所において、ナガエノスギタケ以外の菌根菌が存在するのか、それともナガエノスギタケのみが特異的に菌根を形成しているのか、ということは明らかにされていない。Maeno *et al.*（2016）は、モグラ科動物の排泄所に存在する菌根菌の分子同定を行うことを目的に、排泄所より発生したナガエノスギタケの子実体と、排泄所に形成された外生菌根の共生菌について核 rDNA の転写領域内部スペーサー（ITS）領域の塩基配列を決定し、近隣結合法による系統解析を行った。その結果、Maeno *et al.*（2016）は、排泄所から採集された菌根の共生菌がナガエノスギタケであることを示した。しかし、Maeno *et al.*（2016）ではナガエノスギタケが菌根を形成する植物種についての同定はなされておらず、排泄所にナガエノスギタケ以外の菌類が菌根を形成しているのか否かについても明らかにされていなかった。

そこで本研究では、モグラ科動物の排泄所に存在する菌根菌およびその宿主植物の多様性を明らかにすることを目的とし、岐阜県と石川県の 2 地点で、ナガエノスギタケの子実体の収集および子実体発生をもたらしたモグラ科動物の排泄所と巣の発掘調査を行った。各調査地点で発掘調査により巣や体毛の採集、また坑道の大きさの測定などを行い、ナガエノスギタケの発生をもたらした動物種を同定した。また、排泄所とその周辺に形成された外生菌根を採集して形態的特徴を観察するとともに、菌根から DNA 抽出を試み、菌根菌および菌根を形成する植物種の塩基配列を決定して分子同定を行った。さらに、今回得たナガエノスギタケの子実体および菌根菌の塩基配列を用いて分子系統解析を行い、それらの系統的位置と、モグラ科動物の種の違いにより日本産ナガエノスギタケの集団内に遺伝的な変異が生じるのか否かを検討した。

材料と方法

子実体と菌根の収集および標本作製

ナガエノスギタケが継続的に発生している岐阜県飛騨市神岡町打保（N36.24.31.11,

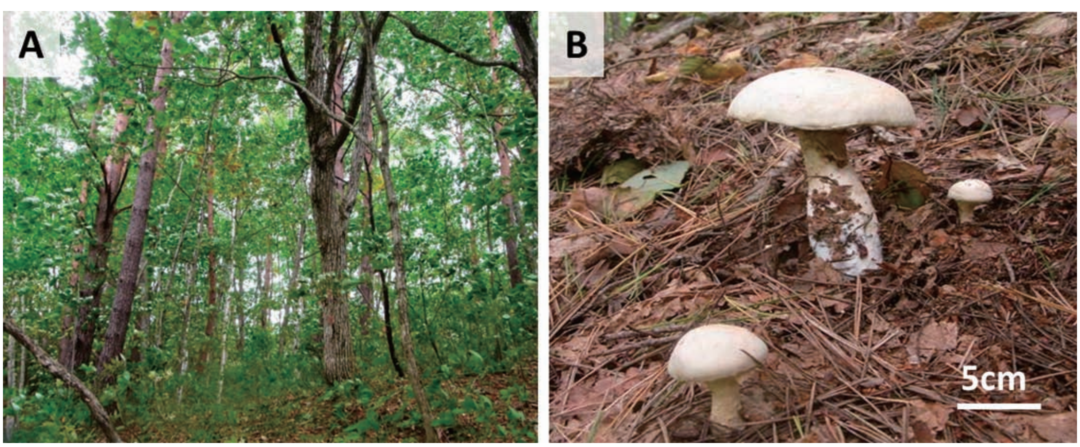

図 1. 岐阜県飛騨市神岡町打保の調査地（例 1）. A: 調査地周辺の環境. B: 発見したナガエノスギタケの子実体（B1354）.

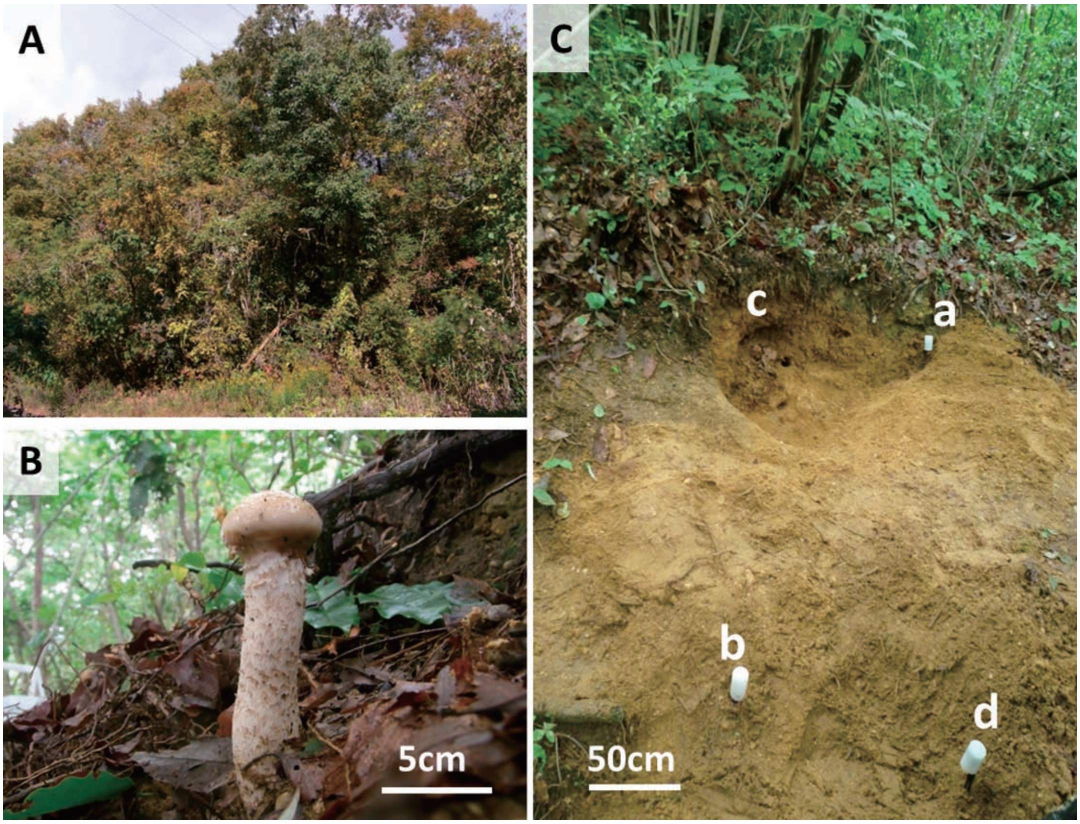

図 2. 石川県小松市花坂町の調査地(例 2). A: 調査地周辺の環境. B: 発見したナガエノスギタケの子実体(B1367). C: 発掘の状況, a: 2013 年 10 月 11 日に採集した子実体の位置, b: 2012 年(糟谷ら 2013)に採集された子実体の位置, c: 2014 年 6 月 13 日に発掘した巣の位置, d: 2012 年(糟谷ら 2013)に発掘された巣の位置.

E137.25.24.58)と石川県小松市花坂町(N36.22.59.34, E136.29.21.91)において、それぞれ 2013 年 10 月 9 日、2013 年 10 月 11 日に調査を行った。岐阜県飛騨市では、コナラ *Quercus serrata* Murray、ミズナラ *Q. crispula* Blume、アカマツ *Pinus densiflora* Siebold & Zucc.、ゴヨウマツ *P. parviflora* Siebold & Zucc.、シラカバ *Betula platyphylla* Sukaczev 等からなる混交林内(標高約 1,300 m; 図 1A)の東斜面において、複数のナガエノスギタケの子実体を発見した(図 1B)。また、石川県小松市では、コナラ、スダジイ *Castanopsis sieboldii*(Makino)Hatus. ex T. Yamaz. & Mashiba、ヒサカキ *Eurya japonica* Thunb.、ソヨゴ *Ilex pedunculosa* Miq.、ウルシ *Toxicodendron vernicifluum*(Stokes)F.A. Barkley 等の広葉樹からなる混交林内(標高 34 m; 図 2A)の南西斜面において、ナガエノスギタケの子実体を発見した(図 2B)。この場所では糟谷ら(2013)によりすでにナガエノスギタケ子実体の発生が報告されているが、本研究で発見した子実体の発生地点(図 2Ca)は、糟谷ら(2013)が報告した子実体発生地点(図 2Cb)から約 151 cm 離れていた。これらの調査地では、ナガエノスギタケの子実体(表 1)と排泄所に形成された菌根(表 2)を採集した。

採集した子実体(図 3)は食物乾燥機

表 1. DNA 抽出に用いたナガエノスギタケ子実体の供試標本.

標本番号	採集地	採集年月日	GenBank 登録番号	
			ITS 領域	核 LSU
B1352	岐阜県飛騨市神岡町打保	2013.10.9	MG367342	MG367353
B1353	岐阜県飛騨市神岡町打保	2013.10.9	MG367343	MG367354
B1354	岐阜県飛騨市神岡町打保	2013.10.9	MG367344	MG367355
B1367	石川県小松市花坂町	2013.10.11	MG367348	MG367358
B1368	石川県小松市花坂町	2013.10.11	MG367349	–[a]

[a] –: 情報が得られなかったことを示す（以下同様）.

表 2. 形態観察および DNA 抽出に用いた外生菌根の供試標本.

標本番号	採集地	採集年月日	GenBank 登録番号			
			ITS 領域	核 LSU	*rbcL*	*trnL-trnF*
B1355	岐阜県飛騨市	2013.10.9	MG367345	–	–	–
B1357	岐阜県飛騨市	2013.10.9	MG367346	MG367356	–	–
B1358	岐阜県飛騨市	2013.10.9	–	MG367357	MG367361	MG36734
B1359	岐阜県飛騨市	2013.10.9	MG367347	–	–	–
B1373	石川県小松市	2013.10.11	MG367350	–	MG367362	MG36735
B1374	石川県小松市	2013.10.11	–	–	MG367363	MG36736

（Snackmaster Express FD-60, Nesco/American Harvest, W1, USA）を用いて 52°C で 12 時間熱乾燥させ、乾燥標本とした。また、乾燥前の新鮮な子実体から剃刀の刃を用いてひだの一部を切り取り、Hosaka（2009）、Hosaka & Castellano（2008）、Hosaka *et al.*（2010）の方法に従い、100 mM Tris-HCl（pH 8.0）および 0.1 M 亜硫酸ナトリウム（Na_2SO_3）を添加した DMSO バッファー（Seutin *et al.* 1991）中に浸漬し、4°C で保存した。採集した新鮮な菌根も前述の方法に従い、菌根の末端を任意に選定し、剃刀の刃を用いて細かく切り刻んだ後、DMSO バッファー中に浸漬し 4°C で保存した。子実体および菌根の標本は千葉科学大学危機管理学部糟谷研究室の菌類標本庫（Kasuya B#）に保管した。

巣の発掘

発掘は相良（1998）の方法に従って行い、発掘場所については以下に示した。発掘により採集した哺乳動物の巣および巣から見出した営巣動物種の体毛は、自然乾燥させて千葉科学大学危機管理学部糟谷研究室に保管した。

1. 岐阜県飛騨市

2013 年 10 月 9 日に子実体発生（図 4Aa）を確認した後、子実体の直下をスコップや根掘りを用いて掘り進め、哺乳動物の巣（図 4Ab,

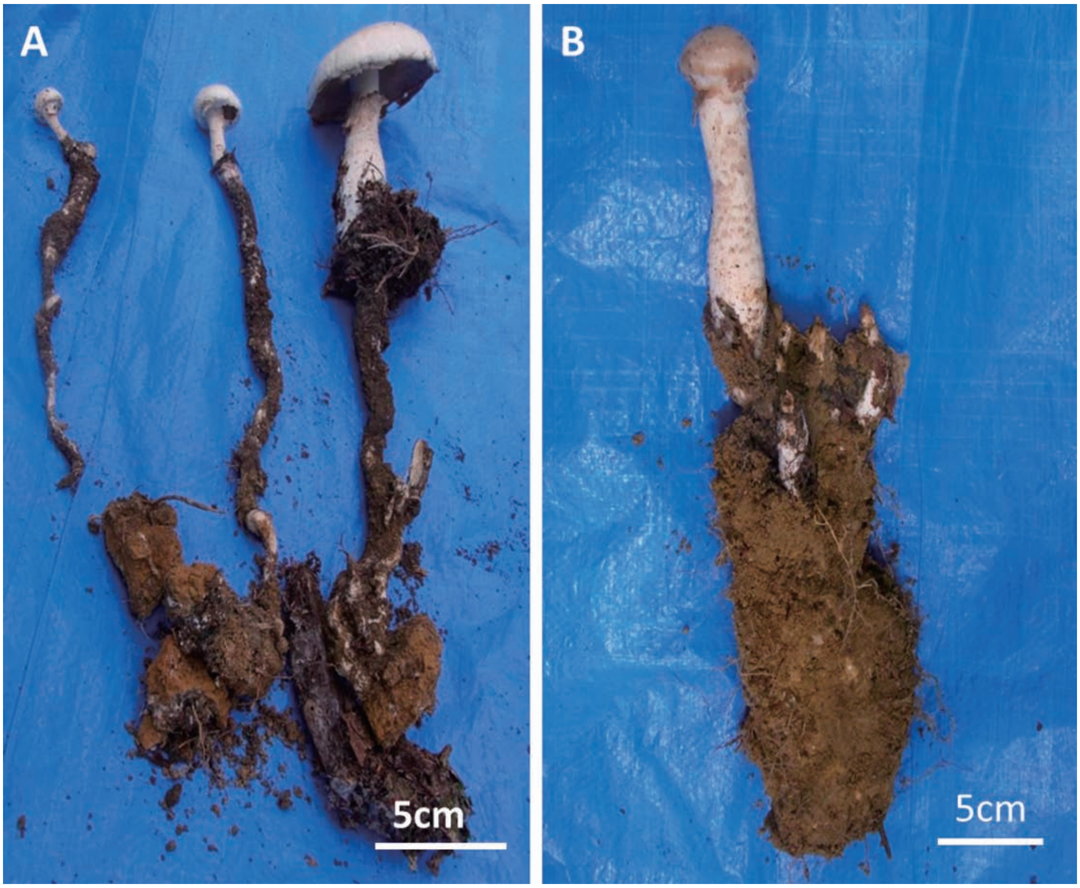

図 3. ナガエノスギタケの子実体. A: 岐阜県飛騨市で採集した子実体(B1354). B: 石川県小松市で採集した子実体(B1367).

4B)を発掘した。巣については、形成位置と大きさ、乾燥の度合いを記録した。

2. 石川県小松市①

2013 年 10 月 11 日に子実体の直下を発掘したが、巣は認められなかった。そこで 2014 年 6 月 13 日に同一地点で再度発掘を行い、巣を発見した(図 2Cc)。発掘の過程では、坑道の直径(n = 5)を測定し、営巣動物種の同定を行うための資料とした。巣については、位置と大きさ、乾燥の度合いを記録した。

3. 石川県小松市②

糟谷ら(2013)が 2012 年 11 月 10 日に発掘を行った場所には杭で標識されている(図 2Cb, 2Cd)。その地点において 2014 年 10 月 18 日に再度発掘を行った。しかし、巣は認められなかったため、周辺で発見した坑道の直径(n = 5)を測定し、営巣動物種の同定を行うための資料とした。

営巣動物種の同定

採集した巣から体毛を探索して、営巣動物種を同定する資料とした。動物種の同定は、坑道の直径と体毛の形態的特徴(相良 1986, 1998)により行った。体毛は走査型電子顕微鏡(SEM)により観察し、直毛の鱗片の形態的特徴を記録した。SEM 観察は、体毛を両面テープに貼り付けて SEM 試料台に固定し、JFC-1600 型オートファインコータ(日本電子、東京)で白金パラジウム合金を蒸着した後、JSM-6480LV 型 SEM(日本電子、東京)

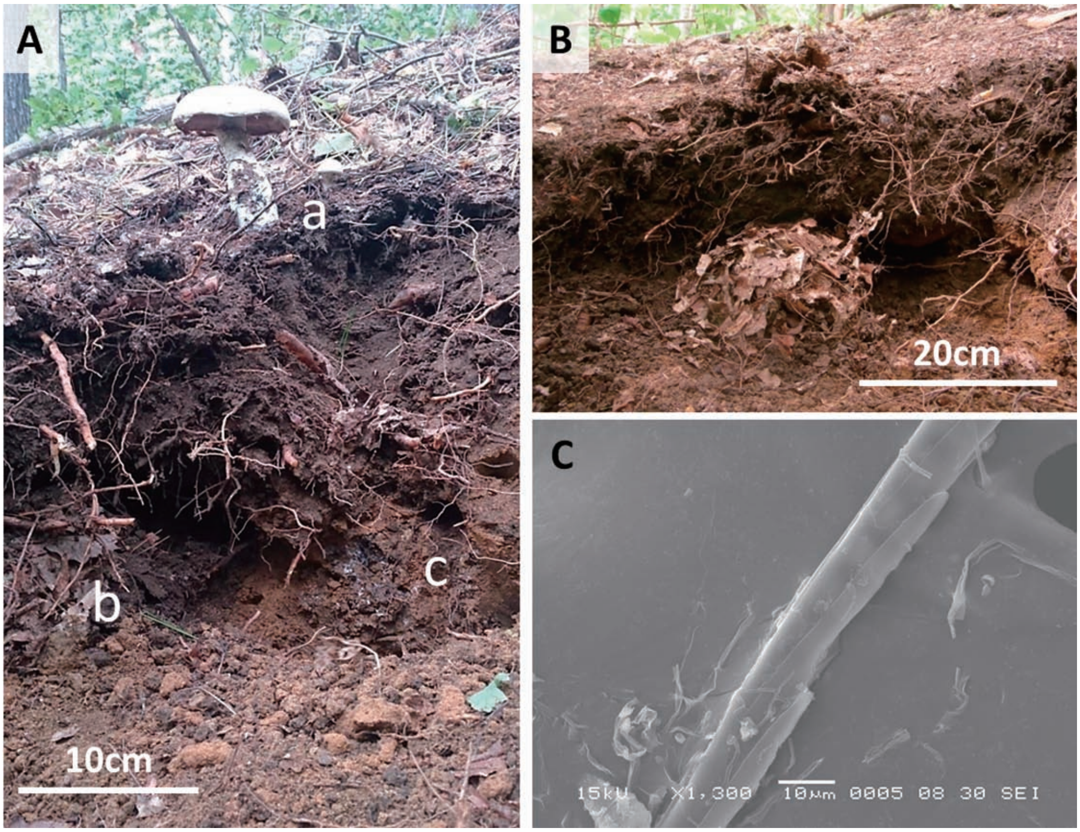

図 4. 岐阜県飛騨市における巣の発掘調査．A: 子実体，巣と排泄所跡の位置関係，a: 子実体，b: 巣，c: 菌根が繁茂した排泄所跡．B: ミズラモグラの巣．C: 巣から取り出したミズラモグラの直毛の SEM 写真．

により加速電圧 15 kv の条件下で行った。

DNA 抽出、PCR およびシークエンシング

採集した子実体と菌根からの DNA 抽出は、DMSO バッファー中に浸漬していた試料を用いて行った。

DNA 抽出は、グラスミルクを用いた改変 CTAB 抽出法（Hosaka 2009, Hosaka & Castellano 2008）によった。すなわち、試料を乳鉢に入れた後、液体窒素を加えながら乳棒を用いて攪拌し、CTAB バッファーを加えた。その後、65°C で 1 時間加温し、たんぱく質を除去するため、クロロホルムとイソアミルアルコールの 24 : 1 の混合液を加えた。試料にはさらに、6 M ヨウ化ナトリウムバッファー（Hosaka & Castellano 2008）を加えて DNA を抽出した後、グラスミルクを添加して DNA を吸着させ、エタノール／バッファー溶液で洗浄した。抽出した DNA は 100 μl の TE バッファー中で保存した。

以上により得られた DNA を鋳型とし、PCR 法により、子実体と菌根からは ITS 領域と核 rDNA の大サブユニット（核 LSU）を増幅した。また、菌根からは植物の葉緑体ゲノムに位置する *rbcL* 遺伝子と *trnL-trnF*（tRNA）領域も増幅した。ITS 領域の増幅には ITS1F と ITS4（Gardes & Bruns 1993）、核 LSU の増幅には LR0R と LR5（Vilgalys & Hester 1990）、*rbcL* 遺伝子の増幅には rbcLa-R と rbcLa-F（Kress *et al.* 2009, Levin *et al.* 2003)、また *trnL-trnF* 領域の増幅には trnLFc と trnLFf（Taberlet *et al.* 1991）のプライマーセットをそれぞれ用いた。PCR は、反応液を 20 μl [1 μl の精製 DNA、1 μl の dNTP（4 mM)、1 μl の各プライマー（8 μM)、0.5 units の Taq ポリメラーゼ（タカラバイオ、草津）、2 μl の $MgCl_2$ (25 mM)、2 μl の Bovine Serum Albumin] とし、以下の温度プログラムにより行った : 前処理、94°C、3 分を 1 サイクル ; 熱変性、94°C、35 秒 ; アニーリング、51°C、30 秒 ; 伸長、72°C、1 分を 30 サイクル ; 後処理、72°C、10 分を 1 サイクル。

PCR 産物は 1% アガロースゲルで電気泳動した後、エチジウムブロマイドにより染色し、紫外線照射により可視化させた。これにより遺伝子の増幅が確認された場合、PCR 産物を illustra ExoStar（GE Healthcare, UK）を用いて精製し、Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit（Applied Biosystems Inc., Norwalk, CT, USA）により定法に従ってダイレクトシークエンスを行い、塩基配列を決定した。

子実体、菌根菌と宿主植物の同定

シークエンシングに成功した ITS 領域 9 点、核 LSU6 点、*rbcL* 遺伝子 3 点、*trnL-trnF* 領域 3 点の塩基配列について、BLAST（Altschul *et al.* 1990）による相同性検索を行い、分子同定した。また、これらの塩基配列は NCBI GenBank（https://www.ncbi.nlm.nih.gov/）に登録した（表 1、2）。

系統解析

本研究により新たに得られた塩基配列（表 1、2）について、ATGC Ver. 6（GENETYX、東京）を用いてアセンブルした。その後、GenBank 上に公開されているナガエノスギタケを含む 23 点のワカフサタケ属菌の塩基配列（表 3）を加えて系統解析を行った。データセットのアライメントは Muscle v.3.6（Edgar 2004a, 2004b）により行い、さらに BioEdit ver. 7.0.1（Hall 1999）を用いてその結果を目視で確認し、必要に応じて補正した。その後、PAUP* ver. 4.0b10（Swofford 2002）を用いて最節約法により系統樹を作成した。最節約系統樹の探索には MULTREES オプションを用いて 1,000 回反復を行った。すべてのキャラクターは unordered および equal weight とした。枝の位置交換は tree-bisection-reconnection（TBR）に設定した。また、総体一致指数（consistency index = CI)、保持指数（retention index = RI)、修正一致指数（rescale consistency index = RC）についても求めた。さらに、最節約法により得られた系統樹の各枝の支持率（ブートストラップ値、BS）は、ブートストラップ解析を 10,000 回反復して求めた。なお、ITS 領域の解析の外群には *H. leucosarx* P.D. Orton（AB211268）と *H. velutipes* Bruchet（AY818351）を、核 LSU の解析の外群にはアカヒダワカフサタケ *H. vinosophyllum* Hongo（AB742343）を用いた。

次に、ITS 領域と核 LSU の双方で、前述した解析と同様の方法を用いて最節約法により日本産ナガエノスギタケのみの無根系統樹を作成した。ITS 領域では本研究で得られた 8 点と GenBank 上に公開されている 9 点、核 LSU では本研究で得られた 6 点と GenBank 上に公開されている 8 点の日本産ナガエノスギタケの塩基配列を用いた。

菌根の形態観察

光学顕微鏡観察には、岐阜県飛騨市および石川県小松市で採集した菌根を冷凍保存していた試料を用いた。菌根の形態観察の方法は山田（2001）に従った。剃刀の刃を用いて、水を張ったシャーレ内で菌根の横断切片を数枚つくり、スライドガラス上に載せ、蒸留水で封入し、プレパラートを作成した。光学顕

表 3. GenBank より入手し，系統解析に用いた塩基配列.

