

Bulletin of the Botanic Gardens of Toyama

No. 22

富山県中央植物園研究報告

第 22 号



December, 2016

Botanic Gardens of Toyama

2016 年 12 月

富山県中央植物園

Editor-in-Chief (編集委員長)

Masashi Nakata, Director, Bot. Gard. Toyama
(中田政司 : 富山県中央植物園長)

Managing Editor (主任編集委員)

Kazuomi Takahashi, Bot. Gard. Toyama
(高橋一臣 : 富山県中央植物園)

Editors (編集委員)

Toshiyuki Yamashita, Bot. Gard. Toyama
(山下寿之 : 富山県中央植物園)

Toshinari Godo, Bot. Gard. Toyama
(神戸敏成 : 富山県中央植物園)

Tadashi Kanemoto, Bot. Gard. Toyama
(兼本 正 : 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。

Juntaro Kato, Aichi University of Education
(加藤淳太郎 : 愛知教育大学)

Explanation of Cover

Halophila sp. (Photo by Y. Azuma)

(表紙の説明)

ウミヒルモ属の一種 (東 義昭 撮影)

Bull. Bot. Gard. Toyama	No. 22	pp. 1–45	Toyama	December 28, 2016
-------------------------	--------	----------	--------	-------------------

富山県氷見市小境海岸産ウミクサ類の生育状況

東 義詔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

Ecological conditions of seagrasses at Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture

Yoshitsugu Azuma¹⁾ & Nobumitsu Kawakubo²⁾

¹⁾ Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

²⁾ Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University,
1-1 Yanagito, Gifu 501-1193, Japan

Abstract: In order to clarify the ecological conditions of seagrasses in the coves at Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture, the distribution areas of seagrass species were observed and recorded. Moreover, to check the activities of their sexual reproductions, the sexual organs were examined in detail. As a result, two species of *Zostera*, *Z. marina* L. and *Z. japonica* Asch. et Graebn., were recognized at the <4 m-deep infralittoral zone in the wide areas of the coves. On the other hand, a *Halophila* species was observed at the <2 m-deep infralittoral zone in some limited areas of a cove. The obvious activities of sexual reproductions in all species were confirmed by both in situ and ex situ observation. The morphology of sexual organs of the *Halophila* species was different from those described for known species of the genus.

Key Words: ecological conditions, *Halophila*, seagrasses, sexual reproduction, Toyama bay, *Zostera japonica*, *Zostera marina*

ウミクサ類は、沿岸域の浅い海中を主な生育場所とし、海底の砂地や泥地等に群落を形成する。藻類の海藻(かいそう)とは異なり、花を咲かせ果実を付ける種子植物である。群落は、通常、ウミクサ類の複数種によって形成され、そこは浅海域の多種多様な生物の重要な生息場所となっている。このようなウミクサ類は単系統の分類群ではなく、海中または汽水中で生活史を完結する多年生の単子葉

植物である(大場・宮田 2007)。

世界のウミクサ類は、den Hartog & Kuo (2006)によると、6科 14属 66種と認識されている。具体的には、アマモ科 Zosteraceae (3属 20種)、シオニラ科 Cymodoceaceae (5属 17種)、ポシドニア科 Posidoniaceae (1属 9種)、トチカガミ科 Hydrocharitaceae (3属 18種)、カワツルモ科 Ruppiaceae (1属 1種)、イトクズモ科 Zannichelliaceae (1属 1種)が

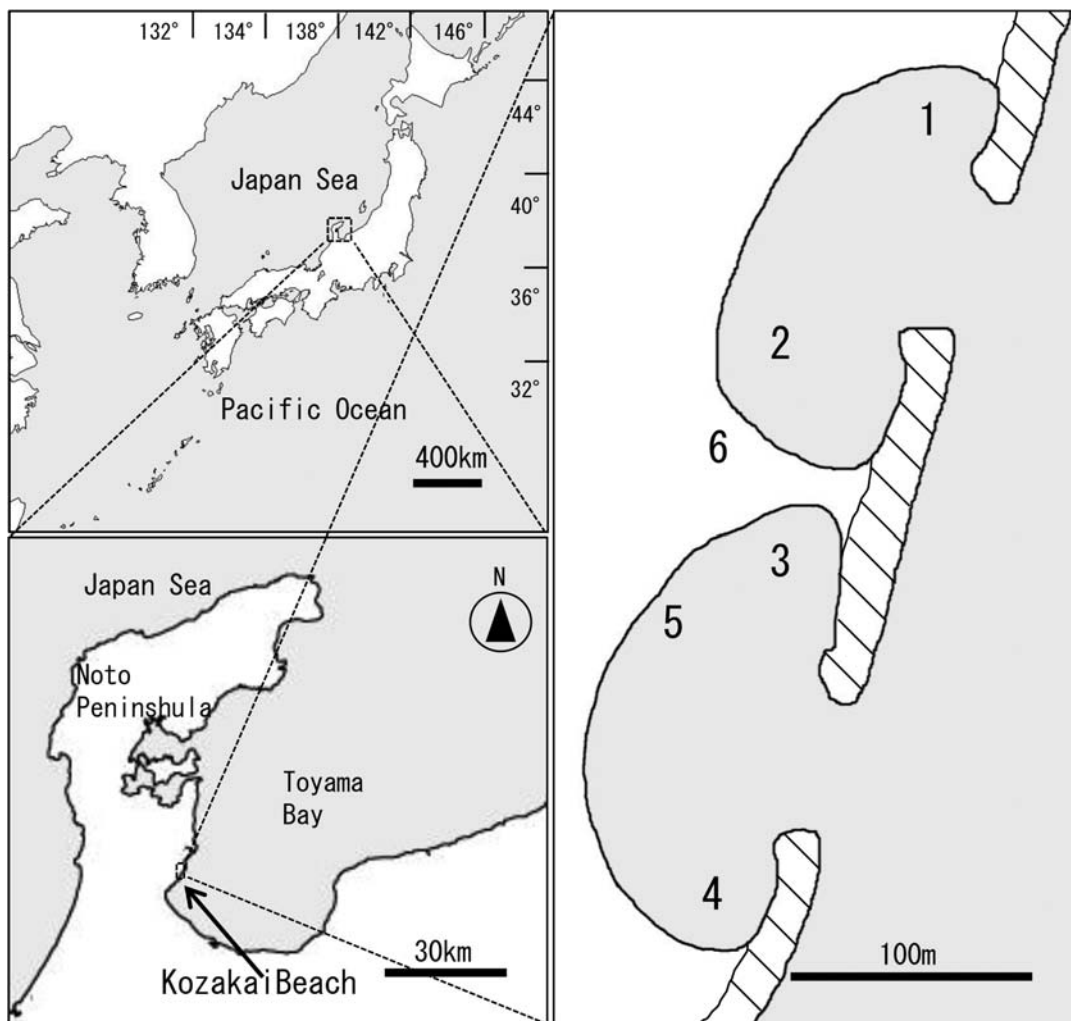


Fig. 1. Study area: Kozakai Beach, Himi City, in the southeastern part of Noto Peninsula. Numbers indicate the study sites. Hatched areas represent tetrapods.

図1. 調査地地図. 調査は能登半島南東部の氷見市小境海岸で行った. 番号は調査地点を示す. 斜線部は消波ブロック.

世界のウミクサ類とされている。それらの発表後に、Kuo *et al.* (2006) による日本産ウミヒルモ属 *Halophila* のモノグラフがまとめられ、新種として4種が記載された。また、同年に Uchimura *et al.* (2006) によっても日本産ウミヒルモ属の再検討が行われ、ウミヒルモ属の分類学的研究が進んだ。それ以降も、ウミクサ類の分子系統学的研究(特にウミヒルモ属)が進展しているが、研究者により見解

が異なり、世界のウミクサ類の分類は、十分には整理されていないのが現状である。

日本産ウミクサ類は、大場達之・宮田昌彦の両博士による「日本海草図譜(2007)」によると、5科10属30分類群(変種、亜種、雑種を含む)が確認されている。また、琉球列島では世界の熱帯域から亜熱帯域に生育するウミクサ類と共通する分類群が多く見られ、九州・四国・本州・北海道では北半球の温帯

域から亜寒帯域に生育する分類群と共通性が高いとしている。

富山県におけるウミクサ類研究は、佐野ほか(1978)、藤田・高山(1999)、浦邊・松村(2004)、伊串・稲村(2010, 2012)によって行われてきた。佐野ほか(1978)は、能登半島におけるウミクサ類の分布域や垂直分布について記した。そこでは、氷見市蛇ヶ島近海にウミヒルモ *Halophila ovalis* (R.Br.) Hook. f. が分布することを記録している。藤田・高山(1999)は、魚津市におけるアマモ *Zostera marina* L.、コアマモ *Z. japonica* Asch. et Graebn.、ウミヒルモの分布域と生育環境を報告している。浦邊・松村(2004)は、氷見市においてウミクサ類の分布調査を行い、同市沿岸4ヶ所でアマモ、コアマモ、スゲアマモ *Z. caespitosa* Miki、ウミヒルモを確認し、採集を行っている。伊串・稲村(2010, 2012)は、富山県沿岸の6地区で魚類相を明らかにするための潜水調査を行い、氷見市、魚津市の2地区においてアマモ、コアマモの分布を報告している。しかし、富山県内のウミクサ類の繁殖生態は解析されておらず、開花結実などの有性生殖の実態は把握されていない。

本研究は、富山県氷見市小境海岸に生育するウミクサ類の種別の分布を明らかにし、それらの生育状況を生殖器官に着目して観察・記録するために実施された。

調査地

調査は富山県氷見市に位置する小境海岸で行った(図1)。小境海岸は能登半島南東部に位置し、富山湾に面する。同海岸は人工海岸であり、消波ブロックにより沖側と岸側に分けられる。設置された消波ブロックの影響で岸側の波は穏やかで、夏季には浅瀬が海水浴場となる。水深は最大4 m程度で、消波ブロックが途切れる位置の水深が深い。岸側の海底は、表面上は砂質であるが、砂の下には有機物に富んだ黒色または黒褐色の軟泥が堆積している。調査は、常時海水に浸る潮下帯の図1の5ヶ所で行った。地点1と2は北側の入り江、地点3から5は南側の入り江に設定した。また、図1中の地点6は陸地だが、生育に関する情報が得られたので調査地点とした。

方法

小境海岸に生育するウミクサ類の分布を明らかにするため、2016年6月27日、8月7日、8月12日にスノーケリングによる調査を行った。調査地における種の分布状況、生育する深さ、生殖器官の有無に着目しながら観察を行い、株式会社ニコン製の水中デジタルカメラ Nikon1 AW で生育状況を記録した。

発見したウミクサ類は、スコップで掘り起こし、有性生殖器官や根・地下茎を崩さぬよ

Table 1. List of seagrasses observed at Kozakai Beach, Himi City.

表1. 氷見市小境海岸産ウミクサ類の一覧.

Taxon	Japanese name	Water depth(m)	Study sites*
Zosteraceae			
<i>Zostera marina</i>	Amamo	0.5 to 4	1. 2. 3. 4
<i>Zostera japonica</i>	Ko-amamo	0.5 to 3	1. 2. 3. 4. 5
Hydrocharitaceae			
<i>Halophila</i> sp.		0.5 to 2	3. 4. 5

*Numbers correspond to those in Fig. 1.

数字は図1に対応する。

うに軟泥と共にバケツに入れ、海水に浸した状態で研究室へ運んだ。研究室では、根や地下茎に付いていた軟泥を海水中で洗い、海水に浮かべた状態で実体顕微鏡による観察を行った。観察したウミクサ類はさく葉標本にした。

また、有性生殖器官を観察するために、60 cm 水槽で海水アクアリウムを構築し、調査地で得た軟泥の上に採集したウミクサ類を移植し栽培した。栽培条件はゼンスイ株式会社製のクーラー ZR-130E を用いて水温 19 °C ~ 22 °C を維持し、照明は自然光を利用し、エーハイムフィルター 2215 を用いてろ過を行った。開花の状況は、カシオ計算機株式会社製のデジタルカメラ EX-ZR1600 のインターバル撮影によって記録観察し、観察後は水槽から取り出し、実体顕微鏡で観察を行った。

結果および考察

ウミクサ類 3 種の生育状況

調査地には、2 科 2 属 3 種のウミクサ類の分布が明らかになった(表 1)。それらの種は、アマモ科のアマモ、コアマモ、トチカガミ科のウミヒルモ属植物の一種 *Halophila* sp. であった。当初、採集したウミヒルモ属植物は、大場・宮田(2007)が、ヤマトウミヒルモ *H. nipponica* John Kuo の亜種として区別したノトウミヒルモ subsp. *notoensis* Ohba et Miyata と思われたが、後述するように記載と異なる点が見られたため、未同定種としてウミヒルモ属 sp. とした。

アマモは、水深 0.5 m から水深 4 m 前後まで生育していた。本種は、図 1 の地点 1 から地点 4 で大きな群落を形成していた(図 2A)。3 種の中で、最も深い水深 4 m の場所で生育するのが観察された。また、いずれの調査日にも、本種の枯死した葉や千切れた葉と共に海藻が、図 1 中の地点 6 で大量に打ち上がっていた(図 2B)。生殖器官は、6 月 27 日に若

い花序、8 月 7 日に花粉が放出された花序を発見した。発見した花序は 10 cm 程度の長さであった。

コアマモは、水深 0.5 m から水深 3 m 前後まで生育していた。本種は、図 1 の地点 1 から地点 4 のアマモ群落の縁で、かつ岸側よりの場所に大きな群落を形成していた(図 2C)。それに加え、本種は、アマモ群落に点在するギャップ内や、図 1 の地点 5 にも小規模な群落を形成するのが観察された。生殖器官は、8 月 7 日に若い花序、8 月 12 日に花粉が放出された花序を発見した。花序の長さは 20 mm、幅 1.5 mm 程度であった。

ウミヒルモ属 sp. は、水深 0.5 m から水深 2 m 前後まで生育していた。本種は、図 1 の地点 5 に最も大きな群落を形成していた(図 2D)。生殖器官は、8 月 7 日に雄花蕾・雌花・未成熟な果実、8 月 12 日にも同様の生殖器官を採集した。

ウミクサ類 3 種の分布状態を比較すると、アマモ属 2 種は、南側と北側の小さな入り江で水深 4 m より浅い海底に広く分布していた。それに対し、ウミヒルモ属 sp. は、南側の入り江で水深 2 m より浅い海底にのみ分布していた。本調査地のウミヒルモ属 sp. は、アマモ属 2 種に比べ、水深が浅い海底でアマモやコアマモが密生しない岸側に繁茂すると考えられる。

本調査で分布が確認された 3 種のすべてで、有性生殖器官を発見することができた。つまり、本調査地のウミクサ類は、小さな湾内で密度高く群落を形成し、自然繁殖を行っていた。また、限られた調査時間の中でも有性生殖器官が発見できたのは、活発に有性生殖を行っているからなのかもしれない。自然繁殖の確証を得るには、今後の実生個体の確認と生活史の解明が必要である。一方、そのような良好な群落が形成された背景には、小境海岸の人工的な地形が影響している可能性がある。岸側の小さな湾と沖側である富山湾

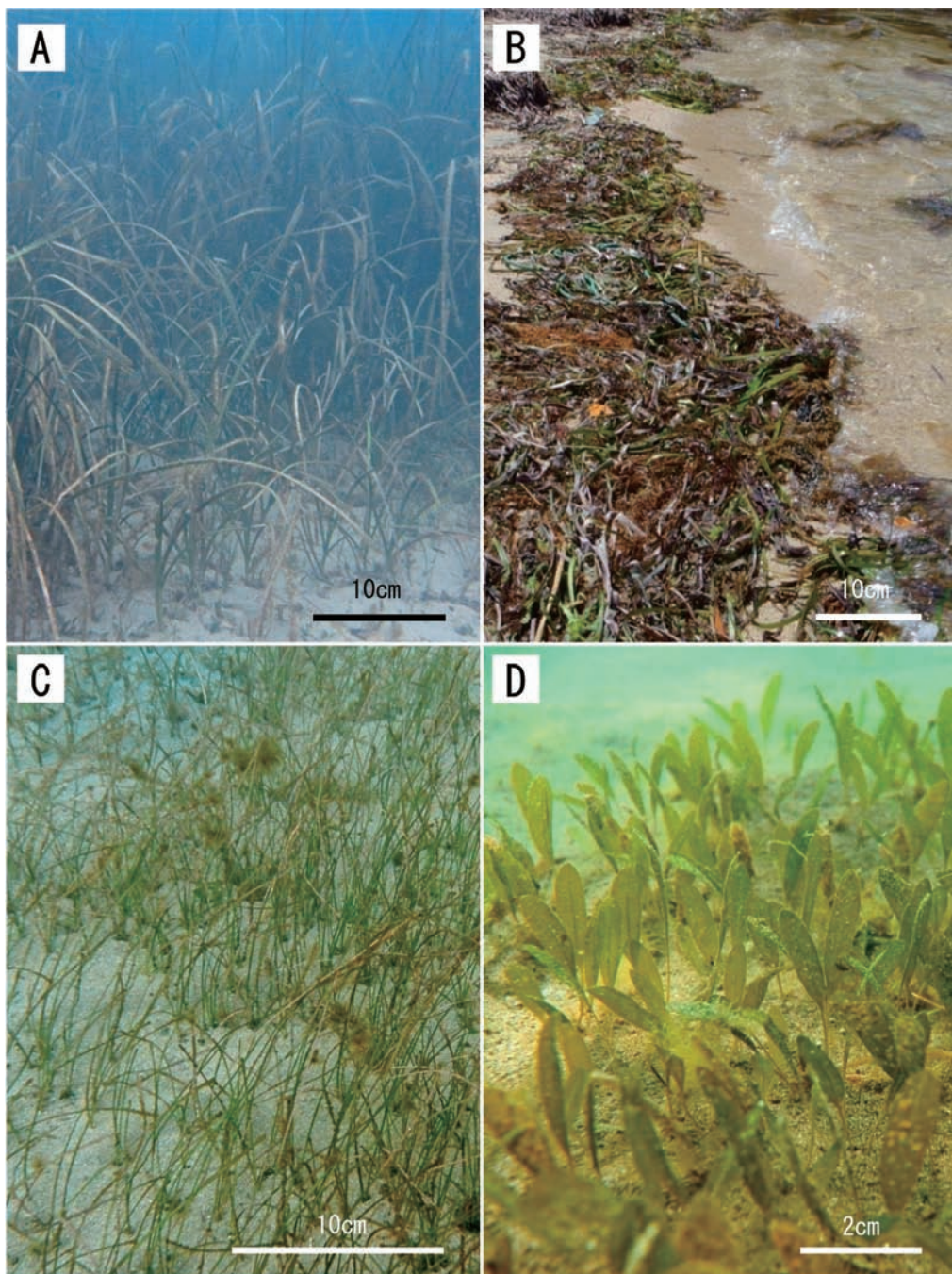


Fig. 2. Ecological conditions of seagrasses in the infralittoral zone at Kozakai Beach. A: *Zostera marina*, water depth of 1.5 m at study site 3. B: *Zostera marina* and seaweeds launched onto the beach at study site 6. C: *Zostera japonica*, water depth of 0.7 m at study site 5. D: *Halophila* sp., water depth of 0.7 m at study site 5.

