

ユキモチソウの形態について

深井誠一

A MORPHOLOGICAL STUDY ON *ARISAEMA SIKOKIANUM* (ARACEAE)

Seiichi FUKAI

Summary

A. sikokianum flowered in the middle to late April in a habitat (Sanuki, Kagawa Pref. Japan). Female/male ratio was 0.11-0.17 in the habitat. Larger corms tended to express female, but no clear border of male/female in corm weight was observed. *A. sikokianum* has a sympodial shoot with a two-year growth cycle. Inflorescence initiation occurred in May and floral primordia appeared on the spadix from September to October. Female produced larger leaves, and male had longer peduncle and longer spathe. Each leaf had 3-5 leaflets. Variations in leaf margin type, petiole of leaflet and variegation were observed. Inflorescences produced 300 to 1200 seeds with considerable variation in seed weight. *A. sikokianum* showed strong apical dominance, producing single bud corms.

キーワード：ユキモチソウ

緒 言

ユキモチソウ (*Arisaema sikokianum*) は、本州の一部と四国のみに産するわが国固有のサトイモ科 (Araceae) テンナンショウ属植物の1種である。本種は、テンナンショウ属植物の中でもっと美しい種の一つで、古くシーボルトの時代にヨーロッパに紹介され、現在でも海外の植物愛好家の中で人気のある植物の一つである。

テンナンショウ属植物は、東アジア、アフリカ東部および北アメリカ東部からメキシコまで広く分布し、14節180種以上あるとされている^(1, 2)。わが国には30種以上が分布し、ユキモチソウ以外にマムシグサ (*A. serratum*)、ウラシマソウ (*A. urashima*)、ムサシアブミ (*A. ringens*)、などが主な種である。なおマムシグサは大きな地域変異を示し、その分類学的検討が十分進んでいないため種 (亜種) の数が未だ確定されていない⁽³⁾。

テンナンショウ属植物は、植物のサイズに依存して性表現が変化する⁽⁴⁾。すなわち植物体のサイズが小さい場合は栄養相にあつて葉のみを展開する無性であり、その後サイズが大きくなると雄性の花をさらに大きくすると種によって雌性または雄性と雌性混合の花を着ける^(5, 6, 7)。遺伝的に雌雄が異なる雌雄異株ではなく、雌雄同株であるが、雄性和雌性の花が異なる生育シーズンに同一個体上に出現するものと理解され、偽雌雄異株植物とされる。テンナンショウ属植物に見られるこの特殊

な性質に関する生態学的研究は、これまでウラシマソウ⁽⁸⁾、マムシグサ⁽⁹⁾、*A. triphyllum*^(10, 11, 12, 13)、および *A. dracontium*^(14, 15) など詳しく検討されている。さらに近年は光合成・物質生産からこれらの性質を検討する研究も進められている^(16, 17, 18)。

近年わが国における山野草ブームと里山の荒廃などから、ユキモチソウの自生地における個体数は急速に減少しており、環境庁のレッドデータブックでは、このまま放置すれば絶滅の危険がある絶滅危惧II類 (VU) にランクされている⁽¹⁹⁾。園芸的価値のある野生植物が乱獲によって自生地における個体数が急激に減少した例は、サクラソウ、エビネ、サギソウなどで知られている。園芸的価値がありかつ恒常的な園芸需要がある植物の場合、過度の採集を防ぐために自生地の保護は重要である。テンナンショウ属植物について、自生地の保護・回復に関する研究もなされている^(20, 21)。しかし、著者は恒常的な園芸需要がある植物種の場合、現実的問題として、人工的に増殖された種苗が安定的にしかも安価で供給されることなしに山取りを減少させることはできない、と考えている。現在、山取りされたユキモチソウが園芸店および通販で毎年かなりの量が取引されている。このように恒常的な需要があるにもかかわらず、本種の生態や園芸生産に関する研究はきわめて限られている。

こうした背景のもとで、著者らは1998年よりユキモチソウの繁殖と生理生態に関する研究を開始し、種子発芽

に関する報告を行い⁽²²⁾，さらに2003-2005年には文部科学省科学研究費補助金「絶滅危惧山野草ユキモチソウの繁殖及び生育開花生理の解明」研究代表者長谷川噲（基盤研究C）を得て研究を継続した．この研究成果のうち，球茎の休眠打破⁽²³⁾，花芽分化過程⁽²⁴⁾，自家和合性⁽²⁵⁾についてはすでに公表した．今後さらに性表現の転換，種子と実生の生産に関する成果を順次公表していく予定である．本報告はこれらの基礎とするべく調査したユキモチソウの基本的形態に関する成果を取りまとめたものである．

材料および方法

香川県さぬき市長尾町のユキモチソウ自生地を観察地と定め，毎年4月に個体数調査を行った．また開花サイズのユキモチソウ球根を1998年から2004年にかけて，高知県須崎市の自生地より導入し，栽培実験に供した（年度ごとにAからD系統とした）．毎年11月にすべての球茎を掘り上げ最大直径と新鮮重を計った後，7または8号鉢，もしくは65×23×19cm，容積13.5Lのプランターに，鹿沼土で植えつけた．1プランター当たり100日タイプの緩効性肥料（ハイコントロール100，チッソ旭化学肥料（株）， $N:P_2O_5:K_2O=16:5:10$ ）を4gずつ萌芽後に与えた．すべての植物は，香川大学農学部内の70%遮光の寒冷紗雨よけハウスにおいて栽培した．