種	産地	証拠標本番号	GenBank 登録番号	
			ITS 領域	核 LSU
Hebeloma radicosum	石川県小松市	TNS Kasuya B791	KC477649	KC603718
H. radicosum	石川県小松市	TNS Kasuya B792	KC477650	KC603719
H. radicosum	石川県小松市	TNS Kasuya B793	KC477651	KC603720
H. radicosum	石川県小松市	TNS Kasuya B794	KC477652	KC603721
H. radicosum	長野県小谷村	CBM: FB37012	KC603716	KC603722
H. radicosum	新潟県十日町市	CBM: FB39490	KC603717	KC603723
H. radicosum	富山県有峰	TNS Kasuya B1380	MG367351	MG367359
H. radicosum	富山県有峰	TNS Kasuya B1381	MG367352	MG367360
H. radicosum	Netherlands	DKA-d-640(WAG)	AF124700	—
H. radicosum	Italy	CMI-UNIBO 1647	AY278767	—
H. radicosum	France	CBS 183.47	FJ168581	—
H. radicosum	滋賀県朽木村	MYA 2661(ATCG)	FJ168582	—
H. radicosum	China	UF 2(Heilonghiang Univ.)	HQ641119	—
H. affine	USA	NI270904	—	EF561632
H. collariatum	Sweden	UN 1a-Ⅱ	JQ724066	—
H. crustuliniforme	Sweden	SJ97026	—	EU029949
H. kuehneri	Norway	KH 49	GU234097	—
H. leucosarx	静岡県御殿場市	Nara HeL 01	AB211268	—
H. mesophaeum	Denmark	JV03-547©	EF451057	—
H. mesophaeum	Germany	TUB 011577	—	DQ071690
H. velutipes	USA	PBM 2277(TENN)	AY818351	—
H. velutipes	Netherlands	HJB11440	—	JQ751249
H. vinosophyllum	千葉県千葉市	CBM: FB12325	—	AB742343

微鏡による形態観察は、OLYMPUS BX53F（OLYMPUS、東京）に OLYMPUS STYLUS XZ-2（OLYMPUS、東京）を装着して行い、あわせて写真を撮影した。

結果と考察

営巣動物種の同定

1. 岐阜県飛騨市神岡町打保（表 4、例 1）

ナガエノスギタケの子実体発生地点（図 4Aa）の発掘により発見された巣（図 4B）は、横径 20 cm、縦径 21.5 cm のほぼ球形で、主として広葉樹の落葉を積み重ねて構成されており、巣の底部には出入口と考えられる孔および坑道口が 1 つ認められた。これらの形態的特徴は、既知のモグラ科動物の巣の構造（相良 1998）とおおむね一致することから、今回発掘された巣はモグラ科動物のものと判断した。巣は、その上端は地表から 13 cm、下端

は34 cmの位置に形成されており、巣の上端には最大3.5 cmの高さの空間が認められた。巣はおおむね乾燥していたことから、発掘された巣は使用中（相良 1998）であった可能性がある。巣の周囲には、樹木の細根が巣を取り巻くように分布していたが、巣の内部に細根の侵入は認められなかった。

巣から見出された哺乳動物の体毛は、直毛の鱗片が細長く尖っている（図4C）ことからミズラモグラのもの（相良 1998）と形態的に類似していた。よって営巣動物種はミズラモグラと同定し、本調査地においてナガエノスギタケの子実体発生をもたらした動物種はミズラモグラであると判断した。なお、この地点では中井ら（2016）によりミズラモグラの生息が確認されており、本研究でもこのことが裏付けられた。

2. 石川県小松市花坂町（表4、例2）

2013年10月11日の発掘（例2①）では巣が発見できなかったため、2014年6月13日に再度、同一地点で発掘を行った（例2②）。2013年10月11日のナガエノスギタケの子実体発生地点（図2Ca）より約63 cm離れた場所（図2c）で発見された巣（図5Aa, 5B）は、横径18 cm、縦径18 cmの球形で、主として広葉樹の落葉を積み重ねて構成されており、巣の底部には出入口と考えられる孔および坑道口が1つ認められた。これらの形態的特徴は、既知のモグラ科動物の巣の構造（相良 1998）とおおむね一致することから、今回発掘された巣はモグラ科動物のものと判断した。巣は、その上端は地表から37 cm、下端は60 cmの位置に形成されていた。巣は少し湿っており、巣の周囲には、樹木の細根が巣を取り巻くように分布していた。

坑道（図5Ab, 5C）の直径の測定値は、横径34–56 mm（平均値42.6 mm）、縦径33–38 mm（平均値36.2 mm）であった（表5）。測定した坑道は、その大きさ（相良 1998）からアズマモグラのものと推測される。

さらに、巣から見出された哺乳動物の体毛は、直毛の鱗片が細長く突出しない（図5D）ことからミズラモグラとは明らかに異なり（相良 1998）、鱗片の先端はやや丸みを帯びる点から、アズマモグラまたはコウベモグラのもの（相良 1998）と形態的に類似していた。

以上の坑道の直径の測定値と直毛の鱗片形態の特徴から、営巣動物種はアズマモグラと同定し、本調査地においてナガエノスギタケの子実体発生をもたらした動物種はアズマモグラであると判断した。

しかし同所での2012年の発掘（糟谷ら2013）では、坑道横径の測定値と直毛の鱗片形態の特徴から、営巣動物種および排泄動物種はいずれもコウベモグラであると同定されている。糟谷ら（2013）による2012年の発掘位置と、本研究による2013年と2014年の発掘位置はずれており、本研究により採集した巣から2012年に発掘された巣の地点までは約146 cm離れている（図2C）。このため、この場所ではアズマモグラとコウベモグラが同所的に営巣している可能性が推測される。そこで、同所におけるモグラ科動物の営巣種の確認をするために、2012年に発掘が行われた地点（図2Cb, 2Cd）付近の再発掘調査を2014年10月18日に行った（例2③）。しかし、再発掘では巣を発見することはできなかったため、発掘地点の周囲で発見した坑道の直径を測定した。坑道の直径の測定値は、横径26–34 mm（平均値31.6 mm）、縦径23–32 mm（平均値28.4 mm）であった（表5）。測定した坑道は、その大きさ（相良 1998）からアズマモグラの可能性が高いと考えられる。なお、2012年の発掘地点の近くでは1つしか坑道を発見することができなかった。また、その坑道は奥まで続いておらず、途中で埋まっていたため、糟谷ら（2013）が2012年に発掘した地点での営巣は2014年10月の時点では行われていない可能性が高い。

Moribe & Yokohata（2011）および横畑

表 4. 野外調査の概要.

項目	例 1	例 2①	例 2②	例 2③
1. 場所	岐阜県飛騨市神岡町打保，標高約 1,300 m	石川県小松市花坂町，標高 34 m	同左	同左
2. ナガエノスギタケ子実体発見日	2013 年 10 月 9 日	2013 年 10 月 11 日	未発見	未発見
3. 発掘調査日	2013 年 10 月 9 日	2013 年 10 月 11 日	2014 年 6 月 13 日	2014 年 10 月 18 日
4. 地形	東斜面	南西斜面	同左	同左
5. 植生（優占樹種）	コナラ，ミズナラ	コナラ，スダジイ	同左	同左
6. 巣の位置（地中深度）	13–34 cm	未発見	37–60 cm	未発見
7. 巣の形と大きさ	ほぼ球形, 横径 20 cm, 縦径 21.5 cm	—	球形，横径 18 cm, 縦径 18 cm	—
8. 巣の状態	樹木の細根に包まれていた；おおむね乾燥していた	—	樹木の細根に包まれていた; 少し湿っていた	—
9. 直毛の鱗片形態	細長く尖っていた	—	細長く突出しない	—
10. 同定したモグラ科動物の種	ミズラモグラ	—	アズマモグラ	アズマモグラ

(2012)は、一般的にアズマモグラとコウベモグラは互いに強く排除しあう傾向にあるが、石川県では両者が共存していると述べている。このことから、2012 年の発掘と本研究の発掘による営巣動物種の同定結果について、どちらかが誤りであったわけではなく、この地点においてアズマモグラとコウベモグラの 2 種は同所的に分布していたのではないかと推測される。一方、別の可能性も考えられる。モグラ科動物は主に地中で生活しているが、生活するために必要な坑道系を構築するのにはコストがかかる。そこで他の個体が使用しなくなった坑道系を再利用することは、コストの抑制になり、モグラにとって利益となる（Sagara & Fukasawa 2014）。したがって、以前に営巣していたコウベモグラが何らかの理由により営巣地を放棄し、使用しなくなった坑道系をアズマモグラが再利用

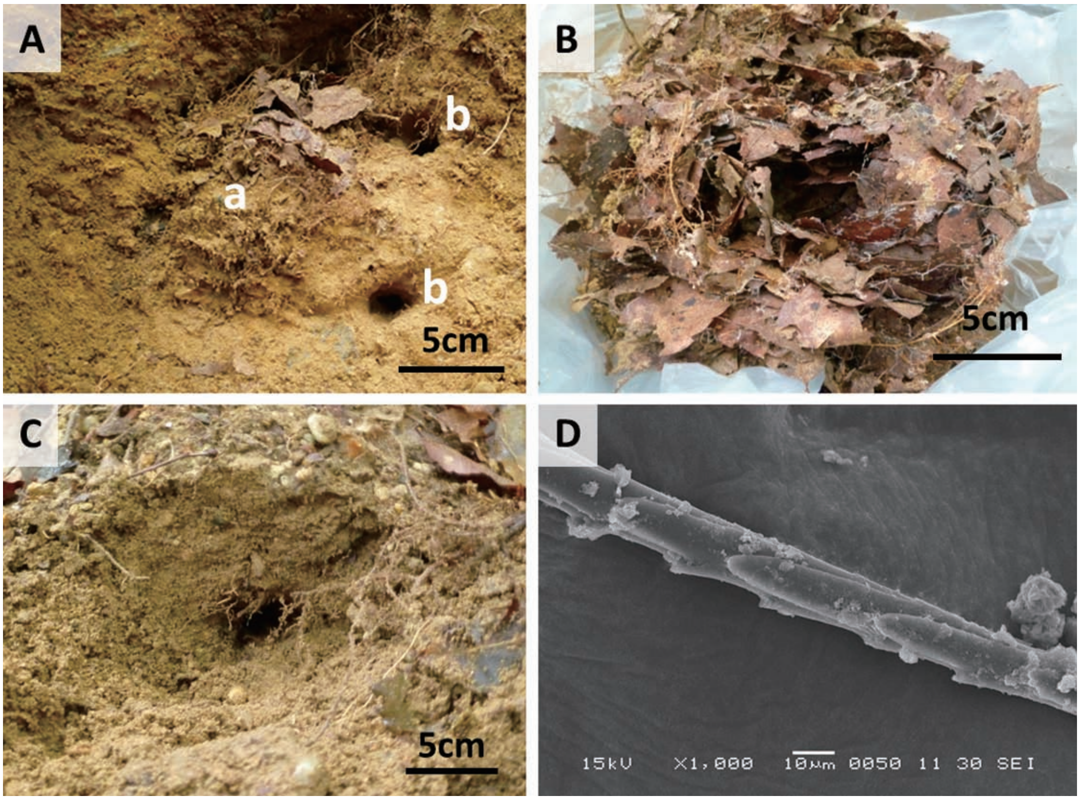

図 5. 2014 年 6 月 13 日の石川県小松市における巣の発掘調査．A: 発掘により見出した巣と坑道，a: 巣，b: 坑道．B: アズマモグラの巣．C: 坑道．D: 巣から取り出したアズマモグラの直毛の SEM 写真.

表 5. 坑道の直径の測定結果.

調査地	調査年月日	測定数(n)	横径（mm）		縦径（mm）	
			最小－最大	平均±標準偏差	最小－最大	平均±標準偏差
石川県小松市	2014.6.13	5	34－56	42.6±7.9	33－38	36.2±2.2
石川県小松市	2014.10.18	5	26－34	31.6±2.9	23－32	28.4±3

表 6. BLAST の相同性検索による子実体と菌根菌の分子同定の結果.

標本番号	試料	産地	ITS 領域 [a]	相同性（%）	核 LSU	相同性（%）
B1352	子実体	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC477651)	100	*H. radicosum* (KC603721)	99
B1353	子実体	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC477651)	100	*H. radicosum* (KC603720)	99
B1354	子実体	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC603717)	99	*H. radicosum* (KC603718)	99
B1355	菌根	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC477651)	100	—	—
B1357	菌根	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC477651)	100	*H. radicosum* (KC603721)	99
B1358	菌根	岐阜県飛騨市	—	—	*H. radicosum* (KC603718)	99
B1359	菌根	岐阜県飛騨市	*H. radicosum* (KC477651)	100	—	—
B1367	子実体	石川県小松市	*H. radicosum* (KC477651)	100	*H. radicosum* (KC603721)	99
B1368	子実体	石川県小松市	*H. radicosum* (KC477651)	100	—	—
B1373	菌根	石川県小松市	*Delastria rosea* (JN102449)	89	—	—

[a] カッコ内は相同性が最も高かった塩基配列の GenBank 登録番号を示す（以下同様）.

表 7. BLAST の相同性検索による外生菌根の宿主植物の分子同定の結果.

標本番号	試料	産地	*rbcL*	相同性（%）	*trnL-trnF*	相同性（%）
B1358	菌根	岐阜県飛騨市	*Quercus serrata* (MF044879)	99	*Q. serrata* (JN102146)	99
B1373	菌根	石川県小松市	*Q. serrata* (MF044879)	100	*Q. serrata* (JN102146)	99
B1374	菌根	石川県小松市	*Q. serrata* (MF044879)	99	*Q. serrata* (JN102146)	99

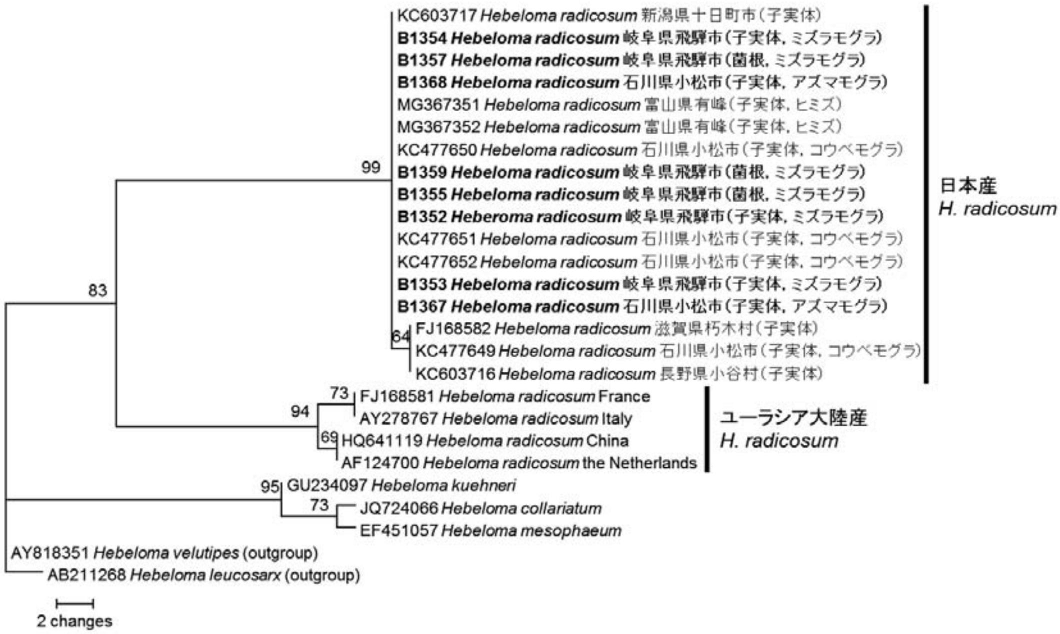

図 6. 最節約法に基づくワカフサタケ属菌の ITS 領域の系統樹．日本産標本の塩基配列について，試料の種類と排泄所を形成するモグラ科動物の種名を産地に続いてカッコ内に示した．枝上の数値は最節約法のブートストラップ値を示す．

し、新たに近接地に営巣したのではないかということも推測される。今回のように、坑道の直径だけで営巣動物種を判断するのは難しく、さらにアズマモグラとコウベモグラにおいては、体毛の形態的特徴のみに基づいて判別することも困難であるとされている（相良 1998）。したがって、モグラ科動物の種を判別する際には、体毛から DNA を抽出して、分子生物学的手法に基づいてより正確に同定していく必要がある。

子実体、菌根菌と宿主植物の分子同定

本研究で得られた ITS 領域と核 LSU の塩基配列を用いて BLAST の相同性検索を行った結果、岐阜県で採集した子実体と菌根の双方は、GenBank に登録されている日本産ナガエノスギタケの配列と 99–100% の相同性を示した（表 6）。このことから、モグラ科動物の排泄所にはナガエノスギタケが菌根を形成することが分子生物学的に裏付けられ、Maeno *et al.*（2016）による解析結果が支持された。一方、石川県で採集した子実体は GenBank に登録されている日本産ナガエノスギタケの塩基配列と 99–100% の相同性を示したが、菌根は地下生子嚢菌の一種である *Delastria rosea* Tul. & C. Tul. の配列と 89% の相同性を示した（表 6）。このことから、モグラ科動物の排泄所にはナガエノスギタケのみが特異的に菌根を形成するのではなく、他の菌根菌もナガエノスギタケとともに同所的に存在することが初めて示された。

岐阜県と石川県で採集した菌根の *rbcL* 遺伝子と *trnL-trnF* 領域の塩基配列を用いて BLAST の相同性検索を行った結果、これらは GenBank に登録されているコナラの配列と 99–100% の相同性を示した（表 7）。以上から、岐阜県と石川県の調査地のモグラ科動物の排泄所に菌根を形成していた植物はとも

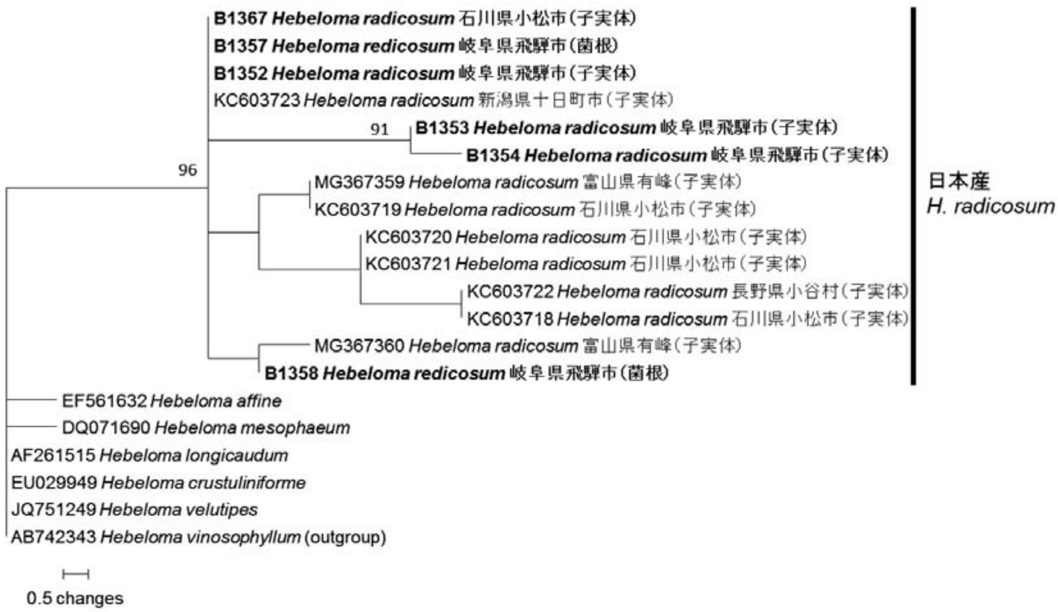

図 7. 最節約法に基づくワカフサタケ属菌の核 LSU の系統樹．日本産標本の塩基配列について，試料の種類を産地に続いてカッコ内に示した．枝上の数値は最節約法のブートストラップ値を示す．