図2. 小境海岸産ウミクサ類の生育状況. A: 地点3の水深1.5 mに生育したアマモ. B: 地点6に打ち上がったアマモと海藻. C: 地点5の水深0.7 mに生育したコアマモ. D: 地点5の水深0.7 mに生育したウミヒルモ属 sp.

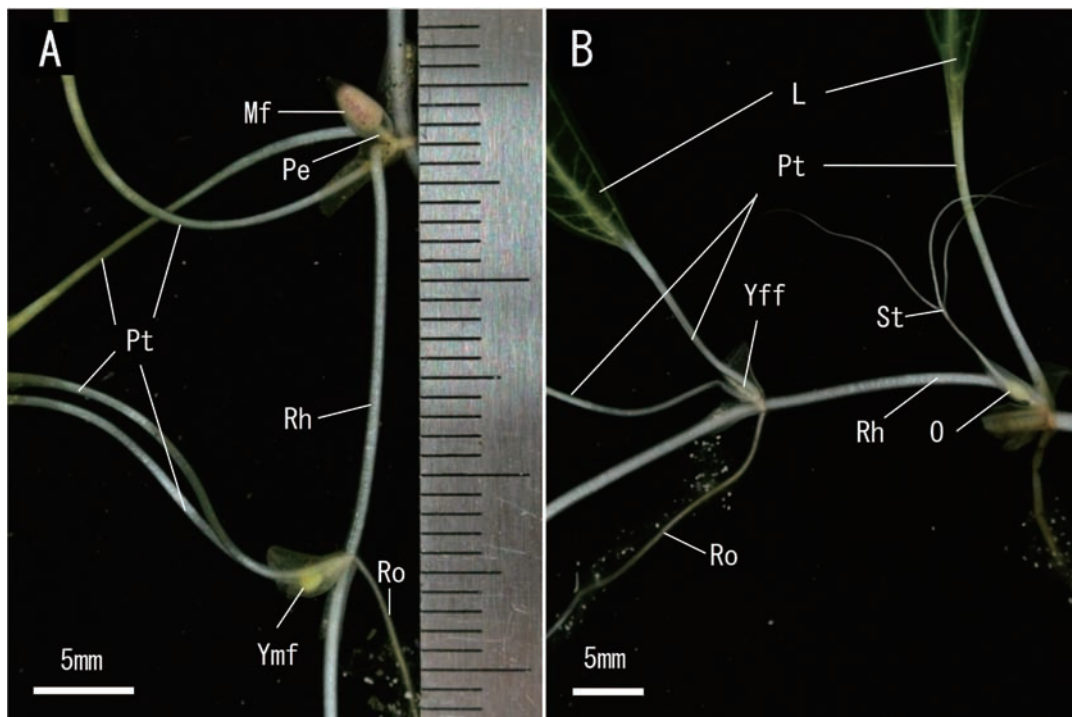


Fig. 3. Reproductive organs of *Halophila* sp. from Kozakai Beach. A: Male plant. Male flower bud (Mf). Pedicel (Pe). Young male flower bud (Ymf). B: Female plant. Style (St). Ovary (O). Young female flower bud (Yff). Leaf blade (L). Petiole (Pt). Rhizome (Rh). Root (Ro).

図3. 小境海岸産ウミヒルモ属 *sp.* の有性生殖器官. A: 雄株. 雄花蕾(Mf). 小花柄(Pe). 若い雄花蕾(Ymf). B: 雌株. 花柱(St). 子房(O). 若い雌花蕾(Yff). 葉身(L). 葉柄(Pt). 地下茎(Rh). 根(Ro).

を隔てるように設置された消波ブロックが、波を弱め、海底における砂泥の移動量を少なくし、ウミクサ類が群落を形成しやすくなるのかもしれない。

現地でのウミヒルモ属 *sp.* の生殖器官観察

ウミヒルモ属 *sp.* は雄花蕾と雌花が別の株に生じたことから雌雄異株と考えられた。雄花蕾は2枚の葉の間から出ており、約1 mmの小花柄があった(図3 A)。観察した雄花蕾の隣の葉腋には若い雄花蕾があった。

一方、雌花も雄花蕾と同様に、2枚の葉の間から出ていた(図3 B)。雌花には小花柄がなく、子房は2枚の苞につつまれており、花柱先端が3裂していた。糸状の花柱は長さが

2 cm あった。観察した雌花の隣の葉腋には若い雌花蕾があった。また、いくつか観察した雌花の中には、花柱先端が4裂するものが1個あった。

栽培下でのウミヒルモ属 *sp.* の生殖器官観察

研究室で観察したウミヒルモ属 *sp.* の雄株は、2016年8月7日に水槽へ移植し、栽培を開始したものである。雄花蕾は、移植後7日目の8月13日に開花した。開花30時間前から小花柄が伸長し、開花直前に12 mmの長さに達した。そして、小花柄の伸長が止まった後に、花被片が反り返っていった。花被片は3枚あり、脈に沿って赤紫色の斑点もしくは短い線状の模様があった。花被片に包

まれていた蒴は、3 mm の長さで、紅色だった。

一方、採集した未熟な果実のついた雌株も、8 月 7 日から同じ水槽内で栽培した。栽培開始 27 日目の 9 月 2 日に果実から種子を得ることができた。果実は卵形で、約 5 mm まで大きくなった。栽培した複数の果実から白色の種子が得られ、直径が約 1 mm であった。また、1 つの果実あたり 21 個から 30 個の種子を得ることができた。

本調査地で発見したウミヒルモ属 *sp.* の雄花は、ウミヒルモ属植物の中ではノトウミヒルモの雄花と最もよく似ていた。しかし、ノトウミヒルモの 1 つの果実あたりの種子数は 10 個内外とされているのに対し、本研究のウミヒルモ属 *sp.* は、21 個から 30 個と種子数が多く、記載と合致しない。種子数ではウミヒルモについて、den Hartog (1970) が 20 個から 30 個、Kuo *et al.* (2006) が 15 個から 30 個、Uchimura *et al.* (2006) が 4 個から 20 個と報告しており、本調査で見つかったウミヒルモ属 *sp.* は、ウミヒルモの種子数に一致する。しかし、本研究のウミヒルモ属 *sp.* は、ウミヒルモの葉形態と異なり、葉身の縁にある微細な透明細胞が多列をなす点で区別される。

現在、日本産ウミヒルモ属は、分布や形態、特に生殖器官の情報が限られているため、分類は整理されていない(田中 2015)。今後、日本産ウミヒルモ属は、既存の葉形態による識別に加え、分子系統学的研究や有性生殖器官形態の情報を考慮した分類学的再検討が必要と考えられる。

富山県産ウミクサ類の保全

富山県植物誌(大田ほか 1973)にウミクサ類は全く載っておらず、富山市科学博物館にも県産ウミクサ類の標本はアマモ 5 点、ウミヒルモ 1 点しかないなど、富山県ではウミクサ類自体が一般的に知られていない。『富山県の絶滅のおそれのある野生生物レッドデー

タブックとやま 2012』(富山県 2012)では、ウミヒルモが準絶滅危惧に指定されている。しかし、近年の研究によるとウミヒルモは、琉球列島、九州、四国、本州の太平洋西部地域に分布することから(大場・宮田 2007)、レッドデータブックに記載されているウミヒルモは、ヤマトウミヒルモかノトウミヒルモ、もしくは本調査で明らかになったウミヒルモ属 *sp.* である可能性が高い。また、過去の研究報告に記載されているウミヒルモも同様であり、種の同定は緊急の研究課題である。

一般にウミクサ類は、水質や底質の変化、外敵による食害や人為的な攪乱などにより分布域が衰退し(Waycott *et al.* 2009)、それらの減少は、加速度的に進行している(Orth *et al.* 2006)。ウミクサ類群落の減少は、海産動物の成育場所や餌場の減少に直結する。健全な海洋生態系を維持するためにも、ウミクサ類の保全は急務であり、そのためにもウミクサ類の生育状況の把握や生態的特性の解明は重要である。

富山県内において、良好なウミクサ類群落を形成しているといえる小境海岸は、ウミクサ類の生育状況の把握、季節的消長やフェノロジーといった長期的な観察を必要とする研究を行うにあたって最適な場所の一つである。

以上のように、本調査により小境海岸には、2 科 2 属 3 種のウミクサ類が分布することが明らかになった。それら 3 種すべてで有性生殖器官出現を確認し、自然繁殖が行われていたことを明らかにした。本調査で発見したウミヒルモ属 *sp.* は、新種の可能性があり、今後も同調査地において継続的な観察が必要である。

富山県農林水産総合技術センター水産研究所の浦邊清治主任研究員には、富山県におけるウミクサ類分布情報をいただきました。魚

津水族館の不破光大学芸員にはウミクサ類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。富山県中央植物園の川住清貴氏には、アクアリウム立ち上げや栽培管理に多大な協力をいただきました。記してお礼申し上げます。

引用文献

- den Hartog, C. 1970. The sea-grass of the world. 275pp. North-Holland, Amsterdam.
- 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.
- 藤田大介・高山茂樹. 1999. 富山県魚津市地先における海草ウミヒルモとコアマモの生育記録. 富山県水産試験場研究報告 **11**: 67–70.
- 伊串祐紀・稲村 修. 2010. 2009 年富山湾沿岸における魚類相と季節変動. 魚津水族博物館年報 **20**: 44–54.
- 伊串祐紀・稲村 修. 2012. 2010 年富山湾沿岸における魚類相. 魚津水族博物館年報 **21**: 30–40.
- Kuo, J., Kanamoto, Z., Izumi, H. & Mukai, H. 2006. Seagrasses of the genus *Halophila* Thouars (Hydrocharitaceae) from Japan. *Acta Phytotax. Geobot.* **57**: 129–154.
- 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.
- 大田 弘・小路登一・長井真隆. 1973. 富山県植物誌. 430pp. 至文堂, 富山.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L. Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Olyarnik, S., Short, F. T., Waycott, M. & Williams, S. L. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience* **56**: 987–996.
- 佐野 修・池森雅彦・新崎盛敏. 1978. 能登半島富山湾岸におけるホソエガサとウミヒルモの分布及びその生育状況. 北陸の植物 **26**: 49–61.
- 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.
- 富山県生活環境文化部自然保護課(編). 2012. 富山県の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブックとやま 2012 —. 451pp. 富山県.
- Uchimura, M., Faye, E. J., Shimada, S., Ogura, G., Inoue, T. & Nakamura, Y. 2006. A taxonomic study of the seagrass Genus *Halophila* (Hydrocharitaceae) from Japan: Description of a new species *Halophila japonica* sp. nov. and characterization of *H. ovalis* using morphological and molecular data. *Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B* **32**: 129–150.
- 浦邊清治・松村 航. 2004. アマモ場造成技術開発委託事業. 平成 16 年度富山県水産試験場年報 II 調査研究事業実績の概要(水産研究所). pp. 55–56. 富山県.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L. Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T. & Williams, S. L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **106**: 12377–12381.

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

吉田めぐみ¹⁾・高橋一臣¹⁾・大宮 徹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⁾ 富山県農林水産総合技術センター森林研究所
〒930-1362 富山県中新川郡立山町吉峰 3

Expansion of dwarf bamboo communities in Murodo-daira, Tateyama Mountains, as revealed by aerial photography

Megumi Yoshida¹⁾, Kazuomi Takahashi¹⁾ & Tohru Ohmiya²⁾

¹⁾ Botanic Gardens of Toyama,

42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

²⁾ Toyama Forestry Research Institute,

Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center,
3 Yoshimine, Tateyama-machi, Toyama 930-1362, Japan

Abstract: To evaluate the extent of expansion of dwarf bamboo (*Sasa* spp.) communities, we measured areas of *Sasa* communities by using Global Positioning System in five sites of Murodo-daira, in the Tateyama Mountains, Toyama Prefecture, Central Japan, and compared the details with those obtained from analyses of previous aerial photographs. Our results showed that in 38 years, from 1977 to 2015, the areas increased by 44–260 %. In addition, a belt transect survey was conducted at Mikurigaike where possible dwarf bamboo invasion has recently been pointed out. Clear changes were noted in species composition and culm number and height of *Sasa palmata* from a community dominated by *S. palmata* to alpine snow-meadows. The height and number of culms of *S. palmata* decreased as the communities approached snow-meadows, whereas the number of current year culms did not differ greatly among sub-quadrats. These results suggest that dwarf bamboos has expanded and invaded into alpine snow-meadows in the Tateyama Mountains.

Key Words: aerial photograph, alpine vegetation, *Sasa*, Tateyama Mountains

イネ科タケ亜科 Bambusoideae のササ属 *Sasa* Makino et Shibata は日本列島の準固有属で、富山県では低地から高山まで広く分布する(三樹 2015)。立山には、チマキザサ節 *Sasa* sect. *Sasa* のヤヒコザサ *Sasa yahikoensis* Makino、チマキザサ *S. palmata* (Lat.-

Marl. ex Burb.) E.G.Camus、クマイザサ *S. senanensis* (Franch. et Sav.) Rehder、チシマザサ節 *Sasa* sect. *Macrochlamys* Nakai のオクヤマザサ *S. spiculosa* (F.Schmidt) Makino、チシマザサ *S. kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata などが生育し、山地のブナ・スギ林



図1. 立山室堂平におけるササ群落の調査地。
①: みどり尾根. ②: 血の池標柱北. ③:
みどり園地南. ④: 室堂くぼ. ⑤: ホンド
ミヤマネズ群落周辺. 赤線は2015年の現
地調査によるササ群落の範囲を示す。

の林床、亜高山から高山ではオオシラビソ林内、池塘の周辺、ハイマツ林縁などに群落を形成している(高橋・吉田 2015)。

ところで近年、日本の高山ではササ属植物(以下、単にササという)が増加傾向にあることが指摘されており、北海道大雪山や石川県白山では過去の空中写真を使った解析からササ群落の増加が明らかになっている(Kudo *et al.* 2011, 古池・白井 2014, 古池ほか 2015)。立山においても、弥陀ヶ原などで池塘が縮小しつつあり(本多 1964)、湿原が乾燥化をたどり周囲の植物が侵入していること(深井ほか 1976)がたびたび指摘されてきた。池塘が干上がって裸地部が現れると、ヌマガヤ群落、チシマザサ群落へと推移し、木本性植物の侵入が始まるとされている(折谷 2008)。

筆者らが弥陀ヶ原および室堂平周辺のササが広範囲に生育する群落で植生調査を行ったところ、立山のササ群落には周囲の植生にみられる種が出現したが、種数は少なく、草本層の植被率は低かった(吉田・高橋 2015)。したがって、もし地球温暖化にともなってササが雪田草原などに侵入すれば、高山植生の種多様性を低下させる原因となりうる。しかしながら、立山地域においてササ群落が実際

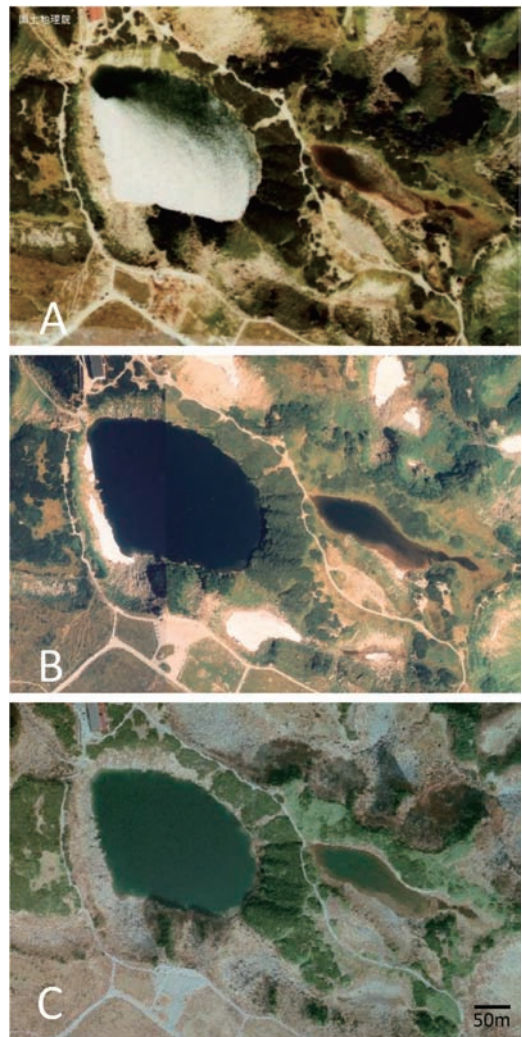


図2. 立山室堂平ミクリガ池周囲の過去の空中写真. A: 1977年撮影(国土地理院). B: 1996年撮影(富山県). C: 2011年撮影(NTT空間情報)。

にどの程度分布を拡大しているかについては明らかにされていない。

そこで今回は、立山室堂平においてササ群落が増加しているか検討するために、GPSを用いた現地調査を行い、過去の空中写真と比較した。また、特定植物群落として1977年より継続的に植生調査が行われ、吉田(2010)によって近年ササが侵入した可能性が指摘されている「ミクリガ池のホンドミヤ

表 1. 立山室堂平の 5 地点におけるササ群落の面積と増加率. 1977–2011 年は空中写真解析, 2015 年は実測による.

