

断片化した森林における スズムシバナ (キツネノマゴ科) の生育状況

A habitat of *Strobilanthes oligantha* (Acanthaceae)
in a fragmented forest

福原 達人
Tatsundo FUKUHARA
福岡教育大学教育学部

中田 真典
Masanori NAKATA
福岡教育大学教育学部
山口県柳井土木建築事務所

三村 有希
Yuuki MIMURA
福岡教育大学教育学部
東海大学附属福岡高等学校

山田 笑未佳
Emika YAMADA
福岡教育大学教育学部
浦添市立港川中学校

(令和4年9月29日受付, 令和4年12月20日受理)

キーワード: 絶滅危惧種・P/O比・種子散布・林縁・光環境

序論

スズムシバナ (キツネノマゴ科) *Strobilanthes oligantha* Miq. (図1) は, 本州近畿以西, 四国, 九州と朝鮮半島南部・中国中部に分布し, 林内や林縁に生育する多年草で, 福岡県レッドリスト (福岡県 2011) では絶滅危惧 I A 類に区分されている。本研究では, 2019年に宗像植物友の会会員によって宗像市内の神社で発見された集団 (吉田 2020) について, 個体分布・個体数・サイズ分布を調査し, 採取した種子由来の個体を用いて開花における経時変化・自殖性等を調べた。

調査地と調査方法

現地調査: 宗像市内の A 神社 (保全上の理由で神社名・地名・位置情報は記載しない) において, 2021年9/30・10/7の2回 (両日とも午前9時~12時頃), 現地調査を行った。神社は西向き斜面の裾にあり, 西側は平坦な田園地帯, 東側の斜面は常緑樹林で, その上は宅地が広がっている。社殿の各辺の頂点・樹木の位置をメジャーで測定して略地図を作成し, スズムシバナの各個体の位置を略地図上に落としてから高さを0.5 cm単位で測定した。スズムシバナの地下茎は短く横に伸び, 節から発根する (図2) ため, 密生している場合は個体の判別は困難だったが, 地表付近の茎の伸び方 etc から暫定的に判断した。草丈は, 地表から一番高く伸びている茎の先端 (葉や花は除く) までとし, 倒伏しているものは垂直に立てて測定した。作成した略地図をスキャナーで取り込み, Microsoft PowerPoint 上において図形でトレースして清書し, ImageJ (Rasband 1997-2018) を用いて座標データに置き換えた。個体間の混み合い度の指標として, 各個体について, 近傍個体 (0.5 m 以内にあるスズムシバナ他個体) の数を座標データから算出した。

本論文は, 中田・三村・山田の卒業論文 (2020年度) を福原が加筆修正して取りまとめたものである。中田・三村・山田・福原が現地調査を行い, 中田は個体の空間分布についてデータを分析し, 三村は結実率と開花における経時変化について室内実験, 山田は花粉数・胚珠数と柱頭付着花粉数の計測を行って, 各々の卒業論文とした。本研究は, 宗像植物友の会会員から情報を提供頂いたことによって可能になった。厚く御礼申し上げます。