にコナラであることが明らかとなった。

分子系統解析

日本産ナガエノスギタケを含むワカフサタケ属菌の ITS 領域の塩基配列を用いて最節約法による系統解析を行った結果、616 サイトから構成される ITS 領域の部分配列のうち 37 サイトに変異があり、それらは最節約法における系統学上、有用な情報であった。PAUP* ver. 4.0b10 を用いた最節約法による解析では、1,000 ステップからなる 27 個の系統樹が得られた（CI = 0.8478, RI = 0.9412, RC = 0.7980）。この解析の結果（図 6）、ナガエノスギタケは遺伝的に差異のある 2 つの系統群を形成した。1 つは日本産標本が含まれる系統群であり、もう一方には GenBank より得たユーラシア大陸産のナガエノスギタケの塩基配列が含まれた（図 6）。また、本研究で新たに得られた塩基配列は、子実体と菌根ともにすべて日本産ナガエノスギタケの系統群に含まれ、その単系統性は最節約法のブートストラップ値により強く支持された（BS = 99; 図 6）。

さらに、同様に日本産ナガエノスギタケを含むワカフサタケ属菌の核 LSU の塩基配列を用いて最節約法による系統解析を行った結果、913 サイトから構成される核 LSU の部分配列のうち 14 サイトに変異があり、それらは最節約法における系統学上、有用な情報であった。PAUP* ver. 4.0b10 を用いた最節約法による解析では、982 ステップからなる 6,059 個の系統樹が得られた（CI = 0.7778, RI = 0.8974, RC = 0.6980）。この解析の結果、日本産ナガエノスギタケは単系統群をなした（図 7）。また、本研究により新たに得られた塩基配列は、子実体と菌根ともに日本産ナガエノスギタケの系統群内にすべて含まれた。この系統群の単系統性は最節約法のブートストラップ値により強く支持された（BS = 96）が、系統群内での遺伝的な変異が認められた

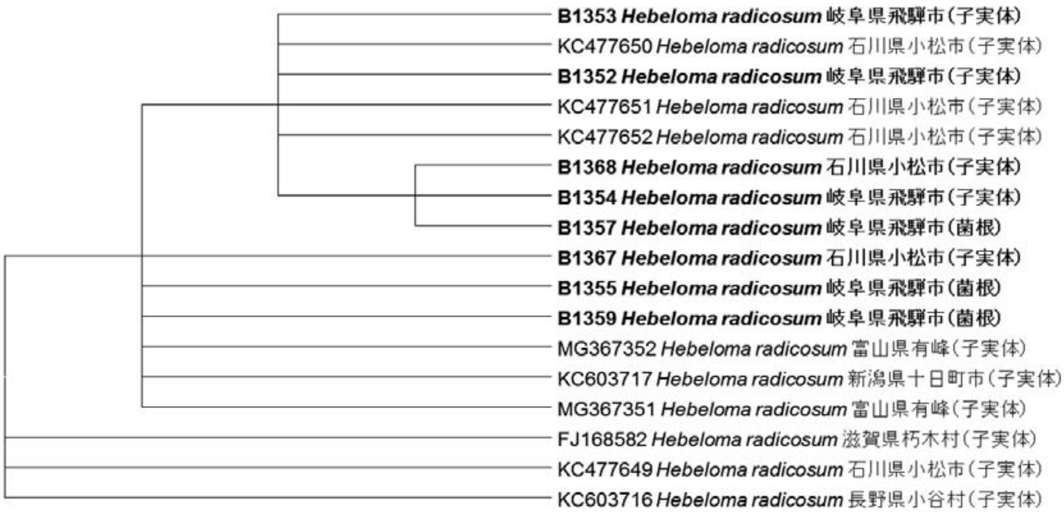

図 8. 最節約法に基づく日本産ナガエノスギタケの ITS 領域の無根系統樹.

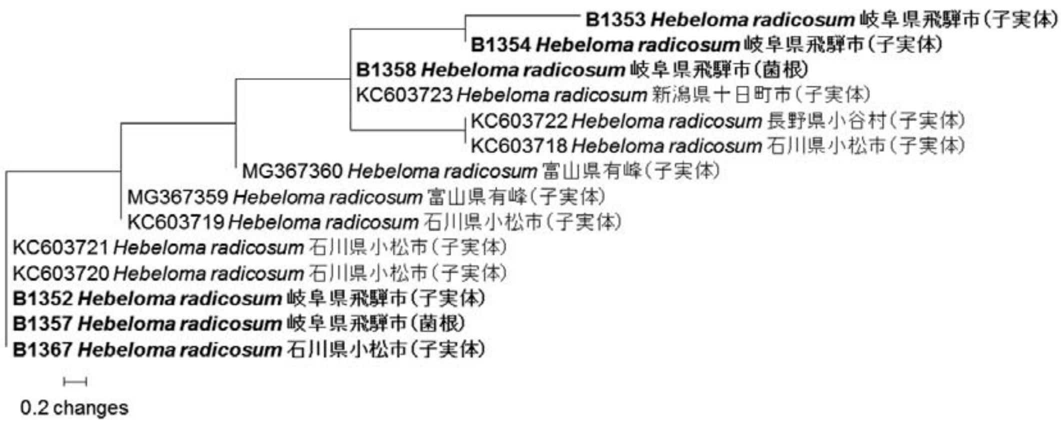

図 9. 最節約法に基づく日本産ナガエノスギタケの核 LSU の無根系統樹.

(図 7)。

そこで、日本産ナガエノスギタケの系統群内での変異の程度を検討するため、無根系統樹を作成した。最節約法に基づく日本産ナガエノスギタケの ITS 領域(図 8)と核 LSU(図 9)の無根系統樹を構築した結果、どちらの遺伝子領域においても系統群内で 1–4 塩基程度の変異があることが明らかとなった。また、ITS 領域と核 LSU の双方で、岐阜県で採集した子実体と菌根から得た塩基配列の一部は、それぞれ完全に一致した(ITS 領域 : B1354 と B1357 および B1355 と B1359、図 8; 核 LSU: B1352 と B1357、図 9)。

なお、今回解析した日本産ナガエノスギタケは、排泄所を形成するモグラ科動物の種の違いにより系統的な違いが生じることはなく、単系統群をなした(図 6)。このことから、日本、特に本州中部では、モグラ科動物の種の違いによりナガエノスギタケの集団に遺伝的な差異が生じる可能性はないことが示唆さ

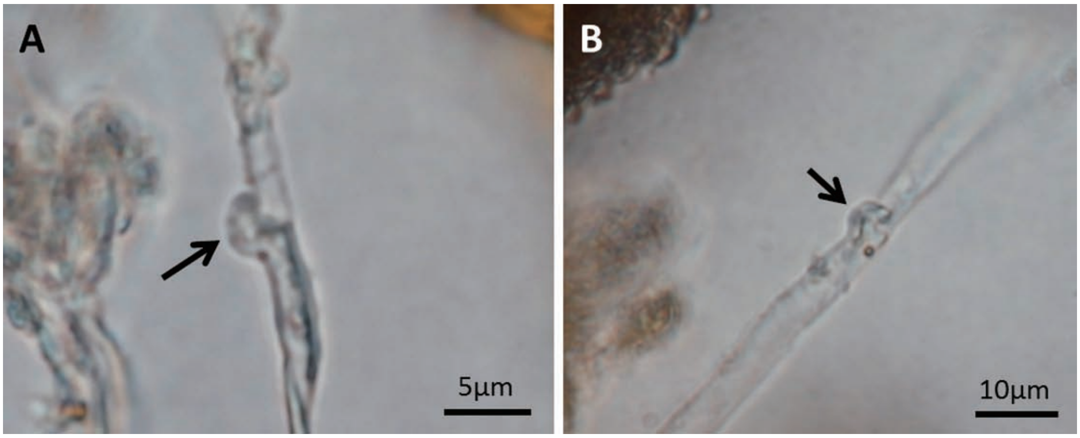

図 10.　モグラ科動物の排泄所より採集した菌根に認められたクランプ結合（矢印）．A: 石川県小松市産の菌根（B1373）．B: 岐阜県飛騨市産の菌根（B1357）．

れた。なお、日本には今回同定した営巣動物種であるミズラモグラとアズマモグラ以外にも 6 種のモグラ科動物が存在する。このため、他のモグラ科動物の排泄所における菌根菌相についてもさらに調査する必要がある。

菌根の形態観察

石川県で採集した菌根は、BLAST の相同性検索により地下生子嚢菌の一種である *D. rosea* との類縁性が示され、ナガエノスギタケとは異なる菌根菌がモグラ科動物の排泄所に存在することが明らかとなった（表 6）。一方、筆者らは石川県で採集した菌根 2 試料（表 2）について菌根菌の塩基配列の決定を複数回試みたが、*D. rosea* 以外の配列を得ることができなかった。しかし、この結果から石川県の調査地ではナガエノスギタケが排泄所に菌根を形成していないと直ちに判断することはできない。そこで同所より採集した菌根について 119 点の試料を作成し形態観察を行った結果、この中にナガエノスギタケの菌根の菌鞘を構成する菌糸を特徴づける（Iotti *et al.* 2005）、切形の巨大なクランプ結合（図 10A）が 14 点認められた。また、BLAST の相同性検索によりナガエノスギタケとの高い相同性が示された岐阜県産の菌根でも同様のクランプ結合（図 10B）が観察された。これらのことから、石川県産菌根からはナガエノスギタケの塩基配列は得られなかったものの、石川県の調査地でも岐阜県と同様に本種が排泄所に菌根を形成している可能性が推測される。

本研究を行うにあたり、京都大学名誉教授の相良直彦博士には貴重なご助言をいただき、また野外調査の方法を直接ご指導いただきました。試料採集にあたっては、富山県中央植物園友の会の黒川悦子氏、栗林義弘氏、小松市立図書館の麻本賢治氏、ならびに千葉科学大学危機管理学部卒業生の池田美紀氏、小林一樹氏、塙　祥太氏、御山右貴氏にご協力いただきました。分子実験においては、南　京沃氏をはじめとする国立科学博物館植物研究部の皆様にご指導いただきました。千葉科学大学危機管理学部講師の手束聡子博士には、モグラ科動物の体毛の SEM 観察に際してご協力をいただきました。以上の皆様に心より御礼申し上げます。なお、本研究の成果の一部は JSPS 科研費 JP15K16279, JP24680085 および JP24300314 の助成を受けたものです。

引用文献

Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W. & Lipman, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. J. Mol. Biol. **215**: 403–410.

Edgar, R. C. 2004a. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. Nucleic Acids Res. **32**: 1792–1797.

Edgar, R. C. 2004b. MUSCLE: a multiple sequence alignment method with reduced time and space complexity. BMC Bioinformatics **5**: 113.

Gardes, M. & Bruns, T. D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts. Mol. Ecol. **2**: 113–118.

Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium Ser. **41**: 95–98.

Hosaka, K. 2009. Phylogeography of the genus *Pisolithus* revisited with some additional taxa from New Caledonia and Japan. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B **35**: 151–167.

Hosaka, K. & Castellano, M. A. 2008. Molecular phylogenetics of Geastrales with special emphasis on the position of *Sclerogaster*. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B **34**: 161–173.

Hosaka, K., Kasuya, T., Reynolds, H. T. & Sung, G. H. 2010. A new record of *Elaphomyces guangdongensis* (Elaphomycetaceae, Eurotiales, Fungi) from Taiwan. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B **36**: 107–115.

池田良幸．2013．新版北陸のきのこ図鑑．396pp．橋本確文堂，金沢．

Iotti, M., Barbieri, E., Stocchi, V. & Zambonelli, A. 2005. Morphological and molecular characterisation of mycelia of ectomycorrhizal fungi in pure culture. Fungal Diversity **19**: 51–68.

糟谷大河・都野展子・橋屋　誠・黒川悦子・宇野邦彦・保坂健太郎．2013．石川県小松市においてナガエノスギタケの発生により確認されたコウベモグラの営巣例，および日本産ナガエノスギタケの系統的位置に関する知見．小松市立博物館研究紀要 **47**: 23–34.

Kress, W. J., Erickson, D. L., Jones, F. A., Swenson, N. G., Perez, R., Sanjur, O. & Bermingham, E. 2009. Plant DNA barcodes and a community phylogeny of a tropical forest dynamics plot in Panama. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **106**: 18621–18626.

Levin, R. A., Wagner, W. L., Hoch, P. C., Nepokroeff, M., Pires, J. C., Zimmer, E.A. & Sytsma, K. J. 2003. Family-level relationships of Onagraceae based on chloroplast *rbcL* and *ndhF* data. Am. J. Bot. **90**: 107–115.

Maeno, J., Shimizu, K., Sagara, N. & Tanaka, C. 2016. Identity between the fruit bodies of *Hebeloma radicosum* and the mycosymbiont in ectomycorrhizas colonizing mole latrines. Mycoscience **57**: 196–199.

Moribe, J. & Yokohata, Y. 2011. Mixed distribution of *Mogera imaizumii* and *Mogera wogura* in the Tedori Allvial Fan in Ishikawa Prefecture, Japan. Mammal Study **36**: 135–139.

本川雅治・下稲葉さやか・鈴木　聡．2006．日本産哺乳類の最近の分類体系―阿部（2005）と Wilson and Reeder（2005）の比較―．哺乳類科学 **46**: 181–191.

中井真理子・横畑泰志・橋屋　誠・相良直彦．2016．営巣事例に基づいて見いだ

された岐阜県北部におけるミズラモグラの生息地．森林野生動物研究会誌 **41**: 39–41.

相良直彦．1986．日本産食虫目の体毛の型，とくに直毛（刺毛）の存在について．哺乳動物学雑誌 **11**: 57–64.

相良直彦．1996．モグラの巣を知らせるきのこ．川道武男（編），日本動物大百科 哺乳類 I，p. 27．平凡社，東京．

相良直彦．1998．きのこを手がかりとしたモグラ類の営巣生態の調査法．哺乳類科学 **38**: 271–292.

相良直彦．2007．きのこ－モグラ学ことはじめ．国立科学博物館ニュース **463**: 12–13.

Sagara, N. & Fukasawa, Y. 2014. Inhabitant change in long-term mole nesting at the same site, revealed by observing mushroom fruiting at the site. Mammalia **78**: 383–391.

Sagara, N., Honda, S., Kuroyanagi, E. & Takayama, S. 1981. The occurrence of *Hebeloma spoliatum* and *Hebeloma radicosum* on the dung-deposited burrows of *Urotrichus talpoides* (shrew mole). Trans. Mycol. Soc. Japan **22**: 441–455.

Sagara, N., Kobayashi, S., Ota, H., Itsubo, T. & Okabe, H. 1989. Finding *Euroscaptor mizura* (Mammalia: Insectivora) and its nest from under *Hebeloma radicosum* (Fungi: Agaricales) in Ashiu, Kyoto, with data of possible continuous occurrences of three Talpine species in this region. Contr. Biol. Lab., Kyoto Univ. **27**: 261–272.

Sagara, N., Ooyama, J. & Koyama, M. 2008. New causal animal for the growth of *Hebeloma radicosum* (Agaricales): shrew, *Sorex* sp. (Mammalia, Insectivora). Mycoscience **49**: 207–210.

相良直彦・上田俊穂・西田富士夫・正井俊郎．2008．滋賀県朽木におけるミズラモグラの存在，とくに低標高の地における生息について．哺乳類科学 **48**: 31–38.

Seutin, G., White, B. N. & Boag, P. T. 1991. Preservation of avian blood and tissue samples for DNA analyses. Can. J. Zool. **69**: 82–90.

Swofford, D. L. 2002. PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony and other methods (*PAUP version 4.0 beta 10). Sinauer, Sunderland.

Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G. & Bouvet, J. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. Plant Mol. Biol. **17**: 1105–1109.

Vilagalys, R. & Hester, M. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. J. Bacteriol. **172**: 4239–4246.

山田明義．2001．菌類実験技術講座 I　菌類の採集・検出と分離：外生菌根（II）顕微鏡観察法．日本菌学会会報 **42**: 105–111.

横畑泰志．2012．モグラ：春の雪解け水が守る生物多様性．自然人 **32**: 32–33.

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 39–43（2017）
富山県中央植物園研究報告

高隈山地で再発見された絶滅危惧 IA 類タカクマムラサキの生息域外保全

志内利明 [1)]*・丸野勝敏 [2)]

[1)] 富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42
[2)] 〒 891-0113　鹿児島県鹿児島市東谷山

Ex situ conservation of *Callicarpa longissima*, a critically endangered species (CR) of Japan, recently rediscovered in the Takakuma Mountains, Kagoshima Prefecture

Toshiaki Shiuchi[1)]* & Katsutoshi Maruno[2)]

[1)] Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
*t-shiuchi@bgtym.org (corresponding author)
[2)] Higashitaniyama, Kagoshima 891-0113, Japan

Abstract: *Callicarpa longissima* (Hemsl.) Merr., a critically endangered plant in Japan, was rediscovered in the Takakuma Mountains, Kagoshima Prefecture, for the first time in 70 years. Five plants were confirmed along a rocky stream and a roadside slope in the vicinity of the Takakuma Mountains. Based on the growing conditions where *C. longissima* was rediscovered, it is likely that this species is a pioneer plant. The plant seems to be capable of autogamy as it sets seeds alone. The cultivated plants bore numerous fruits from winter to spring with asynchronous maturing, but those with too much fruiting tended to weaken to die. Chromosome numbers were counted to be 2n = 34 for two plants from the Takakuma Mountains and one plant from Tanegashima Island, confirming the previous report.

Key Words: asynchronous fruit maturation, autogamy, botanic garden conservation, chromosome number, pioneer plant, seed set

タカクマムラサキ *Callicarpa longissima*（Hemsl.）Merr. は日本、台湾、中国の南東部から南部、ベトナムに分布する植物で、樹高は 3 m ほどになり、葉は長さ 17–25 cm、幅 3–6 cm の常緑低木である（Chen *et al.* 1998）。葉や新鞘にはたくさんの腺点があってねば付くが、腺点から放出された物質には良い香りがあるため、葉に触れると辺りに芳香がたちこめる。国内では台湾や中国から離れた九州南部に隔離的に分布し、生育地も限定されているため、環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（編）（2015）では、ごく近い将来における絶滅の危険性が極めて高い絶滅危惧 IA 類（CR）に指定されている。

Hatusima（1949）はタカクマムラサキを、鹿児島県垂水市に位置する鹿児島大学高隈演

Fig. 1. Habitat of *Callicarpa longissima* rediscovered in the Takakuma Mountains (Oct. 21, 2009). Circles indicate the plants.

習林内（現在の鹿児島大学農学部附属演習林）で1942年に採集された標本をタイプとして、*Callicarpa takakumensis* Hatus.として新種記載したが、その後、台湾や中国に分布する*C. longissima*（Hemsl.）Merr.と同種とみなした（初島 1986）。しかしながら、最初の発見以降、高隈演習林内では再発見されなかったため、初島（1989）は高隈山地のタカクマムラサキは台湾産の標本が産地誤記された疑いがあり再検を要するとし、Yamazaki（1993）はタカクマムラサキが日本に自生するものか疑わしく、おそらく台湾から導入されたものとしていた。そのような折、丸野は1996年2月に種子島の南種子町郡川の支流山神川河岸で種名不明な植物に気づき、初島住彦氏に同定を依頼したところ本種であることが判明した。当時、河岸に4–5本、近くの斜面などに10本近く見られたが、その後の護岸工事と砂防ダム工事で個体数が減少している。鹿児島県環境生活部環境保護課（2003）でも高隈山周辺では絶滅、種子島に3個体だけ生育すると報告している。一方、斉藤（2009）は宮崎県日南市伊比井川で2008年3月にタカクマムラサキ25個体を新たに発見し、その後の調査により、種子島と日南市の集団でそれぞれ12個体、38個体を確認したが、再調査を試みた高隈山付近では発見されなかった（杉村ら 2010）。その後、丸野は2008年に鹿児島市の濱田英昭氏から同定依頼を受け、高隈山地の一画に本種が生育していることを確認し、簡単な報告を行った（丸野 2013）。ここでは高隈山地付近で再発見されたタカクマ

Fig. 2. *Callicarpa longissima* in the Botanic Gardens of Toyama. A, Plants exhibited in the tropical rain forest house. B, Habit of *C. longissima*. C, Flowers with stamens that are the same length as pistils (Aug. 26, 2008). D, Fruits showing asynchronous maturation (Jan. 5, 2017). Scale bars indicate 1 cm.