	面積(m ²)				増加率(%)
	1977年	1996年	2011年	2015年	1977–2015年
①みどり尾根	780	1350	1790	1800	+130.8
②血の池標柱北	360	460	490	520	+44.4
③みどり園地南	50	130	200	180	+260.0
④室堂くぼ	490	670	930	910	+85.7
⑤ホンドミヤマネズ群落周辺	80	110	100	190	+137.5

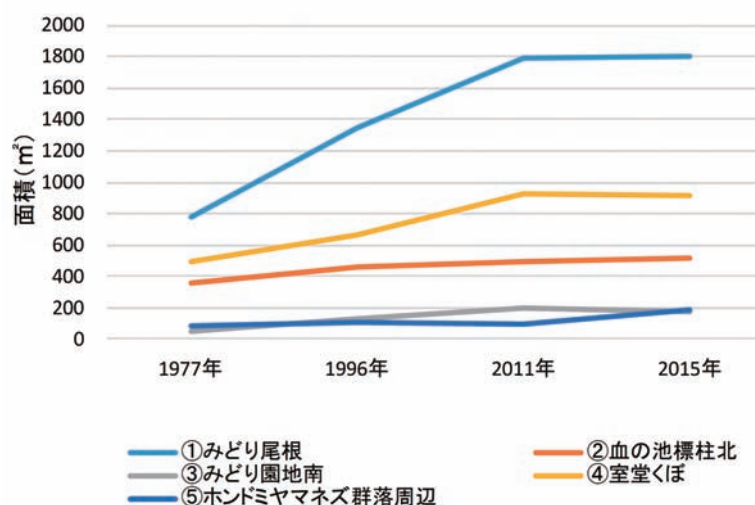


図 3. 立山室堂平の 4 地点におけるササ群落面積の変遷.

マネズ群落」周辺で、ベルトトランセクト調査を行った。

調査方法

GPS を用いたササ群落の現状調査

立山の室堂平において、まとまったササ群落がみられる 5 ヶ所を選び(図 1 ①～⑤)、2015 年 8 月 20 日と 9 月 28 日に現地調査を行った。ササ群落の周囲を GPS (Garmin 製 eTrex ® 30X) でトラックポイントを記録しながら歩いて移動し、現在のササ群落の位置をプロットした。なお、ササの密度が連続的

に変化し隣接する植生との境界が不明瞭な場合は、ササの被度が約 50% となる位置をササ群落の外縁とした。持ち帰ったデータは GPS からパソコンへ取り込み、カシミール 3D を用いて地図上へプロットし、ササ群落の面積を算出した。

空中写真による過去のササ群落面積の推定

GPS による現状調査を行った 5 ヶ所について、オルソ化された空中写真を分析して過去のササ群落の面積を推定した。使用した空中写真は、国土地理院が 1977 年に撮影した

もの、富山県が 1996 年に撮影したもの、(株) NTT 空間情報が 2011 年に撮影したものの 3 種類である(図 2)。いずれも 9 月下旬から 10 月中旬までに撮影されたものであり、その色調と現地の植生との対応から、濃緑色をハイマツ群落、薄茶色を雪田草原、薄緑色をササ群落と判別した。これらの写真をカシミール 3D に取り込み、ササ群落の範囲を描画し、面積を算出した。

ホンドミヤマネズ群落周辺のベルトトランセクト調査

室堂平のミクリガ池西側に位置するホンドミヤマネズ群落周辺において(図 1 ⑤)、2015 年 9 月 28 日にベルトトランセクト調査を実施した。遊歩道沿いのササを含む群落から雪田草原にかけて幅 1 m × 長さ 9 m の帯状の調査区を設け、これを 1 m × 1 m の 9 つのサブコードラートに分割した。調査方法は、Braun-Blanquet の植物社会学的手法(鈴木 1971)に基づき、各サブコードラートについて植被率、群落の高さ、出現する植物の種名とその優占度(優劣度)を+から 5 の 6 段階、群度を 1 から 5 の 5 段階で記録した。また、各サブコードラートからササの稈を任意に 10 本選び、高さ(自然高)を測定した。さらに、サブコードラート 3 から 8 において、ササの稈の数を当年生(2015 年生)と前年(2014 年)以前に出現した稈に分けて記録した。

結果

立山室堂平におけるササ群落の増減

立山室堂平の 5 地点について、1977 年、1996 年、2011 年の空中写真の解析と、2015 年の現地調査によって算出したササ群落の面積の推移を、表 1 および図 3 に示す。いずれの地点でもササ群落の面積の増加が認められ、特に①みどり尾根では 1977 年から 1996 年にかけて、④室堂くぼでは 1996 年から 2011 年にかけての増加量が多くなっていた。

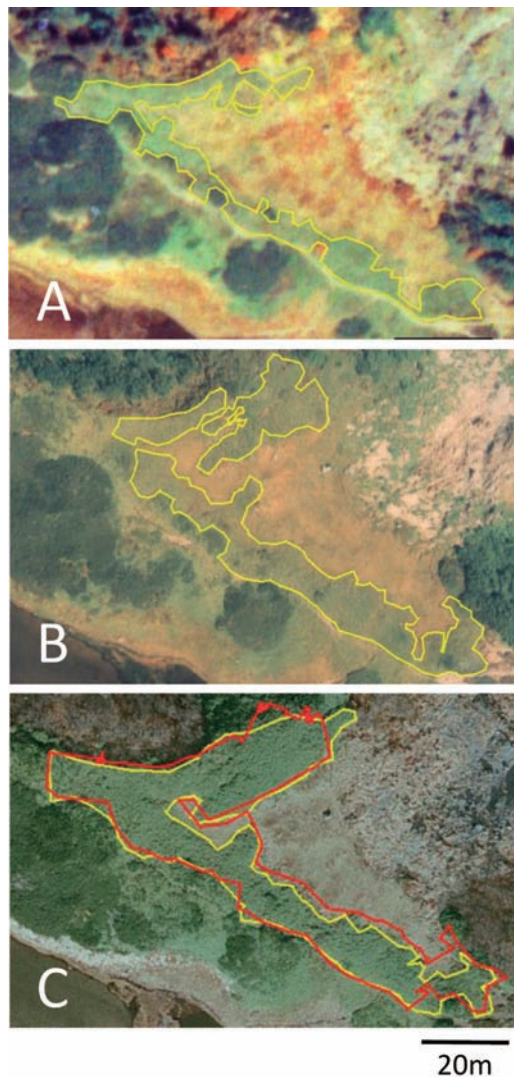


図 4. 空中写真から判別したみどり尾根におけるササ群落の分布(黄線). A: 1977 年. B: 1996 年. C: 2011 年. C の赤線は 2015 年の現地調査の結果をプロットしたもの。

1977 年から 2015 年の 38 年間では、ササ群落の面積は①みどり尾根で 131%、②血の池標柱北で 44%、③みどり園地南で 260%、④室堂くぼで 86%、⑤ホンドミヤマネズ群落周辺で 138% 増加していた。

これら 5 地点のうち、最も面積が大きかったみどり尾根の空中写真を図 4 に示す。

1977年から1996年にかけてはササ群落が右上の北東方向へ拡大し、さらに1996年と2011年の写真を比較すると、1996年時点でのササ群落の間を埋めるようにササが広がったことがわかる。また、1977年の写真では左上から右下にかけて白い線状に尾根に沿った旧登山道が見受けられ、1996年の写真でも旧登山道が確認できるが、2011年の写真では周囲の薄緑色と混ざり、輪郭がぼやけてきている。この薄緑色の部分はササ群落であり、使われなくなった登山道にもササが侵入したことがわかる。

ホンドミヤマネズ群落周辺のベルトトランセクト調査

表2に、ホンドミヤマネズ群落周辺のベルトトランセクト調査による組成表を示す。遊歩道側のサブコドラート1～4では低木層にチマキザサが優占し、草本層の植被率は5%以下と非常に低く、出現種数も少なかった。サブコドラート5から8にかけてチマキザサの優占度が減少するのにもない、ショウジョウスゲの優占度が増加し、雪田植生の種組成へと移り変わっている。ホンドミヤマネズはチマキザサが減少するサブコドラート4～7で優占度1～2となり、サブコドラート7がチマキザサとホンドミヤマネズで形成された低木層の林縁となった。サブコドラート8、9はショウジョウスゲが優占し、ミツバノバイカオウレン(コシジオウレン)、ヒゲノガリヤスなどが出現する雪田草原となったが、サブコドラート8には草本層にチマキザサが出現した。

各サブコドラートにおけるチマキザサの高さ、サブコドラート3～8における稈の本数を図5に示す。チマキザサの高さはサブコドラート1(平均76.2 cm)からサブコドラート8(平均33.4 cm)にかけてほぼ1/2に低下した。稈の本数はサブコドラート3(185本)からサブコドラート8(26本)にかけて約1/7

に減少した。稈の減少は、ほとんどが前年までに出た古い稈の減少によるもので(169本→15本)、当年生の新しい稈の数は10～28本とサブコドラート間で大きな違いがなかった。雪田草原となるサブコドラート8では、当年生の稈が11本、前年生までの稈が15本とほぼ同程度であった。

考察

今回、立山で初めて、過去の空中写真を用いたササ群落の面積の推移が室堂平の5地点で解析された。その結果1977年から2015年までの38年間で、全ての地点でササ群落の面積が増加していた。このうち、みどり尾根の調査地はミドリガ池北側の尾根部で、室堂平の中では雪融けが早く、ササ群落が広範囲に分布している。筆者らが行った植生調査の結果、この群落ではオクヤマザサが低木層に優占し、草本層にはミツバオウレン、コバイケイソウ、ショウジョウスゲ、イワイチョウなど周囲の雪田草原の出現種が見られた(吉田・高橋2015)。ササ群落の周囲には雪田草原が見られ、雪田草原へのササの侵入が起こったことが推測される。

特定植物群落「ミクリガ池のホンドミヤマネズ群落」付近のベルトトランセクト調査では、チマキザサが優占する群落から雪田草原への明瞭な種組成の変化とササ群落構造の違いが認められた。雪田草原に近づくにつれチマキザサの高さは低くなり、稈の数は減少したが、当年生の稈の数にはサブコドラート間で大きな違いがなかった。チマキザサ節植物の稈の寿命は少なくとも数年間とされ(鈴木1978)、チマキザサの優占度が高いサブコドラートには古い稈が蓄積していると考えられる。一方、雪田草原に近いサブコドラートには古い稈の蓄積が少なく、最近になってササが侵入した可能性がある。このように、ベルトトランセクト調査の結果からも、雪田草原に向かってササが侵入しつつあることが示唆

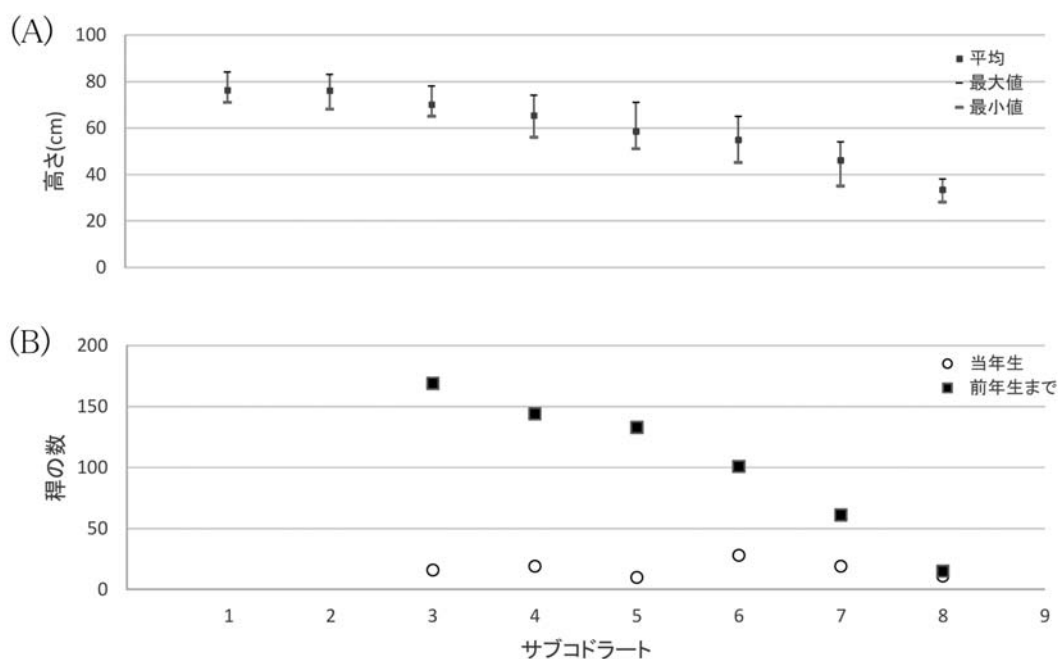


図 5. ホンドミヤマネズ群落周辺のベルトトランセクト調査における、サブコドラートごとのチマキザサの高さ(A)と稈の数(B).

される。

高山生態系は地球温暖化に対して脆弱な生態系の一つであり(名取 2006)、気候変動に対する高山やツンドラ生態系の脆弱性に着目した国際プロジェクトがいくつか行われている。日本では環境省生物多様性センターのモニタリング 1000 の一環として、高山生態系のモニタリングが行われている(工藤 2014)。立山弥陀ヶ原においては、はじめに述べたとおり、池塘が成立した時点に比べて気候が温暖化するにつれ池塘の縮小、湿原の乾燥化が進み(本多 1964, 深井ほか 1976)、ササが増加傾向にあることが指摘されている(折谷 2008)。湿原の乾燥化は、登山者による踏み荒らしや立山黒部アルペンルート建設による土砂の流入も大きな原因とされている(宮脇・藤原 1976, 河野 1999)。一方、立山を含む本州中部ではハイマツの当年枝の成長量が過去 24 年間で増加し、これが夏の平均気温の

上昇と密接に関係しているとの報告(Wada *et al.* 2005)がある。また、室堂平では特定植物群落「ミクリガ池のハイマツ群落」において、20 年間で約 50 cm の樹高成長が観察され(吉田・山下 2008)、近年の温暖化の影響が示唆されている。立山室堂平におけるササ群落の面積の増加も、近年の地球温暖化による消雪時期の早期化にともない、ササが雪田草原に侵入した結果起こった可能性がある。

湿原や雪田に一旦ササが侵入すると、葉からの蒸散作用により土壌の乾燥化がさらに進行することがわかっており(安田・沖津 2001, 金子ほか 2014)、気候環境が戻ってもササ群落が安定して持続する可能性が指摘されている(川合・工藤 2014)。川合・工藤(2014)は、チシマザサが高山植物群落の中では突出して草丈が高く、チシマザサの発達に伴う光の減衰は顕著で、構成種数は急速に減少し種多様性が低下する傾向があると述べている。

吉田・高橋(2015)および今回の植生調査の結果からも、立山におけるササの密生する調査区では草本層の植被率は5%以下と極めて少なく、出現種数の減少が認められた。立山室堂平はハイマツ群落と雪田植生がモザイク状に分布する、立山黒部アルペンルートのコル部である。みどり尾根の調査地で見られたように、ササは登山道跡の裸地を覆って植生の回復に貢献する場合がある。しかし、ササ群落の増加と雪田草原の減少が今後より一層進行すれば、高山植生の多様性が失われ、そこに棲息するライチョウをはじめとする希少生物にも影響を及ぼすおそれがある。今後とも、立山室堂平において高山植生の変化をモニタリングしていく必要がある。

引用文献

- 深井三郎・相馬恒夫・加納 隆・塩崎平之助・諏訪兼位. 1976. 立山黒部ルート周辺の地形と地質. 中部山岳国立公園立山黒部地区学術調査報告. pp.11-70. 富山県.
- 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.
- 本多啓七. 1964. 日本北アルプスにおけるガキ田の生態. 北アルプスの自然. pp. 173-192. 富山大学学術調査団.
- 金子正美・星野弘方・雨谷教弘. 2014. 空間情報を用いた高山帯の植生変化と環境変動のセンサス. 地球環境 19: 13-21.
- 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: 23-32.
- 河野昭一. 1999. 北アルプス立山における自然環境の破壊と保全—長期モニタリング調査結果の評価. 日本生態学会誌 49: 313-320.
- 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.
- 工藤 岳. 2014. 気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性. 地球環境 19: 3-11.
- 三樹和博. 2015. 富山県におけるササ類(ササ属, メダケ属, アズマザサ属)の分布. 植物地理・分類研究 63: 9-15.
- 宮脇 昭・藤原一枝. 1976. 立山周辺の植生. 中部山岳国立公園立山黒部地区学術調査報告. pp. 107-187. 富山県.
- 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.
- 折谷隆志. 2008. 土壌. 小島 覚(編), 環境変動と立山の自然(Ⅱ)—立山植生モニタリング第Ⅱ期調査成果報告書. pp. 87-125. 富山県.
- 鈴木貞雄. 1978. 日本タケ科植物総目録. 学習研究社, 東京.
- 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.
- 高橋一臣・吉田めぐみ. 2015. 立山に生育するササの種類とササを伴う植物群落の種組成. 富山県中央植物園研究報告 20: 21-38.
- 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 mountains.