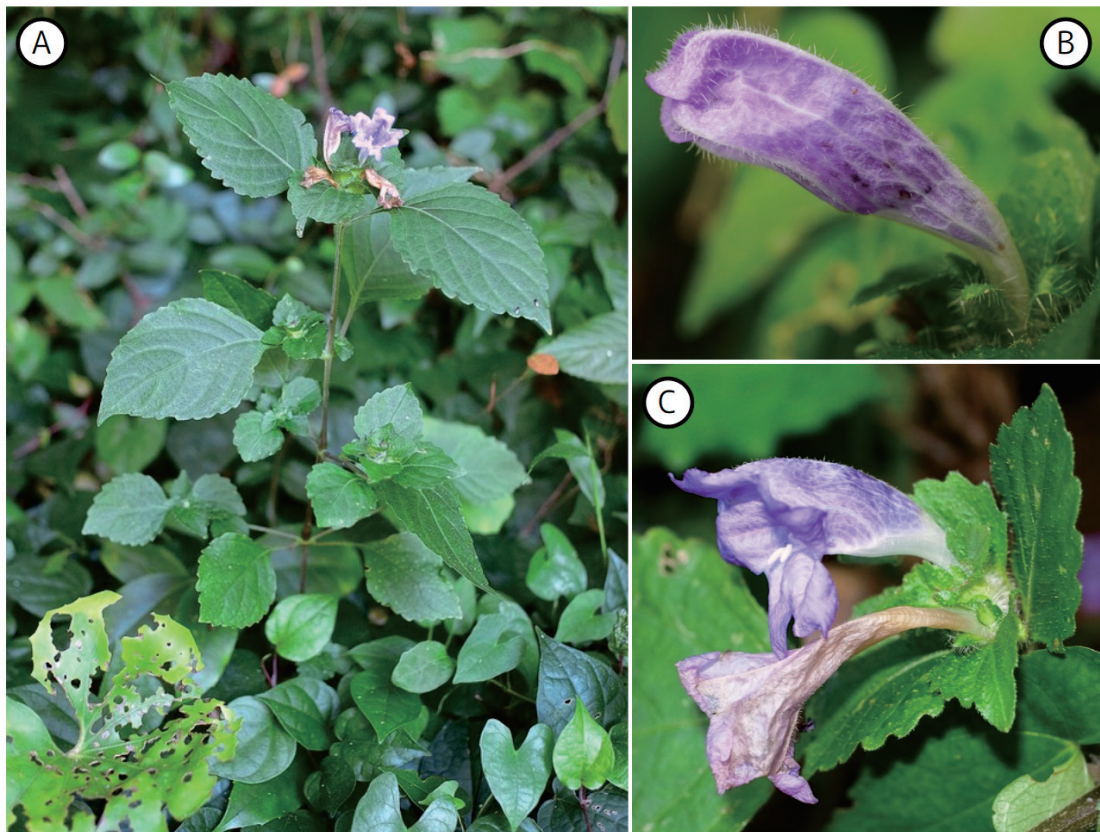


図1. スズムシバナ (キツネノマゴ科) の花期の草姿 (A)・蕾 (B)・花 (C)。



図2. スズムシバナの地下部。プランターで栽培し発芽後1年半を経た個体を12月に撮影。

測定中の10/7の正午頃に、開花個体約20個体から、蕾(図1B)・花冠が紫で褐変が見られない花・花冠に褐変が見られる花(図1C)を1つずつ採取した。採取した蕾と花はFAA固定液(ホルマリン:酢酸:エタノール:水=5:5:45:45,体積比)に浸けてアスピレーターで脱気し、固定液を浸透させて保存し、50%エタノールで洗浄後、花粉数・胚珠数・柱頭付着花粉数の算定に用いた。

室内栽培下の結実率：2019年にA神社で採取した種子に由来する栽培個体およそ10個体を、開花期にプランターごと室内に移し、昆虫が訪花できない条件下の結実率を調べた。10/1・10/2・10/5に開花直後の花48個の萼裂片先端にペイントマーカーで印をつけた。また、10/8の午後に当日開花した花8個について柱頭に別個体の花の葯で人工授粉し、ペイントマーカーで印をつけた。スズムシバナの果実は完熟すると2片に裂開して種子を弾き飛ばす（図3A）ため、種子の弾出が始まった11/13に印をつけた花を花茎ごと回収し、稔実の有無、稔実した場合は種子数を記録した。