ムラサキの生育状況と栽培下での繁殖特性、染色体数について報告する。

高隈山地での生育状況

2009 年 10 月 21 日に濱田英昭氏より詳細な場所をうかがい、鹿児島大学高隈演習林の近くの垂水市の山腹で 2 個体を確認した（Fig. 1）。川幅 5 m ほどの岩がちな渓流沿いで、近くにはハドノキ *Oreocnide pedunculata*（Shirai）Masam. やクサギ *Clerodendrum trichotomum* Thunb.、イヌビワ *Ficus erecta* Thunb.、クズ *Pueraria lobata*（Willd.）Ohwi、ススキ *Miscanthus sinensis* Andersson などの生育する撹乱地である。2 個体のうち、1 個体は樹高約 2.5 m で生育状況は良好だったが、もう 1 個体の方は樹高 1.5 m ほどで葉の数も少なく枯れ枝が目立ち、近いうちに枯死する可能性が高い状況であった。

翌年の 2010 年 11 月 11 日に再度同地域付近で調査を行ったところ、前年に確認した地点からやや離れた林道沿いのノリ面で 3 個体の生育を確認した。ノリ面上部の樹高 3.5 m ほどの多数結実し始めた生育状態の良い個体と、ノリ面下部の樹高 1 m 程度の未開花の実生 2 個体である。生育地にはアカメガシワ *Mallotus japonicus*（L.f.）Müll.Arg. やセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L.、ニシヨモギ *Artemisia indica* Willd などが同所的に見られ、日当たりも良好で土壌の湿度も高いなど、杉村ら（2010）による宮崎県日南市や

鹿児島県種子島のタカクマムラサキ集団の生育環境調査の状況と同様であり、タカクマムラサキは先駆者的性質を持った植物であると考えられた。

宮崎県日南市や鹿児島県の種子島で自生地が確認されたことや（斉藤 2009, 杉村ら 2010）、今回高隈山地周辺でも再発見されたことから、初島（1989）が指摘した「高隈山産は台湾産の産地誤記」や Yamazaki（1993）に述べられている台湾からの導入ではなく、タカクマムラサキは日本に自生する種であると考えられる。

栽培下での生育特性

タカクマムラサキは生育地が限定的で、絶滅危惧 IA 類に指定されているが、自生地で枯死寸前の個体があったり、個体数が少ないことなどから、自生地外での積極的な増殖と保全が必要と考えられた。そこで、2010 年の調査後に再発見した高隈山地周辺の 2 個体を緊急避難させるため穂木を入手し、挿し木により富山県中央植物園の栽培温室で系統保存した。当園にはすでに 2004 年に寄贈を受けた種子島産 1 個体が栽培されており、この個体は 8–9 月に開花し、その後ほとんどの花が結実に至り、翌年の春、種子を取り蒔きしたところ発芽して実生が得られ健全に成長していた。個体別に隔離して栽培した高隈山地周辺のタカクマムラサキでも、同様に自殖により種子が得られ、実生を得ている。このようにタカクマムラサキの自殖率が高いのは、花の構造において 4 本の雄蕊と中央の 1 本の雌蕊がほぼ同長で互いに近接しているため、自家受粉しやすいためと考えられる（Fig. 2B, C）。実生苗は富栄養な条件下では早く成長し、翌年には開花して種子生産を始める個体もあった。これらの観察から、自然環境下ではタカクマムラサキは鳥などの被食により種子が運ばれ、生育適地に 1 個体でも定着することができれば素早く成長し、自家受粉という繁殖特性により増殖して集団を形成できるものと推測される。先駆者的植物と考えられるタカクマムラサキにとって、自家受粉は有利な繁殖特性であるが、一方で栽培下での観察からは同化産物を得るには適していない秋から冬の時期にかけて多量の果実を生産するため個体にかかる負担が大きいと考えられ、果実生産後の春にはひどく衰弱し、枯死する個体もあった。ムラサキシキブ *Callicarpa japonica* Thunb. やコムラサキ *C. dichotoma*（Lour.）K.Koch などムラサキシキブ属の多くの種は、同一個体内ではほぼ同時期に果実が成熟するのに対し、タカクマムラサキでは果実の成熟は同調的ではなく、12 月下旬ごろから早春まで順次成熟する様子が栽培下で観察された（Fig. 2D）。このことは、自生地において長い期間に渡って種子散布される機会が確保されるものと推測される。

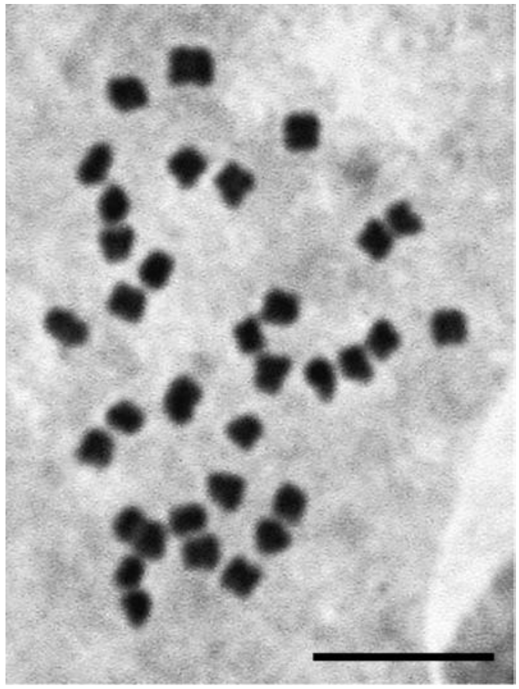

Fig. 3. Somatic metaphase chromosomes of *Callicarpa longissima*, 2n = 34. Bar indicates 5 μm.

染色体数

高隈山地周辺の 2 個体および種子島産の 1 個体を含めた 3 個体について、根端分裂組織を用いてアセトオルセインで染色し、押しつぶし法により染色体を観察した。いずれも染色体数は 2n = 34 であった（Fig. 3）。これはジョージア大学内で系統保存されているタカクマムラサキの染色体数を観察した Contreras & Ruter（2011）による報告と一致した。染色体長は 0.8–1.3 µm で、染色体サイズは漸変的な変化を示した。

貴重な産地情報を教えて頂いた濱田英昭氏および種子島産の材料を提供いただいた故堀田　満鹿児島大学名誉教授に感謝申し上げる。

引用文献

Chen, T.T., Chaw, S.M. & Yang, Y.P. 1998. A revision on *Callicarpa* (Verbenaceae) of Taiwan. Taiwania **43**: 316–332.

Contreras, R. N. & Ruter, J. M. 2011. Genome size estimate and chromosome numbers of *Callicarpa* L. (Lamiaceae). HortScience **46**: 567–570.

Hatusima, S. 1949. New and noteworthy plants from southern Japan and adjacent districts. J. Jpn. Bot. 24: 81–87.

初島住彦（編）. 1986. 改訂鹿児島県植物目録. 290pp. 鹿児島植物同好会，鹿児島.

初島住彦. 1989. 日本列島における暖地植物の分布. 4. 中国から琉球列島を経由せずに日本に分布する暖地植物. 鹿児島植物同好会会誌 10: 1–23.

鹿児島県環境生活部環境保護課（編）. 2003. 鹿児島県の絶滅のおそれのある野生動植物　植物編—鹿児島県レッドデータブック—. 657pp. 財団法人鹿児島県環境技術協会，鹿児島.

環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（編）. 2015. レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれがある野生生物—8 植物 I（維管束植物）. 646pp. 株式会社ぎょうせい，東京.

丸野勝敏. 2013. 鹿児島県産維管束植物分布資料 4. 鹿児島植物研究会誌 **5**: 19–20.

斉藤政美. 2009. 宮崎県の植物に関する新知見. 宮崎県総合博物館研究紀要 **29**: 27–36.

杉村康司・飯田　修・香月茂樹・邑田裕子・稲富由香・稲田　昭・南谷忠志・斉藤政美・岩渕久克・小野都子. 2010. 種子島および日南産タカクマムラサキの生育環境と精油成分の比較. 植物研究雑誌 **85**: 90–98.

Yamazaki, T. 1993. *Callicarpa*. *In* Iwatsuki, K., Yamazaki, T., Boufford, D.E. & Ohba, H. (eds.), Flora of Japan. Vol. I. p. 264. Kodansha, Tokyo.

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 45–51（2017）
富山県中央植物園研究報告

ホソバノギクとシラヤマギクの人為雑種における形態と花粉稔性

志内利明

富山県中央植物園　〒939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42

Morphology and pollen stainability of the artificial hybrids between *Aster sohayakiensis* (Asteraceae) and closely related *A. scaber*

Toshiaki Shiuchi

Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
t-shiuchi@bgtym.org

Abstract: In order to study phylogenetic relationships between *Aster sohayakiensis*, a rheophyte, and *A. scaber*, non-rheophyte, artificial hybridization was carried out using hand pollination techniques. Only two interspecific hybrids were obtained. The shape and tissue structure of the basal leaves of the hybrid plants were intermediate to those of their parents. The pollen stainability of the two hybrids were 10.2% and 0% (no pollen formation), respectively, whereas those of parental plants were high. Reproductive isolation mechanisms, though they do not ensure complete, are present in the two species.

Key Words: artificial hybrids, *Aster scaber*, *Aster sohayakiensis*, interspecific hybrid, leaf morphology, pollen stainability, reproductive isolation, rheophyte

ホソバノギク（キシュウギク）*Aster sohayakiensis* Koidz. は紀伊半島の熊野川支流域の湿った岩上に生育し、葉は狭披針形または狭倒披針形で、茎は高さ 30–60 cm であり、シラヤマギク *A. scaber* Thunb. は北海道から九州、朝鮮半島、中国、ウスリー、アムールの山地の乾草地や道ばたに生育し、根出葉は卵心形で長い葉柄を持ち、草丈 1–1.5 m に達する（副島 2017）。両種はシラヤマギク節 Sect. *Teretiachaenium* に属し、同節には他にサワシロギク *A. rugulosus* Maxim.、シブカワシロギク *A. rugulosus* Maxim. var. *shibukawaensis* Kitam. et Murata、ミヤマヨメナ *A. savatieri* Makino、シンジュギク *A. savatieri* Makino var. *pygmaeus* Makino、コモノギク *A. komonoensis* Makino が含まれている（副島 2017）。また、Konta & Matsumoto（2006）はシラヤマギクの変種として海岸草原に分布するハマシラヤマギク *A. scaber* Thunb. var. *litoralis* Konta を報告している。

シラヤマギク節内には自然雑種が存在し、Kitamura（1937）は、ナガバシラヤマギク *Aster ×sekimotoi* Makino が形態的にシラヤマギクとサワシロギクの中間的形質を示すことから両種の自然雑種と考えられると報告した。その後、Saito & Kokubugata（2004）は、

Table 1. Individual data for the plants of *Aster sohayakiensis*, *A. scaber*, and their hybrids.

Taxon	Source	Individuals number
Aster sohayakiensis	Cultivated in the Botanic Gardens of Toyama (Originated from Wakayama Pref.)	HO-1～HO-6
A. scaber	Kamegaoka, Minami-satsuma City, Kagoshima Pref.	SI-1～SI-5
F_1-hybrid	(*A. sohayakiensis* ♀ × *A. scaber* ♂)	HY-1, HY-2

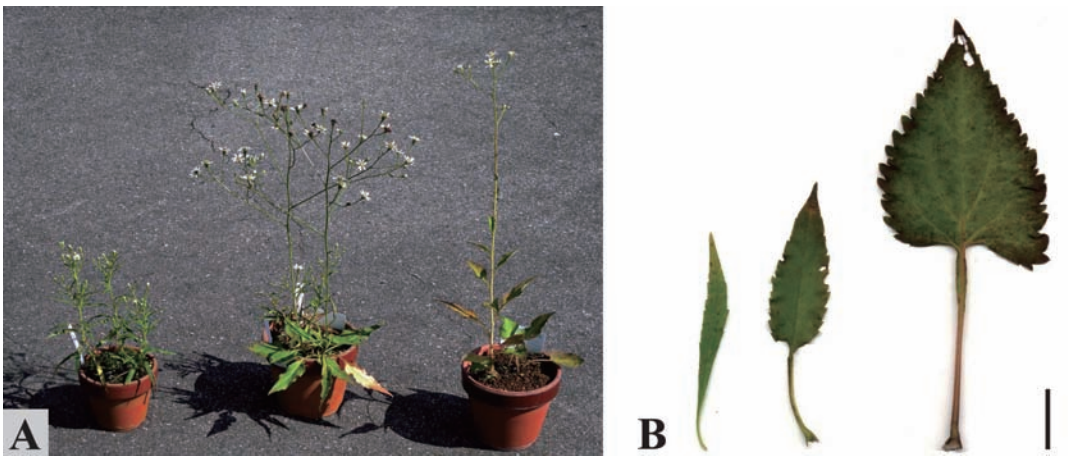

Fig. 1. Plant habit (A) and the basal leaves (B) of *Aster sohayakiensis* (left), *A. scaber* (right), and their artificial hybrid (center). Bar indicates 3 cm.

5S rDNA をプローブに用いた FISH 法による染色体の詳細な観察から、ナガバシラヤマギクはシラヤマギクとサワシロギクの雑種であることを確認し、Saito *et al*.（2007）は ITS と *matK* 領域を用いた DNA 解析と花粉染色性から、ナガバシラヤマギクが両種の F_1 自然雑種である可能性を示した。

広義シオン属における葉緑体 DNA の RFLP による解析で、ホソバノギクとシラヤマギクはこれら 2 種だけで単系統群をなすことが報告されている（Ito *et al*. 1998）。これは解析した種群の中で両種は互いに最も近縁な種であることを表すものである。シラヤマギクは草原的環境に生育し、ホソバノギクは渓流沿いに生育するため、両種は生育場所の違いにより隔離されているが、両種の間に生殖的な隔離が存在するのかは知られていない。そこで、ホソバノギクとシラヤマギクを交配し、得られた人為雑種の形態的特性と生殖的な隔離について調査した。

材料と方法

実験には富山県中央植物園の栽培圃場で栽培されていた和歌山県産のホソバノギクと、鹿児島県南さつま市亀ヶ丘に自生する小型の形態的特徴を持つシラヤマギクを用いた。屋

Table 2. Summary of morphological measurements of the basal leaf characters in *Aster sohayakiensis*, *A. scaber*, and their artificial hybrids.

Taxon	Leaf thickness (µm)	Epidermal cell thickness (µm)	Thickness of palisade tissue (µm)	Proportion of palisade tissue per leaf thickness (%)	Number of cell layers in palisade tissue	Leaf index
Aster sohayakiensis	355 ± 52*	38 ± 6	110 ± 31	30.5 ± 6.4	1–2	6.6 ± 1.5
A. scaber	330 ± 42	33 ± 7	75 ± 14	22.9 ± 3.2	1	1.4 ± 0.1
F_1-hybrids						
HY-1	328	32	80	24.5	1–2	3.1
HY-2	327	34	75	22.8	1–2	2.9

* mean ± s.d.

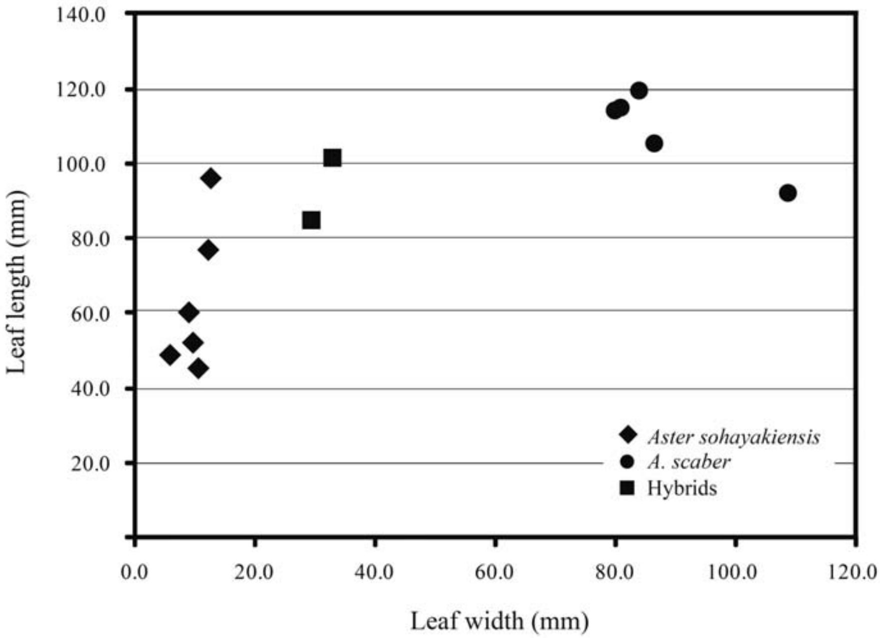

Fig. 2. Leaf length and leaf width of *Aster sohayakiensis*, *A. scaber*, and their artificial hybrids.

外の同じ栽培圃場に鉢植えで栽培されていた両種を 2010 年 10 月 6 日に互いに 2 個体、開花中の 5 頭花ずつをなすりつけて交配した。得られたそう果を 12 月に取り蒔きし、2012 年 9 月 21 日に開花に至った雑種 2 個体と、両親種のホソバノギク 6 個体、シラヤマギク 5 個体を観察した。

形態の比較は、根生葉の葉身長、葉身幅長を測定して葉形指数を算定した。また、根生葉を剃刀でハンドセクションにより薄く切って横断切片を作成し、光学顕微鏡で柵状組織の細胞層数を観察するとともに、株式会社レイマー製の USB デジタルカメラ WRAYCAM-NF500 で撮影し、画像処理ソフトウェア ImageJ を用いて葉の厚さ、表皮細胞層の厚さ、柵状組織の厚さを計測した。

花粉稔性は、生品から採集した花粉をコットンブルーで染色し、光学顕微鏡下で 500 粒以上観察して形が正常で青く染色された花粉を稔性があるものとみなし、その割合（花粉染色性）を算定した。

交配および計測に用いたホソバノギクとシラヤマギクの個体データを Table 1 に示した。

結果と考察

今回交配に用いたホソバノギクとシラヤマギクは、2011 年にそれぞれ 2 個体ずつ隔離して栽培したところ、全く結実が見られなかったことから、ともに自花不和合性であると推定された。交配実験では除雄を行っておらず、なすりつけ時に自花の花粉が雌蕊に付着する可能性が高いが、両親株が自花不和合であることから、得られた個体は雑種であると考えられる。

両種の交配ではホソバノギクの頭花にだけ 15 個のそう果が結実した。これらのそう果から発芽した実生は 5 個体であったが、その後 3 個体は枯死し、2012 年に開花に至り形態的に雑種と確認されたものは 2 個体のみであった。

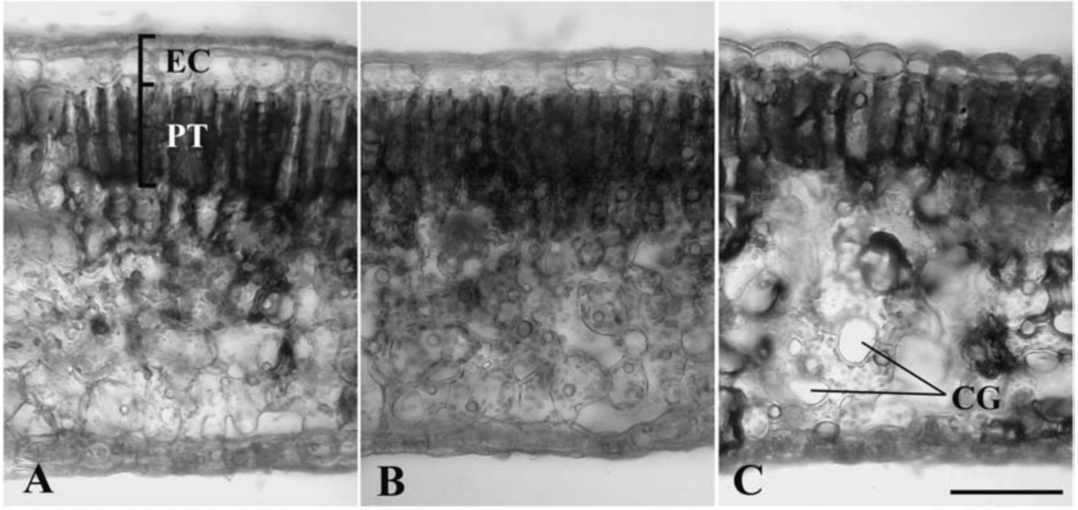

Fig. 3. Hand-cross section of basal leaves. *Aster sohayakiensis* (A), *A. scaber* (C), and their artificial hybrid (B). EC, Epidermal cell layer; PT, Palisade tissue; CG, Cell gap. Scale bar indicates 100 µm.

成長した雑種 2 個体は、ともに花茎の高さ 70 cm ほどで、交配に用いたシラヤマギクとほぼ同じ高さとなる一方で、ホソバノギクと同様に枝先でよく分枝して多数の頭花をつける特徴を有していた（Fig. 1A）。根生葉の葉形指数を計測したところ、ホソバノギクは平均値 6.6 と多くの渓流沿い植物に見られるような狭披針形で、シラヤマギクは平均値 1.4 の卵心形であったのに対して、雑種の 2 個体はそれぞれ 2.9、3.1 と披針形で、両親種の中間的形状であった（Table 2）。その他、鋸歯の高さや葉柄上部の翼の張り出しも、雑種は両親種の中間的形態を有していた（Fig. 1B）。根生葉の大きさは、両親種と比較して雑種の葉身長は中間的で、葉身幅長はホソバノギクの値に近く短い傾向が見られた（Fig. 2）。

根生葉の横断面組織を観察したところ、ホソバノギクの棚状組織（PT）の細胞層は 1–2 層、葉の厚さは 355 µm、表皮細胞層（EC）38 µm、柵状組織層 11 µm、葉の厚さに対する柵状組織の割合は 30.5％であった。シラヤマギクは棚状組織の細胞層が 1 層で、葉の厚さが 330 µm、表皮細胞層 33 µm、柵状組織層 75 µm、葉の厚さに対する柵状組織の割合は 22.9％であった。雑種の HY-1 個体は柵状組織の細胞層は 1–2 層、葉の厚さは 328 µm、表皮細胞層 32 µm、柵状組織層 80 µm、葉の厚さに対する柵状組織の割合は 24.5％で、雑種 HY-2 個体は柵状組織の細胞層は 1–2 層、葉の厚さは 327 µm、表皮細胞層 34 µm、柵状組織層 75 µm、葉の厚さに対する柵状組織の割合は 22.8％であった（Table 2, Fig. 3）。ホソバノギクおよび雑種の細胞間隙（CG）は発達せず、シラヤマギクについては明瞭な細胞間隙がみられた（Fig. 3）。すなわち、雑種の葉形は披針形で両親種の中間的形質を示したが、棚状組織の細胞層は 1–2 層で細胞間隙が発達しないなどホソバノギクと同様な形質を示し、葉の厚さ、表皮細胞層、柵状組織層、柵状組織の割合については、シラヤマギクに近い値を示す傾向が見られた。

加藤（2003）は、渓流沿いシダ植物と近縁な地上植物 13 組の比較において、葉肉（海綿状）組織の細胞が短腕で小さく、細胞間隙も小さいという内部構造と、流線形という葉

Table 3. Pollen stainabilities of *Aster sohayakiensis*, *A. scaber*, and their artificial hybrids.

Taxon	Pollen stainability (mean ± s.d.) (%)
Aster sohayakiensis	79.4 ± 15.2
A. scaber	86.7 ± 14.0
F_1-hybrids	
HY-1	10.2
HY-2	— *

* no pollen grains.