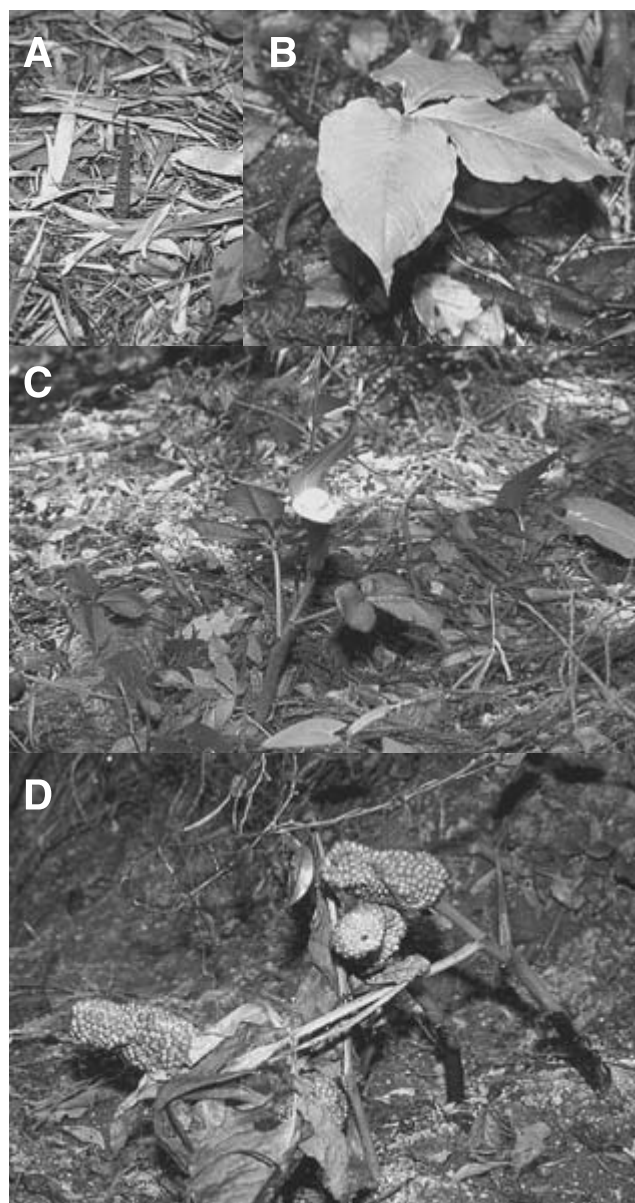
栽培条件下での開花時期とオス／メスの性表現の関係を1998年に導入したA系統18個体および1999年導入のB系統21個体について調査した．開花時の地上部各部位の大きさについては，2001年に導入したD系統48個体について2002年の開花時にオス／メスの性表現を区別しながら調査した．以下，便宜的にオスの性表現した個体をオス，メスの性表現した個体をメスと表す．D系統の調査個体は，オス31個体，メス15個体であり，無性の2個体はデータから除いた．また葉の形態については，2000年秋に導入したC系統96個体について2001年5月に調査した．

走査型電子顕微鏡（SEM）観察のためのサンプルは，採取後直ちに70%アルコールFAAに固定，常法によりアルコールシリーズで脱水，酢酸イソアミルに置換後，臨界面乾燥機により乾燥後イオンスプッターにより白金をコートし，走査型電子顕微鏡（日立，S-2150）により観察した．

結果と考察

1. ユキモチソウの自生地における生育の様相

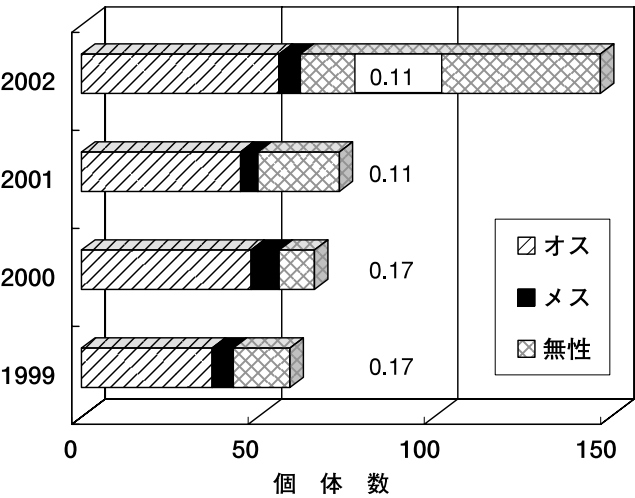
観察地では，毎年4月上旬に萌芽が始まり（第1図，A），葉を展開後4月中旬から下旬に開花した．観察地は竹が杉林に侵入しつつある谷筋であり，谷筋に沿った作業道のわきの比較的明るい所に多くの個体が存在した．一方，林内深く入った暗い林床またはアオキなど低木が密生する林床には全く認められなかった．無性個体は小葉が3枚からなる葉を1枚だけ展開した（第1図，B）．一方，生殖段階に達した個体は3-5枚の小葉を持つ2枚の葉を展開した（第1図，C）．観察地における開花個体数は40-60個体程度であり，その数は経年安定していた（第2図）．一方小さな無性個体は発見



第1図 観察地におけるユキモチソウの生態
A: 萌芽時，B: 無性個体の展葉，C: 開花個体，D: 晩秋の結実の様子

が容易でないため確認できた個体数は年ごとに変動し、全体として萌芽の早かった2002年には多数の無性個体が記録された。全体としてオスの個体の開花が、メスの個体より早い傾向にあった。また植物体の大きさだけからは、オス、メスを完全に区別することは出来なかった。Kinoshita⁽⁴⁾は、ユキモチソウを含む6種のテンナンショウ属植物について、種特有のあるサイズを境にしてオスからメスへ性表現が変化することを報告している。このような性質は、植物体のサイズの増加に従ってオス／メスの繁殖成功度が逆転する時点でオスからメスへ性が変化するサイズ有利性モデルによって説明されている。

観察地のユキモチソウの性表現比（メス／オス比）は、観察期間中0.11～0.17で安定しており、開花段階に達した個体の中の大部分はオスの性表現をしていた（第2図）。これまでに報告されているテンナンショウ属植物の性表現比は、ムラサキマムシグサで0.15⁽²⁶⁾、0.38⁽²⁷⁾、ヒトツバテンナンショウで0.22⁽²⁶⁾、ウラシマソウで0.22⁽²⁷⁾、コウライテンナンショウで0.25⁽²⁷⁾、ホソバテンナンショウで0.91⁽²⁷⁾である。多くの種においてオスの個体数がメスの個体数より圧倒的に多い。これらの結果



第2図 観察地におけるユキモチソウ集団の性表現
図中の数字はメス／オス比

より、自生地におけるテンナンショウ属植物にとって、一定の資源量を蓄えてメスとなることが容易ではないものと推察される。

ユキモチソウの開花後まもなく、ほぼ同じ地域内にマムシグサが開花した。5月以降林床は急速に暗くなったが、ユキモチソウの葉は夏を過ぎて10月になってもまだ残っていた。12月になると果実は赤熟し始め、しばしば偽茎の根元から倒れた（第1図，D）。

2. 栽培条件下での生育開花の様相

栽培条件下でのユキモチソウの開花日は、観察地より5～10日早く、またオスメスによる差は明らかではなかった（第1表）。導入1年目、すなわちA系統の1999年、B系統の2000年の開花は、他の栽培株より早かった。これは導入時に球根が長期間乾燥状態に置かれたことと関連していると推察されるが、原因は明らかではない。