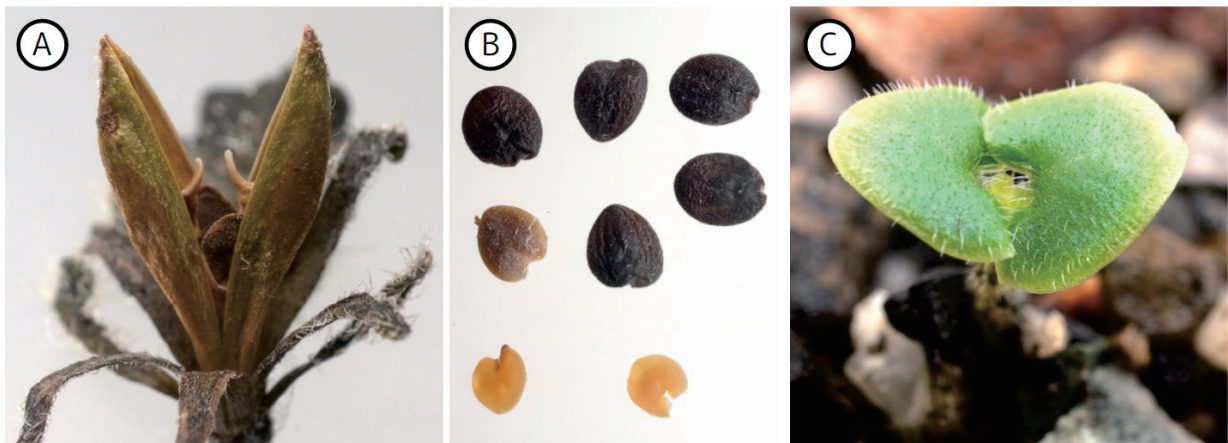


図3. スズムシバナの裂開した果実 (A)・種子 (B)・芽生え (C)。



図4. スズムシバナの葯と柱頭。A～C一開花1日目の花の葯と柱頭（Cは液浸標本）、D一花粉が付着した開花1日目の柱頭、E一開花2日目の花の葯と柱頭

開花における経時変化：10/1～10/11の11日間、上記のプランター栽培個体を、プランターの真上と真横から三脚で固定したデジタルカメラ（RICOH WG-60）で30分毎に撮影した。撮影画像から、開花過程の少なくとも一部が明瞭に追えた花56個について、蕾が展開を始めた時刻・展開が止まり花が開ききった時刻・花冠の少なくとも一部が褐変し始めた時刻を決定した。

花粉数・胚珠数：現地調査時に採取した蕾10個の花粉数と胚珠数を算定した。スズムシバナの花（図4）には長短2本ずつ、計4本の雄しべがあり、雌しべは長い雄しべとほぼ同長である（図4C）。アニリンブルーを少量加えた50%グリセリン水溶液をスライドガラス上に滴下し、葯を浸してピンセットの先端で花粉が出なくなるまで扱いた。葯を取り除いてカバーガラスを掛けて検鏡し、全ての花粉をカウンターで数えた。同じ花の子房を解剖し、胚珠数を数えた。

柱頭に付着した花粉数：開花における経時変化の結果により、花冠が紫で褐変が見られない花は当日早朝に開花した花（1日目の花）、花冠に褐変が見られる花は前日早朝に開花した花（2日目の花）と推定された。1日目の花と2日目の花のそれぞれから柱頭を切り出し、アニリンブルーを少量加えた50%グリセリン水溶液で封入したプレパラートを検鏡し（図4D）、柱頭の形状を観察するとともに、付着している花粉数を数えた。