の形との間に強い相関が確かめられ、渓流沿い種ではこのような内部構造の特徴から洪水の時に起こる速い水流や強い乱水流に抵抗する強度がより大きいことは十分ありうるとしている。これまでホソバノギクの形態について渓流沿い植物（rheophyte）として観察された例はないが、今回の観察結果から、ホソバノギクは近縁なシラヤマギクと比較して、根生葉は狭披針形で細長く、葉と表皮細胞層が厚くて細胞間隙が発達しないなどの特徴が確認され、これらの形質は河川の水流に揉まれたときにも破れにくいなど葉を機械的に強くするものであり、渓流沿いの環境に適応した形態であると考えられた。

花粉染色性はホソバノギクが 79.4％、シラヤマギクが 86.7％であるのに対して、雑種 HY-1 個体は 10.2％、HY-2 個体は葯が萎縮して花粉が全く形成されず著しい花粉の不稔性を示した（Table 3）。ナガバシラヤマギク自然雑種起源について調べた報告によると、シラヤマギクの 1 個体だけが 23％であったものの、シラヤマギクとサワシロギクの花粉稔性が 50％以上であったのに対して、これらの自然雑種と推定されるナガバシラヤマギク 3 個体の花粉稔性が 7％、26％、28％と低く（Saito *et al.* 2007）、今回の結果と同様の傾向を示している。

今回の交配ではホソバノギクの頭花にだけわずかに結実したことや、順調に成長したのも 2 個体だけで、その花粉稔性も著しく低く、1 個体は全く不稔であったことから、ホソバノギクとシラヤマギクとの間には生殖的隔離が働いていると結論づけられる。もともとホソバノギクは渓流沿いに、シラヤマギクは林縁部や草地、路傍などに生育するため、花期はほぼ同じであっても両種の間で自然雑種形成は起こりにくいと推測される。しかし、偶発的に両種が近接して生育し交雑が生じた場合、ホソバノギクの集団内に雑種が生じる可能性があり、ほぼ不稔の F_1 雑種とホソバノギクとの戻し交雑によって浸透性交雑が起きる可能性がある。

本研究を実施するにあたり、鹿児島県南さつま市亀ヶ丘のシラヤマギクを寄贈いただいた故堀田　満鹿児島大学名誉教授に感謝申し上げる。

引用文献

Ito, M., Soejima, A. & Watanabe, K. 1998. Phylogenetic relationships of Japanese

Aster (Asteraceae, *Astereae*) sensu lato based on chloroplast-DNA restriction site mutations. J. Plant Res. **111**: 217−223.

加藤雅啓．2003．渓流沿い植物の進化と適応に関する研究．分類 **3**: 107–122.

Kitamura, S. 1937. Compositae Japonicae. I. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imperial Univ., Ser. B **13**: 1−421.

Konta, F. & Matsumoto, S. 2006. New or interesting Angiosperms in Suzaki, Shimoda City, Central Japan. Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo. Ser. B. **32**: 35−45.

Saito, Y. & Kokubugata, G. 2004. Cytological comparison of 5S ribosomal DNA sites on somatic chromosomes in *Aster* ×*sekimotoi* and speculation of its parental species (Asteraceae). Chromosome Science **8**: 103−107.

Saito, Y., Kokubugata, G. & Möller, M. 2007. Molecular evidence for a natural hybrid origin of *Doellingeria* ×*sekimotoi* (Asteraceae) using ITS and *matK* sequences. Int. J. Plant Sci. **168**: 469−476.

副島顕子．2017．シオン連．大橋広好・門田裕一・木原　浩・邑田　仁・米倉浩司（編），改訂新版　日本の野生植物 5　ヒルガオ科〜スイカズラ科．pp. 313–320. 平凡社，東京．

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 53–57（2017）
富山県中央植物園研究報告

雑種起源と推定されるヤシャダケの花粉稔性と葉の表皮構造

高橋一臣

富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42

Pollen fertility and leaf epidermal microstructure of *Semiarundinaria yashadake* (Poaceae: Bambusoideae), a putative hybrid species

Kazuomi Takahashi
Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
takahasi@bgtym.org

Abstract: The pollen fertility of *Semiarundinaria yashadake*, a putative hybrid species between *Phyllostachys bambusoides* and a species of *Pleioblastus* sect. *Nezasa*, was examined. In addition, abaxial leaf epidermal microstructure of the species was observed using a scanning electron microscope and compared with those of hypothesized parents. Pollen grains from mature anthers were stained with lactophenol-cotton blue solution and pollen fertility was estimated as the percentage of stained, normal-shaped pollen grains per more than 1000 grains. Pollen fertility of *S. yashadake* was estimated to be 40–54%. The leaf epidermal microstructure of the parental species differed clearly in density of prickle hairs and morphology of papillae, whereas *S. yashadake* was intermediate in those characteristics.

Key Words: hybrid species, leaf epidermal microstructure, papillae, pollen fertility, *Semiarundinaria*

ナリヒラダケ属 *Semiarundinaria* Makino ex Nakai は、マダケ属 *Phylostachys* Siebold et Zucc. とメダケ属 *Pleioblastus* Nakai の中間的な特徴を持ち（岡村他 1991）、2 属間のいずれかの種が交雑することによって起源したと考えられている（村松 1996，2001，小林 2017）。交配実験も行われ、得られた雑種植物の特徴がナリヒラダケ属に一致することが確かめられている（村松 2001）。この属には日本に 10 種（室井 1962）あるいは 5 種（鈴木 1978，1996，小林 2017）が知られるが、本来の自生地ははっきりしないものが多い（鈴木 1978，1996）。ヤシャダケ *S. yashadake*（Makino）Makino はこの属の一種で、ナリヒラダケ *S. fastuosa*（Mitford）Makino ex Nakai に似るが、稈鞘の基部に褐色の長毛が密生し、葉身の幅がやや広いことなどが異なる（鈴木 1978，1996）。Triplett（2008）は分子マーカーを使った温帯性タケ類の網状進化の解析から、ヤシャダケの交雑親となった可能性がある種として、マダケ属のマダケ *Phyllostachys bambusoides* Sieboldt et Zucc. と、メダケ属ネザサ節 *Pleioblastus* sect. *Nezasa* Koizumi の種（コンゴウダケ *P. kongosanensis* Makino な

Table 1. Voucher specimens and pollen fertilities.

Species / Voucher specimens	Pollen fertility (%)
Semiarundinaria yashadake (Makino) Makino	
Toyama Pref., Kamiichi-machi, Ōiwa, alt. 190 m, Nov. 20, 2014, *K.Takahashi 141120*	54.4
Toyama Pref., Toyama-shi, Kureha Hills, alt. 135 m, Jun. 20, 2014, *K.Takahashi 1406*	−
Toyama Pref., Takaoka-shi, Shiroyama, alt. 246 m, Apr. 24, 2016, *K.Takahashi 16042*	40.3
Phyllostachys bambusoides Siebold et Zucc. 'Castilloni'	
Botanic gardens of Toyama (cult.), Jul. 15, 2004, *K.Takahashi 040715-3*	−
Pleioblastus chino (Franch. et Sav.) Makino var. *viridis* (Makino) Sad.Suzuki f. *pumilis* (Mitf.) Sad.Suzuki	
Toyama Pref., Toyama-shi, Kureha Hills, alt. 75 m, *K.Takahashi110906-7*	−

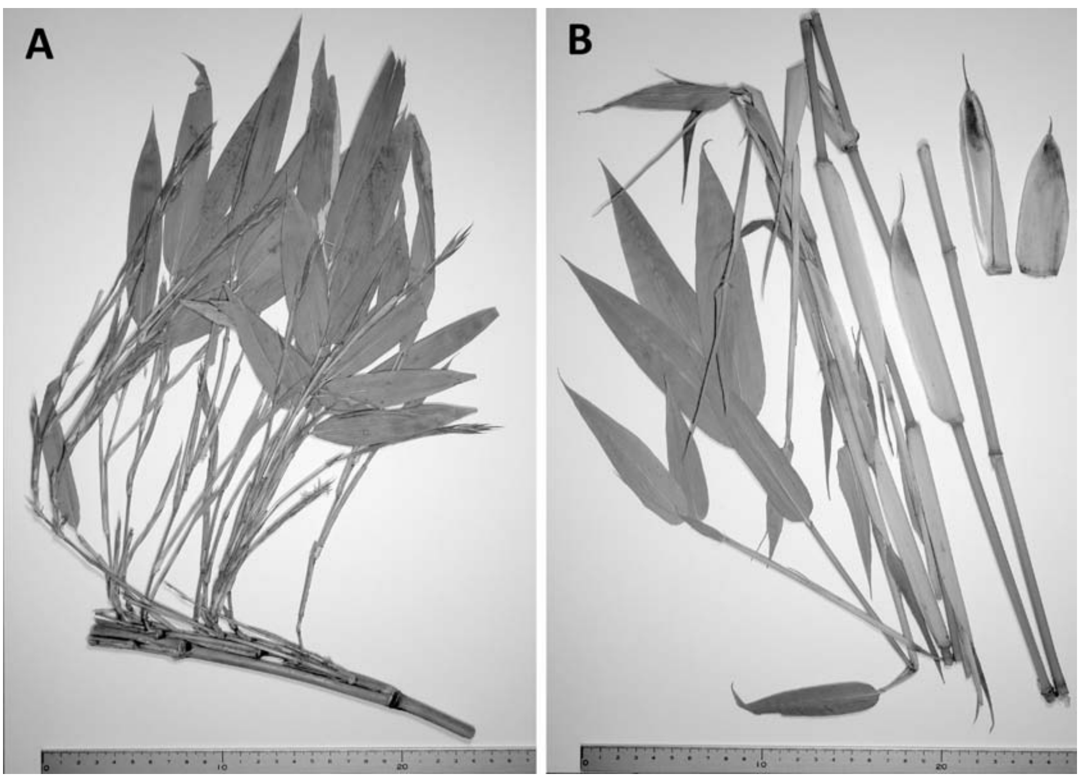

Fig. 1. Specimens of *Semiarundinaria yashadake* collected in Toyama Prefecture. A: Flowering culm (*K.Takahashi 160424-1*). B: Current-year culm (*K.Takahashi 140620-1*).

ど）をあげている。

ヤシャダケは北海道を除く日本全国で広く栽培され（鈴木 1978, 1996）、特に中国地方の日本海側に多い（室井 1962）。『富山県植物誌』（大田他 1983）には高岡市、庄川町の産地が挙げられているが、これらは過去に報告があるものの未確認とされ、富山市呉羽丘陵の植物リスト（太田 1994）にはヤシャダケは掲載

されていない。小林(2017)のヤシャダケの分布図にも富山県には分布点がない。『富山県植物誌』については現在改訂作業が進められているが、改訂版編集委員会の未発表資料によると、標本に基づく富山県内のヤシャダケの産地は魚津市内の1箇所のみとなっている。しかし、実際には魚津市以外でも人里周辺で時折ヤシャダケが野生状態で生育しているのを見かけることから、改めて富山県内で標本の収集を進めていたところ、2箇所で開花が観察された。そこで、ヤシャダケが雑種起源であるという仮説を検証するために花粉稔性を調べた。また、両親種推定の妥当性を検討するために、葉の表皮構造を比較した。

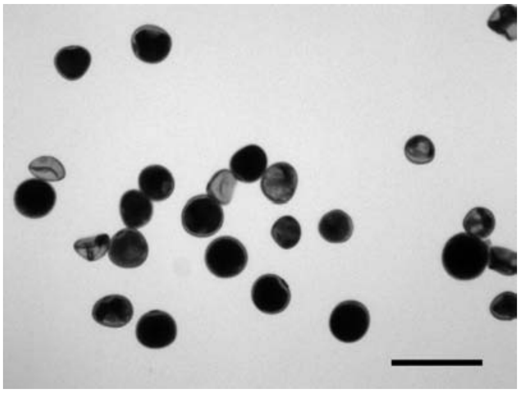

Fig. 2. Pollen grains of *Semiarundinaria yashadake* (*K. Takahashi 160424-1*) stained with lactophenol-cotton blue solution. Scale bar = 100 µm.

材料と方法

花粉稔性の調査には、富山県上市町大岩産および高岡市城山産のヤシャダケの開花稈の標本(Table 1, Fig. 1A)を用いた。標本から成熟した葯をとり、スライドグラス上で分解して花粉を広げ、コットンブルー・ラクトフェノール溶液で染色した。1000粒以上の花粉を観察し、全体が染まった球状の花粉を稔性があるとみなした。

葉の表皮構造の観察には、富山市呉羽丘陵産のヤシャダケの当年生の稈の標本(Table 1, Fig. 1B)を用いた。推定両親との比較のためにマダケおよびネザサ節についても観察を行った。マダケについては、今回は富山県中央植物園で栽培されているキンメイチク *Phyllostachys bambusoides*'Castilloni'(稈の節間が黄色で緑色の縞があり、葉身に線状の白い斑が入る園芸品種)を用いた。また、ネザサ節については呉羽丘陵産のスダレヨシ *Pleioblastus chino* var. *viridis* f. pumilis (Mitford) Sad.Suzuki(ネザサの節に長毛が出る型で、ゴキダケともいう)を使用した。押し葉標本から、葉身中央の、中肋と内側の葉縁(展開前に葉が巻かれていたとき内側になっていた方の葉縁)の間を約5 mm × 5 mmの大きさに切り取り、微細構造の観察を容易にするためにDávila & Clark (1990) にしたがってキシレン中で超音波洗浄を行い、表面のワックスを除去した。下面(背軸面)にイオンコーター(JEOL JFC-1100E)で金を約0.02 µmの厚さにコーティングし、走査電子顕微鏡(JEOL JSM-T20)で微細構造を観察した。

結果と考察

ヤシャダケの花粉には、不稔と思われる染まりの悪いものや形状がいびつなものが見られ(Fig. 2)、稔性があると判断された花粉は4～5割程度であった(Table 1)。走査電子顕微鏡を使った葉身下面表皮の微細構造の観察では、プリッケルヘア prickle hair と呼ばれる先端がとがった毛状突起の密度と、気孔周辺の乳頭突起 papilla のパターンにおいて、ヤシャダケは推定両親の中間的特徴を示した(Fig. 3)。すなわち、プリッケルヘア(pr)はキンメイチクには高密度で存在し(Fig. 3A)、逆にスダレヨシには欠くが(Fig. 3C)、ヤシャダケには低い密度で存在した(Fig. 3E)。気孔周辺の乳頭突起の形態を比較すると、キンメイチクでは棒状の乳頭突起が気孔の開口部を完全に覆い(Fig. 3B)、一方、スダレヨシ

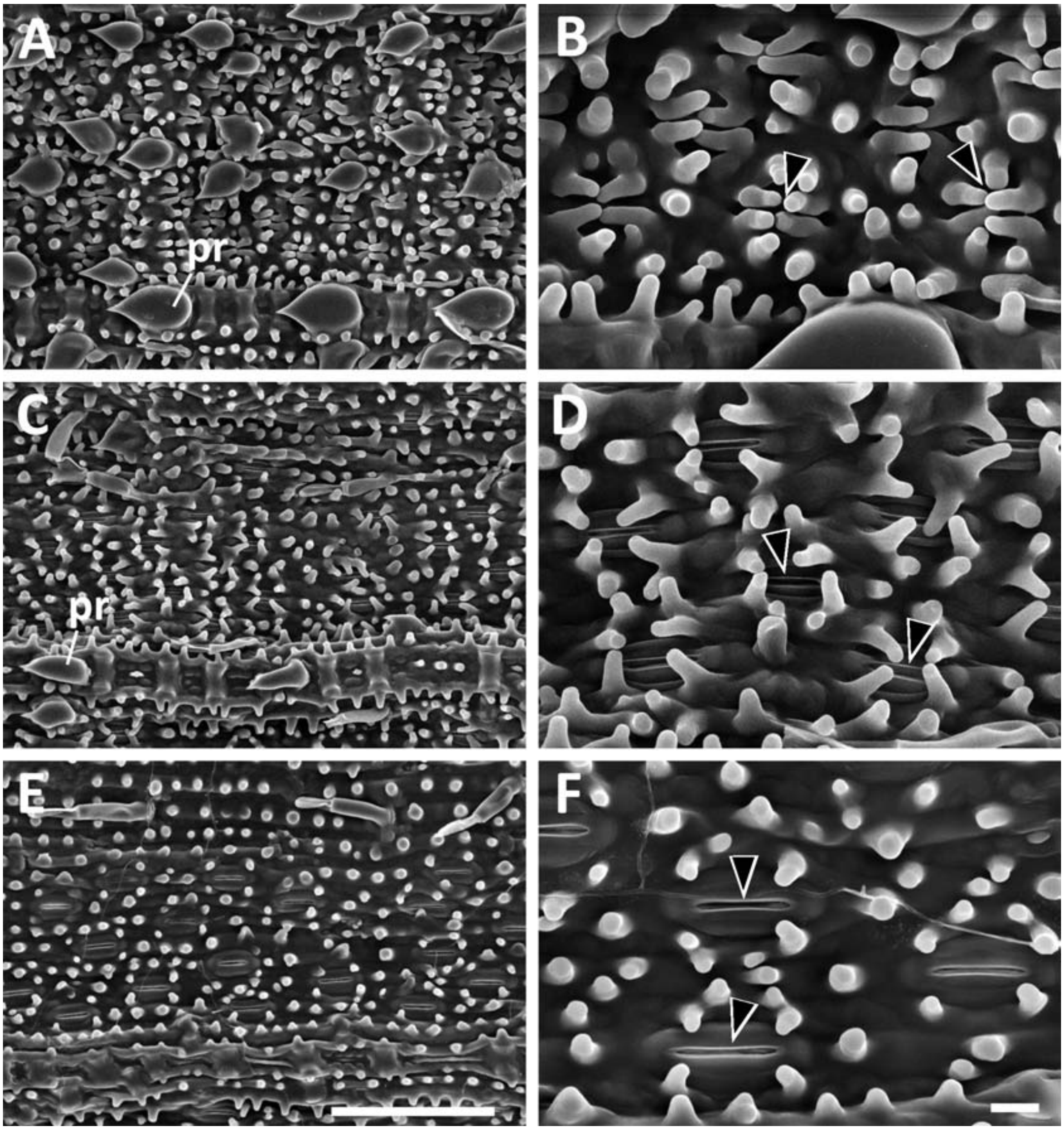

Fig. 3. Abaxial foliar epidermal microstructure. A & B: *Phyllostachys bambusoides* 'Castilloni' (*K.Takahashi 040715-3*). C & D: *Semiarundinaria yashadake* (*K.Takahashi 140620-1*). E & F: *Pleioblastus chino* var. *viridis* f. *pumilis* (*K.Takahashi 110906-7*). B, D & F: Close-up of stomata (arrowheads show examples). pr: Prickel hair. Scale bar = 100 μm for A, C & E, and 10 μm for B, D & F.

では乳頭突起は短く気孔をほとんど覆わないが（Fig. 3F）、ヤシャダケでは棒状の乳頭突起が不完全に気孔を覆っていた（Fig. 3D）。

ナリヒラダケ属の花粉稔性に関しては、ナリヒラダケにも不稔花粉が多数みられるという報告があり（村松 2002）、この属を雑種起源とする仮説を支持している。一方、交雑親となった分類群については、AFLP データによる解析から、この属には異なった交雑親の組み合わせがあり、例えばナリヒラダケはマダケ×メダケ *Pleioblastus simonii*（Carrière）Nakai（メダケ節）に由来し、ヤシャダケ、リ

クチュウダケ *Semiarundinaria kagamiana* Makino、ビゼンナリヒラ *S. okuboi* Makino などはマダケ×ネザサ節に由来すると考えられている（Triplett 2008）。交雑に関与した可能性があるネザサ節植物として、Triplett（2008）はリクチュウダケについてはアズマネザサ *Pleioblastus chino*（Franch. et Sav.）Makino var. *chino* を、ヤシャダケとビゼンナリヒラについてはコンゴウダケをあげている。ネザサ節は栄養器官各部の毛の有無や葉の形状などをもとに多くの種や種内分類群に細分されているが、今回観察した葉身下面表皮にみられる乳頭突起のパターンはネザサ節全般に共通することから、この形質をもとに交雑親を特定するのは難しい。ただし、ヤシャダケの外部形態の特徴からは、葉身下面および稈鞘が無毛で、葉身の幅が広く、節に長毛が生えるスダレヨシ（= ゴキダケ）が交雑に関与した可能性が高い。

室井（1962）によると、ヤシャダケは節間の溝が浅く断面が円形で、肉が薄いので茶器や花器に用いられるという。富山県内でみられるヤシャダケは、同じく雑種起源と推定されているヤダケ（村松 2004，Triplett 2008）と同様に、古い時代に別な場所で雑種として起源したものが、その有用性から人為的に各地に広められる過程で移入されたものではないだろうか。

引用文献

Dávila, P. & Clark, L. G. 1990. Scanning electron microscopy survey of leaf epidermis of *Sorghastrum* (Poaceae: Andropogoneae). Amer. J. Bot. **77**: 499–511.

小林幹夫．2017．原色植物分類図鑑　日本のタケ亜科植物．435pp．北隆館，東京．

村松幹夫．1996．アズマザサ．週刊朝日百科　植物の世界 **121**: 12–13.

村松幹夫．2001．メダケ（*Pleioblastus simonii*）とマダケ（*Phylostachys bambusoides*）の F_1 雑種の形態形質とナリヒラダケ属の起源．富士竹類植物園報告 **45**: 71–82.

村松幹夫．2002．日本産タケ連植物の属間交雑親和性と生物学的種概念．富士竹類植物園報告 **46**: 3–14.

松村幹夫．2004．日本産タケ連植物の遺伝育種学的研究．XX．ヤダケは雑種起源か？．育種学研究 **6**（別冊 2）: 365.

室井　綽．1962．有用竹類図説―特に形態及び利用―．402pp．六月社，大阪．

大田　弘・小路登一・長井眞隆．1983．富山県植物誌．430pp．廣文堂，富山．

太田道人．1994．呉羽丘陵の植物．富山市呉羽丘陵自然環境調査報告．pp. 5–67．富山市科学文化センター，富山．

岡村はた・田中幸男・小西美恵子・柏木治次．1991．原色日本園芸竹笹総図説．384pp．はあと出版，和歌山．

鈴木貞雄．1978．日本タケ科植物総目録．384 pp．学習研究社，東京．

鈴木貞雄．1996．日本タケ科植物図鑑．271 pp．聚海書林，船橋．

Triplett, J. K., 2008. Phylogenetic relationships among the temperate bamboos (Poaceae: Bambusoideae) with an emphasis on *Arundinaria* and allies. 195pp. Iowa State Univ., Ames, USA.