全体としてオスよりメスの球茎重が重い傾向にあったが、明確な境界というものは存在しなかった。Kinoshita⁽⁴⁾は、偽茎の直径と性表現の関連を調査し、その値が大きくなるとオスからメスへ変化する事、その変化は偽茎変化の比較的狭い範囲で急激に起きることを報告している。ユキモチソウの無性からオスへ、さらオスからメスへの変化と球茎重との関連は現在も検討中であり、将来別途報告する予定である。

3. ユキモチソウの植物体の構成

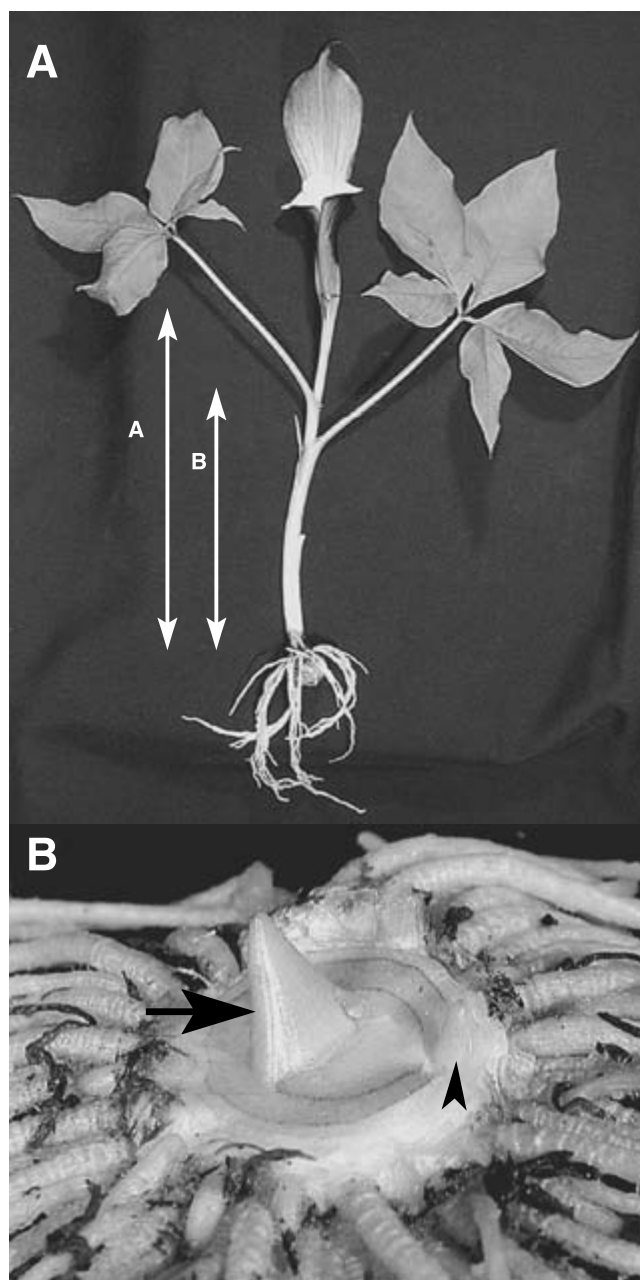
開花期のユキモチソウの地上部は、約6枚の鞘葉（うち3－4枚の鞘葉はすでに薄膜化して一部が剥がれ落ちていた）、偽茎、3または5枚の小葉をもつ2枚の葉、花柄、仏炎苞、肉穂花序および花序付属体からなる花で構成されていた。一方地下部は、1つの球茎と多数の根からなっていた（第3図，A）。球茎上では、下位葉の腋芽が発達してノーズ（翌年のシュート）となっており、その他の腋芽は未発達に止まっていた（第3図，B）。

開花時球内のノーズは高さ3－7 mm、約7枚の葉で

第1表 栽培条件下でのユキモチソウの開花日、性表現と球茎重の関係

系統名*	性表現	1999		2000		2001	
		球茎重**	平均開花日	球茎重**	平均開花日	球茎重**	平均開花日
A	オス	11.2～28.4 (n=12)	4/2	9.7～27.1 (n=5)	4/16	13.7～30.9 (n=4)	4/13
	メス	14.2～48.3 (n=6)	4/2	17.9～47.7 (n=13)	4/14	14.9～39.7 (n=10)	4/18
B	オス	—	—	12.6～23.3 (n=8)	4/7	15.9～21.8 (n=5)	4/14
	メス	—	—	15.7～46.0 (n=13)	4/9	18.3～32.2 (n=13)	4/16

* A系統は1998年、B系統は1999年に導入された。
** 前年秋の植え付け時点の球茎重量（g）の最小値と最大値。



第3図 開花時のユキモチソウの外観と球茎上の腋芽
 A：開花時のユキモチソウの全体。矢印A，Bはそれぞれ花柄と偽茎を示す。
 B：4月の球茎内部。矢印は次年のシュートとなるノーズ。矢印頭は、休眠芽となる鞘葉の腋芽。

構成され生長点は栄養状態であった。5月にはノーズは6-15mmとなり8枚の葉と包葉で構成され花芽分化を開始した。6-7月には包の内部は徐々に肥大し花序の原基となった。早いものでは8月下旬には小花原基の分化が認められ、その後も小花原基の分化と発達は大きな個体間差を示しながらゆっくりと進み11月にかけてほぼ小花原基の分化が終了した。小花原基は始め丸い突起として現れ、雌性小花では、その後周辺部が盛り上がって

ドーナツ状を呈し、まもなくその底の部分に胚珠原基が出現した（基底胎座）。その後さらに周縁部が盛り上がり、開口部が閉じその先端部分が柱頭となった一方雄性小花では丸い突起が不整形となり、10月には頂部が徐々に2-3のひだ状にわかれ、その後ひだの先端が肥厚して葯となった。雌性、雄性ともに小花は花被を欠いた。以上の花芽分化と発達の過程は、別の報文で詳しく述べた⁽²⁴⁾。

ユキモチソウは、2年生長型の仮軸分枝を示した（第4図）。すなわち、上述のように開花時のユキモチソウはすでに翌年のシュートなる新軸が、下位葉の腋芽に存在していた。この新軸では、当年シュート開花時にはすでに数枚の葉原基を分化しており、その後新軸の茎頂が初夏に花芽分化すると、まもなく新軸上で翌年には下位葉となる葉の腋芽が発達を開始し、それが翌々年の軸となった。