- Phyton **45** (Special issue “APGC 2004”): 253–260.
- 安田正次・沖津 進. 2001. 上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入. 地理学評論 Ser. A **74**: 709–719.
- 吉田めぐみ. 2010. 立山地域における特定植物群落の種組成の特徴(2). 富山県中央植物園研究報告 **15**: 1–6.
- 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・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.

中国雲南省南部に自生する希少なベゴニア属3種の生育環境

志内利明¹⁾・魯元学²⁾・李景秀²⁾・管開雲²⁾・高橋一臣¹⁾・中田政司¹⁾

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⁾ 中国科学院昆明植物研究所昆明植物園 650204 中国雲南省昆明市藍黒路 132

Habitat conditions of three rare *Begonia* species in the southern part of Yunnan Province, China

Toshiaki Shiuchi¹⁾, Yuanxue Lu²⁾, Jingxiu Li²⁾, Kaiyun Guan²⁾,
Kazuomi Takahashi¹⁾ & Masashi Nakata¹⁾

¹⁾ Botanic Gardens of Toyama,

42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

²⁾ Kunming Botanical Garden, Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences,
132 Lanhai Road, Kunming, Yunnan. 650204, P. R. China

Abstract: The habitat conditions of three rare *Begonia* species, *Begonia gulinqingensis*, *B. rhynchocarpa*, and *B. hekouensis*, were investigated in the southern part of Yunnan Province, China. *Begonia rhynchocarpa* grows on limestone rocks along a river, and *B. hekouensis* grows sparsely on the forest floor along the same river. The soil pH of *B. hekouensis* habitat is 7.8. Interval temperature measuring using data logger was carried out at the habitats of *B. gulinqingensis* and *B. rhynchocarpa*, from March 3, 2013 to March 2, 2014. Annual mean, the highest, and the lowest temperatures (°C) of the *B. gulinqingensis* habitat were 15.8, 25.7, and 0.5, and those of the *B. rhynchocarpa* habitat were 21.8, 27.8, and 10.6, respectively. Day temperature differences were larger in the *B. gulinqingensis* than in the *B. rhynchocarpa* habitat throughout the year. Even though an extraordinarily low temperature (0.5 °C) was recorded in December 2013, no growth damage was observed for *B. gulinqingensis*. In addition, the *B. gulinqingensis* population was observed to reduce due to human disturbance such as land farming, deforestation, and afforestation.

Key Words: annual change in temperature, *Begonia gulinqingensis*, *Begonia hekouensis*, *Begonia rhynchocarpa*, habitat condition, population map, soil pH, Yunnan Province, China

中国にはシュウカイドウ属 *Begonia* の植物は 173 種余りが知られ、雲南省南東部と広西チワン族自治区南西部に最も集中して分布する (Gu *et al.* 2007)。雲南省には 101 種が分布し、そのうち 72 種が固有種となっている (管ほか 2005)。富山県中央植物園と中国科

学院昆明植物研究所は雲南省のシュウカイドウ属の保全に関する共同研究を行っており、これまで神戸ほか(2002, 2006)、Nakata *et al.*(2003)、中田ほか(2005)、兼本ほか(2011, 2013)により自生地 of 現況調査が行われ、一方、Nakata *et al.*(2003, 2007, 2012)は細胞学

Table 1. Localities and habitat data of the three *Begonia* species surveyed in Yunnan Province, China.

Taxon	Locality	Latitude (N) / Longitude (E) (WGS84)	Altitude (m)	Slope direction	Soil pH	Survey date
<i>B. gulingqingensis</i> 古林箐秋海棠	Gulingqing, Maguan, Wenshan Pref. 文山州馬關縣古林箐鄉	22°51'00.0" / 103°57'56.5"	1528	S45W	6.1	March 2, 2013
<i>B. rhynchocarpa</i> 喙果秋海棠	Nanxi, Hekou, Honghe pref. 紅河州河口ヤオ族自治県南溪鎮	22°40'27.9" / 103°56'24.0"	164	S40E	—	March 2, 2013
<i>B. hekouensis</i> 河口秋海棠	Nanxi, Hekou, Honghe pref. 紅河州河口ヤオ族自治県南溪鎮	22°40'23.8" / 103°56'16.3"	157	S40E	7.8	March 3, 2013

的調査、Li *et al.* (2007) は葉断面の組織学的研究、Lu *et al.* (2007) は組織培養による増殖の研究を行ってきた。

今回、雲南省南東部の文山チワン族ミャオ族自治州および紅河ハニ族イ族自治州で希少なシュウカイドウ属3種 *Begonia gulingqingensis* S.H.Huang & Y.M.Shui (古林箐秋海棠)、*Begonia rhynchocarpa* Y.M.Shui & W.H.Chen (喙果秋海棠)、*Begonia hekouensis* S.H.Huang (河口秋海棠) の保全に資する情報を得るため、自生地の気象データ、植生概要、土壌 pH、個体群構造などを調査したので、その結果を報告する。

調査方法

調査地および調査日は Table 1 に示した。自生地の緯度・経度、標高は Garmin 社製 GPS MAP60s で測定した。自生地の気温はホンピットコンピュータ社の HOBO データロガーを用いて 30 分ごとの気温を 2013 年 3 月 3 日から 2014 年 3 月 2 日まで 1 年間測定した。計測にあたっては直射日光が当たらないように注意し、*Begonia gulingqingensis* の自生地では木の根元付近に、*Begonia rhynchocarpa* 自生地では石灰岩の垂直な壁面の高さ 2 m ほどにある窪みの中にデータロガーを設置した。土壌 pH はアズワン社製ツイン pH メーター AS-211 を用いて各生育

地で 5 カ所測定し、その平均値で表記した。そのほか生態的情報として植生の概要を調べた。観察した中でも個体群密度の高かった場所について *B. gulingqingensis* は 2 m × 6 m 内で、*Begonia hekouensis* は 6 m × 6 m に見られる各個体の空間配置を調査し、真上から見たときの植物体の広がり直径を個体サイズとした。

結果および考察

1. *Begonia gulingqingensis*

雲南省文山チワン族ミャオ族自治州馬關縣古林箐から 1994 年に記載された固有種である (Huang & Shui 1994)。分布は狭い地域に限定されていて、今回は基準産地とは異なる場所で調査した。葉には白斑の入るタイプとないタイプがあり (Fig. 1A)、斑の程度も様々なものが互いに入り混じって混生する。

1 年間の気温調査の結果 (Table 2, Fig. 2A)、自生地の年平均気温は 15.8 °C であった。生育場所は標高 1558 m と高いため朝や夕方に霧のかかりやすい雲霧帯となっていて、低緯度の割には涼しい環境にある。6 月から 12 月にかけては 1 日の最高気温と最低気温の日較差は 1 月～5 月の日較差より小さい傾向があることが分かった。5 月中旬から 9 月初めまでは平均気温が 20 °C 前後であり、夏にあたる時期には比較的に日較差の少ない穏やか

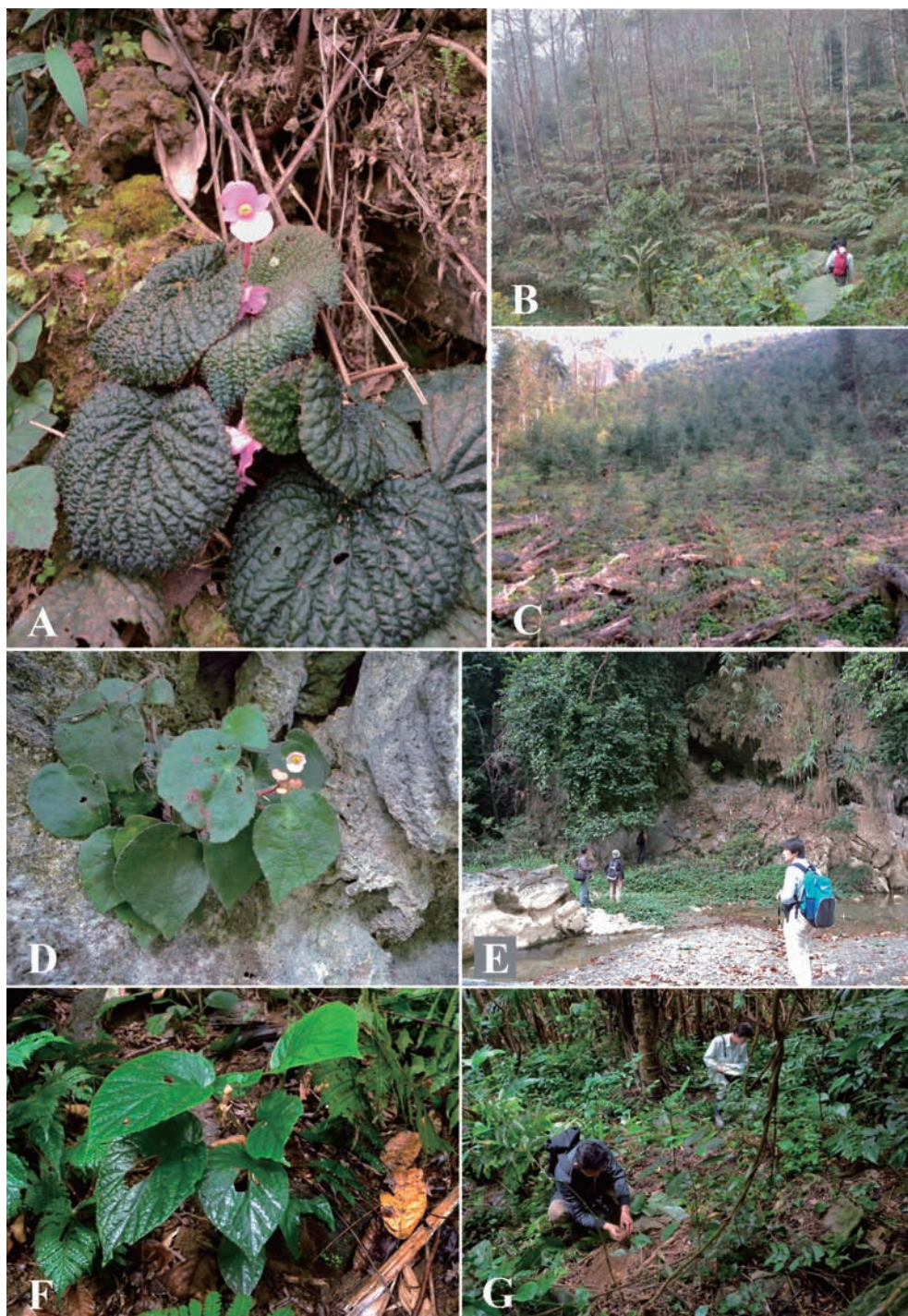


Fig. 1. *Begonia* taxa and their habitats surveyed in Yunnan Province, China. A: *Begonia gulinqingensis* in situ. B: Cultivated *Amomum tsaoko* and *Alnus nepalensis* in the habitat of *B. gulinqingensis*. C: Forested *Cunninghamia lanceolata* near the study site of *B. gulinqingensis*. D: *Begonia rhynchocarpa* in situ. E: Habitat (limestone cliff) of *B. rhynchocarpa*. F: Fruiting *Begonia hekouensis* in situ. G: Habitat (forest floor) of *B. hekouensis*.

Table 2. Measurements of the air temperature of the habitats of *Begonia gulinqingensis* and *B. rhynchocarpa* between March 3, 2013 and March 2, 2014.

Taxon	Air temperature (°C)			
	Annual mean	Highest (Date)	Lowest (Date)	Daily difference (S.D.)
<i>B. gulinqingensis</i>	15.8	25.7 (2013/05/19)	0.5 (2013/12/15)	3.87 (±1.72)
<i>B. rhynchocarpa</i>	21.8	27.8 (2013/06/09)	10.6 (2014/01/24)	1.46 (±0.67)

な気候である。対称的に4月中旬と5月中旬に最高気温が高くなる傾向を示し、2013年5月19日には最高気温25.7°Cを記録した。一方で、2013年の冬は稀に見る寒波により冷え込みが強く、12月15日午前12時32分には最高気温9.6°Cであったが、急に気温を下げ午後9時32分には0.5°Cまで低下した。前日の12月14日の最低気温9.9°Cからは9°C以上の急激な低温化で、この日以降8日間連続で最低気温が5°C以下の日が続いた。しかし、2014年3月3日に同自生地で観察した際には寒さによると考えられる枯死などの被害は確認できなかったため、*B. gulinqingensis* は凍結しない程度の一時的な低温に対しては耐性があるものと推測される。

自生地付近の植生を概観したところ、伐採や畑地利用による破壊が進行中で、特に薬用・香辛料に用いられるショウガ科の *Amomum tsako* Crevost & Lemarié (草果) の栽培地として広い面積が伐採され、そこには木陰を造るため植栽された *Alnus nepalensis* D. Don (尼泊尔桤木) が規則的に点在していた (Fig. 1B)。また、近くではコウヨウザン *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. の植林地やナツメグ *Myristica fragrans* Houtt. の栽培地としても利用が進んでいた (Fig. 1C)。*Begonia*

gulinqingensis は本来自然林の林下に生育するもので、これらの人的影響による生育場所の減少とともに個体数を減らしているのが現状である。基準産地でも現在2集団しか確認されておらず、人的活動の結果、種の絶滅リスクが高くなっている (馬ほか2007)。

Begonia gulinqingensis の生育を確認した場所は、人為的影響の強い *Alnus nepalensis* やナツメグの優占する単調な二次林の林床と木々が伐採され低い草本類の生えるやや裸地化した場所である。裸地化した生育地では高い個体群密度を示す場所があり、個体群を調査した結果2 mに63個体を数えるなど、2013年にはかなり良い状態での生育を確認した (Fig. 3)。ここでは葉が地面に着き発根する様子が確認され、栄養的に増殖したと考えられる個体もみられたものの、開花個体、結実個体、実生幼個体が確認できたことから、多くは種子繁殖による増殖であると考えられた。この地域はもともと雲霧帯となっているため、伐採後も強い乾燥にさらされることはなく、かえって光環境がよくなるため、本種にとって生育環境が良好になったものと推測された。しかし、2014年に同地点を再調査したところ、人為的な土地の改変が進み、生育場所が人の出入りによって荒らされ、ほとんど生存していなかった。本種は葉に美しい

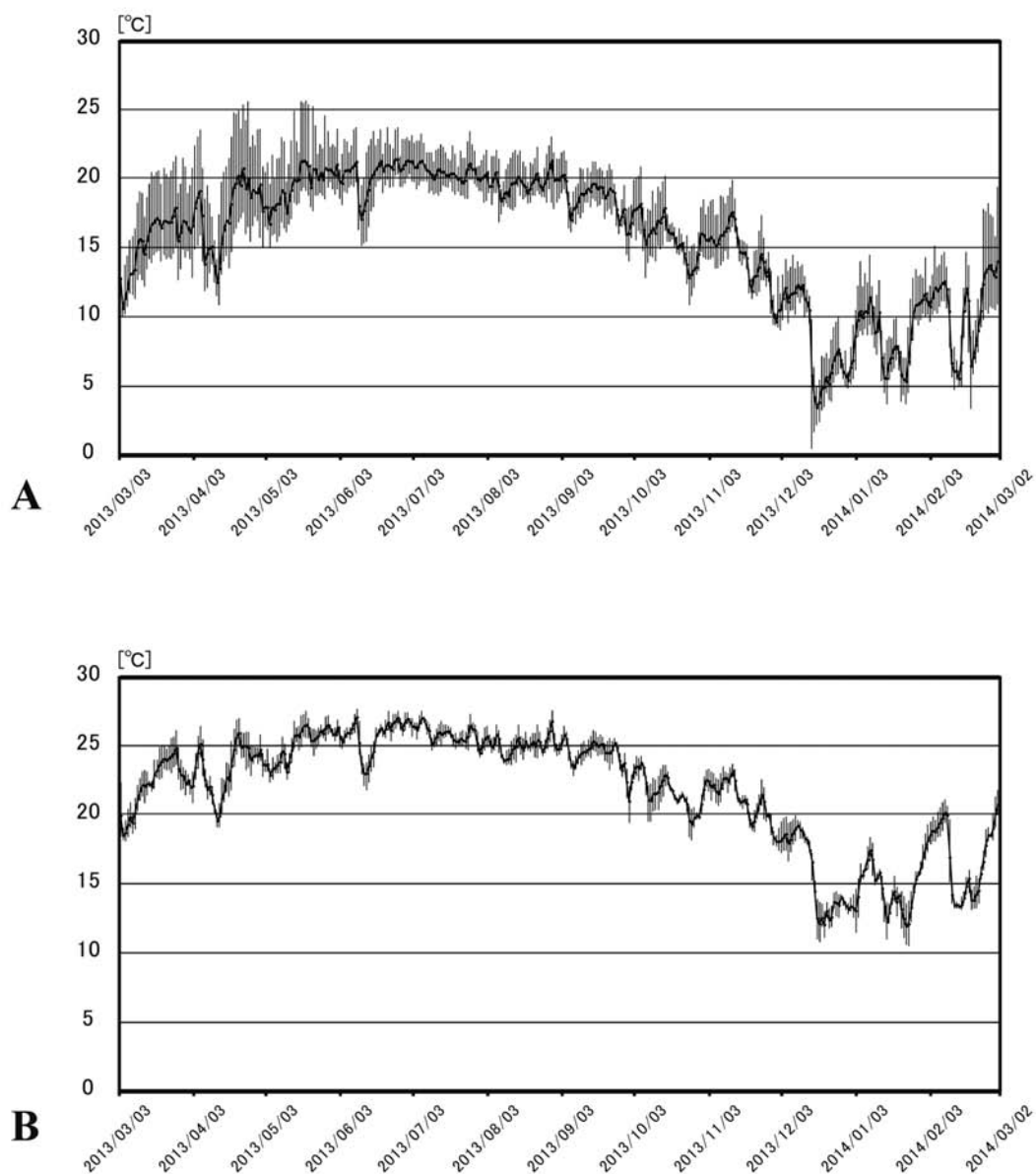


Fig. 2. Annual change in temperatures of the habitats of *Begonia gulinqingensis* (A) and *Begonia rhynchocarpa* (B) between March 3, 2013 and March 2, 2014. Vertical lines indicate the highest and the lowest temperatures, and black circles on the line exhibit the mean.