Bull. Bot. Gard. Toyama 23: 59–78（2017）
富山県中央植物園研究報告

立山地域における特定植物群落の 40 年間の変化

吉田めぐみ*・高橋一臣・山下寿之

富山県中央植物園　〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42

Changes in the species composition in “specific plant communities” in the Tateyama Mountains, Toyama Prefecture, in the last 40 years

Megumi Yoshida*, Kazuomi Takahashi & Toshiyuki Yamashita

Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan
*yoshida@bgtym.org (corresponding author)

Abstract: Species composition was phytosociologically investigated in five “specific plant communities” in the Tateyama Mountains region, Toyama Prefecture. These plant communities were selected as representatives and have been surveyed phytosociologically every ten years since 1978. The results obtained in this survey were compared with those of the 2007 surveys using Sørensen’s similarity index (QS). The QS values of the *Fagus crenata* community in “Bunazaka” (0.554) and *Abies mariesii* community in “Mimatsu” (0.588) were relatively low because of a decreasing number of tree-layer species and an increasing number of subtree and shrub-layer species. In the *Pinus pumila* community in “Mikurigaike,” the number of species in the herb layer increased because of the formation of gaps in the *Pinus* forest.

Key Words: plant community, similarity index, species composition, vegetational change, Tateyama, Toyama Prefecture

特定植物群落は、環境庁（現環境省）の自然環境保全基礎調査（緑の国勢調査）（富山県（編）1978, 1979, 1988a, b, c）の第 2 回（1978, 1979 年）で各都道府県の主要な植生として定点調査を行う群落として選定された。富山県でも 166 ヶ所が選ばれ、さらにその中から代表的な植物群落として「常楽寺のウラジロガシ群落」、「宮崎鹿島樹叢の天然林」、「美女平のスギ群落」、「ブナ坂のブナ群落」、「弥陀ヶ原の池塘の植物群落」、「美松坂のオオシラビソ群落」、「ミクリガ池のハイマツ群落」、「縄ヶ池のミズバショウ群落」、「小境朝日神社のスダジイ群落」の 9 ヶ所が追跡生育調査対象として選定された。この 9 つの植物群落については第 2 回（1975 ～ 1978 年）、第 3 回（1986 年）、第 5 回（1997 ～ 1998 年）とほぼ 10 年ごとに調査が行われてきた（富山県（編）1978, 1988a, b, c, 環境庁 1998, 環境庁（編）1998）。その後、環境省の調査方針が変更され、調査が行われなかったことから、2007 年と 2008 年に特定植物群落追跡生育調査地点 9 ヶ所について独自に追跡調査を実施した（吉田・山

表 1. 調査した特定植物群落.

群落名	所在地	標高(m)	緯度	経度	調査日
1 美女平のスギ群落	中新川郡立山町美女平	992	N36°34′56.5″	E137°27′38.4″	2017/9/19
2 ブナ坂のブナ群落	中新川郡立山町ブナ坂	1103	N36°34′53.9″	E137°28′23.8″	2017/9/19
3 弥陀ヶ原の池塘の植物群落A–D	中新川郡立山町弥陀ヶ原	1880	N36°34′28.0″	E137°33′10.7″	2017/9/11
4 美松坂のオオシラビソ群落	中新川郡立山町美松坂	2105	N36°34′41.7″	E137°34′04.6″	2017/9/11
5 ミクリガ池のハイマツ群落	中新川郡立山町室堂平	2421	N36°34′50.4″	E137°35′44.5″	2017/8/3
5-2 ミクリガ池のショウジョウスゲ群落	中新川郡立山町室堂平	2420	N36°34′50.7″	E137°35′43.9″	2017/8/3

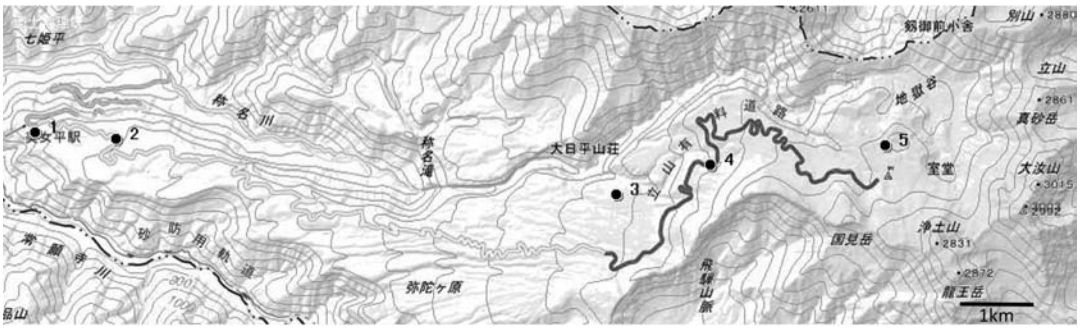

図 1. 調査地の位置. 1: 美女平. 2: ブナ坂. 3: 弥陀ヶ原. 4: 美松. 5: ミクリガ池.

下 2008)。

近年の地球温暖化が富山県内の植生にどのような影響を与えているかを把握するため、追跡調査地点 9 ヶ所のうち立山アルペンルート沿いに位置する 5 ヶ所について、2017 年に特定植物群落選定後 40 年目の植生調査を実施した。

調査方法

調査地は表 1、図 1 に、また調査地の写真を図 2 に示した。調査は 2017 年 8 月 3 日、9 月 11 日、19 日の延べ 3 日間で行った。

調査方法は Braun-Blanquet の植物社会学的手法に基づき(鈴木(訳) 1971)、各調査地点において 20 年前の調査報告書に記載された位置図や 20 年前に設置された杭をもとに同じ地点でコドラートを設定した。調査方法は 10 年前の調査と同様に行った(吉田・山下 2008)。なお、調査地の標高値は、GPS で測定した緯度経度をもとに、国土地理院の web 地図(地理院地図)の画面上で表示される値を用いた。また、各調査群落において、第 2 回、第 3 回、第 5 回の標高、方位、傾斜の値にばらつきがあるが、これらは調査当時の測定値の読み間違い等によるものと考えられる。

室堂の「ミクリガ池のハイマツ群落」に隣接するホンドミヤマネズ群落やその周囲のハイマツ林縁においては、近年チマキザサ *Sasa palmata*(Lat.-Marl. ex Burb.)E.G.Camus の生育面積が増加し(吉田・高橋 2015)、雪田群落へのチマキザサの侵入が見られ、温暖化による消雪時期の早期化に伴い雪田群落が乾燥化しつつあることが指摘されている(吉田ほか 2016)。「ミクリガ池のハイマツ群落」内にはチマキザサの侵入は見られないが、群落内の乾燥化により、特に草本層の種組成や優占度に変化が見られるかどうか明らかにするために、今回は上述の植生調査に加えて、コドラート内の東端に 1 × 1 m^2 のサブコドラートを 10 個とり、各々で植生調査を行った。また、コドラート内で任意のハイマツ 10 個体を選び、シュートの先端から地際ま

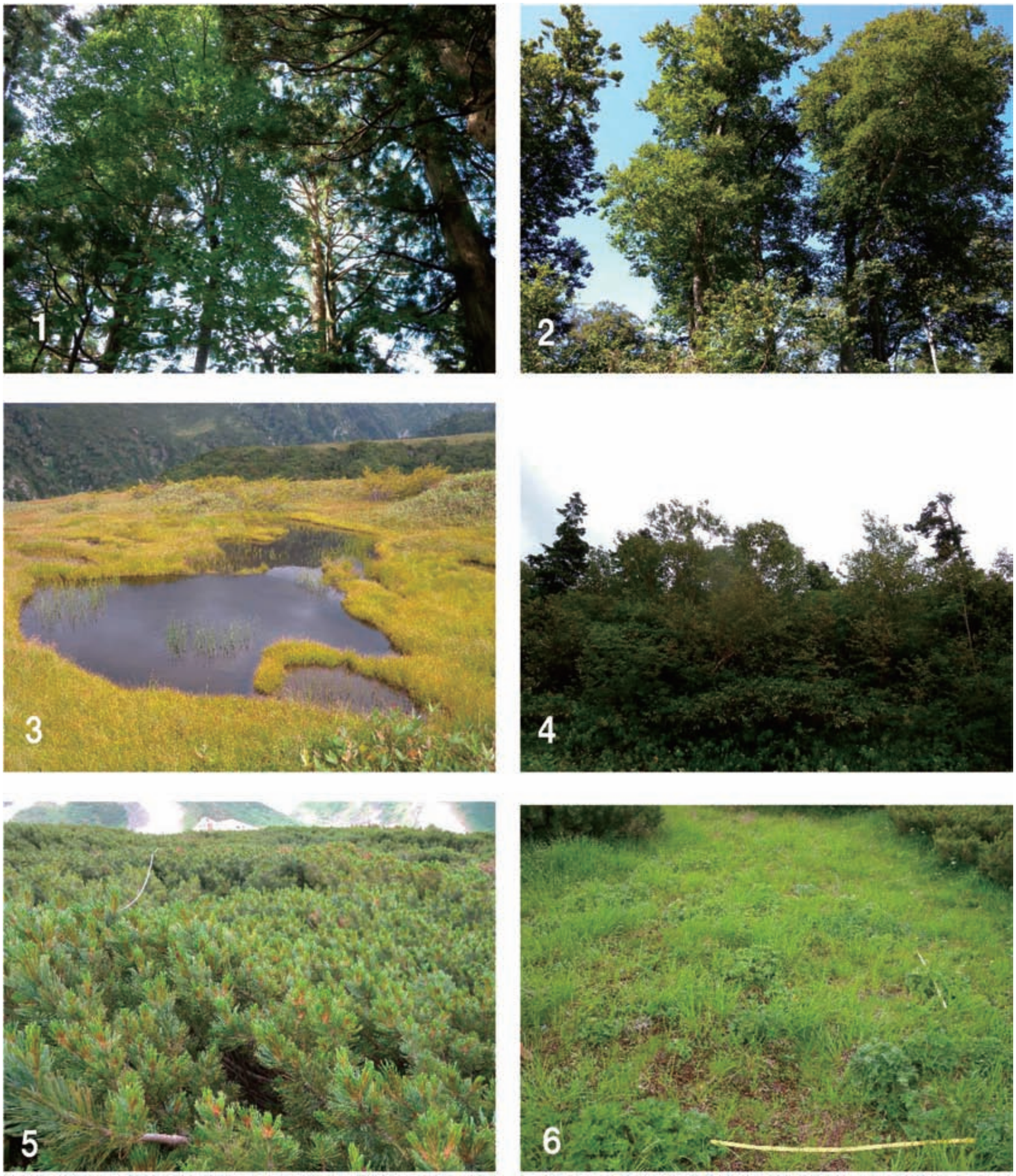

図 2. 2017 年に調査した特定植物群落. 1: 美女平のスギ群落. 2: ブナ坂のブナ群落. 3: 弥陀ヶ原の池塘. 4: 美松坂のオオシラビソ群落. 5: ミクリガ池のハイマツ群落. 6: ミクリガ池のショウジョウスゲ群落.

での節数をもとにシュートの年齢を推定し、各節間長をメジャーで測定して年伸長量を調べた。

各特定植物群落の調査地点について、吉田・山下（2008）では過去 3 回分の調査結果との植生類似度を Sørensen の類似係数（QS）を用いて算出し、30 年間の植生の変化を比較したが、ここでは 2007 年と今回の調査結果の

比較のみを、以下の式により QS を算出して行った。

QS = 2c/（a + b）

a, b は同一群落における各調査年のそれぞれの種数、c はその共通種数

QS は 0 であれば群落の種組成が全く異なり、1 であればすべての種が重複することを示している。

結果および考察

各調査区における群落組成および構造の変化

各々の調査地点について第 2 回、第 3 回、第 5 回、2007 年の植生調査結果と今回の調査結果を比較した（表 2 〜 7）。なお、ブナ坂のブナ林、美松坂のオオシラビソ群落、ミクリガ池のハイマツ群落については第 3 回調査から特定植物群落に選定されたため、第 2 回の調査結果は存在しない。

1. 美女平のスギ群落

立山の美女平の遊歩道に沿った調査地で、天然生のアシウスギ（タテヤマスギ）*Cryptomeria japonica*（L.f.）D.Don var. *radicans* Nakai の林である。1978 年（第 2 回）、1986 年（第 3 回）、1997 年（第 5 回）、2007 年、今回の植生調査結果を表 2 に示した。高木層では 1997 年の No. 33 のアシウスギが無くなり、アシウスギの優占度は 2007 年の 4 から 3 へ減少した。高木層のブナ *Fagus crenata* Blume は No. 38 が枯死し、No. 36 は成長し樹冠が大きくなっていた。亜高木層では、ブナが成長して高木層へと移行したため、その優占度は＋と減少し、高木層で枯死したアシウスギ No. 33 のギャップをミズナラ *Quercus crispula* Blume が占め、ミズナラの優占度は 2 となった。低木層ではチシマザサ *Sasa kurilensis*（Rupr.）Makino et Shibata が林縁部のみの分布となり優占度が 3 から 2 へと減少し、アシウスギはみられなかった。またオオバクロモジ *Lindera umbellata* Thunb. var. *membranacea*（Maxim.）Momiy. ex H.Hara et M.Mizush. とタンナサワフタギ *Symplocos coreana*（H.Lév.）Ohwi が＋から 2 へと増加していた。草本層ではヤマソテツ *Plagiogyria matsumurana* Makino、イワウチワ *Shortia uniflora*（Maxim.）Maxim.、ツルアリドオシ *Mitchella undulata* Siebold et Zucc.、シノブカグマ *Arachniodes mutica*（Franch. et Sav.）Ohwi、オオカメノキ *Viburnum furcatum* Blume ex Maxim. が多く出現し、これは 2007 年と同様であった。新たにツルアジサイ *Hydrangea petiolaris* Siebold et Zucc.、イワナシ *Epigaea asiatica* Maxim.、ハウチワカエデ *Acer japonicum* Thunb.、クマイザサ *Sasa senanensis*（Franch. et Sav.）Rehder 等が出現した。亜高木層のブナが枯死した影響をうけて、草本層の植被率が増加し、新たな種が出現したものと思われる。

2. ブナ坂のブナ群落

立山の 1100 m 付近にはブナの天然生林が広がっており、本調査地は立山有料道路に面した北斜面に設定された。1986 年（第 3 回）、1997 年（第 5 回）、2007 年と今回の調査結果を表 3 に示した。この 1997 年から 2007 年の間に高木層を形成するブナが衰退し、2004 年の秋の台風で大径木が倒れて伐採された。そのため 2007 年の調査で高木層のブナの優占度が減少し、ウワミズザクラ *Prunus grayana* Maxim.、ハウチワカエデなどによる亜高木層が形成されていた。今回の調査では、コドラート内で高木層に出現するブナは 3 本のみとなり、2007 年に亜高木層を形成していたウワミズザクラ、ウリハダカエデ *Acer rufinerve* Siebold et Zucc. が成長して高木層に出現した。亜高木層は前回も出現したウワミズザクラ、ハウチワカエデ、ブナ、ウリハダカエデの他、トチノキ *Aesculus turbinata* Blume、ヤマブドウ *Vitis coignetiae* Pulliat ex Planch.、リョウブ *Clethra barbinervis*

Siebold et Zucc.、サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* Siebold et Zucc. などが出現し、種数は12種と増加した。高木層では高さが18 mから25 m、亜高木層では5 mから12 mと大幅に高くなっていた。低木層ではオオカメノキ、チシマザサ、オオバクロモジの優占度は変わらなかったが、ブナが＋から1、ノリウツギ *Hydrangea paniculata* Siebold が＋から2、新たに出現したエゾユズリハ *Daphniphyllum macropodum* Miq. subsp. *humile*（Maxim. ex Franch. et Sav.）Hurus. が1と優占度が増加していた。草本層では2007年で見られなくなったオオバユキザサ *Maianthemum viridiflorum*（Nakai）H.Li、シノブカグマ、ジュウモンジシダ *Polystichum tripteron*（Kunze）C.Presl、リョウメンシダ *Arachniodes standishii*（T.Moore）Ohwi が再び出現し、またギャップにフキ *Petasites japonicus*（Siebold et Zucc.）Maxim.、クマイチゴ *Rubus crataegifolius* Bunge、タラノキ *Aralia elata*（Miq.）Seem.、ヤマウルシ *Toxicodendron trichocarpum*（Miq.）Kuntze など先駆性の種が入ってきていた。ブナは亜高木層、低木層、草本層ともに出現し、次世代の高木層を構成すると考えられる個体が生育していた。

3. 弥陀ヶ原の池塘の植物群落

弥陀ヶ原は立山火山の溶岩台地上に位置し、多雪の影響でショウジョウスゲ *Carex blepharicarpa* Franch. 群落やヌマガヤ *Moliniopsis japonica*（Hack.）Hayata 群落が広く生育しており、その中に池塘が点在している。2012年に立山弥陀ヶ原・大日平がラムサール条約の登録湿地となった。この調査地はラムサール登録湿地内の1900 m付近の比較的大きな池塘の中とその周囲に4ヶ所設定されている。1975年（第2回）、1986年（第3回）、1997年（第5回）、2007年と今回の植生調査結果を表4-1～表4-4に示した。2007年調査時は乾燥が著しく、池塘の面積が狭くなっていたのに対して、今回はかなり冠水していた。

A区はミヤマホタルイ群落で、池塘中の冠水したところに成立している。過去の調査と今回の結果に変化は無かった。なお、前回の調査まではこの群落をヒメホタルイ群落としていたが、富山県植物誌改訂版編集事務局の石澤岩央氏が富山市科学博物館所蔵のヒメホタルイ *Schoenoplectiella lineolata*（Franch. et Sav.）J.D.Jung et H.K.Choi 及びミヤマホタルイ *Schoenoplectiella hondoensis*（Ohwi）Hayas. の標本調査を行ったところ、立山弥陀ヶ原のヒメホタルイ標本はミヤマホタルイに再同定されていた。そのため、今回の調査ではミヤマホタルイ群落と改めたが、優占度は変化していなかった。

B区は池塘の西岸部でミヤマイヌノハナヒゲ群落である。優占種のミヤマイヌノハナヒゲ *Rhynchospora yasudana* Makino の優占度は4で変化は無く、モウセンゴケ *Drosera rotundifolia* L.、ヌマガヤの優占度も前回とほぼ同様であった。前回の調査で確認されなかったヤチカワズスゲ *Carex omiana* Franch. et Sav. var. *omiana*、ワタスゲ *Eriophorum vaginatum* L. subsp. *fauriei*（E.G.Camus）A. et D.Löve、コイワカガミ *Schizocodon soldanelloides* Siebold et Zucc. var. *soldanelloides* f. *alpinus*、ショウジョウスゲが再確認された。

C区は池塘の北東岸で、1997年までの調査ではミヤマイヌノハナヒゲ群落とされているが、2007年の調査ではミヤマイヌノハナヒゲよりもイワイチョウ *Nephrophyllidium crista-galli*（Menzies ex Hook.）Gilg subsp. *japonicum*（Franch.）Yonek. et H.Ohashi、ショウジョウスゲの優占度が増加していた。今回は1997年の調査報告書に従い、調査面積を1 × 0.4 m^2 としたが、2007年は1 × 1 m^2 で調査が行われ、池塘の縁からより遠い場所が

表 2. 美女平のスギ群落の種類組成の変化.

	第2回	第3回	第5回		
調査年月日	1978.7.30	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.19	2017.9.19
調査者	大田	大田・小路・長井・掛橋・木内	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	1000	1000	1000	992	992
調査面積(m×m)	20×10	20×20	20×20	20×20	20×20
方位	S82W	N88E	S80W	N70W	N70W
傾斜	2°	10°	8°	8°	8°
高木層　高さ(m)	7～16	8～28	8～32	12～28	12～30
高木層　植被率(%)	80	60	60	80	70
亜高木層　高さ(m)	3～7	3～8	3～8	4～12	3～12
亜高木層　植被率(%)	30	5	20	50	20
低木層　高さ(m)	0.8～3	0.8～3	0.8～3	0.8～4.0	1～3
低木層　植被率(%)	40	80	80	70	60
草本層　高さ(m)	～0.8	～0.8	～0.8	～0.8	～1
草本層　植被率(%)	40	20	20	70	80
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S
高木層					
アシウスギ	4・3	5・5	4・4	4・4	3・3
ブナ		+	1・2	2・2	2・2
ウリハダカエデ			1・2		
ミズナラ			+		
ホオノキ			+		
ウワミズザクラ			+		
亜高木層					
ブナ	2・3		+	1・1	+
ウリハダカエデ		+	+	2・2	1・1
ミズナラ	+	+			2・2
ウワミズザクラ		+		2・2	
ホオノキ		+		+	+
アシウスギ			+		+
ムラサキヤシオ			+		
イワガラミ			+		
ミズメ(スギ樹上)					+
コシアブラ(スギ樹上)					+
リョウブ(スギ樹上)					+
シノブカグマ(スギ樹上)					+
低木層					
チシマザサ	1・2	4・5	4・4	3・3	2・2
オオカメノキ	1・2	1・2	1・1	1・1	+
オオバクロモジ	1・2	1・2	1・2	+	2・2
アシウスギ	1・1	+	+・2	1・2	
リョウブ	1・1	+	+	+	+
タムシバ	1・2	+	+		
ウワミズザクラ	+	1・2	+		+
ブナ		1・2	2・2	1・1	1・1
タンナサワフタギ		+	1・1	+	2・2
コシアブラ	+	+			
ノリウツギ	+	1・2			
ツルシキミ	+	+・2			
ミズナラ	+	+			
ヤマウルシ	+	+			
コミネカエデ	+	+			
マルバマンサク		+		+	
アカミノイヌツゲ	1・2				
クロベ	1・1				
ホツツジ	+・2				
ハウチワカエデ	+・2				
コヨウラクツツジ	+				
ウスユキハナヒリノキ	+				+
ホオノキ	+				
ケアオダモ	+				+
ハイイヌツゲ	+				
ツリバナ	+				
ミヤマシグレ	+				
ヒメモチ	+				
ヒメアオキ		1・2			
ハリギリ		+			
ムラサキヤシオ		+			+
ウリハダカエデ		+			
エゾユズリハ		+			
ツタウルシ		+			
イワガラミ		+			
ヤマモミジ		+			

表 2. 続き.