4. 偽茎の形態

開花している個体では、2枚の葉の葉柄部分が全周して花柄を取り囲んでいた。この部分は、外観上茎のように見えるため、偽茎と呼ばれる。実際の茎は短縮して球茎の上部を構成していた。地際からの上位葉の葉柄付け根までの長さ（偽茎長、第3図、Aの矢印B）は、オスメスによる差はなかった。一方、花柄長（第3図、Aの矢印A）は明らかにオスの方がメスより長かった（第5図）。ユキモチソウにおいて花柄長がオスメスで異なることは、Kinoshita⁽⁴⁾も指摘している。オスの花柄がメスのそれより長い現象は、球内で花序の形成がほぼ終了した12月の時点ですでに観察されている⁽²⁴⁾。

5. 葉の形態

葉柄長、小葉ともにメスの方が大きい傾向にあった（第5図）。これはより大型の個体ほどメス化しやすい傾向にある⁽⁴⁾ためと考えられた。

ユキモチソウの実生は3枚の小葉からなる葉を1シーズンに1枚だけ展開した。その後約2年の幼期の間（すなわち無性個体の間）は、展開する1枚の葉のサイズが徐々に大きくなり、葉を2枚展開するとはほぼその先端に花序を形成した。この時の小葉の大きさはかなり小さくなり、初花を着けた年の全葉面積は、前年のそれより小さくなると推察された。

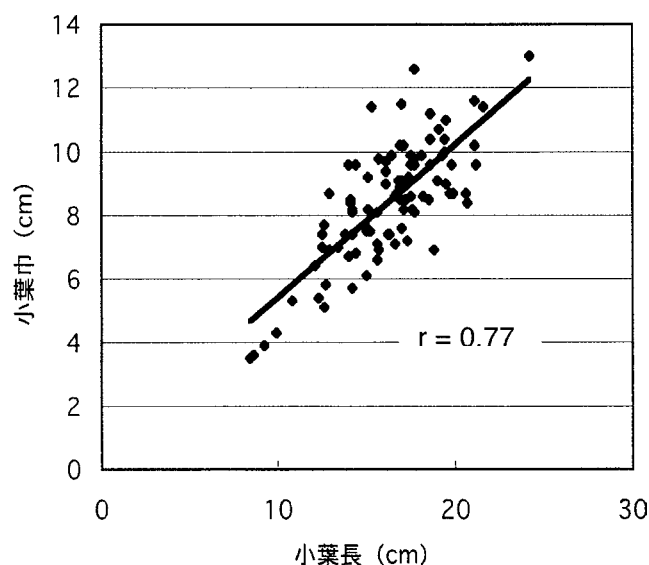
生殖段階に達した植物の小葉数の構成パターンは、上位葉-下位葉で3-3、3-5または5-5の組合せとなり、3-3、3-5の小葉を持つ球茎は、5-5の小葉をもつ球茎より小さい傾向にあったが、明確な境目はなかった（第2表）。

Diagram illustrating the growth of a plant with a bulb (球茎) and its shoot system (シュート) over multiple years.

The diagram shows the development of the shoot system from the bulb, including the formation of the main shoot (当年シュート) and subsequent shoots (次年シュート, 次々年のシュート).

Labels in the diagram:

- 球茎 (Bulb)
- 当年シュート (Current Year Shoot)
- 次年シュート (Next Year Shoot)
- 次々年のシュート (Subsequent Year Shoot)
- 花序 (Inflorescence)
- 本葉 (Main Leaf)
- 鞘葉 (Sheath Leaf)



第6図 ユキモチソウ小葉の縦横の大きさの分布

葉縁の切れ込み程度が個体間で異なり、斑入りの有無も観察された。

葉の向軸面の表皮細胞は半球状で、葉の全面でほぼ同じ形状をしていた。一方、背軸面の表皮細胞はより平板で葉脈間の表皮には気孔が密に存在していた（第7図、D、E）。

6. 花序の形態

ユキモチソウの生殖器官は、サトイモ科の特徴である1枚の仏炎苞と肉穂花序により構成されていた。ユキモチソウの花序上の花（小花）の性表現は、ほとんどの場合個体ごとに雌雄のどちらか一方であり（第8図、A、B）、一つの花序上に雌雄両方の小花が着生することはまれであった。雌花はあわい緑色を呈し、柱頭部がはじめは白く、受粉すると褐色となった。雄花は葯が紫色をしているため全体として紫に見えた。花序中央部の雄花から葯が裂開し始め、上下双方向に開葯が進んだ。花粉はさらさらしており、開葯後すぐに落下して花序筒の底にたまった。花粉の形態は、直径約12 μ mの球形で全面に小突起を有していた（第8図、C）。テンナンショウ属植物の花粉は、基本的には同じ形態を示すが、花粉サイズや表面突起の形と密度は種によって異なることが報告されている⁽²⁸⁾。

仏炎苞の巾は、オスメスで差は見られなかったが、長さはオスが長い傾向にあった（第5図）。苞の外側は濃い紫色を呈し、内側は白く滑らかな表面を持っていた。仏炎苞の背軸側および向軸側には共に気孔の存在が確認されたが（第8図、D）、仏炎苞がどれだけ光合成に寄与しているかは不明である。仏炎苞は、2枚の葉に包ま

れて地上に出現した時点では固く花序に巻きついているが、その後巻きが緩んで花序と苞の間に隙間が開いた。テンナンショウ属植物では、苞の形態がポリネーターであるキノコバエをトラップするように発達してきており、オスとメスで苞の下部の形態が異なり、ハエがメスの花序に入ると出られなくなる形態となっていることが報告されている⁽²⁹⁾。なおユキモチソウのポリネーターは、キノコバエの仲間とされるが同定されていない。香川大学農学部ほ場で栽培していても、しばしば小さなハエがメスの花序にトラップされていることが観察された。人工的に授粉していない株でもしばしば結実したことから、ポリネーターが働いていると推察された。