結果

個体の分布

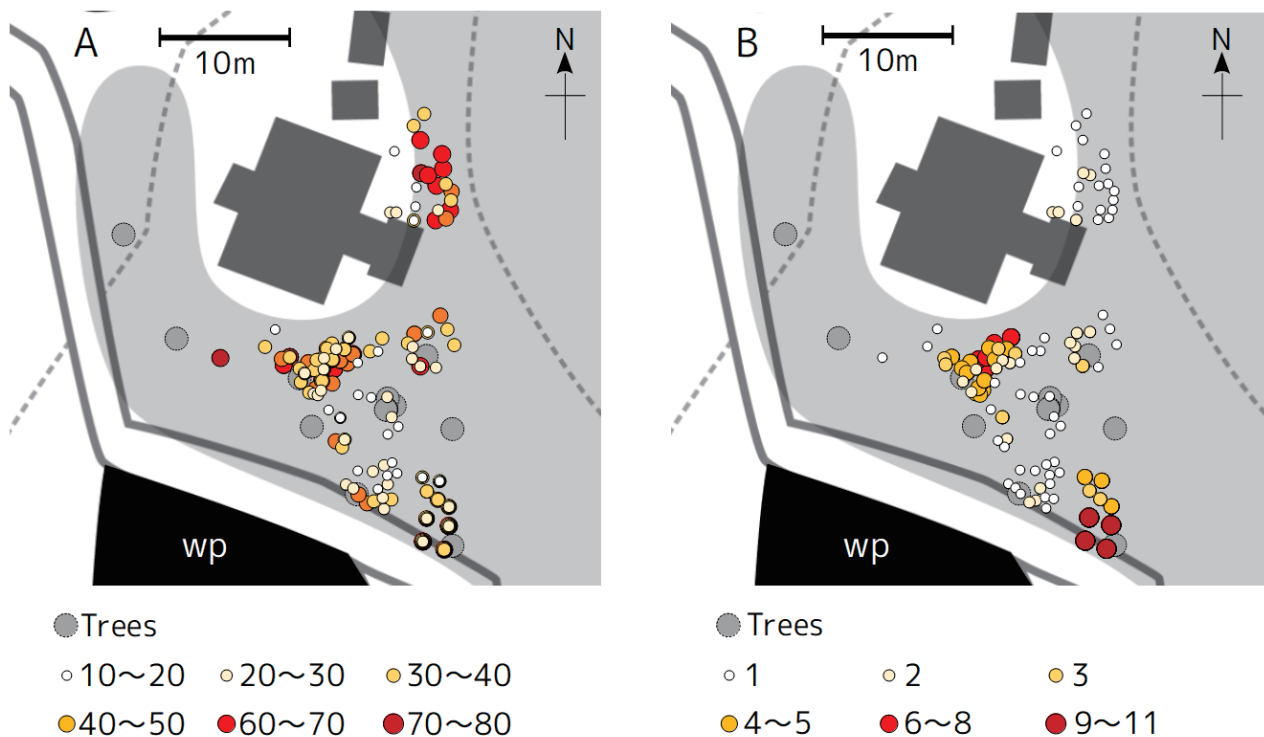


図5. A 神社におけるスズムシバナの空間分布。A—草丈の階級，B—近傍個体数によってプロットを区別した。破線で囲まれたグレーの円は樹木の根元，濃いグレーの図形は社殿等の建物，二重線は道路，破線は等高線（右側が高い），薄いグレーで塗りつぶした領域は社寺林の林冠のおおよその範囲，黒く塗りつぶした領域（wp）は調整池を示す。

調査地で測定したスズムシバナは212個体で、社殿を取り囲む常緑樹林の林縁と林内に分布していた（図5）。89.7%にあたる190個体は、社殿南～南東側の常緑樹林にあり、帯状の森林であるため、林内の個体も林縁から10m以内にある。また、林床の低木や高茎草本は少なく、林内もある程度の明るさが保たれてい

た。10.3%にあたる 22 個体は社殿の背後、北東側の林縁にあった。草丈は 10.5 cm ~ 81.5 cm で、平均は 35.65 ± 12.4 cm である（表 1）。草丈の比較的高い個体は林縁部に多く、近傍個体が多い個体は社殿南側に面した林縁と舗装道に面した林縁に見られる。林内の個体は草丈が低く、近傍個体も少ない傾向がある。調査後に、周辺に点在する常緑林やヒノキ植林、モウソウチク林の林縁や林床を踏査したが、スズムシバナは見出せなかった。

表 1. 草丈の分布。10 cm 以上 20 cm 未満を「10 ~ 20」と表記した（他も同様）。

草丈(cm)	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70以上
個体数	26	44	68	48	21	2	3

室内栽培下での結実率

マークした 48 花のうち、35 花（72.9%）が正常に結実した。35 個の果実のうち、5 個は裂開して種子を弾き飛ばした後であり、24 個では胚珠の全てが種子となって 4 種子、5 個では 3 種子、1 個では 2 種子が成熟していた。正常に結実しなかった 13 花の内訳は、果実全体が萎縮ないし脱落したものが 4、中空のひしゃげた種子のみを内蔵していたものが 9 であった。