白斑が入る個体があるなど園芸遺伝子資源としての将来性も高く、自生地環境の保護が望まれる。

2. *Begonia rhynchocarpa*

雲南省紅河ハニ族自治州河口ヤオ族自治県南溪から 2005 年に記載された固有種で、南溪川の溪谷の石灰岩壁面の岩上に張り付くよ

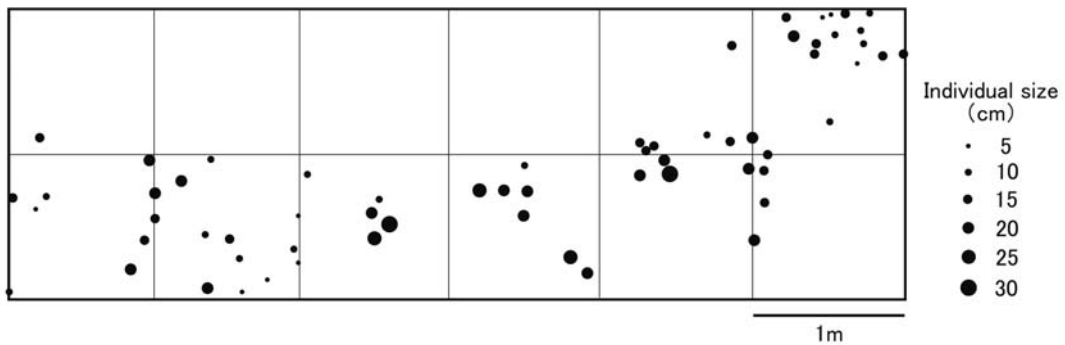


Fig. 3. Population map of *Begonia gulingqingensis* at the survey stand in Gulingqing, Maguan, Wenshan Prefecture, Yunnan Province, China.

うに生育する(Shui & Chen 2005) (Fig. 1D)。

調査した1年間で年平均気温は21.8 °Cであり、年間の最低気温10.6 °C、最高気温27.8 °Cと寒い時期と暖かい時期の気温差が小さく、また1日の最低気温と最高気温の日較差の平均は1.46 (標準偏差± 0.67) °Cしかなく、1日の気温差もかなり小さいことが分かった(Table 2, Fig. 2B)。自生地は南溪川の川沿いであり、自生地よりやや上流にある景勝地花鱼洞の石灰岩の洞窟からは水が豊富に流れ出し、川と合流する。2013年3月3日に花鱼洞年の洞窟入り口付近の水温を計測したところ21.3 °Cであり、ほぼ同時刻のデータロガーから得た気温11.7 °Cより10 °C近く高い。自生地の最高気温と最低気温の年較差や日較差が小さい要因としてデータロガーを石灰岩の窪みの中に設置して計測した影響も推測されるが、南溪川や花鱼洞の洞窟から流れ込む水が年間を通して自生地付近の気温の変化を少なくすることに関与しているのかもしれない。

本種は石灰岩の岩上という特殊な生育環境に自生するため、他に生育するできる植物はほとんどなく (Fig. 1E)、同所的に見られたものはイラクサ科の着生植物 *Elatostema salvinoides* W.T. Wang (迭叶楼梯草) など数種

にすぎない。調査時は乾季にあたり厳しい乾燥条件であったが、良好に生育していた。雲南大围山国家級自然保護区内に生育することや、花や葉に派手さがいないため園芸目的での採集圧は低いと考えられる。

3. *Begonia hekouensis*

雲南省紅河ハニ族自治州河口ヤオ族自治州南溪から1999年に記載された固有種である(税・黄1999) (Fig. 1F)。生育を確認した場所は川から少し林内に分け入った場所であるが、前述の *B. rhynchocarpa* の生育地とは数百mほどしか離れていない。

自生地は川沿いのサトウヤシ *Arenga pinnata* (Wurmb) Merr. やバナナ *Musa × paradisiaca* L. のプランテーション跡地で、石灰岩の露頭や風穴が見られる林床で確認した (Fig. 1G)。兼本ほか(2011)は広西壮族自治区の *Begonia ornithophylla* Irmsch. (鸟叶秋海棠) 自生地の風穴付近の気温が周辺より10 °C近く低いことを報告していることから、前述の *B. rhynchocarpa* 自生地より気温が低い可能性がある。個体群内の密度については5 m × 6 mの範囲に16個体とそれほど高くなく点在していたが (Fig. 4)、結実した果実も確認されるなど生育状況は比較的良好で

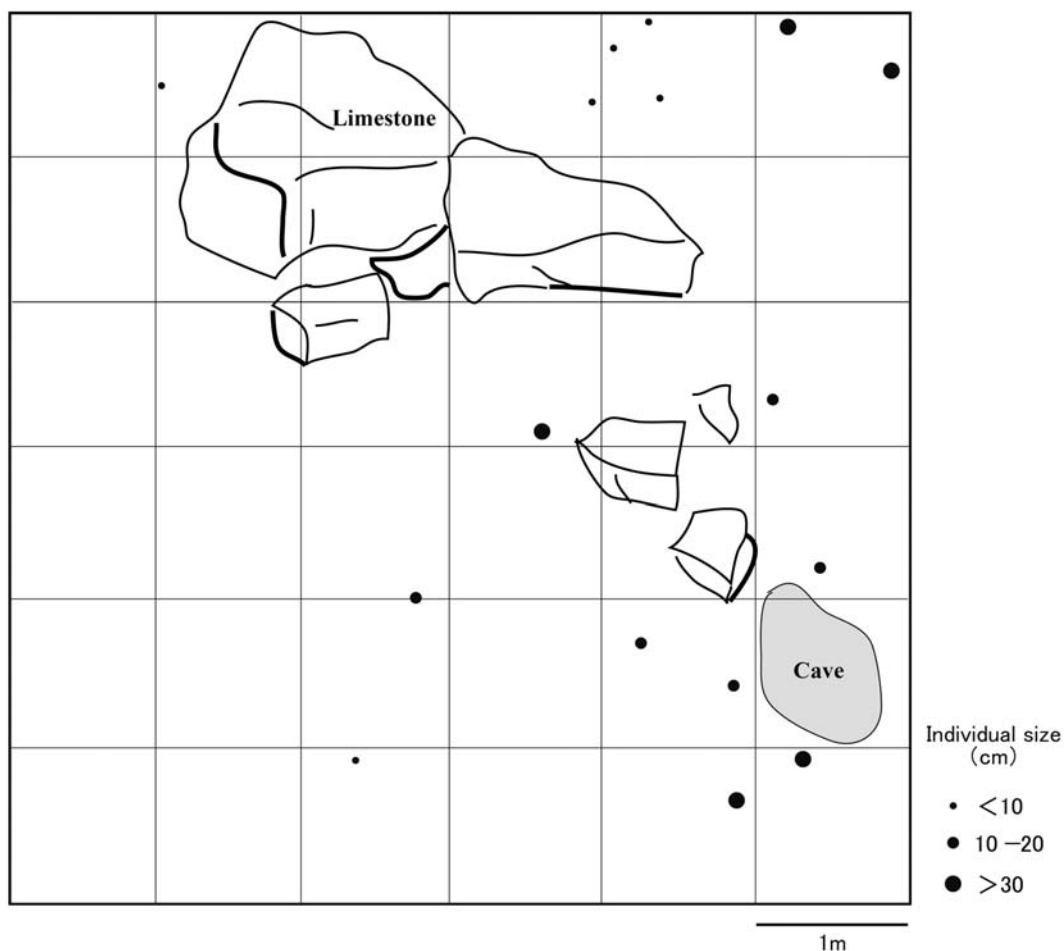


Fig. 4. Population map of *Begonia hekouensis* at the survey stand in Nanxi, Hekou, Honghe Prefecture, Yunnan Province, China.

あった。生育する腐葉土等の堆積した土壌を採取して pH を測定したところ平均 7.8 と弱アルカリ性を示し (Table 1)、特殊な環境であることが分かった。確認した自生地では個体数がそれほど多くないことが推測されるため、保護が必要と考えられるが、自生地外保全の場合には弱アルカリ土壌での栽培が有効と思われる。

本調査は日本学術振興会によるアジア研究教育拠点事業 (岡山大学) 「東アジアにおける

有用植物遺伝資源研究拠点の構築」の助成を受けて実施した。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- 神戸敏成・魯 元学・管 開雲. 2002. 中国雲南省での植物調査記録—2001 年調査行程と採集標本リスト. 富山県中央植物園研究報告 7: 45–57.
- 神戸敏成・沈 雲光・魯 元学・李 愛榮・馬 宏・管 開雲. 2006. 中国雲

- 南省における 2005 年植物調査記録—アヤメ属 (*Iris*) 及びシュウカイドウ属 (*Begonia*) を主要対象植物として—。富山県中央植物園研究報告 **11**: 25–43.
- 管 開雲・李 景秀・李 宏哲 (Guan, K.Y., Li, J.X. & Li, H.Z.). 2005. 云南秋海棠属植物资源调查研究 (Summarization of *Begonia* resources from Yunnan Province). 园艺学报 (Acta Hort. Sinica) **32**: 74–80.
- Huang, S.H. & Shui, Y.M. 1994. New taxa of *Begonia* from Yunnan. Acta Bot. Yunnan. **16**: 333–342.
- Gu, C.Z., Peng, C.I. & Turland, N. J. 2007. Begoniaceae. In Wu, Z.Y. & Hong, D.Y. (eds.), Flora of China. pp.153–207. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- 兼本 正・魯 元学・中田政司・神戸敏成・胡 梟剣・管 開雲. 2011. 中国雲南省・広西壮族自治区における 2010 年度シュウカイドウ属調査の記録. 富山県中央植物園研究報告 **16**: 33–42.
- 兼本 正・志内利明・李 景秀・管 開雲. 2013. 中国雲南省西双版纳州および普洱市における 2011 年度シュウカイドウ属調査の記録. 富山県中央植物園研究報告 **18**: 39–46.
- Li, J.X., Guan, K.Y., Ohmiya, T., Nakata, M. & Godo, T. 2007. Anatomy on leaf cross sections of *Begonia* from Yunnan, China. Guihaia **27**: 543–550.
- Lu, Y.X., Godo, T. & Guan, K.Y. 2007. Tissue culture and plantlet regeneration of *Begonia rubropunctata* S.H.Huang et Shui. Plant Physiology Communications **43**: 1131–1132.
- 馬 宏・李 宏哲・管 開雲・魯 元学 (Ma, H., Li, H.Z., Guan, K.Y. & Lu, Y.X.). 2007. 珍稀植物古林箐秋海棠的资源状况及生物学特性 (*Begonia gulinqingensis*, a rare plant and its wild resource status and biological characters). 云南农业大学学报 (J. Yunnan Agr. Univ.) **22**: 337–339.
- Nakata, M., Guan, K.Y., Godo, T., Lu, Y.X. & Li, J.X. 2003. Cytological studies on Chinese *Begonia* (Begoniaceae) I. Chromosome numbers of 17 taxa of *Begonia* collected in 2001 field studies in Yunnan. Bull. Bot. Gard. Toyama **8**: 1–16.
- Nakata, M., Guan, K.Y., Li, J.X. Lu, Y.X. & Li, H.Z. 2007. Cytotaxonomy of *Begonia rubropunctata* and *B. purpureofolia* (Begoniaceae). Bot. J. Linn. Soc. **155**: 513–517.
- 中田政司・魯 元学・管 開雲・李 景秀. 2005. 中国雲南省西双版纳における *Begonia palmata* var. *bowringiana* (紅孩児、シュウカイドウ科) 自生地の記録、および採集された 6 個体の染色体数. 富山県中央植物園研究報告 **10**: 1–8.
- Nakata, M., Ueno, T., Li, J.X., Li, H.Z., Wang, Z.L., Lu, Y.X., Shen, Y.G. & Guan, K.Y. 2012. Chromosome number and pollen fertility of *Begonia grandis* (Begoniaceae) from Japan and China. Bull. Bot. Gard. Toyama **17**: 23–29.
- Shui, Y.M. & Chen, W.H. 2005. New data of sect. *Coelocentrum* (*Begonia*) in Begoniaceae. Acta Bot. Yunnan **27**: 355–374.
- 税 玉民・黄 素华 (Shui, Y.M. & Huang, S.H.). 1999. 云南秋海棠属植物小志 (Notes on the genus *Begonia* from Yunnan). 云南植物研究 (Acta Bot. Yunnan) **21**: 11–23.

三倍体センノウの自殖第一代における形態的特徴および染色体数

神戸敏成¹⁾・富田裕明²⁾・中田政司¹⁾

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⁾ 神奈川県立大船植物園 〒247-0072 神奈川県鎌倉市岡本 1018

Morphological characters and chromosome numbers of S_1 progenies obtained by self-pollination of triploid Senno (*Lychnis senno*, Caryophyllaceae)

Toshinari Godo¹⁾, Hiroaki Tomita²⁾ & Masashi Nakata¹⁾

¹⁾ Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

²⁾ Ofuna Botanical Garden,
1018 Okamoto, Kamakura, Kanagawa 247-0072, Japan

Abstract: We investigated several characteristics, such as flowering date; flower size, shape, and color; plant height; node length; and chromosome number, of 76 S_1 progenies obtained by self-pollination of the triploid Senno (*Lychnis senno* Siebold et Zucc.) strain MS. The S_1 progenies showed varied morphologies such as creeping form, dwarf form, and orange-colored flowers. The chromosome numbers of the progenies were counted to be $2n = 24, 25, 26, 28, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51$, and 55. Three progenies showed chromosome number, $2n = 24$, which is the same as that for a diploid plant. Among the 76 progenies, no. 56 showed a high pollen stainability of 97.5 %.

Key Words: *Lychnis*, progeny of self-pollination, Senno, S_1 progeny, triploid

センノウ (*Lychnis senno* Siebold et Zucc.) は中国原産のナデシコ科多年草で、日本へは 600 年以上前に渡来したと考えられているが、近年その姿を見ることはできなくなっていた (神戸ほか 2010)。1996 年の島根県での再発見がきっかけとなり、これまでに、中国地方と九州地方の 10 箇所で合計 13 系統のセンノウが確認され、すべて $2n = 36$ の三倍体植物であることが明らかになっている (Godo *et al.* 2004, 神戸ほか 2010)。2010 年頃まで小規模な個人の切花生産が行われていたが、現在は廃業され、ポット苗が園芸店や

種苗会社の通信販売で流通している程度である。しかしながら、観賞価値が高い植物であり、育種による品種の多様化等が進むことにより園芸植物としての普及が期待される。

一般に植物は倍数化に伴い各種器官が肥大化すると言われ (松尾 1982)、三倍体植物も花や果実が大きくなるなど園芸的価値が高くなることがあり、多くの三倍体品種が育成されている。しかし、三倍体植物は一般的に花粉稔性が低くなるため、育種に利用されることはほとんど無い。実際に、三倍体イネの自殖では完全な種子が得られる確率は 0.4% と

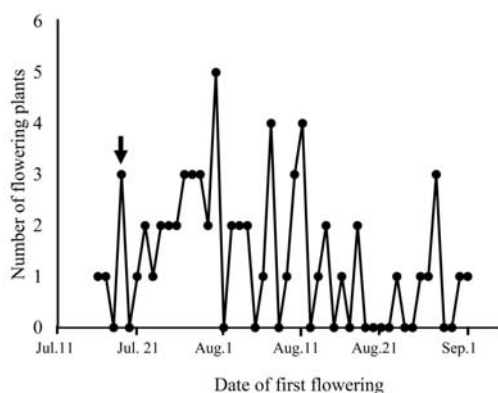


Fig. 1. First flowering date of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. Arrow indicates the first flowering date (Aug. 19) of strain MS.

低く(古賀・永松 1967a)、キスゲ属では三倍体と二倍体の交配を行った約 2500 花中、得られた後代はわずかに 7 個体であったことが報告されている(松岡 1972)。リンゴにおいても、三倍体×二倍体から得られる後代はほとんどが異数体であることや二倍体×三倍体は不完全花粉が著しく多く着果が極めて不良になることなどから実際の育種に三倍体品種を用いることはほとんど行われていない(佐藤・神戸 2007)。センノウ同様、三倍体のみが中国から渡来したと考えられているヒガンバナも通常では発芽能力を有する種子が得られることはほとんどなく(栗田 1998)、胚珠培養でのみ実生が 11.5% で得られるにすぎない(Tarumoto *et al.* 2006)。

センノウの三倍体では、花粉をトルイジンブルーなどで染色すると 70% 程度が染色され、人工授粉することにより少量ではあるが種子が得られることが明らかになっている(神戸ほか 2010)。これらの中には発芽能力を有する種子もあり、三倍体センノウの自殖後代が得られている。そこで、本研究では三倍体センノウの育種への利用を目的に、これらの自殖後代の形態および染色体数、花粉稔

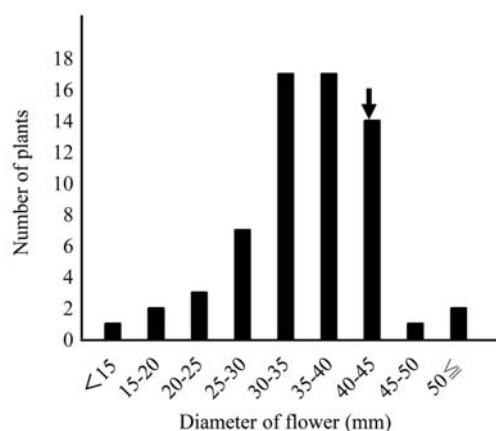


Fig. 2. Flower diameter of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. Arrow indicates the class to which strain MS (ϕ 44.2 mm) belongs.