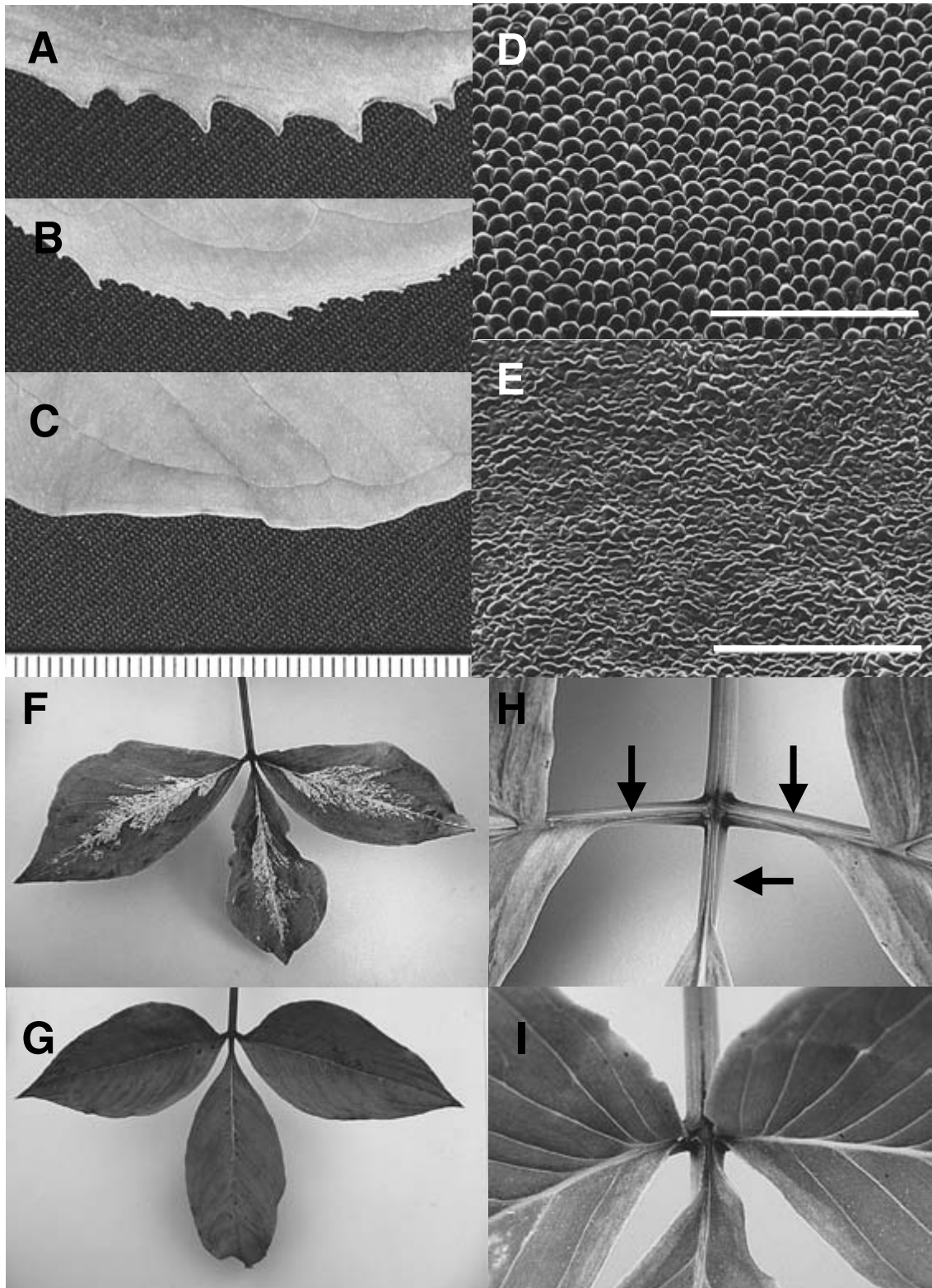
花穂の付属体は、白く頂部が丸く肥大した。その大きさには個体間差が観察されたが、平均してオスで大きかった（第5図）。付属体表面は、滑らかで腺の様な特別な細胞は見られなかった（第8図、E）。内部は大きな空隙をもつ柔細胞により構成されていた。テンナンショウ属の付属体はにおいを発してポリネーターを引きつけるとされるが⁽³⁾、ユキモチソウの付属体には人の嗅覚で感知できるニオイはなかった。

7. 果実と種子

結実した集合果は、はじめは濃緑色を呈するが、11月下旬から12月にかけて次第に色が薄くなり黄色みを帯び、1月には鮮やかに赤橙色となった（第9図、A）。一方、果実を着けている花序軸表面はしばしば黒変した。テンナンショウ属植物の種子は鳥散布と考えられ、この赤と黒の二色ディスプレイが鳥散布に有効に機能している可能性がある⁽³⁰⁾。

1つの果実には、0～8個の種子が入っていた（第9図、B）。種子は球形または変形した半球形で、重さは10～30mgであった（第9図、C）。1集合果当たりの総種子数は、約300～1200粒であった。観察地においては、しばしば花序の片側またはごく一部のみに果実が発達した集合果がみられた。本調査で見られた1集合果当たりの総種子数の大きな巾は、花序上の花数よりむしろ結実する花数が大きく異なるためであると考えられた。1集合果当たりの総種子数と種子1粒重との間には中程度の負の相関がみられ、1集合果当たりの総種子数が多くなるほど種子重は小さくなった（第10図）。しかしほぼ同程度の総種子数をもつ集合果から得られた種子重に3倍近い差があり、大粒もしくは小粒を生産する傾向をもつ遺伝的変異が存在する可能性もあると考えられた。