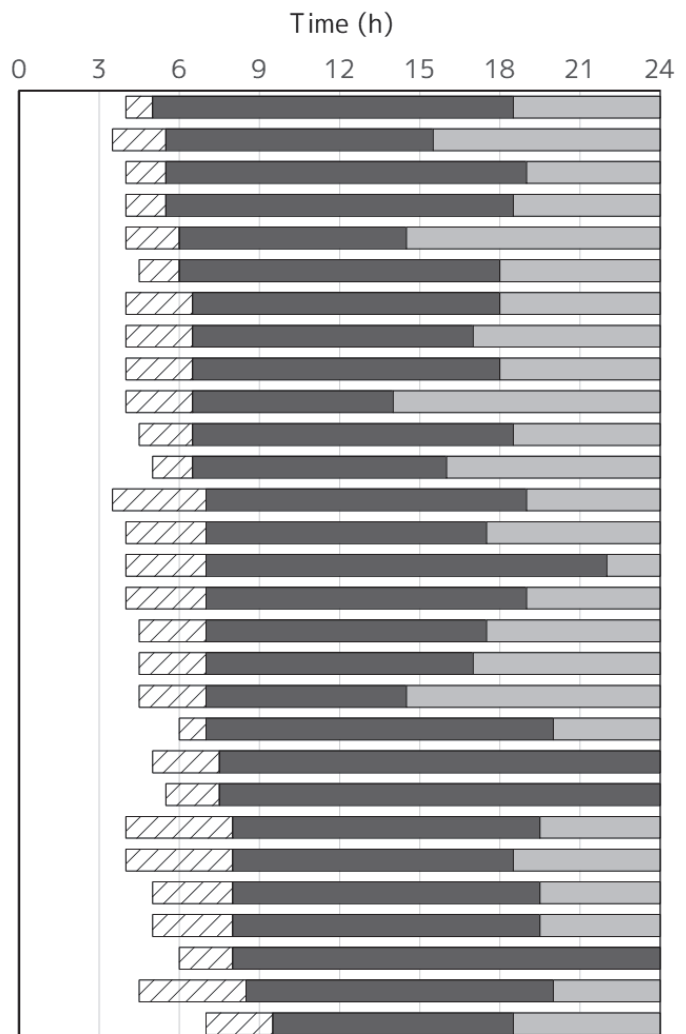
人工授粉した 8 花では、4 花（50.0%）が正常に結実し、果実はいずれも 4 種子を内蔵していた。

花茎の回収までに裂開した果実（図 3A）からは、水平距離にして 2 m 弾き飛ばされていた種子があった。また、プランターより 70 cm 高い机上まで弾き飛ばされていた種子もあった。

開花における経時変化

花によって開花が進むタイミングにはずれがあり（図 6）、蕾が開き始めた時刻は 3:30 ~ 7:00 で平均は $4:34 \pm 0:47$ ($n = 49$)、花が開ききった時刻は 5:00 ~ 9:30 で平均は $7:08 \pm 0:56$ ($n = 50$) であり、多くの花は未明の 4 時から 5 時にかけて開き始め、8 時までに開ききった。花冠の褐変時刻は大きくばらつき、開花の翌日まで始まらないこともあるが、多くの花では開花当日 20:00 までに始まった。

図 6. 蕾から褐変までの全過程のデータが得られた 29 個の花における経時変化。横軸は時刻を示す。斜線—蕾が開き始めてから開花が完了するまで、濃いグレー—花冠が紫色（褐変なし）、淡いグレー—花冠の一部が褐変を示す。開花の完了時刻が早い順に並べた。



花粉数・胚珠数

長い雄しべ2本の葯1個あたりの花粉数は 552.4 ± 129.7 ，短い雄しべ2本の葯1個あたりの花粉数は 667.9 ± 159.4 であり，短い雄しべの方が有意に花粉数が多かった (Welch の t 検定, $p = 0.019$)。蕾1つあたりの花粉数は 2440.4 ± 334.0 ，胚珠数は全て4で，胚珠1個あたりの花粉数 (P/O比) は 610.1 ± 83.5 であった。

表2. 別々の個体から採取した蕾10個で算定された花粉数と胚珠数。

花茎番号	花粉数			胚珠数	P/O比		
	長い雄しべ	短い雄しべ	合計				
A	608	532	845	737	2722	4	680.5
B	410	616	765	450	2241	4	560.25
C	711	833	955	411	2910	4	727.5
D	794	610	750	524	2678	4	669.5
E	496	557	701	592	2346	4	586.5
F	598	523	531	497	2149	4	537.25
G	563	561	767	860	2751	4	687.75
H	529	460	818	780	2587	4	646.75
I	411	378	387	572	1748	4	437
J	581	276	783	632	2272	4	568
平均	552.4		667.9		2440.4	4	610.1
標準偏差	129.7		159.4		334	0	83.5

柱頭に付着した花粉数

開花2日目の柱頭は，開花1日目の柱頭と比べて，やや萎縮しており，先端部が褐色を帯びるものがあった (図4E)。柱頭に付着していた花粉数は開花2日目の方が有意に多かった (表3, Brunner-Munzel 検定 $p = 0.0079$)。