性について調査を行った。

材料および方法

三倍体センノウの MS 系統(Godo *et al.* 2004)の自殖により得られた第一代(以下 S_1 と略記)76 系統について調査を行った。これらは富山県中央植物園内(N 36°40', E 137°11')の冬季最低温度を 2 °C に設定したガラス室で栽培を行った。

各系統 3 株について、開花日(2011 年における第一花開花日)および花径(第一～第三花の開花翌日の花径)、草丈(第一花開花時の最長茎の長さ)、節間長(最大葉の上部の節間長)、葉の大きさ(最大葉の長さと幅)を計測し、平均値を算出した。

花粉稔性は、1% コットンブルーによる染色を行い、顕微鏡下で 1 花あたり約 300 粒の花粉を観察し、濃青色に染色された花粉を稔性花粉と判断し、第一花～第三花の平均値を花粉稔性とした。

染色体観察のため、新鮮な根から切り取った約 5 mm の根端を 2 mM 8- ハイドロキシキノリン溶液で 4 時間(17 °C)の前処理を行

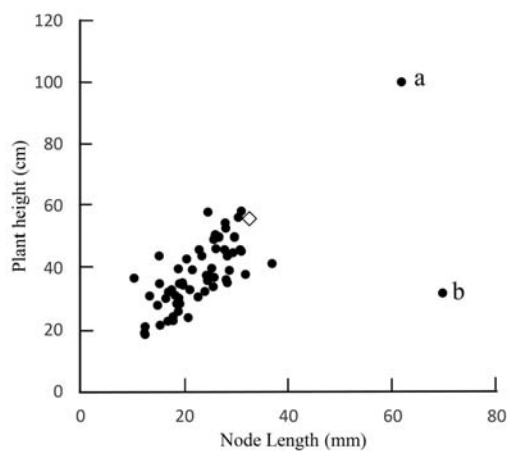


Fig. 3. Node lengths and plants heights of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. ◇ : Strain MS. a: S_1 No. 1. b: S_1 No. 55.

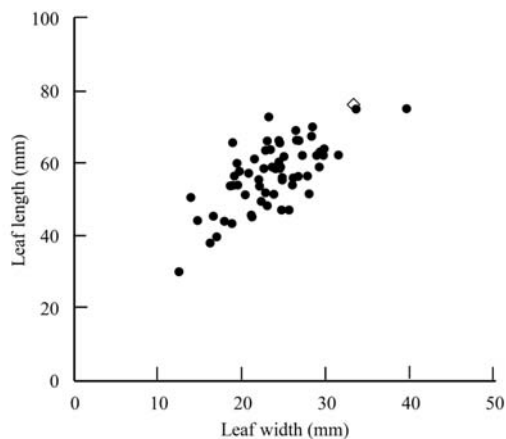


Fig. 4. Leaf sizes of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. ◇ : Strain MS.

い、ファーマー液(エタノールと氷酢酸の3:1 (v/v) 混液)で24時間(5 °C)の固定を行った。固定された根を1 mol/l 塩酸と45%酢酸を等量混合した溶液で15秒間(60 °C)解離処理を行い、先端分裂組織を1%アセトアルセインで染色し、押しつぶし法により観察を行った。染色体数は原則として3細胞での算定に基づいている。

結果および考察

三倍体センノウ MS 系統の開花日が7月19日であったのに対し、開花に至った S_1 63 系統の中で最も早く咲いた No. 56 ($2n = 24$) の開花日は3日早い7月16日で、最も遅く咲いた No. 12 ($2n = 25$) の開花日は1ヶ月以上遅い9月1日であった(Fig. 1)。 S_1 の開花日は全体的に MS 系統より遅く、また S_1 内で開花日には約1.5ヶ月の差があることになり、遺伝的な形質であれば、開花期が異なるセンノウを育種する上で重要な特性である。

花径は MS 系統が44.2 mm であったのに対し、最小の No. 74 ($2n = c. 38$) が14.8 mm、最大の No. 36 ($2n = 43$) が54.8 mm であり、

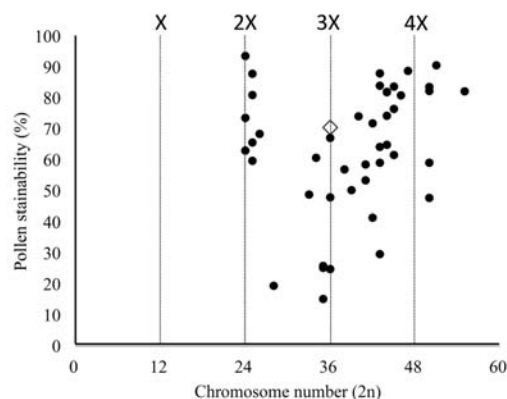


Fig. 5. Relationship between chromosome number and pollen stainability of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. ◇ : Strain MS.

開花に至った S_1 の74%にあたる46系統の花径が30.0–44.9 mm に集中していた(Fig. 2)。 S_1 では花が小輪になる傾向が見られ、MS 系統より大きな花が咲いた S_1 は63系統中4系統と少なかった。小輪花の多くは奇形花であったが(Figs. 7D, H)、No.24 (染色体数未算定)は小輪花でありながら観賞価値がある整った花形であった(Fig. 3C)。

草丈はMS系統が55.8 cmであったのに対し、 S_1 では最も長かったNo. 1 ($2n = 24$)の100.2 cmを除くとNo. 16 ($2n = 44$)の18.5 cmからNo. 84 ($2n = 44$)の58.3 cmの間に集中していた(Figs. 3, 6)。また、節間長はMS系統が32.5 mmであったのに対し、 S_1 ではNo. 42 ($2n = 33$)の12.3 mmからNo. 6 ($2n = 35$)の36.8 mmの間に集中し、61.7 mmのNo. 1 ($2n = 24$)と69.6 mmのNo. 55 ($2n = 33$)の2系統は突出して長かった(Figs. 3, 6)。No. 55は他の系統と比較すると草丈に対する節間長が長く、異なる傾向が見られたが、MS系統を含む他の系統は草丈と節間の間に強い正の相関($r = 0.829$)が見られた(Fig. 3)。No. 1 ($2n = 24$)は他の系統と比較すると草丈および節間が著しく長く、二倍体相当の染色体数を持ち花粉稔性も高いことから、その性質を利用した匍匐性のカバープランツやハンギングプランツ用品種の育種素材としての利用が期待される(Figs. 3, 6B)。

葉の大きさはMS系統の長さ76.4 mm、幅33.2 mmに対して、 S_1 最小のNo. 75 ($2n = c. 36$)が長さ30.3 mm、幅12.4 mm、最大のNo. 54 ($2n = 47$)が長さ75.3 mm、幅39.5

mmであった(Fig. 4)。 S_1 の葉の大きさは、花の大きさ同様にMS系統より小さくなる傾向が見られたが、形には大きな変化は見られなかった(Fig. 4)。

染色体数は、センノウ属の二倍体の染色体数に相当する $2n = 24$ が最も少なく、 $2n = 55$ が本研究で得られた S_1 の中で最も多い染色体数であった(Fig. 5)。 $2n = 36$ の三倍体センノウの場合、理論的にはゲノム1セットから成る $n = 12$ から非還元性の3セットの $n = 36$ の染色体を持つ配偶子が形成される可能性があり、その結果 $2n = 24$ から $2n = 72$ の染色体を持つ S_1 が得られることが期待される。しかし、本研究結果では、理論上最少の染色体($2n = 24$)を持つ系統は得られているが、理論上最多の $2n = 72$ を含む $2n = 56$ 以上の染色体を持つ高次異数体の後代は得られていない。三倍体のヒガンバナの S_1 でも、二倍体($2n = 2x = 22$)に近い染色体数が観察され、高次異数体は見られない(Tarumoto *et al.* 2006)。古賀・永松(1967b)はイネの三倍体を用いた交雑試験結果から高次異数体は種子の発達の障害が大きいと述べている。おそらく、花粉や卵細胞の形成から受精を経て種



Fig. 6. Habits of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. A: Strain MS. B: S_1 with creeping shoots (No. 1). C: S_1 showing dwarf form (No. 109).

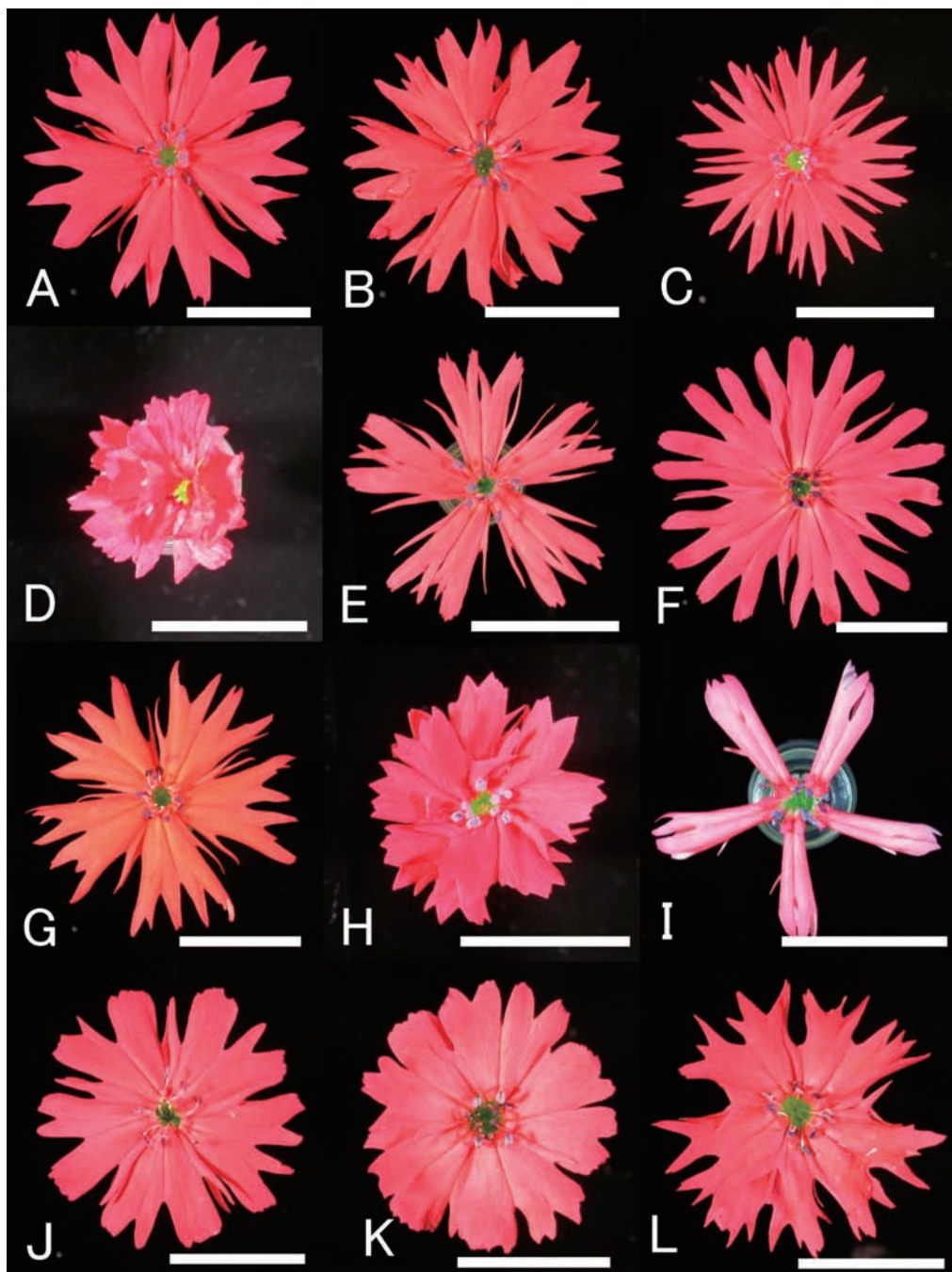


Fig. 7. Flower morphology of triploid Senno (*Lychnis senno*) strain MS and its S_1 progenies. A: Strain MS ($2n = 36$). B: No. 21 (normal flower shape; $2n = 36$). C: No. 42 (small flower and dissected petals; $2n = 33$). D: No. 66 (malformed flower with aborted pistils and stamens; $2n = 55$). E: No. 75 (narrow petals; $2n = 37$). F: No. 87 (large petals; $2n = 34$). G: No. 89 (orange-colored petals; $2n = 35$). H: No. 90 (irregular shapes and arrangement of petals; $2n = 45$). I: No. 95 (narrow petals; $2n = 25$). J: No. 96 (wide petals; $2n = 25$). K: No. 107 (wide and slight lobation of petals; $2n = 28$). L: No. 117 (irregular shape of petals). Bars indicate 2 cm.

子形成、発芽に至る様々な過程において過剰な数の染色体が S_1 生成を阻害していると思われる。

花粉稔性は MS 系統の 67.7% に対して、 S_1 では No. 89 ($2n = 35$) の 15.3% から No. 56 ($2n = 24$) の 93.7% であった (Fig. 5)。染色体数と花粉稔性の関係では、80% 以上の高い花粉稔性を示した個体は二倍体相当の $2n = 24$ および四倍体相当の $2n = 48$ 前後に集中していた。 S_1 の中から二倍体相当である $2n = 24$ の染色体を持つ系統が 3 系統、三倍体相当である $2n = 36$ の染色体を持つ系統が 5 系統 (2 系統は未開花) 見つかり、 $2n = 24$ の染色体を持つ 3 系統 No. 1、No. 22、No. 56 の花粉稔性は、それぞれ 87.5%、81.1%、97.5% であった (Fig. 5)。No. 56 以外の 2 系統は稔性がやや低いことから二倍体相当の染色体を持つものの、真の二倍体植物ではないかもしれない。この点を明らかにするためには、減数分裂の観察や精細な核型分析で確認する必要がある。

花卉園芸植物における最も重要な花の形質については、MS 系統と類似した花形の系統 (No. 21; Fig. 7B) も現れたが、 S_1 では多様な変異が見られた (Fig. 7)。MS 系統と比較すると花卉が幅広くなった系統 (No. 96; Fig. 7J, No. 107; Fig. 7K) をはじめ、小輪で切れ込みが深い系統 (No. 42; Fig. 7C)、花卉の幅が狭くなった系統 (No. 75; Fig. 7E)、大輪で花卉の形に変異が現れた系統 (No. 87; Fig. 7F) などが現れた一方で、多くの奇形花も現れた (Fig. 7)。また、花色はほとんどが親株である MS 系統と同じ鮮紅色であったが、2 個体 (No. 89, 91) はオレンジ色であり (Fig. 7G)、センノウの花色の多様化の可能性が見出された。

以上のように、三倍体センノウの S_1 の形質は変異に富んでいることが明らかになった。これらの中には矮性や匍匐性、花色の変化など園芸的にも有用と思われる形質がみら

れているが、多くは花粉稔性が不十分な異数体であった。センノウの三倍体は花粉稔性が低いことやその S_1 には異数体が多いことなどから、直接育種素材として利用することは難しいかもしれないが、二倍体相当の染色体を持ち、高い花粉稔性を示した S_1 の No. 56 は自殖により種子が得られることをすでに確認しており、育種素材として今後利用できる可能性が高い。

本研究の一部は科研費 MEXT/JSPS (21580049, 24580040) の助成を受けて行った。

引用文献

- Godo, T., Oku, T., Mii, M. & Nakata, M. 2004. Triploid property of Senno (*Lychnis senno* Siebold et Zucc., Caryophyllaceae), a traditional ornamental plant conserved in Japan. *Breed. Sci.* **54**: 105–109.
- 神戸敏成・中田政司・中野 優・富田裕明・三位正洋. 2010. 日本に現存するセンノウの特性と園芸的利用. 日本植物園協会会誌 **44**: 197–204.
- 古賀義昭・永松土巳. 1967a. イネの 2 倍体と同質 3 倍体間の交雑に関する研究, とくに 3 倍体の細胞学的観察および交配種子の形成について. 九州大学農学芸雑誌 **23**: 55–61.
- 古賀義昭・永松土巳. 1967b. イネの 2 倍体と同質 3 倍体間の交雑に関する研究, とくに次代植物の培養結果および染色体数について. 九州大学農学芸雑誌 **23**: 63–66.
- 栗田子郎. 1998. ヒガンバナの博物誌. pp. 43–53. 研成社, 東京.
- 松尾高嶺. 1982. 育種学. pp. 208–220. 養賢堂, 東京.
- 松岡通夫. 1972. キスゲ属植物の 3 倍体と 2 倍体との交雑について. *Japan. J. Breed.*

- 22: 168–171.
- 佐藤正志・神戸和猛登. 2007. リンゴ二倍性品種と三倍性品種の正逆交雑における初期生育の良好な実生の獲得効率の比較と育種の可能性. 園芸学研究 **6**: 347–354.
- Tarumoto, I., Ma, B. & Ogawa, T. 2006. Studies on speciation in genus *Lycoris* using interspecific hybrids and selfed plants produced through embryo rescue. JARQ **40**: 317–326.

日本産サンショウソウ属（イラクサ科）の三倍体種および サイトタイプにおける無融合種子形成

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

Agamospermy of two triploid species and a cytotype in the genus *Pellionia* (Urticaceae) in Japan

Tadashi Kanemoto

Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

Abstract: Observations of pollen grains and seed germination were carried out for two triploid species, *Pellionia brevifolia* and *P. yosiei*, and for a triploid cytotype of *P. scabra*. Pollen grains of the three taxa were filled with 20 or more starch granules, and no nucleus was observed. Thus, pollen grains were considered to be sterile. Cultivated plants of all three triploid taxa set seeds after removal of the male inflorescences, and the seeds germinated well. The triploid species and triploid cytotype of *Pellionia* were found to exhibit apomictic reproduction.