種子は11月以降、収穫・は種が遅くなるほど発芽が早くなり発芽率も高くなる。また12月より湿潤4℃で45～60日の低温処理をすることにより発芽が早まる⁽²²⁾。



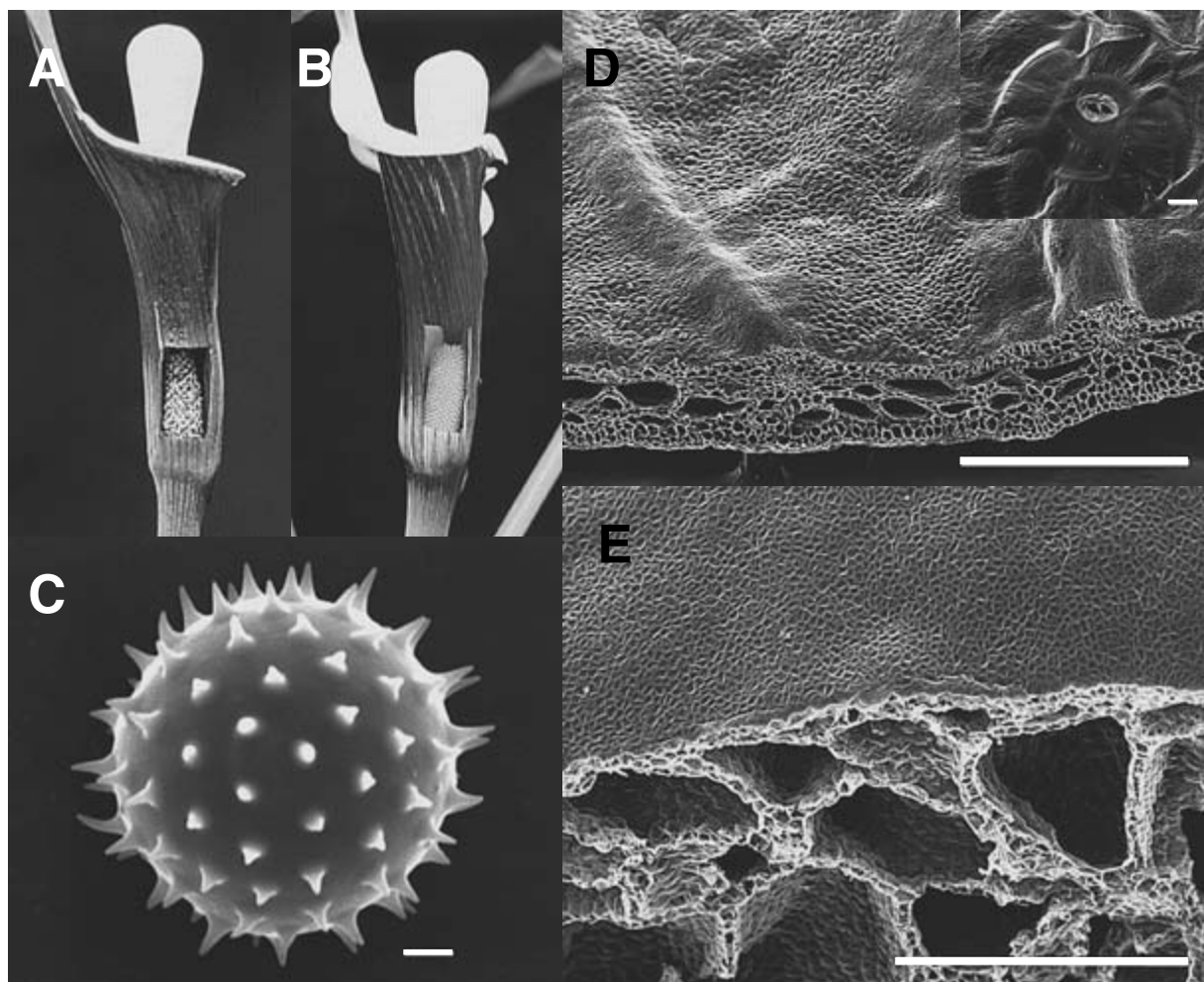
第7図 ユキモチソウの葉の形態

A-C: 葉縁の切れ込み程度の差異, スケールはmm, D: 葉の向軸面, バーは500 μ m, E: 葉の背軸面, バーは500 μ m, F, G: 葉の斑入りの有無, H, I: 小葉の柄の有無. 矢印は小葉の柄を示す.

第3表 ユキモチソウの葉の形態変異

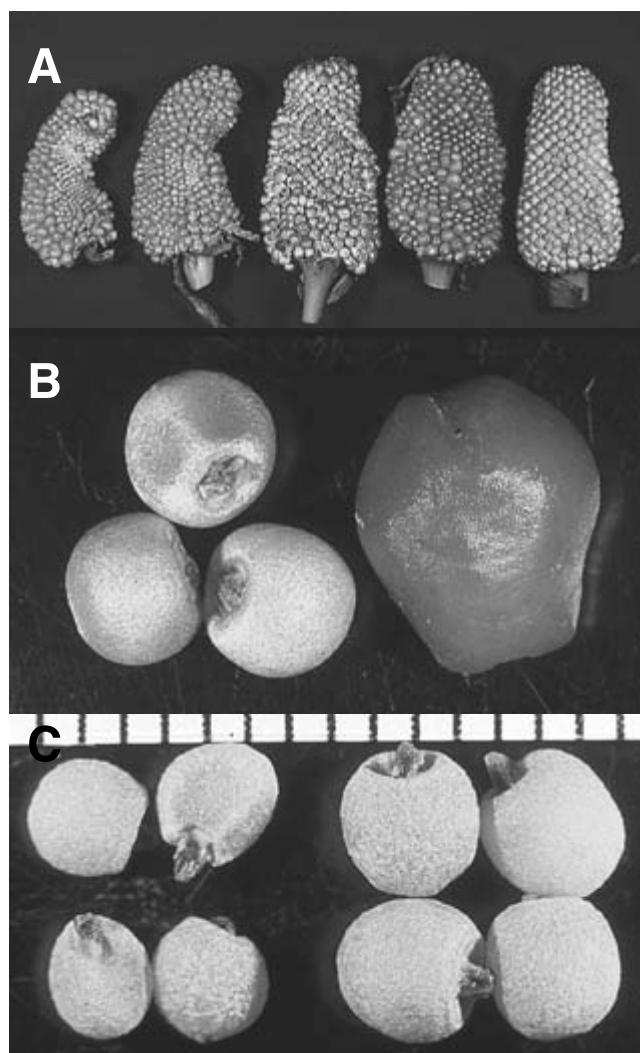
葉の切れ込み			葉の斑入り		小葉の葉柄		個体数
なし	小	大	あり	なし	あり	なし	
○			○		○		12
○			○			○	3
○				○	○		38
○				○		○	11
	○		○		○		4
	○		○			○	4
	○			○	○		13
	○			○		○	5
		○	○		○		2
		○	○			○	0
		○		○	○		4
		○		○		○	0
64	26	6	25	71	73	23	合計96

葉の切れ込み、斑入り、小葉の葉柄は、第7図参照.



第8図 ユキモチソウの花の形態

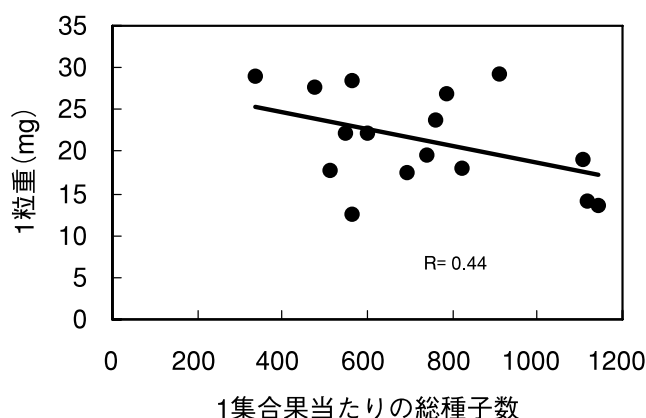
A: オスの花序, B: メスの花序, C: 花粉, バーは2 μ m, D: 仏炎苞の背軸側表面と気孔, バーは1mm, 気孔のバーは10 μ m, E: 付属体, バーは500 μ m.