表3. 同じ花茎から採取した1日目の花と2日目の花の柱頭に付着していた花粉数。花茎Tの2日目の値(235)は外れ値と見なし、平均・標準偏差の算出に含めていない。

花茎	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	平均	標準偏差
1日目	4	8	5	17	16	3	2	2	23	0	21	9.2	8.0
2日目	12	32	69	10	13	35	15	14	235	27	13	24.0	17.3

考察

スズムシバナは，宗像市・福津市に跨がる許斐山で，宗像市側と福津市側に生育することが以前から知られている (渡辺 1997, 宗像市・岡垣町 2016, 福原・宗像植物友の会 2019) が，A 神社の生育地はごく最近まで発見されていなかった。

神社に生育する212個体のスズムシバナの約9割は，社殿南～南東側の帯状の森林の林縁か林縁近くに生育していた。地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) の航空写真 (1981年撮影) と Google マップ (<https://www.google.co.jp/maps/>) の最新の航空写真とを比較すると (図7)，かつては神社の東側・南側を広く覆っていた森林が，1990年代に，神社東側の高所に宅地が造成され，神社南側に宅地からつながる道路と調整

池が造成されたことによって、社殿南～南東側の森林は幅 10～15メートルの帯状となった。従って、現在スズムシバナが主に生育している環境は、1990年代以降にできたものである。

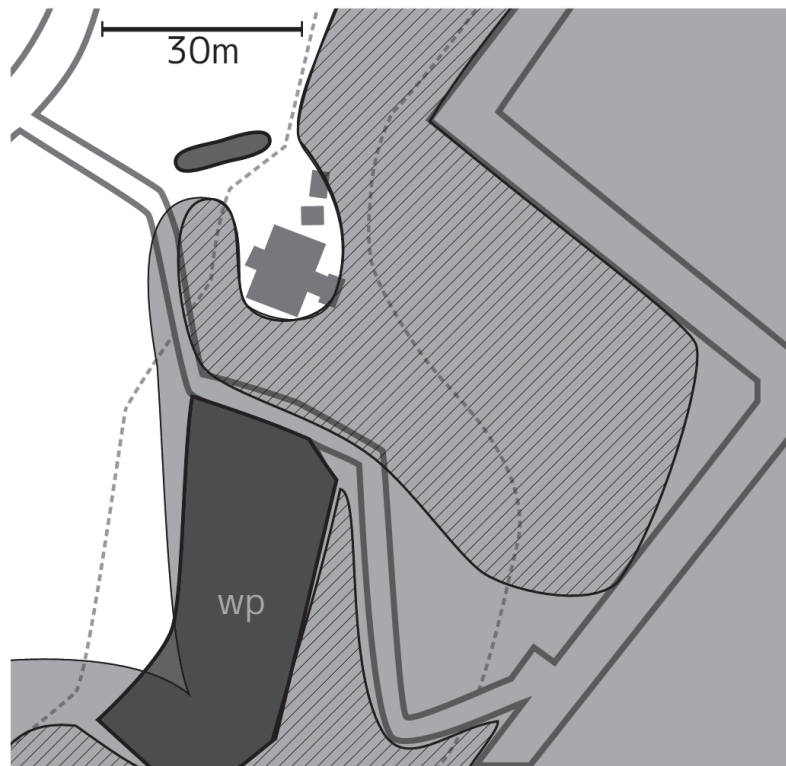


図7. A 神社周辺の略図。現在の森林（林冠）を斜線の領域、1980年代の森林（林冠）を淡いグレーの領域で示した。図の下側の濃いグレーの領域（wp）は調整池で、調査時には面積の殆どが干出していた。地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) と Google マップ (<https://www.google.co.jp/maps/>) から作成。

スズムシバナの花は実質的に一日花で、早朝から日の出後にかけて開花し、日没頃には花冠が変色し始める。大形で紫色の花冠や釣鐘状で基部が細い花筒など、大形のハナバチ媒花の特徴をもつが、現地調査中に観察された訪花昆虫は極めて少なく、トラマルハナバチが1回とヒラタアブ類が数回のみであった。訪花者の頻度については、より重点的な調査が必要だが、神社を取り巻く森林は孤立化・断片化しており、訪花昆虫の欠乏を招いている可能性がある。