草本層					
ヤマソテツ	2・3	1・2	1・2	1・1	1・1
イワウチワ	2・3	2・2	4・4	3・3	3・3
ツルアリドオシ	+・2	+	+	1・1	2・2
シノブカグマ	+	1・2	1・1		1・1
イワナシ	+	+	+		+
ツルリンドウ	+	+	+		
ツルシキミ	+	+		+	+
イワガラミ	+		+	+	+
オオカメノキ		+	1・1	1・1	1・1
ツタウルシ		+	1・1	1・1	+
オオバクロモジ		+	+	+	
ヒメアオキ		+	+	+	+
エゾユズリハ		+	+	+	
リョウブ		+	+	+	+
タムシバ		+	+	+	+
オオバユキザサ		+	+	+	+
コミネカエデ		+	+・2	+	+
アクシバ	+	+			+
ツルアジサイ	+		+		+
ホウチャクソウ	1・2			+	
ツクバネソウ	+			+・2	+
ヤマドリゼンマイ		+・2	1・2		+
ノリウツギ		+	+		+・2
ミヤマアオイ		+	+		
ミヤマイタチシダ		+	+		
ヤブコウジ		+	+		+
ウスユキハナヒリノキ		+	+		+
アカモノ		+	+		
トチバニンジン		+	+		
ブナ		+		+	+
チシマザサ		+		+	1・1
ウリハダカエデ			+	+	+
ヤマウルシ			+	+	+
コシアブラ			+	+	+
ショウジョウバカマ	1・2				
バイカオウレン	1・2				
ヒメカンアオイ	+・2				+
シラネワラビ	+				
アキノキリンソウ	+				
マイヅルソウ	+				
ホソバトウゲシバ	+				
オクモミジハグマ	+				
アケボノシュスラン	+				
イワハリガネワラビ	+				
ケアオダモ	+				+
クルマバハグマ	+				
コケイラン	+				
ミヤマシケシダ	+				
サルメンエビネ		+			
テイカカズラ		+			
チゴユリ		+			
ミヤマフユイチゴ		+			
イチヤクソウ		+			
シシガシラ			+		
コバノフユイチゴ			+		
ヒメモチ			+		+
アシウスギ			+		
ヤマモミジ			+		+
タンナサワフタギ			+		+
ウワミズザクラ			+		+
ホツツジ			+		
リョウメンシダ				1・1	
ユキザサ				+	
ナナカマド				+	
ヒロハユキザサ					+
ハウチワカエデ					+
ミヤマナルコユリ					+
クマイザサ					+
ミヤマベニシダ					+

表 3. ブナ坂のブナ群落の種類組成の変化.

	第3回	第5回		
調査年月日	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.19	2017.9.19
調査者	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	1180	1180	1103	1103
調査面積(m×m)	20×20	20×20	15×15	20×20
方位	N5W	N5W	N5W	N5W
傾斜	27°			
高木層 高さ(m)	3～25	～32	5～18	12～25
高木層 植被率(%)	95	80	50	40
亜高木層 高さ(m)			3～5	4～12
亜高木層 植被率(%)			60	70
低木層 高さ(m)	0.8～3	0.8～3	0.8～3	1.2～4
低木層 植被率(%)	40	40	60	70
草本層 高さ(m)	～0.8	～0.8	～0.8	～1.2
草本層 植被率(%)	80	70	30	60
種 名	D・S	D・S	D・S	D・S
高木層				
ブナ	5・5	5・5	3・3	3・3
トチノキ	+	+		
ウワミズザクラ				1・1
ウリハダカエデ				1・1
亜高木層				
ウワミズザクラ			2・2	2・2
ハウチワカエデ			1・2	2・2
ブナ			1・1	1・1
ウリハダカエデ			1・1	1・2
ホオノキ			+	+
オオカメノキ			+	
トチノキ				2・2
ヤマブドウ				1・2
リョウブ				1・1
サワグルミ				+
タラノキ				+
ツルアジサイ				+
ツタウルシ				+
低木層				
オオカメノキ	2・3	3・3	2・2	2・2
チシマザサ	1・1	1・2	3・3	2・2
オオバクロモジ	2・3	2・2	1・1	2・2
ブナ	1・2	+	+	1・1
コシアブラ	+	+	+	+
ヤマモミジ	+・2	+		
ハリギリ	+	+		
サワフタギ	+	+		
ウワミズザクラ	+	+		+
ウリハダカエデ	+	+		
コハウチワカエデ	+	+		
リョウブ	+		+	
ノリウツギ	+		+	2・2
ヒメアオキ	1・1			
ヒメモチ	1・1			
ツルアジサイ	+			
エゾアジサイ	+			
エゾユズリハ	+			1・2
ツリバナ	+			
マユミ	+			
ホオノキ	+			
ナナカマド	+			
タニウツギ	+			
アオダモ			+	
ミズキ				+

表 3. 続き.

草本層				
オクモミジハグマ	2・2	1・2	+	2・2
ツタウルシ	+・2	1・2	1・1	+
ミヤマカンスゲ	1・1	+	+・2	
ツルアリドオシ	+	1・1	1・1	+・2
オオカメノキ	+	2・2	+	1・1
ヤマソテツ	+・2	+	1・1	1・1
ヒメモチ	1・1	+	+	+
ウリハダカエデ	+	+	1・1	+
アケボノシュスラン	+	+・2	r	+
オシダ	+	+	+	+
ホオノキ	+	+	+	+
トチノキ	+	+	+	+
ブナ	+	+	+	+
シラネワラビ	3・4	3・3		
ヒメアオキ	+・2	+・2		+
ユキザサ	+	+		2・2
ヤマイヌワラビ	+	+		
シノブカグマ	+	+		2・2
ジュウモンジシダ	+	+		+
リョウメンシダ	+	+		+
トチバニンジン	+	+		+
エゾユズリハ		+・2	+	+・2
コシアブラ		+	+	
ツクバネソウ		+	+	
オオバクロモジ		+	+	1・1
ヤマモミジ		+	+	
ウワミズザクラ		+	+	
オオバユキザサ		+	+	+
イワガラミ	+		1・1	+
チゴユリ	+		+	
ナライシダ	+			
ツルアジサイ	+	+		
タムシバ	+			
ヒロハユキザサ	+			
アカソ	+			+
コケイラン	+			
チシマザサ		1・2		1・1
ミヤマベニシダ		+		+
イチヤクソウsp.		+		
ツルリンドウ		+		+
ホウチャクソウ		+		
フタバアオイ			+・2	
マイヅルソウ			+	
ツルマサキ			+	
ノリウツギ			+	+
ヤマカシュウ			+	
ナナカマド			+	+
ハリガネワラビ			+	+
オクノカンスゲ				2・2
リョウブ				+
クマイザサ				+
ハクサンカメバヒキオコシ				+
フキ				+
クマイチゴ				+
キブシ				+
マタタビ				+
タラノキ				+
ツボスミレ				+
ヤマウルシ				+
クサアジサイ				+
サワフタギ				+

表 4-1. 弥陀ヶ原の池塘群落 A 区における種類組成の変化.

	第3回	第5回		
調査年月日	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.5	2017.9.11
調査者	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	1980	1930	1880	1880
調査面積(m×m)	1×1	1×1	1×1	1×1
傾斜	平坦地	平坦地	平坦地	平坦地
草本層　高さ(m)	～0.2	～0.2	～0.3	～0.4
草本層　植被率(%)	30	30	30	25
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S
草本層				
ミヤマホタルイ*	3・4	3・3	3・3	3・3

*2007年まではヒメホタルイと記載(誤同定)

表 4-2. 弥陀ヶ原の池塘群落 B 区における種類組成の変化.

	第2回	第3回	第5回		
調査年月日	1975.8.29	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.5	2017.9.11
調査者	大田	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	1960	1980	1930	1880	1880
調査面積(m×m)	0.3×1	1×0.6	1×0.6	1×0.6	1×0.6
傾斜	平坦地	平坦地	平坦地	平坦地	平坦地
草本層　高さ(m)	0.15～	0.1～	0.1～0.2	～0.2	～0.3
草本層　植被率(%)	80	100	90	80	100
コケ層　高さ(m)	～0.15	～0.1	～0.1		
コケ層　植被率(%)	20	50	15	20	20
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S
草本層					
ミヤマイヌノハナヒゲ	3・4	5・5	4・4	4・4	4・4
モウセンゴケ	1・2	3・3	3・3	3・3	2・2
ヌマガヤ	+	1・1	1・2	1・1	1・1
イワショウブ	+	+	1・1	1・1	+
タテヤマリンドウ	+	+	+	+	+
チングルマ		+	+	+	+
ヤチカワズスゲ	+・2	2・3			+
コイワカガミ		+	+		+
ナガボノワレモコウ	+				
キンコウカ		+			
ワタスゲ		+			+
ミヤマホタルイ*		+			
イワイチョウ				+	
ショウジョウスゲ					+
コケ層					
ワタミズゴケ	2・3	2・3	2・3	2・2	3・3
キダチミズゴケ		2・3			
コケsp.		+			

*2007年まではヒメホタルイと記載(誤同定)

コドラートに含まれていたため、ショウジョウスゲやイワイチョウの優占度が高かったものと思われる。今回の調査結果ではミヤマイヌノハナヒゲの優占度が 3 と再び増加し、ショウジョウスゲは出現せず、ミヤマワレモコウ *Sanguisorba longifolia* Bertol.、イワイチョウの優占度も 1 と低下していた。モウセンゴケの優占度が 3 と増加した。

表 4-3. 弥陀ヶ原の池塘群落 C 区における種類組成の変化.

	第2回	第3回	第5回		
調査年月日	1975.8.29	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.5	2017.9.11
調査者	大田	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	1960	1980	1930	1880	1880
調査面積(m×m)	0.4×1	0.6×1	1×0.4	1×1	1×0.4
傾斜		平坦地	平坦地	平坦地	平坦地
草本層　高さ(m)	～0.4	～0.2	～0.1	～0.4	～0.3
草本層　植被率(%)	90	80	80	80	90
コケ層　高さ(m)					
コケ層　植被率(%)		60	40		30
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S
草本層					
ミヤマイヌノハナヒゲ	1・2	3・4	3・3	1・2	3・3
ミヤマワレモコウ	1・2	1・1	2・2	2・2	+
ヌマガヤ	3・4	+	1・1	3・3	
イワショウブ	+		1・1	+	1・1
チングルマ		+	1・1	1・1	1・1
イワイチョウ		+	+	3・3	1・1
ヤチカワズスゲ	+	2・3			+
モウセンゴケ		2・2	3・3		3・3
ミヤマホタルイ*		+	+		+
タテヤマリンドウ		+・2	+		+
ワタスゲ		2・2			
キンコウカ		+			
ショウジョウスゲ				4・4	
チシマザサ				+	
イワカガミ				+	
コケ層					
ワタミズゴケ		4・4	3・3		3・3
キダチミズゴケ		1・1			
コケsp.		+			

*2007年まではヒメホタルイと記載(誤同定)

D 区は池塘の南西岸で、1997 年の結果ではミヤマイヌノハナヒゲ、ヌマガヤが優占していたが、2007 年の調査ではイワイチョウやショウジョウスゲ、チングルマ *Sieversia pentapetala*（L.）Greene が高い優占度でみられた。C 区と同様に今回の調査面積は 1997 年と同じ 2 × 0.3 m^2 としたが、2007 年は 1 × 1 m^2 で調査しており、池塘の縁から遠く、より乾燥した場所が含まれていたと思われる。今回は 1997 年と同様に、再びミヤマイヌノハナヒゲが優占度 5 で優占し、ヌマガヤ、モウセンゴケが優占度 2 でみられ、ショウジョウスゲ、チングルマは出現しなかった。

4. 美松坂のオオシラビソ群落

立山の 2000 m 付近には亜高山針葉樹林帯の構成種であるオオシラビソ *Abies mariesii* Mast. が生育している。本調査地は立山有料道路の南側斜面のオオシラビソの分布上限域に位置している。冬季の季節風を受ける風衝地であるため、オオシラビソの疎林となっている。1986 年（第 3 回）、1997 年（第 5 回）、2007 年と今回の植生調査結果を表 5 に示した。

1986 年から 2007 年までに高木層の植被率が大きく減少し、2007 年には優占種のオオシラビソの優占度が低下し、新たにダケ

表 4-4. 弥陀ヶ原の池塘群落 D 区における種類組成の変化.

	第2回	第3回	第5回		
調査年月日	1975.8.28	1986.9.9	1997.9.4	2007.9.5	2017.9.11
調査者	大田	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高（m）	1960	1980	1930	1880	1880
調査面積（m×m）	0.5×1	1×0.6	2×0.3	1×1	2×0.3
傾斜	平坦地	平坦地	平坦地	平坦地	平坦地
草本層　高さ（m）	～0.4	0.1～	～0.3	～0.4	～0.3
草本層　植被率（%）	90	100	100	80	95
コケ層　高さ（m）					
コケ層　植被率（%）		60	5		
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S
草本層					
チングルマ	1・2	+	2・2	2・2	
イワイチョウ	2・3	+	+	3・3	(+)
イワショウブ	+	+	1・1		+
ショウジョウスゲ	3・4		+	4・4	
ミヤマイヌノハナヒゲ		5・5	5・4	+・2	5・5
ヌマガヤ		+	3・3	+	2・2
コイワカガミ	1・2			+	
ミヤマワレモコウ		+・2	1・2		+
シロバナタテヤマリンドウ		+	+		
モウセンゴケ		1・1	1・2	+	2・2
ヤチカワズスゲ		1・2			+
ワタスゲ		+・2			
キンコウカ		+・2			
クロマメノキ				+	
コケ層					
ワタミズゴケ		4・4	+		1・1
キダチミズゴケ		1・1			
コケsp.		+			

カンバ *Betula ermanii* Cham. が侵入していた。今回はさらにオオシラビソが枯死したため、優占度が 1 に減少し、ダケカンバの優占度は 2 となって優占種が逆転した。亜高木層は 2007 年に優占度が高かったナナカマド *Sorbus commixta* Hedl.、ミネカエデ *Acer tschonoskii* Maxim. が見られなくなり、植被率も低下した。2007 年と同様に高木層の植被率の低下に伴い低木層ではチシマザサが優占度 5 と密生していた。草本層ではヤマソテツ、イワカガミ *Schizocodon soldanelloides* Siebold et Zucc. var. *soldanelloides* の優占度が増加し、イワウチワ、オオバスノキ *Vaccinium smallii* A.Gray var. *smallii*、コバイケイソウ *Veratrum stamineum* Maxim. などが新たに出現し、出現種数は前回の 17 種よりも、26 種と大幅に増加していた。

5. ミクリガ池のハイマツ群落

調査区は立山室堂平のミクリガ池西岸、標高 2400 m 付近に位置しており、冬季には北西方向から吹く季節風によって風衝立地となる。1986 年（第 3 回）、1997 年（第 5 回）、2007年、今回の植生調査結果を表 6 に示した。

低木層ではハイマツ *Pinus pumila*（Pall.）Regel が一面に広がり、優占しているのは過去の調査と変わらなかった。2007 年はハイマツの樹高が 2 m と高かったが、今回はコドラート内の樹高は 1.4 m と低下していた。コドラート東側の園路沿いではハイマ

表 5. 美松坂のオオシラビソ群落における種類組成の変化.

	第3回	第5回		
調査年月日	1986.9.8	1997.8.27	2007.9.5	2017.9.11
調査者	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	山下・吉田・高橋
標高(m)	2000	2000	2105	2105
調査面積(m×m)	20×20	20×20	15×15	20×20
方位	N48W	N40W	N20W	N20W
傾斜	30°	24°	28°	28°
高木層 高さ(m)	7～10	8～12	5～10	6～10
高木層 植被率(%)	50	30	30	20
亜高木層 高さ(m)	3～7	2～8	2～5	3～6
亜高木層 植被率(%)	10	40	40	30
低木層 高さ(m)	0.8～3	0.5～2	0.8～2	1～3
低木層 植被率(%)	90	75	90	80
草本層 高さ(m)	～0.8	～0.5	～0.8	～1
草本層 植被率(%)	20	15	10	10
種 名	D・S	D・S	D・S	D・S
高木層				
オオシラビソ	3・4	3・3	2・2	1・1
ダケカンバ			1・1	2・2
亜高木層				
ナナカマド	+	3・3	3・3	
ミネカエデ	1・1	2・2	1・1	
オオシラビソ	1・1			2・2
ダケカンバ				2・2
低木層				
チシマザサ	5・5	4・4	5・5	5・5
オオバスノキ	+	+	+	+
ミネカエデ	1・1	+	+	2・2
オクヤマザサ	1・1	1・2		+
クロウスゴ	+	+		+
ナナカマド		+	1・1	1・1
コヨウラクツツジ	+			
ムラサキヤシオツツジ	+			
オオシラビソ		+		+
オオカメノキ		+		
ベニバナイチゴ			+	
草本層				
ミツバオウレン	+・2	+・2	1・1	+
ツルリンドウ	+・2	+	1・1	+
ショウジョウバカマ	+・2	1・2	+	+
ミネカエデ	+	1・2	+	+
マイヅルソウ	+	+・2	+・2	+
ヤマソテツ	+・2	+	+	1・1
ゴゼンタチバナ	+・2	+	+	+
イワカガミ	+・2	+	+	1・1
オオシラビソ	+	+・2	+	+
ツルツゲ	+・2	1・2		
アオジクスノキ	+・2	+		
コイチヨウラン	+	+		
タケシマラン		+	1・1	1・1
オクノカンスゲ		+・2	+・2	+・2
ナナカマド		+・2	+	+
ミヤマホツツジ		+	+	
ミヤマカンスゲ	1・2			+
ホソバトウゲシバ	+			
イワナシ	+			
オクヤマザサ		+・2		
アカモノ		+		+
シノブカグマ		+		+
オオカメノキ		+		
コフタバラン		+		
クロウスゴ		+		+
モミジカラマツ			1・1	+
ヒメイチゲ			+	
ヒメウスノキ			+	
ミヤマメシダ			+	
イワウチワ				+・2
チシマザサ				+
オオバスノキ				+
コバイケイソウ				+
エンレイソウ				+
ベニバナイチゴ				+
オオバショリマ				+
ツルアリドオシ				+
ハッコウダゴヨウ				+

表 6.　ミクリガ池のハイマツ群落における種類組成の変化.

	第3回	第5回		
調査年月日	1986.9.8	1997.8.27	2007.9.11	2017.8.3
調査者	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	吉田・高橋
標高(m)	2380	2450	2421	2421
調査面積(m×m)	5×10	5×10	5×10	5×10
方位	N80W	N80W	N10E	N10E
傾斜	12°	13°	5°	5°
低木層　高さ(m)	0.6～1.5	0.4～1.8	～2	～1.4
低木層　植被率(%)	100	95	100	100
草本層　高さ(m)	～0.6	～0.4	～0.3	～0.6
草本層　植被率(%)	50	70	20	50
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S
低木層				
ハイマツ	5・5	5・5	5・5	5・5
ホンドミヤマネズ	1・1			
草本層				
ミツバオウレン	2・2	3・3	2・2	2・1
ホンドミヤマネズ	+	1・2	1・2	1・2
コイワカガミ	1・1	+・2	+	+
コハリスゲ	+・2	2・2	+・2	+
ショウジョウスゲ	1・1	1・2	+	1・1
ミヤマアキノキリンソウ	1・1	+・2	+	+
ヒゲノガリヤス	+・2	+・2	+・2	1・2
ハクサンボウフウ	1・1	+		
ショウジョウバカマ	+	+		
ハクサンイチゲ	+・2	+		
ヒロハノコメススキ	2・2			
ガンコウラン	+			+
オヤマリンドウ	+			+
シラネニンジン	+			
ミヤマリンドウ	+			
ミヤマセンキュウ		+		
ウラジロタデ		+		
ヒメイチゲ		+		+
コケモモ			1・1	+
シラタマノキ			1・1	+
ミヤマヒカゲノカズラ			+・2	
ミネカエデ			+	+
ゴゼンタチバナ			+	
コメススキ				1・1
ハイマツ				+
ヒメスゲ				+

ツの成長が著しく 1.9 m に達しており、コドラートの目印となっている直径 1.5 m ほどの岩がハイマツで隠れてしまうほどであった。1986 年に低木層で見られたホンドミヤマネズ *Juniperus communis* L. var. *hondoensis*（Satake）Satake ex Sugim. は、1997 年、2007 年と同様に今回も低木層には出現せず、草本層で見られた。草本層の植被率は 70％と、2007 年より大幅に増加していた。ミツバオウレン *Coptis trifolia*（L.）Salisb.、ホンドミヤマネズの優占度は各々 2、1 と変わらなかったが、ショウジョウスゲ、ヒゲノガリヤス *Calamagrostis longiseta* Hack. の優占度が増加した。また 1986 年以降見ら

表 7.　ミクリガ池のハイマツ群落におけるサブコドラートの種類組成.