第9図 ユキモチソウの集合果と種子
A: 12月の集合果, B: 1果実とそれに含まれる種子, C: 種子のサイズ比較. スケールはmm.

8. 地下部の形態

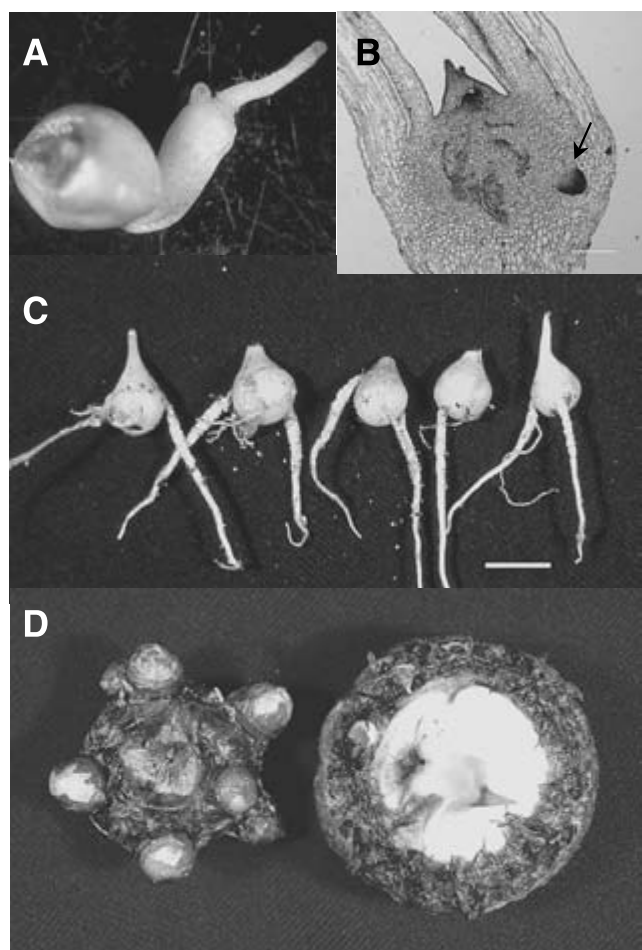
ユキモチソウを含むマムシグサグループの植物の地下部に対して球茎 (corm) を用いた報告^(4, 31)と塊茎 (tuber) を用いた報告^(1, 6)が見られる. 球茎と塊茎が併用される理由は, これらの用語の定義の不統一にもよるが, 植物学と園芸学で扱われるタイプとなる植物が異なることもこの混乱を招いている一因である. しかし, ともに地下部にある茎が肥厚し貯蔵組織として機能している点では同じものである. 清水⁽³²⁾の「球茎は, 地下茎の複数の節および節間が肥大したもので, 多かれ少なかれ環状の節と節間が認められる.」という定義に従うなら, ユキモチソウの地下部は球茎と呼ぶことに問題はないが, 園芸学で広く用いられている定義の中にある「薄膜化した葉に全体が覆われる.」とする点からは, 必ずしも適



第10図 ユキモチソウの1集合果当たりの総種子数と1粒重の関係

当とは言えない. *Arisaema*には根茎 (rhizome) を形成する植物も多数含まれる. さらにサトイモ科植物全体では, 球茎 (塊茎), 根茎, 地上肥厚茎 (aerial stem) を有する植物が存在する. また根菜として広く利用されているサトイモ (*Colocasia esculenta*) の地下部はしばしば塊茎と記述されている. 本報告では, 球茎という用語を用いることとした.

ユキモチソウの球茎は, 短縮した節の一部, 特に下位部が肥大しているが, この発達過程は十分明らかではない. 種子が発芽した直後に一次根は発達を停止し, 子葉基部付近から二次根が発生し (第11図, A, B), この部分が肥大して, 球茎となる. このため, 実生1年球は球茎の中程から根が発生しているように見える (第11図, C). 翌年以降は, 発根は球茎上部の節付近に限られる. 春に萌芽後初夏までは球茎はかなり消耗し, その後再び肥大する. ユキモチソウには鞘葉および本葉にそれぞれ腋芽が存在するが, 通常は強い頂芽優勢により下位葉腋芽のみが次年の軸として発達し, いわゆる一芽球となる. 栽培条件下で頂芽が枯死すると二芽球となることもあるが, 自然条件下では稀である. またユキモチソウの球茎上の腋芽はその後も休眠芽として止まり, シュートに発達することはない. この点球茎上の腋芽が順次発達して木芽を形成するウラシマソウなどとは異なる (第11図, D). 以上の点からユキモチソウは自生地において自然分球することはなく, 栄養繁殖をしていないと考えられた.



第11図 ユキモチソウの球茎の形態

A: 発芽直後の種子, B: 発芽直後の胚軸部位の縦断切片, 矢印は根原基を示す, バーは300 μ m, C: 1年目の実生球茎, バーは1 cm, D: 球茎, 左ウラシマソウ, 右ユキモチソウ.

摘 要

ユキモチソウの基本的形態を明らかにした.

1. 香川県さぬき市のユキモチソウ自生地では, 個体群中の開花株の大部分はオスの性表現を示し, 4年間のメス/オス比は, 0.11–0.17であった.
2. 栽培条件下では, オスよりメスの球根重が重い傾向にあったが, 明確な境界は認められなかった.
3. 花芽分化は5月に始まり年内には完成した. ユキモチソウは2年サイクルの仮軸分枝型の生長をしていた.
4. 花柄長と苞の長さはメスよりオスの方が長く, 葉は全体としてメスの方が大きかった. 小葉の数は3–5枚であった. 葉縁, 葉の斑入り, 小葉の柄の有無などに変異が認められた.
5. 集合果実当たりの種子数は300–1200粒で, 種子重にも変異が認められた.
6. ユキモチソウは強い頂芽優勢を示し自然分球は認められなかった.

謝 辞

本研究の一部は, 文部科学省科学研究補助金 (基盤研究C, 課題番号15580024, 研究代表者長谷川禧) によって行われた.