Key Words: Agamospermy, *Pellionia*, pollen fertility, seed germination, Urticaceae

イラクサ科サンショウソウ属 *Pellionia* Gaudich. は東南アジアから東アジアに分布し約 70 種が知られ、湿った林下に生育する雌雄同株の多年草である(米倉 2016)。兼本(2014)は日本産サンショウソウ属としてアラゲサンショウソウ *P. brevifolia* Benth.、オオサンショウソウ *P. radicans* (Siebold et Zucc.) Wedd.、キミズ *P. scabra* Benth.、キミズの変種であるナントウキミズ *P. scabra* Benth. var. *pedunculata* Yamam. およびナガバサンショウソウ *P. yosiei* (H.Hara) H.Hara の 4 種 1 変種を認め、アラゲサンショウソウとナガバサンショウソウは三倍体種(Kanemoto & Naruhashi 2003a)、ナント

ウキミズはキミズの三倍体サイトタイプ(Kanemoto 2013)であることを報告している。

イラクサ科ではマオ属アカソ *Boehmeria silvestrii* (Pamp.) W.T.Wang、クサコアカソ *B. gracilis* C.H.Wright とコアカソ *B. spicata* (Thunb.) Thunb. の三倍体は正常な花粉を全然またはほとんど形成しないが発芽力のある種子を多産することから、無融合種子形成により繁殖していることが知られている(Okabe 1963, Yahara 1982)。同様な例はキク科タンポポ属セイヨウタンポポ *Taraxacum officinale* Weber ex F.H.Wigg. の三倍体(森田 1997)、ヒヨドリバナ属ヒヨドリバナ

Eupatorium makinoi T.Kawahara et Yahara var. *oppositifolium* (Koidz.) T.Kawahara et Yahara の三倍体、四倍体、五倍体 (Watanebe *et al.* 1982)、イネ科ノガリヤス属タカネノガリヤス *Calamagrostis sachalinensis* F.Schmidt、イワノガリヤス *C. purpurea* (Trin.) Trin. subsp. *langsдорffii* (Link) Tzvelev の六倍体と八倍体 (Tateoka 1974) などでも報告されている。ナントウキミズでは Kanemoto (2013) により、アラゲサンショウソウとナガバサンショウソウでは兼本 (2014) により瘦果の形成が示されていることから、これらの三倍体は無融合種子形成により瘦果を形成していると推察される。今回花粉稔性と種子発芽を観察し、アラゲサンショウソウ、ナガバサンショウソウとナントウキミズにおける無融合種子形成について検証を行った。

材料と方法

花粉稔性調査の材料は Kanemoto & Naruhashi (2003b) による細胞地理学的調査の過程で自生地で FAA (ホルマリン:氷酢酸:エチルアルコール:蒸留水 = 5:5:45:45) 固定した雄花序の液浸標本を用いた (Table 1)。正常花粉の比較対象としては鹿児島県鹿児島市慈眼寺町産オオサンショウソウ四倍体

個体 (Voucher: KA9703) を用いた。雄花序内で最も発達した 1 花から葯を取り出した後、スライドグラス上で分解して花粉を放出させ、酢酸オルセイン溶液で封入、プレパラートを作製し、24 時間以上染色し、300 粒以上観察した。花粉内のデンプン粒の検出はスライドグラス上に広げた花粉にヨウ素ヨウ化カリウム溶液を滴下し、ヨウ素デンプン反応を観察した。

種子の発芽実験の材料は Kanemoto & Naruhashi (2003b) の自生地から採集し、富山県中央植物園の温室で栽培されている個体を用いた。各分類群の 3 個体について雄花序を取り除いて栽培し、結実した長さ 1 mm 以上の瘦果をそれぞれ 3 個体から採取し、合計 20 粒を水道水で湿らせた濾紙を敷いたシャーレに播種し、25 °C の恒温器に 30 日間置き発芽の有無を調べた。

結果と考察

花粉稔性

Fig. 1A に示したオオサンショウソウの四倍体の花粉では全体が染まり、栄養核と生殖核がみられ、稔性があると判断されるが、アラゲサンショウソウ、ナガバサンショウソウ、ナントウキミズの花粉粒は直径が約 20 μm

Table 1. Localities of the studied triploid species and triploid cytotype of *Pellionia* in Japan.

Taxon	Locality	Pollen fertility (%)	Voucher
<i>P. brevifolia</i>	Kagoshima Pref., Tarumizu City, Takakumayama	0	KG0001
	Kihoku Town, Hikoba	0	KG0002
	Kanoya City, Takakuma valley	0	KG0003
<i>P. scabra</i> var. <i>pedunculata</i>	Mie Pref., Kiinagashima Town, Akabanegawa	0	MI0013
	Wakayama Pref., Kozagawa Town, Nishikawa	0	WA0017
	Kagoshima Pref., Oonejime Town, Ootaki	0	KA9725
<i>P. yosiei</i>	Miyazaki Pref., Kunitomi Town, Yatsushiro	0	MIY0015
	Saito City, Hasekannonji	0	MIY0016

あって、その内部は直径約 2～5 μm の屈折率の高い顆粒で占められ、花粉管細胞と生殖細胞は確認できず、花粉稔性は無いと判断された (Fig. 1B)。花粉内の顆粒はヨウ素デンプン反応で黒紫色に染色されたことからデンプン粒であることが明らかとなった (Fig. 1C)。

発芽実験

発芽実験では播種した 20 粒の種子のうち、アラゲサンショウソウでは播種 15 日後に 3 個 (15%)、20 日後に 3 個 (15%)、計 6 個 (30%) の種子が発芽した (Fig. 2A)。ナントウキミズでは播種 15 日後に 3 個 (15%)、23 日後に 2 個 (10%)、計 5 個 (25%) の種子が発芽した (Fig. 2B)。ナガバサンショウソウでは播種

18 日後に 3 個 (15%) の種子が発芽した (Fig. 2C)。アラゲサンショウソウ、ナガバサンショウソウ、ナントウキミズの三倍体 3 分類群は稔性のある花粉は造らず、雄花序を除いても発芽力のある種子を生産することから、無融合種子形成を行っていることが明らかとなった。

日本産サンショウソウ属ではオオサンショウソウから二倍体、三倍体、四倍体、五倍体、キミズから二倍体、四倍体、五倍体のサイトタイプが報告され (Kanemoto & Naruhashi 2003a)、オオサンショウソウでは三倍体と四倍体、キミズでは四倍体が広く分布している (Kanemoto & Naruhashi 2003b)。オオサンショウソウの三倍体と四倍体およびキミズの四倍体と各サイトタイプには雌花だけをつ

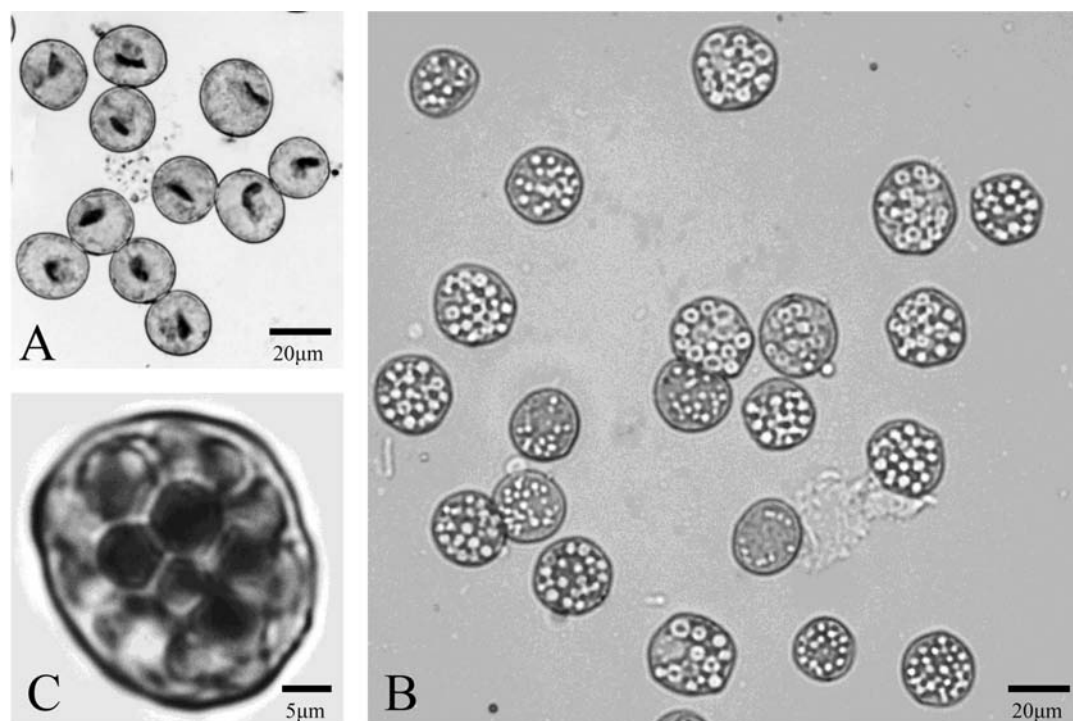


Fig. 1. Pollen grains of *Pellionia*. A: Normal pollen grains of *P. radicans* (4 $\times$) stained with aceto-orcein. Vegetative and generative nuclei are stained. B: Pollen grains of *P. brevifolia* (3 $\times$) stained with aceto-orcein. Small granules with high refractive index are seen, but no nuclei. C: Pollen grains of *P. brevifolia* (3 $\times$) stained with iodine-potassium iodine solution. Starch grains are detected by iodine reaction.

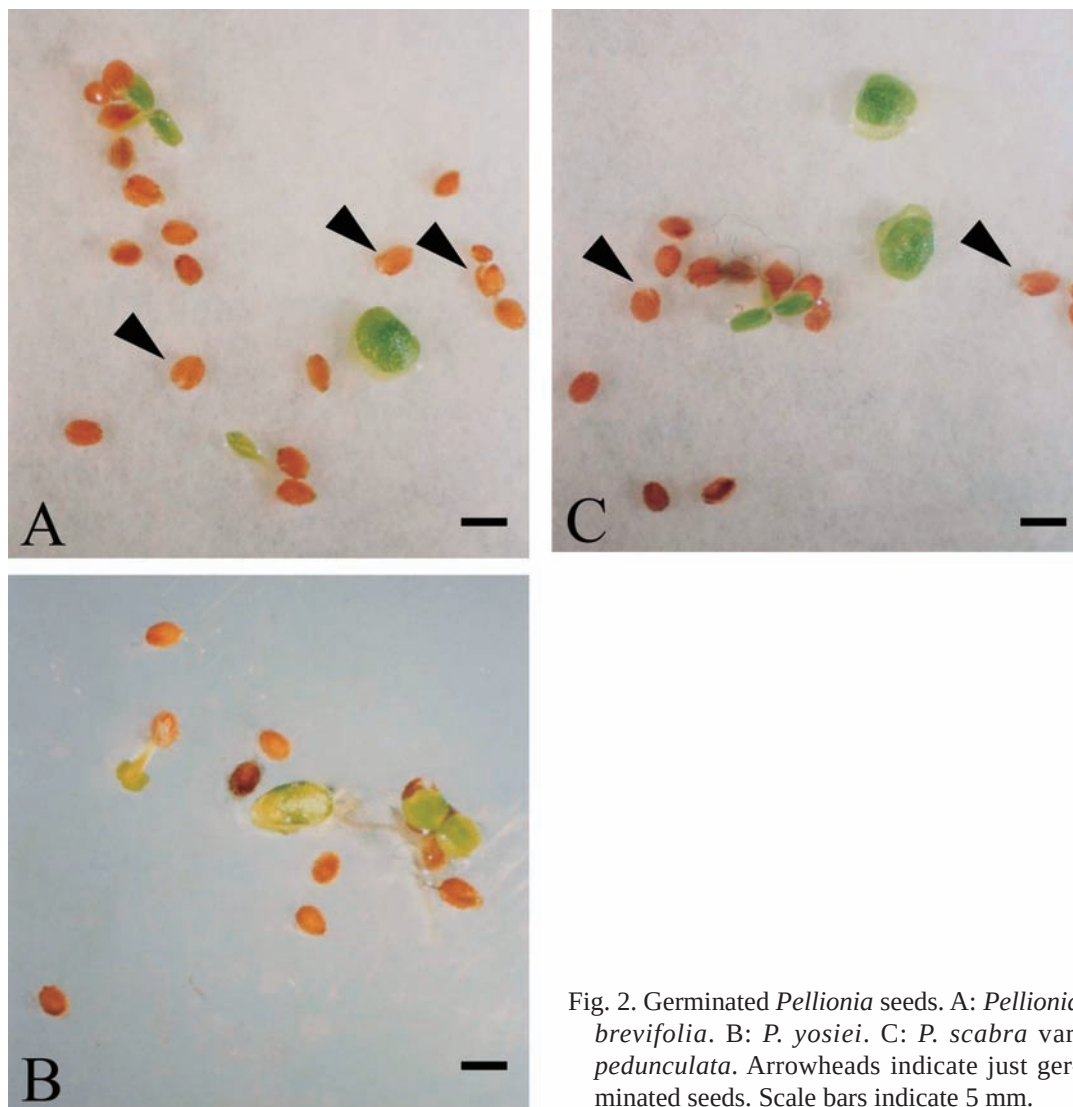


Fig. 2. Germinated *Pellionia* seeds. A: *Pellionia brevifolia*. B: *P. yosiei*. C: *P. scabra* var. *pedunculata*. Arrowheads indicate just germinated seeds. Scale bars indicate 5 mm.

ける集団があり、それらの集団では瘦果の形成が報告されている (Kanemoto 2013, 兼本 2014)。イラクサ科ではマオ属のヤブマオ *B. japonica* (L.f.) Miq. var. *longispica* (Steud.) Yahara ほか 10 種で雌花序をつける集団だけがみられ、これらは無融合種子形成により繁殖していることが知られている (Okabe 1963)。同様にサンショウソウ属においても今回明らかとなった三倍体種の他にオオサンショウソウの三倍体、四倍体とキミズの四倍体において無融合種子形成が行われている可

能性がある。

引用文献

- Kanemoto, T. 2013. Comparative morphology of triploid and tetraploid cytotypes of *Pellionia scabra* (Urticaceae) from Japan. *J. Jpn. Bot.* **88**: 81–93.
- 兼本 正. 2014. 日本産イラクサ科サンショウソウ属 5 分類群の形態比較. 富山県中央植物園研究報告 **19**: 1–43.
- Kanemoto, T. & Naruhashi, N. 2003a.

- Chromosome numbers of Japanese *Pellionia* (Urticaceae). J. Jpn. Bot. **75**: 262–268.
- Kanemoto, T. & Naruhashi, N. 2003b. Cytogeographical studies of *Pellionia minima*, *P. radicans* and *P. scabra* (Urticaceae). J. Phytogeogr. Taxon. **51**: 123–129.
- 森田竜義. 1997. 世界に分布を広げた盗賊種セイヨウタンポポ. 山口裕文(編著), 雑草の自然史(たくましさの生態学). pp. 192–208. 北海道大学出版会, 札幌.
- Okabe, S. 1963. Apomixis in the genus *Boehmeria*. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 **29**: 207–215.
- Tateoka, T. 1974. A cytotaxonomic study of the *Calamagrostis purpurea-langsдорffii-canadensis* complex in the lowlands of Hokkaido. Bot. Mag. Tokyo **87**: 237–251.
- Yahara, T. 1982. A biosystemetic study on the local populations of some species of the genus *Boehmeria* with special reference to apomixis. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo III. **13**: 217–261.
- 米倉浩司. 2016. サンショウソウ属. 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 イネ科～イラクサ科. pp. 348–349. 平凡社, 東京.
- Watanebe, K., Fukuhara, T. & Huziwara, Y. 1982. Studies on the Asian Eupatorias I. *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium* from the Rokko Mountains. Bot. Mag. Tokyo **95**: 261–280.

富山県における外来キクタニギクとリュウノウギクとの自然交雑事例

中田政司

富山県中央植物園 〒939-2713 富山県富山市婦中町上轡田 42

Spontaneous hybridization between *Chrysanthemum seticuspe* f. *boreale* (Asteraceae) as invasive alien plant and *C. makinoi* found in Toyama Prefecture, Japan

Masashi Nakata

Botanic Gardens of Toyama,
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713, Japan

Abstract: Although *Chrysanthemum seticuspe* f. *boreale* originally grows in some areas in Japan, large numbers of individuals of the taxon as invasive alien plants, which originated from the contaminated seeds in slope seedling, have been found on roadside slopes in wide regions of Japan recently. A hybrid plant by spontaneous hybridization between *C. seticuspe* f. *boreale* as invasive alien plant and *C. makinoi*, an endemic species of Japan of the genus, was first found on roadside slope in a low mountain of Toyama Prefecture, Japan. The hybrid, *C. ×leucanthum*, showed low pollen stainability (30.4 %) and had a chromosome number $2n = 18$; among the chromosome set, three were considered to be of *C. seticuspe* f. *boreale* origin and two of *C. makinoi* origin. A wild population of *C. makinoi*, which was found near the hybrid in the same locality, was investigated. Two individuals among the 14 plants surveyed had low pollen stainabilities, of 23.5 and 56.9 %, and showed delays in flowering. The nearly sterile individual, which showed the lowest pollen stainability, had a chromosome of *C. seticuspe* f. *boreale* characterized by satellite and metacentric form in the $2n = 18$ chromosome sets. This may indicate that introgressive hybridization occurred from *C. seticuspe* f. *boreale* that invaded domestic *C. makinoi*.