調査区	全体	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
調査年月日	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3	2017.8.3
調査者	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋	吉田・高橋
標高(m)	2416	2416	2416	2416	2416	2416	2416	2416	2416	2416	2416
調査面積(m×m)	10×5	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1
傾斜	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面	緩斜面
低木層　高さ(cm)	140	120	110	110	89	70	100	125	142	140	135
低木層　植被率(%)	100	100	100	60	20	10	30	100	100	70	100
草本層　高さ(cm)	56	40	20	50	50	46	49	50	30	43	19
草本層　植被率(%)	70	80	60	80	80	80	70	70	80	70	40
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S	D・S
低木層											
ハイマツ	5・5	5・5	5・5	4・4	2・2	1・1	3・3	5・5	5・5	4・4	5・5
草本層											
ホンドミヤマネズ	1・2			1・1	3・3	3・3	4・4	+	+		
ヒゲノガリヤス	1・2	+	+	+	1・1	1・1	2・2	2・2		+	+
コメススキ	1・1	1・1	1・1	+	+	+	+	+	1・1	2・2	1・1
ミツバオウレン	2・1	2・2	1・1	+	+	+	+	1・1	3・3	2・2	1・1
ショウジョウスゲ	1・1	+	1・1	+				+	+	+	
コハリスゲ	+		+			+		+			
ミヤマアキノキリンソウ	+				+	+	+				
ガンコウラン	+			+	1・1	+					
コケモモ	+	+	+					+	+	+	
イワカガミ	+										
オヤマリンドウ	+	+	+								
シラタマノキ	+	+									
ヒメイチゲ	+				+						
ミネカエデ	+									+	
ハイマツ	+									+	
ヒメスゲ	+									+	

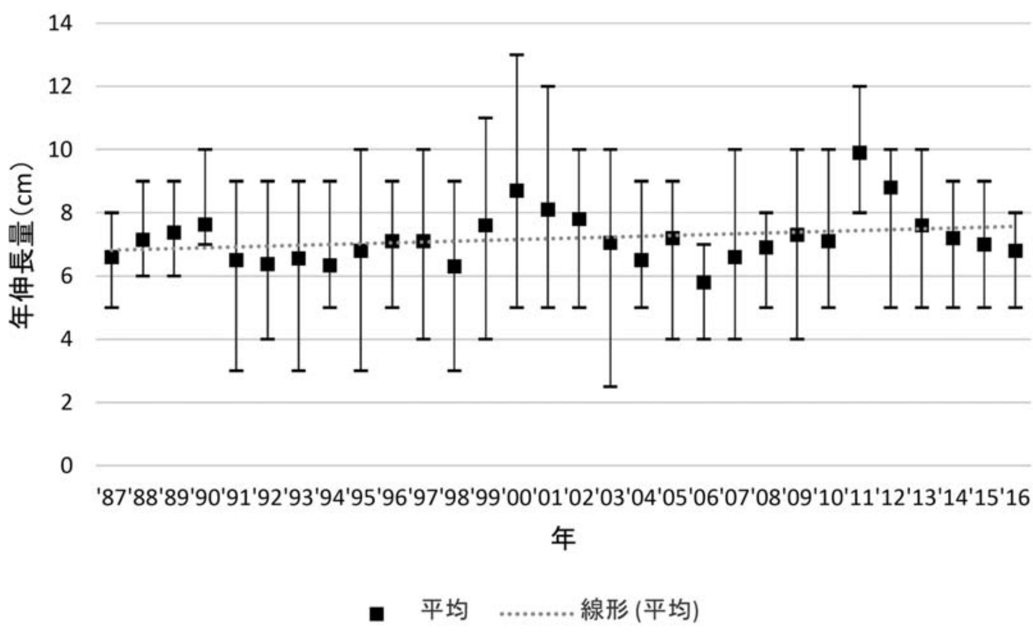

図 3.　ミクリガ池のハイマツ群落におけるハイマツの年伸長量(平均と最大・最小値).

表 8. ミクリガ池のショウジョウスゲ群落における種類組成の変化.

	第3回	第5回		
調査年月日	1986.9.8	1997.8.27	2007.9.11	2017.8.3
調査者	大田・小路	小路・太田・山下	山下・吉田	吉田・高橋
標高(m)	2380	2450	2420	2420
調査面積(m×m)	2×2	2×2	2×2	2×2
方位	N80W	N80W	N10E	N10E
傾斜	12°	2°	5°	5°
草本層　高さ(m)	～0.4	～0.3	～0.3	～0.3
草本層　植被率(%)	100	95	95	90
コケ層　高さ(m)				
コケ層　植被率(%)			10	10
種　名	D・S	D・S	D・S	D・S
草本層				
ハクサンイチゲ	1・1	3・3	2・2	1・1
ショウジョウスゲ	3・4	3・3	1・1	2・2
ヒゲノガリヤス	3・4	3・3	＋	2・2
チングルマ	2・2	1・2	2・2	＋
ミヤマアキノキリンソウ	1・1	＋・2	1・1	＋
コハリスゲ		＋・2		
シラネニンジン	＋	＋		＋
オヤマリンドウ	＋	＋		
ミヤマリンドウ	＋	＋		＋
ガンコウラン	＋		3・3	
コケモモ	＋・2			＋
コメススキ	＋・2			2・2
コイワカガミ	1・1		＋・2	＋
ヒロハノコメススキ	＋			
コバイケイソウ	＋			
ミヤマヒカゲノカズラ	＋			
エゾリンドウ			＋	
ショウジョウバカマ	＋		＋	＋
ミツバオウレン	＋・2		＋	＋
タカネスズメノヒエ			＋	＋
ハクサンボウフウ			＋	＋
タテヤマリンドウ	＋		＋	＋
ホソバノキソチドリ				＋
コケ層				
ハナゴケ			1・1	＋
マキバエイランタイ			＋	＋
スギゴケsp.				＋
コケsp.				＋

れなかったガンコウラン *Empetrum nigrum* L. var. *japonicum* K. Koch、オヤマリンドウ *Gentiana makinoi* Kusn. が再出現し、コメススキ *Avenella flexuosa*（L.）Drejer が優占度 1 で初めて出現した。

今回はこのコドラートの東端で 1 × 1 m^2 のサブコドラートをとり、各々で植生調査を行った。その結果を表 7 に示す。低木層ではサブコドラート 4 から 6 でハイマツの優占度が 1 から 3 と低くなり、そのギャップを草本層のホンドミヤマネズが占めていた。これらのサブコドラートはやや乾燥しており、ヒゲノガリヤス、ミヤマアキノキリンソウ *Solidago virgaurea* L. subsp. *leiocarpa*

表 9. 各特定植物群落における 2007 年と 2017 年の植生類似度.

群落	QS
美女平	0.603
ブナ坂	0.554
弥陀ヶ原A	1.000
弥陀ヶ原B	0.737
弥陀ヶ原C	0.526
弥陀ヶ原D	0.500
美松坂	0.588
ミクリガ池 ハイマツ	0.786
ミクリガ池 ショウジョウスゲ	0.722

（Benth.）Hultén、ガンコウランが見られた。その他のサブコドラートでは、低木層にはハイマツが密生し、ホンドミヤマネズはみられないか、わずかに見られるのみであった。草本層ではミツバオウレンの優占度が高く、コメススキが優占度 1 から 2 と多くなっていた。

コドラート内に生育する任意のハイマツ 10 本の 1987 年から 2016 年までの年伸長量の平均値、最大値、最小値を図 3 に示した。測定したハイマツのシュートは 22 年生から 34 年生であり、年伸長量の平均は 7.2 cm で、ほとんどの年で 6 cm から 8 cm の間の値であったが、最大値と最小値の差は 1987 年の 3 cm から 2000 年の 8 cm とばらつきが大きかった。2011 年の平均伸長量は 9.9 cm とグラフ上で突出していた。ハイマツシュートの年伸長量はその前年の気温と正の相関があることが知られている（Wada *et al.* 2005）。アメダスの観測地点である富山における過去 30 年間の 8 月の平均気温をみると、30 年間の平均は 18.6°C であるのに対し、2010 年は 19.3°C と 0.7 度高くなっていた。標高 2450 m の室堂平における夏季の気温が富山での測定値と同様の傾向を示すとすれば、2011 年のハイマツの伸長量の増加は、2010 年の高温の影響によるものと考えられる。

5-2. ミクリガ池のショウジョウスゲ群落

ハイマツ林と隣接するショウジョウスゲ群落は 1986 年（第 3 回）、1997 年（第 5 回）、2007 年と今回調査されており、表 8 に結果を示した。草本層の植被率に大きな変化は無かった。室堂平のハイマツ群落周囲のショウジョウスゲ群落では通常イワイチョウを伴うが、この調査地では 1986 年よりイワイチョウは出現しておらず、今回も確認されなかった。2007 年と比較してハクサンイチゲ *Anemone narcissiflora* L. subsp. *nipponica*（Tamura）Kadota とチングルマの優占度が低下したが、ショウジョウスゲ、ヒゲノガリヤスの優占度が増加し、第 5 回（1997 年）の種組成に近くなっていた。2007 年に優占度 3 であったガンコウランが減少し、コメススキの優占度が 2 と増加していた。コケ層でハナゴケ *Cladonia rangiferina*（L.）Weber ex F.H.Wigg.、マキバエイランタイ *Cetraria laevigata* Rass. の地衣類とコケ類がみられ、出現種数は 21 種と大幅に増加していた。

類似係数から見た過去 10 年間の群落の変化

吉田・山下（2008）は、各特定植物群落の 2007 年までの過去 30 年間の植生類似度を算出し、30 年間の植生の変化を考察した。調査した 9 地点のうち類似係数の値が低かった美女平のスギ群落では、1978 年から 1986 年までの変化が非常に大きく、全体の類似係数が低下し、またミクリガ池のハイマツ群落では、低木層のハイマツの旺盛な成長によって草本層の植物の生育が阻害され、構成種が変化した（吉田・山下 2008）。また類似係数が比較的大きな値であったブナ坂のブナ群落や美松坂のオオシラビソ群落では、いずれも高

木層のブナ、オオシラビソが減少し、その後の下層植生の変化を調べる必要があることを指摘した（吉田・山下 2008）。

以上の通り、2007 年までの植生の変化については吉田・山下（2008）で記しているため、今回は 2007 年から 2017 年までの過去 10 年間の植生の変化について述べる。表 9 に各特定植物群落における過去 10 年間の植生類似度を示した。弥陀ヶ原 C 群落が 0.526、D 群落が 0.500 と値が低いが、これは前述したように 2007 年の調査面積が異なっていたことが影響している。

美女平のタテヤマスギ群落では、この 10 年間の類似係数は 0.603 とやや低くなった。階層別にみると、亜高木層の類似係数が 0.462 と低い値を示した。これは、今回の調査でミズメなど 4 種がスギの樹上で生育していることが確認され、亜高木層の種数が増加したためである。また、草本層の類似係数は 0.590 で、これは種数が 24 種から 37 種へ増加した影響による。

立山の標高 1000 m から 1200 m 付近には発達したブナ林が広がっており、ブナ坂のブナ群落では、特定植物群落選定時の 1986 年から 1997 年までは高木層のブナの優占度・群度は 5・5 であった。しかしながら、この群落はヘアピンカーブの内側に位置するため、排気ガスや道路建設による水路遮断の影響からかブナの樹勢が衰退し、さらに 2004 年の台風によって大径木が倒れ、コドラート内に現存するブナの大径木は 3 本のみとなった。前回（2007 年）の調査時より、高木層のブナの優占度は 3 となり、そのギャップにウワミズザクラやハウチワカエデなどが亜高木層を形成していた。今回はさらに亜高木層の種数が 12 種にまで増加し、トチノキ、ヤマブドウなどの優占度が高くなり、また草本層でも陽地生の種が出現して種数が 42 種に増加した結果、過去 10 年間の類似係数は 0.554 と低くなった（表 9）。

この群落周辺では、人為的撹乱によるブナをはじめとした大径木の枯損及び衰退が顕著となったことから、富山県森林研究所により立山ブナ林保全対策事業として 1996 年から現地産ブナ苗を植栽し、苗木の生長調査が行われている（富山県林業技術センター 2000, 2001）。1996 年から 2000 年にかけて車道沿いの 5 ヶ所に 193 個体が植栽され、現在まで追跡調査が行われており、2013 年までの生存率は 88％と高く、平均樹高は 3 m 近くとなり順調に生育している（富山県農林水産総合技術センター森林研究所 2014）。このブナ苗は、植栽時にブナ実生の更新を妨げるチシマザサ、クマイザサ、低木性樹種を刈り払って植えられており、成長に必要な日射を十分受けることができたため、順調に生育していると思われる。調査した群落内でも亜高木層、低木層、草本層ともブナは出現しているが、これらのブナが今後、高木層にまで成長できるかについては定期的にモニタリングして行く必要があると考えられる。

美松坂のオオシラビソ群落の過去 10 年間の類似係数は 0.588 でやや低くなった（表 9）。2007 年においても高木層のオオシラビソは減少傾向であったが、下層の成長にまでは至っていなかった。今回さらに高木層のオオシラビソの優占度が低下したことにより、亜高木層のオオシラビソ、ダケカンバの成長と構成種の変化および低木層のチシマザサ等の成長が促され、類似係数の値を下げたと考えられる。

ミクリガ池のハイマツ群落の過去 10 年間の類似係数は 0.786 で、比較的高い値を示した（表 9）。前回 2007 年の調査時には低木層でハイマツが密生し、光環境が悪化したため草本層の植被率が 20％と著しく低下した（吉田・山下 2008）。今回の調査ではコドラートの中央部（サブコドラート 4 ～ 6）でハイマツが枯死してギャップが形成され、草本層の植被率は 70％と再上昇し、ヒゲノガリヤス、

コメススキの優占度が前回よりも大きくなった。これはこのハイマツ群落の西側に隣接するショウジョウスゲ群落においても同様であり、群落内はやや乾燥化していると考えられた。

高山生態系は地球温暖化の影響を受けやすい生態系であり（名取 2006）、北海道の大雪山では融雪時期が早まった結果、土壌が乾燥化し、湿生のエゾノハクサンイチゲ群落が減少し、ミヤマヌカボなどのイネ科植物が優占する他の群落に変化した例が報告されている（川合・工藤 2014）。また大雪山や白山などの高山でササ属植物が増加傾向にあることが指摘されている（Kudo *et al*. 2011, 古池・白井 2014, 古池ほか 2015）。立山室堂平においても、過去の空中写真と 2015 年の実測値に基づく調査から、ササ群落の面積が増加し、また雪田草原への侵入が進んでいることが明らかとなり、その原因として近年の温暖化による消雪時期の早期化が考えられている（吉田ほか 2016）。また昨年 2016 年は記録的な暖冬で立山室堂平では融雪時期が平年の 1 ヶ月近く早く、7 月中旬には室堂平のほとんどの場所で消雪し、本来 8 月以降に開花する種が 7 月中旬に見頃を迎えていた。このような消雪時期の早期化が起こることにより、ハイマツ群落内でも土壌が乾燥傾向にあるのではないかと考えられる。

以上のとおり、立山地域における特定植物群落 5 地点についての、40 年目の植生調査を行った。地球温暖化がさらに進んでいくとすると、亜高山帯から高山帯の群落ではさらに大きな変化が予想される。今後とも注意深く植生の変化をモニタリングして行く必要がある。

引用文献

古池　博・白井伸和．2014．白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動．1. 南龍ヶ馬場の雪田群落の最近約半世紀間の減少．石川県立自然史資料館研究報告 **4**: 17–22.

古池　博・白井伸和・吉本敦子．2015．白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動．2．弥陀ヶ原の雪田群落の最近約半世紀間の減少．石川県立自然史資料館研究報告 **5**: 19–24.

環境庁．1998．第 5 回自然環境保全基礎調査　特定植物群落調査報告（環境省生物多様性センター生物多様性情報システムホームページ http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html より）

環境庁（編）．1998．日本の重要な植物群落 Ⅱ 北陸版 富山県・石川県・福井県. pp1–292．大蔵省印刷局.

川合由加・工藤　岳．2014．大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響．地球環境 **19** No.1: 23–32.

Kudo, G., Amagai, Y., Hishino, B. & Kaneko, M. 2011. Invasion of dwarf bamboo into alpine snow-meadows in northern Japan: pattern of expansion and impact on species diversity. Ecology and Evolution **1**: 85–96.

名取俊樹．2006．温暖化の高山植物への影響—温暖化影響モニタリングの可能性—．地球環境 **11**: 21–26.

鈴木時夫（訳）．1971．ブラウン−ブランケ植物社会学Ⅰ．朝倉書店，東京.

富山県（編）．1978．第 2 回自然環境保全基礎調査　特定植物群落調査報告書. 326pp．富山県.

富山県（編）．1979．第 2 回自然環境保全基礎調査　植生調査報告書．富山県.

富山県（編）．1988a．第 3 回自然環境保全基礎調査　植生調査報告書．194pp．富山県.

富山県（編）．1988b．第 3 回自然環境保全基礎調査　特定植物群落調査報告書．生

育状況調査．富山県.
富山県（編）．1988c．第 3 回自然環境保全基礎調査　特定植物群落調査報告書（追加調査・追跡調査）富山県．環境庁（編），日本の重要な植物群落 II 北陸版 富山県・石川県・福井県．pp. 1–292．環境庁.
富山県農林水産総合技術センター森林研究所．2014．富山県農林水産総合技術センター森林研究所 平成 25 年度業務報告.
富山県林業技術センター．2000．富山県林業技術センター 平成 11 年度業務報告.
富山県林業技術センター．2001．富山県林業技術センター 平成 12 年度業務報告.
Wada, N., Watanuki, K., Narita, K., Suzuki, S., Kudo, G. & Kume, A. 2005. Climate change and shoot elongation of alpine dwarf pine (*Pinus pumila* Regel): comparisons between six Japanese moutains. Phyton **45** Special Issue: “APGC 2004”: 253–260.
吉田めぐみ・高橋一臣．2015．立山におけるササが優占する群落の種組成．富山県中央植物園研究報告 **21**: 29–41.
吉田めぐみ・高橋一臣・大宮　徹．2016．空中写真解析からわかった立山室堂平におけるササ群落の増加．富山県中央植物園研究報告 **22**: 9–17.
吉田めぐみ・山下寿之．2008．富山県を代表する植物群落の 30 年の変化．富山県中央植物園研究報告 **13**: 1–14.

富山県中央植物園研究報告投稿規定（平成 29 年 12 月 10 日部分改訂）

1. 投稿資格

論文を投稿できる者は、原則として富山県中央植物園および富山県植物公園ネットワークを構成する専門植物園の職員とする。ただし次の場合は職員外でも投稿することができる。

1）富山県中央植物園の収集植物または標本を材料とした研究。

2）研究に用いた植物または標本を富山県中央植物園に寄贈する場合。

3）富山県の植物に関する調査・研究の場合。

4）編集委員会が投稿を依頼した場合。

2. 原稿の種類

原稿は英文または和文で、原著（Article）、短報（Note）、資料（Miscellaneous）とする。

3. 原稿の送付

原稿は、図、表、写真を含め 2 部（コピーでよい）を「〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42　富山県中央植物園　研究報告編集委員会」宛送付する。掲載が決定した原稿には本文、図表が記録された電子媒体を添付する。原稿は返却しない。図、表、写真はあらかじめその旨明記してある場合に限り返却する。

4. 原稿の採否

投稿原稿の採否は、査読者の意見を参照して編集委員会が決定する。編集委員長が掲載を認めた日をもって論文の受理日とする。

5. 著作権

掲載された論文の著作権は富山県中央植物園に帰属する。

6. 原稿の書き方

（1）原稿用紙 : 原稿はワープロを用い、和文はＡ４判用紙に 1 行 40 字、 1 頁 30 行を標準とする。欧文原稿はＡ４判用紙に周囲 3cm の余白を設け、 1 頁 25 行を標準とする。

（2）体裁 : 原著論文の構成は以下の通りとする。ただし短報、資料はこの限りではない。

a. 表題、著者名、所属、住所、連絡先メールアドレス（共著の場合は責任著者のみ）: 和文原稿の場合は、英文も記す。欧文原稿の場合、和文は不要。共著の場合、責任著者（corresponding author）の氏名と連絡先をアスタリスク（*）で明示する。

b. 英文要旨（Abstract）とキーワード（Key words）: 英文要旨は 200 語以内、キーワードは 10 語以内としアルファベット順に配列する。

c. 本文 : 序論、材料と方法（Materials and methods）、結果（Results）、考察（Discussion）、謝辞の順を標準とする。序論、謝辞には見出しをつけない。脚注は用いない。補助金関係は謝辞の中に記す。

d. 和文摘要 : 欧文原稿の場合、表題、著者名、摘要本文、住所、所属の順で和文摘要をつける。

e. 引用文献（Literature cited）: 著者名のアルファベット順に並べる。

f. その他、体裁の詳細は最近号を参照する。

（3）図表 : 図（写真を含む）表は刷り上がり 140 × 180mm、または 65 × 180mm 以内とし、原図のサイズは刷り上がりと同寸以上とする。図はＡ４紙に仮止めし、余白に天地、著者名、図表の番号を記入する。説明文はまとめて別紙に記す。カラー図版は、編集委員会が特に必要と認めたもの以外は実費著者負担とする。図表の挿入位置を原稿の右余白に指示する。図表は電子ファイルを提出する。図の解像度は 300dpi 以上であること。

（4）単位の表示 : 国際単位系（SI）による。単位の省略形は単数形とし、ピリオドをつけない。

7. 校正

著者校正は初校のみとし、再校以降は編集委員会が行なう。

8. 投稿票

投稿に際してＡ４判の投稿票を添える（次頁を参照)。

富山県中央植物園研究報告　投稿票（A4）

受　　理　　日	※　　　年　　　月　　　日	採　用	※　可・否
種別　（◯で囲む）	原著　・　短報　・　資料　・　編集委員会に一任		
著　者　名			
	（ローマ字）		
所属のある方	（機関名）		
	（所在地）		
論文表題	（和）		
	（英）		
原　　稿	本文　　　　枚 図　　　　枚 表　　　　枚	図表返却希望 ：　する・しない	
ランニングタイトル	著者名を含めて和文は 25 字、英文は 50 字以内		
連絡先　住所・氏名 （共著の場合は代表者）	〒　　　- TEL FAX E-mail		
別刷り希望部数 （50 の倍数）	部　（うち 50 部までは無償）		

※印の欄は編集委員会で記入します

Contents（目 次）

All inquiries concerning
the Bulletin of the Botanic Gardens of Toyama
should be addressed to the Editor:
Masashi Nakata
Botanic Gardens of Toyama
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi,
Toyama 939-2713,
JAPAN

富山県中央植物園研究報告　第 23 号

発　行　日	平成 29 年 12 月 28 日
編集兼発行	富山県中央植物園　園長　中 田 政 司
	〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42
発　行　所	公益財団法人 花と緑の銀行
	〒 939-2713　富山県富山市婦中町上轡田 42
印　刷　所	冊子印刷ドットコム
	〒 630-8126 奈良県奈良市三条栄町 9-18