引 用 文 献

- (1) GUSMAN, G., GUSMAN, L.: The genus *Arisaema*. A. R. G. Gantner Verlag KG (2003).
- (2) 邑田 仁: テンナンショウ属分類の最近の進展. *J. Phytogeo. Taxon.* 52, 123-126 (2004).
- (3) 邑田 仁: マムシグサは1種か30種か. *生物科学*, 55, 87–94 (2004).
- (4) KINOSHITA, E.: Size-sex relationship and sexual dimorphism in Japanese *Arisaema* (Araceae). *Ecol. Res.*, 1, 157-171 (1986).
- (5) HOTTA, M.: Study of the family Araceae general remarks. *Jap. J. Bot.*, 20, 269-310 (1971).
- (6) MURATA, J.: An attempt at an infragenetic classification of the genus *Arisaema* (Araceae). *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo III.*, 13, 431-482 (1984).
- (7) RICHARDSON, C. R. and CLAY, K.: Sex-ratio variation among *Arisaema* species with different patterns of gender diphasy. *Pl. Spec. Biol.*, 16, 139-149 (2001).
- (8) TAKASU, H.: Life history studies on *Arisaema* (Araceae) I. Growth and reproductive biology of *Arisaema urashima* Hara. *Pl. Sp. Biol.*, 2, 29-56 (1987).
- (9) KINOSHITA E.: Sex change and population dynamics in *Arisaema* (Araceae) I. *Arisaema serratatum* (Thunb.) Schott. *Pl. Sp. Biol.*, 2, 15-28 (1987).
- (10) BIERZYCHDEK, P.: The demography of Jack-in-pulpit, a forest perennial that changes sex. *Ecol. Mono.*, 52, 335-351 (1982).
- (11) LOVETT-DOUST, J. and CAVERS, P.B.: Sex and gender dynamics in Jack-in-the-pulpit, *Arisaema triphyllum* (Ara-

- ceae). *Ecology*, 63, 797-808 (1982).
- (12) RUHREN, S., and HANDEL, S. N.: Considering herbivory, reproduction, and gender when monitoring plants: a case study of Jack-in-pulpit (*Arisaema triphyllum* (L.) Schott). *Natu. Aeras J.*, 20, 261-266 (2000).
- (13) VITT, P.: Gender-related differences in gas exchange rates in the gender-switching species *Arisaema triphyllum* (Araceae). *Rhodora*, 103, 387-404 (2001).
- (14) LOVETT-DOUST, J. and CAVERS, P.B.: Resource allocation and gender in the green dragon *Arisaema dracontium* (Araceae). *Am. Midl. Nat.*, 108, 144-148 (1981).
- (15) CLAY, K.: Size-dependent gender change in green dragon (*Arisaema dracontium*; Araceae). *Amer. J. Bot.*, 80, 769-777 (1993).
- (16) MURAOKA, H., TANG, Y., TERASHIMA, I., KOIZUMI, H. and WASHITANI, I.: Contributions of diffusional limitation, photoinhibition and photorespiration to midday depression of photosynthesis in *Arisaema heterophyllum* in natural high light. *Plant Cell Environ.*, 23, 235-250 (2000).
- (17) MURAOKA, H., TANG, Y., KOIZUMI, H. and WASHITANI, I.: Effects of light and soil water availability on leaf photosynthesis and growth of *Arisaema heterophyllum*, a riparian forest understorey plant. *J. Plant Res.*, 115, 419-427 (2002).
- (18) 濱尾章二, 成田佳紀, 加藤英介, 野崎貴史, 佐野智彦: 性転換するマムシグサにおけるサイズと花序への投資量の関係. 日本植物園協会誌, 38, 113-118 (2004).
- (19) 環境庁:改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック植物 I (維管束植物). (2002).
- (20) 丸井英幹, 山崎俊哉, 梅原徹, 黒崎史平, 小林禰幹: 絶滅危惧種ハリマムシグサ (*Arisaema minus* (Serizawa) J. Murata) の保全対策としての移植事業 I 生育環境と移植条件. 生態保全学研究, 9, 173-182 (2004).
- (21) 丸井英幹, 山崎俊哉, 梅原徹, 黒崎史平, 小林禰幹: 絶滅危惧種ハリマムシグサ (*Arisaema minus* (Serizawa) J. Murata) の保全対策としての移植事業 II モニタリングと管理. 生態保全学研究, 9, 183-192 (2004).
- (22) FUKAI, S., HASEGAWA, A., GOI, M. and YAMASAKI, N.: Seed propagation of *Arisaema sikokianum* (Araceae). *Acta Hort.*, 570, 327-330 (2002).
- (23) FUKAI, S., KANECHIKA, R. and HASEGAWA, A.: Effect of low temperature on breaking dormancy and flowering of *Arisaema sikokianum* (Araceae). *Sci. Hort.*, 111, 97-100 (2006).
- (24) FUKAI, S.: Floral initiation and development of the sex changing plant *Arisaema sikokianum* (Araceae). *Intl. J. Plant Sci.*, 165, 739-744 (2004).
- (25) FUKAI, S., HASEGAWA, A. and KOBAYASHI, T.: The sex changing plant *Arisaema sikokianum* (Araceae) is self-compatible. *Prop. Orn. Plants*, 6, 39-44 (2006).
- (26) 河野昭一: 植物の種分化と適応. pp. 50. 三省堂, 東京 (1997).
- (27) 高須秀樹: 小型個体の少ない集団構造. 河野昭一監修, ニュートン植物の世界. pp. 76-77. 教育社, 東京 (1988).
- (28) OHASHI, H., MURATA, J. and TAKAHASHI, M.: Pollen morphology of the Japanese *Arisaema* (Araceae). *Sci. Rep. Tohoku Univ. 4th ser (Biol.)*, 38, 219-251 (1983).
- (29) VOGEL, J.: A survey of the function of the lethal kettle traps of *Arisaema* (Araceae), with records of pollinating fungus gnats from Nepal. *Bot. J. Linn. Soc.*, 133, 61-100 (2000).
- (30) 紙谷智彦: 果実の二色ディスプレイ戦略. 上田恵介編著, 種子散布. Pp. 52-63. 築地書館, 東京 (1999).
- (31) MEEUSE, B. J. D.: *Arisaema*. In: A. H. Halevy (ed.), *Handbook of flowering I*. pp. 511-516. CRC Press, Florida (1985).
- (32) 清水建美: 図説植物用語辞典. 八坂書房, 東京 (2001).

(2006年10月31日受理)