Key Words: *Chrysanthemum ×leucanthum*, conservation of wild plant (*Chrysanthemum*), genetic contamination, introgressive hybridization, slope seedling

キクタニギク *Chrysanthemum seticuspe* (Maxim.) Hand.-Mazz. f. *boreale* (Makino) H. Ohashi et Yonek. は染色体数 $2n = 18$ の二倍体の黄花キク属で、日本では東北地方南部から関東地方、近畿地方、九州北部に自生している (Tanaka 1959a, 北村 1967)。ところが 1992 年頃から自生地ではない国内各地で花

をつけた個体あるいは個体群が発見されるようになり、道路の法面という生育環境から韓国あるいは中国から輸入された緑化用ヨモギの種子に混じって侵入・定着したものと考えられている (中田ほか 1995, 中田 2002)。

富山県への侵入は 1994 年が初認で (国内 2 例目)、以後富山県中央植物園への同定依

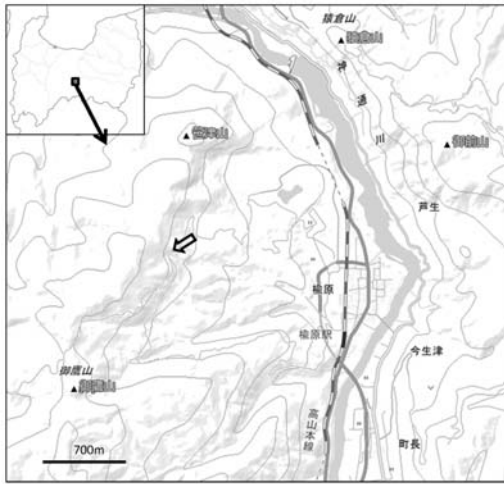


Fig. 1. Map showing the locality (open arrow) of *Chrysanthemum seticuspe* f. *boreale* as invasive alien plant, and its hybrid by spontaneous hybridization with *C. makinoi*.

頼の持ち込みだけで7件が記録されている(中田 未発表)。富山県には在来の子クタニギクは分布しないが、染色体数が子クタニギクと同じ $2n = 18$ であるリュウノウギク *C. makinoi* Matsum. et Nakai が自生しているため、交雑によるリュウノウギク個体群の雑種化が懸念されていた(中田 2013)。その懸念が現実となり 2012 年に富山県内で両種の自然雑種が発見されたので、記録として報告する。

外来子クタニギク由来の雑種シロバナアブラギク

雑種が確認されたのは富山市楡原(旧婦負郡細入村)の林道法面(北緯 36 度 53.7 分、東経 137 度 21.0 分、海拔約 460 m)で(Fig. 1)、ここでは 2005 年 10 月 23 日に富山県中央植物園友の会会員の津田 登氏によってヨモギに混じって生育する外来子クタニギクの大株が発見されていた(Fig. 2A, 証拠標本 Nakata 25210)。林道を約 300 m 行った場所(富山市割山)には在来のリュウノウギクが自生して

いたことから、交雑を防ぐためこの子クタニギクは抜根・駆除されたが、その後 2007 年 11 月 8 日に同地を訪れたところ生き残りと思われる個体が再発見され(Fig. 2B, Nakata 27124)、これも駆除された。ところが 5 年後の 2012 年 10 月 19 日に、今度は白色舌状花の子クが 1 株生育しているのが同じ場所で発見された(Fig. 2C, Nakata 32044)。葉は 5 深裂していることでは子クタニギクに似ているが、鋸歯は疎でリュウノウギクに似ており、中間的であった(Fig. 3)。頭花の形態やその付き方は両種の中間型で、地下茎を伸ばす性質は子クタニギクにはみられないリュウノウギクの特徴であった(Fig. 2D 矢印)。ラクトフェノールーコットンブルー染色による花粉稔性を調べたところ、30.4% と低い値であった(Fig. 2E)。根端における染色体の観察では、染色体数は両親種と同じ $2n = 18$ で、子クタニギクに特徴的な染色体(Tanaka 1959b の d_b^s , h_b^s , i_b)とリュウノウギクに特徴的な染色体(Tanaka 1959b の d_m^s , i_m)が観察された(Fig. 2F)。

以上の結果から、この子クは、子クタニギクとリュウノウギクの自然雑種であるシロバナアブラギク *C. ×leucanthum* (Makino) Makino と同定され、かつてここに生育していた外来子クタニギクに、この近くに生育していたリュウノウギクの花粉が運ばれ、外来子クタニギクを母親とする自然雑種が生じたものと推定された。過去に行った駆除が完全でなく、一部の個体が残っていたか、駆除した時点ですでに雑種の種子(そう果)が散布されていたのかもしれない。

リュウノウギク個体群の遺伝的汚染

この雑種個体は茎の高さが約 130 cm の大きなもので、前年の枯れた茎が残っていたことから(Fig. 2D アスタリスク)2011 年には同程度のサイズがあったと思われ、茎の太さから推察するとすでにその前 2010 年には個体

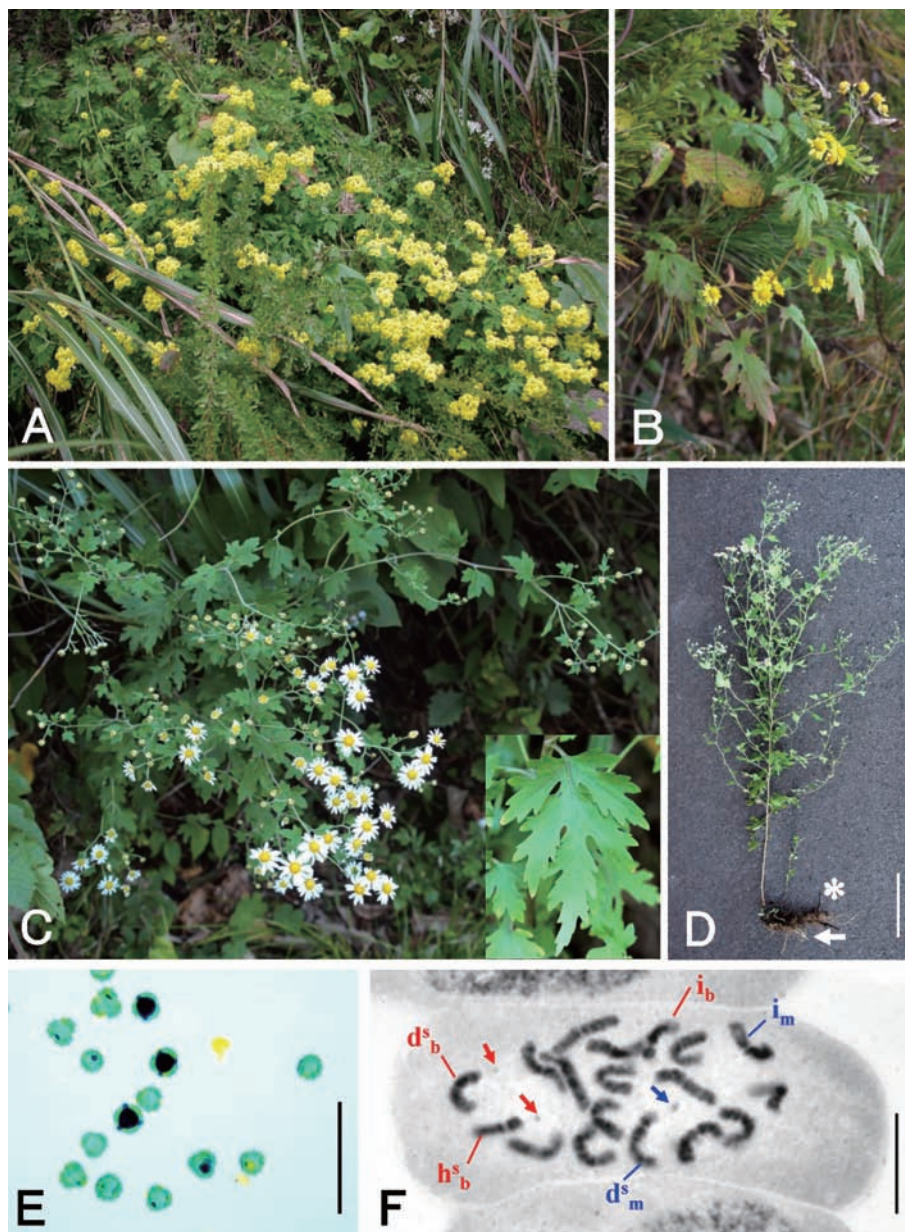


Fig. 2. *Chrysanthemum seticuspe* f. *boreale* as invasive alien plant, and its hybrid by spontaneous hybridization with *C. makinoi*. A. Invaded individual of *C. seticuspe* f. *boreale* found in Nirehara, Toyama City in 2005 (Nakata 25210). B. Re-discovered *C. seticuspe* f. *boreale* in the same stand shown in Fig. A in 2007 (Nakata 27104). C. The hybrid between *C. seticuspe* f. *boreale* and *C. makinoi* found in the same stand shown in Figs. A and B in 2012 (Nakata 32044). A leaf is seen in the inset. D. The plant form of the hybrid. Asterisk indicates a dead stem from the year 2011. Arrow indicates underground runners. Bar = 20 cm. E. Pollen grains of the hybrid stained using lactophenol-cotton blue. Bar = 100 μ m. F. Somatic chromosomes of the hybrid, $2n = 18$. The chromosomes indicated using red symbols are considered to be of *C. seticuspe* f. *boreale*, while those indicated using blue symbols are of *C. makinoi*. The symbols used are according to Tanaka (1959b). Arrows show satellites. Bar = 10 μ m.

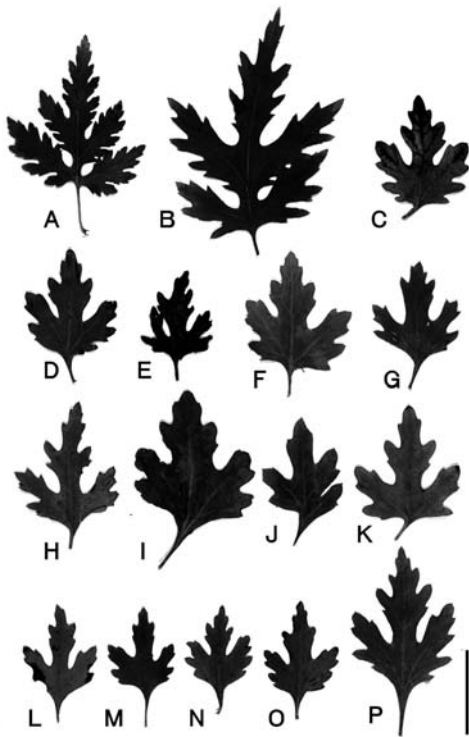


Fig. 3. Leaves of *Chrysanthemum seticuspe* f. *boreale* as invasive alien plant (Nakata 25210) (A), its hybrid by spontaneous hybridization with *C. makinoi* (Nakata 32044) (B), and individuals of neighboring *C. makinoi* population (Nakata 32045–32058) (C–P). Bar = 3 cm.

として存在していたと想像される。この雑種の存在は、今回と逆に、過去に外来キクタニギクやこの雑種の花粉が在来リュウノウギク個体群に運ばれ、その中にリュウノウギクを母親とする雑種子孫が生じている可能性を示している。

そこで予備調査として、この雑種が発見された同じ林道の法面で最も近傍にあるリュウノウギク個体群から任意に 14 個体 (Nakata 32045 ~ 32058) を採取し、形態、花粉稔性、染色体を調査した。その結果、開花の遅れた 2 個体を除いて舌状花は白色で、葉の形態は外来キクタニギクや雑種のように 5 深

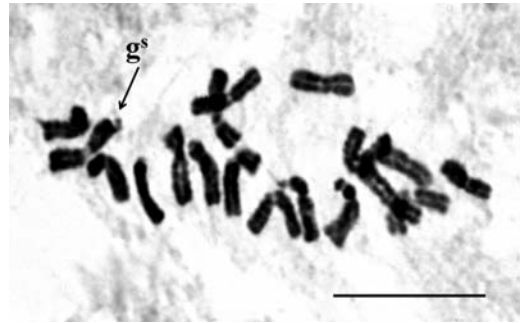


Fig. 4. Somatic metaphase chromosomes of an individual (Nakata 32050, Fig. 3H) collected from a *Chrysanthemum makinoi* population near the hybrid between *C. seticuspe* f. *boreale* and *C. makinoi* in Nirehara, Toyama City. The metacentric chromosome with satellite designated as g^s is considered to be of *C. seticuspe* f. *boreale* (ref. Tanaka 1959a). Bar = 10 μ m.

裂するものはみられなかったが、切れ込みがやや多い個体があった (Fig. 3)。花粉稔性は、開花の遅れた 2 個体 (Figs. 3F & H ; Nakata 32048, 32050) のみ 56.9%、23.5% と異常に低い値を示したが、残りの 12 個体は 81.5 ~ 98.7% と高く、正常であった。染色体数は、確認できた 6 個体すべてで $2n = 18$ であった。このうち花粉稔性が最も低かった 1 個体 (Fig. 3H ; Nakata 32050) には、Fig. 2F では確認できなかった、キクタニギクに特徴的な付随体を持った中部動原体型染色体 (Tanaka 1959a の g^s) が観察された (Fig. 4)。この染色体の存在は、外来キクタニギクによるリュウノウギクの遺伝的汚染 (浸透交雑) を示唆している。

発見された外来キクタニギク、雑種シロバナアブラギク、リュウノウギク個体群の一部について、カロテノイド生合成酵素の一つである *NCED3a* 遺伝子 (9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase ; 1493bp) の制限酵素多型による分子遺伝学的解析を行ったところ、シロバナアブラギクには外来キクタニギクとリュウノウギクのプロタイプが含まれ雑種性が確認されたが、現在までに調べたリュウノウギク

5 個体中にはキクタニギクのハプロタイプは確認されなかった(谷口 私信)。

このリュウノウギク個体群はその後林道の舗装・拡幅に伴う崖の切り崩しで消滅してしまったため遺伝的汚染の拡大を心配する必要はなくなったが、本格的な調査と保全を行う事はできなかった。現在のところリュウノウギクの絶滅要因としては、遺伝的汚染よりも開発の方が緊急の課題のようである。

2005 年に外来キクタニギクの情報を提供いただいた故津田 登氏、シロバナアブラギク他の分子遺伝学的解析を行い、結果の私信としての引用を許可された広島大学大学院理学研究科附属植物遺伝子保管実験施設の谷口 研至、本原宏志郎、山根虹子の各氏にお礼を申し上げます。

引用文献

- Tanaka, R. 1959a. On the speciation and karyotypes in diploid and tetraploid species of *Chrysanthemum* I. Karyotypes in *Chrysanthemum boreale* ($2n = 18$). J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, Div. 2, **9**: 1–16, 2 plates.
- Tanaka, R. 1959b. On the speciation and karyotypes in diploid and tetraploid species of *Chrysanthemum* III. Meiosis in the F_1 -hybrids of *Chrysanthemum boreale* $\times$ *Ch. Makinoi*. J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, Div. 2, **9**: 31–40, 1 plate.
- 北村四郎. 1967. 日本の野生菊の分布に関する報告. 植物分類・地理 **22**: 109–137.
- 中田政司. 2002. 外来種事例集 ヨモギ属とキク属. 日本生態学会(編), 外来種ハンドブック. pp. 195. 地人書館, 東京.
- 中田政司. 2013. 栽培菊と外来ギクによる日本産野生ギクの遺伝的汚染. 山口裕文(編著), 栽培植物の自然史 II. pp. 209–212. 北海道大学出版会, 札幌.
- 中田政司・関 太郎・伊藤隆之・小川 誠・松岸得之介・熊谷明彦・工藤 信. 1995. 最近道路法面に発見されるキクタニギクとイワギクについて. 植物地理・分類研究 **43**: 124–126.

富山県中央植物園研究報告投稿規定（平成 25 年 3 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 A 4 判用紙に 1 行 40 字、1 頁 30 行を標準とする。欧文原稿は A 4 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：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。
 - 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 A 4 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。
- (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

著者校正是初校のみとし、再校以降は編集委員会が行なう。

8. 投稿票

投稿に際して A 4 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)

Articles (原著)

東 義詔・川窪伸光：富山県氷見市小境海岸産ウミクサ類の生育状況	1
Yoshitsugu Azuma & Nobumitsu Kawakubo: Ecological conditions of seagrasses at Kozakai Beach, Himi City, Toyama Prefecture	
吉田 めぐみ・高橋一臣・大宮 徹：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	9
Megumi Yoshida, Kazuomi Takahashi & Tohru Ohmiya: Expansion of dwarf bamboo communities in Murodo-daira, Tateyama Mountains, as revealed by aerial photography	
志内利明・魯 元学・李 景秀・管 開雲・高橋一臣・中田政司：中国雲南 省南部に自生する希少なベゴニア属3種の生育環境	19
Toshiaki Shiuchi, Yuanxue Lu, Jingxiu Li, Kaiyun Guan, Kazuomi Takahashi & Masashi Nakata: Habitat conditions of three rare <i>Begonia</i> species in the southern part of Yunnan Province, China	
神戸敏成・富田裕明・中田政司：三倍体センノウの自殖第一代における形態 的特徴および染色体数	27
Toshinari Godo, Hiroaki Tomita & Masashi Nakata: Morphological characters and chromosome numbers of S_1 progenies obtained by self- pollination of triploid Senno (<i>Lychnis senno</i> , Caryophyllaceae)	
Note (短報)	
兼本 正：日本産サンショウソウ属（イラクサ科）の三倍体種およびサイト タイプにおける無融合種子形成	35
Tadashi Kanemoto: Agamospermy of two triploid species and a cytotype in the genus <i>Pellionia</i> (Urticaceae) in Japan	
中田政司：富山県における外来キクタニギクとリュウノウギクとの自然交雑 事例	41
Masashi Nakata: Spontaneous hybridization between <i>Chrysanthemum</i> <i>seticuspe</i> f. <i>boreale</i> (Asteraceae) as invasive alien plant and <i>C. makinoi</i> found in Toyama Prefecture, Japan	
投稿規定	i
投稿票	ii

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 22 号

発 行 日	平成 28 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