訪花昆虫が乏しいにもかかわらず、開花数時間後の花でも柱頭には0～21個（平均9.2個）の花粉が付着しており、その24時間後には全ての花の柱頭に胚珠数（4）を上回る数の花粉（10～269個；平均43.2個）が付着していた。また、訪花昆虫から遮断された室内でも、スズムシバナは高い結実率を示した。交配様式の指標となることが知られている胚珠1個あたりの胚珠数（P/O比）は610.1で、Cruden（1977）によれば、条件的他殖性の種の値（ 797 ± 88 ）に近い。キツネノマゴ科の他属でも、他殖性の *Justicia betonica* では2166.6（Layek et al. 2022）なのに対して、条件的他殖性の *Ecbolium ligustrinum* では626（Kundu & Karmakar 2022）、*Asystasia gangetica* では787.8（Mocharla & Aluri 2021）など、スズムシバナに近い値であった。従って、スズムシバナは自家和合性かつ条件的他殖性であり、訪花昆虫がいない条件下でも自花粉が柱頭に付着することによる自殖を行うと考えられる。

2019年秋に生育地で採取した種子をポットに播種すると、翌2020年3月下旬に発芽し（図3C）、同年秋には開花・結実した。また、種子由来栽培個体から2020年秋に採取した自殖由来の種子を播種すると、同様に翌2021年秋には開花・結実した。

以上を総合すると、近隣の宅地造成による森林の断片化によって、社殿周辺の光環境が変化し、スズムシバナの生育に好適な林縁・準林縁環境ができた。訪花昆虫に恵まれない環境下でも自殖によって繁殖できる

スズムシバナは個体数を増やし、種子を弾く自動散布によって空間分布を拡大し、発見に至ったのではないかと考えられる。林縁や林内の光環境が保たれるような管理（低木・高茎草本の除去）ができれば、現状が維持されると見込まれる。しかし、スズムシバナの散布様式から、孤立した生育地から周辺に分布を拡大する可能性は低く、10 m × 30 m の範囲に局限された個体群は、病虫害やイノシシによる掘り起こし、園芸目的の採取等によって偶発的に縮小ないし消滅するリスクもある。上記の通り、種子による増殖は比較的容易であるため、栽培下での系統保存や近隣の類似環境への移植等も検討する価値があると考えられる。

引用文献

- Cruden RW (1977) Pollen-Ovule Ratios: A Conservative Indicator of Breeding Systems in Flowering Plants. *Evolution* 31(1): 32–46
- Kundu A, Karmakar P (2022) Pollination Ecology and Breeding System of *Ecbolium ligustrinum* (Acanthaceae): A Transition from Autogamy to Xenogamy through Specialised Plant-pollinator Interactions. *Acta Botanica Hungarica* 64(1–2): 137–155. <https://doi.org/10.1556/034.64.2022.1-2.7>
- Layek U, Midday M, Bisui S, Kundu A, Karmakar P (2022) Floral biology, breeding system and pollination ecology of *Justicia betonica* L. (Acanthaceae): An assessment of its low reproductive success in West Bengal, India. *Plant Species Biology* 37(4): 278–293. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12380>
- Mocharla DS, Aluri JSR (2021) The Reproductive Ecology of *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson (Acanthaceae). *Jordan Journal of Natural History* 8(2): 35–48
- Rasband WS (1997-2018) ImageJ. US National Institutes of Health. <https://imagej.nih.gov/ij/>
- 宗像市・岡垣町 (2016) 『宗像・岡垣登山マップ』宗像市商工観光課・岡垣町産業振興課 <https://www.munatabi.jp/k006/080/050/20150318192014.html>・<https://www.town.okagaki.lg.jp/s027/20160420134854.html> 2022年9月閲覧
- 福岡県 (2011) 『福岡県レッドデータブック 2011 福岡県の希少野生生物 —植物群落・植物・哺乳類・鳥類—』福岡県環境部自然環境課
- 福原達人・宗像植物友の会 (2019) 植物目録. 所収: 新修宗像市史編集委員会 (編) 『新修宗像市史 うみ・やま・かわ —地理・自然—』宗像市 pp.292–329
- 渡辺幸子 (1997) 宗像の植物. 宗像市史編纂委員会 (編) 『宗像市史 通史編: 第一巻 自然・考古』宗像市 pp.206–298.
- 吉田剛 (2020) かくれみの (宗像植物友の会会報) 47: 33