

薬用植物研究

The Japanese Journal of Medicinal Resources

38巻2号 (2016年2号)

2016年12月



オケラ (白朮 びやくじゅつ)

Atractylodes japonica Koidzumi ex Kitamura

薬用植物栽培研究会

目 次

| |
|---|
| マオウ属植物の栽培研究（第8報） 旧国立衛生試験所が導入し保存されてきたマオウ属植物 Ep-13 の遺伝的背景について 安藤広和・北村雅史・佐々木陽平・北岡文美代・御影雅幸 1 |
| マオウ植物の栽培研究（第9報） マオウ属植物 Ep-13 草質茎のアルカロイド含量の局在性について 安藤広和・草場大作・御影雅幸・佐々木陽平 10 |
| ホソバオケラの育成，根茎増殖，精油生産に及ぼす遮光栽培の影響 松野倫代・岩本直久・幾井康仁・水上 元 17 |
| 生菜を育てる —東京生菜協会の取り組み— 清水 虎雄 23 |
| 薬用植物の病害（3） 佐藤 豊三 30 |
| 雑草と雑草防除技術 —耕地雑草の特性と雑草害— 小林 浩幸 41 |
| 岩崎灌園の著作に関連する資料について—牧野富太郎の植物画コレクションより— 田中 純子 52 |
| 薬用植物栽培研究会45周年記念事業のお知らせ 62 |
| 編集後記 |

編 集 委 員

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 姉帯 正樹 | 伊藤美千穂 | 伊藤 徳家 | 奥山 徹 |
| 草野源次郎 | 高上馬希重 | 小松かつ子 | 佐々木陽平 |
| 芝野真喜雄 | 林 宏明 | 菱田 敦之 | 村上光太郎 |
| 矢原 正治 | 吉岡 達文 | | |

マオウ属植物の栽培研究 (第8報)¹⁾

旧国立衛生試験所が導入し保存されてきたマオウ属植物Ep-13の 遺伝的背景について

Studies of Cultivation of *Ephedra* Plants (Part 8)

Genetic study on the *Ephedra* plant labeled Ep-13, which had introduced
by the former National Institute of Hygienic Science

安藤広和¹⁾, 北村雅史¹⁾, 佐々木陽平¹⁾, 北岡文美代¹⁾, 御影雅幸²⁾

¹⁾ 金沢大学大学院医薬保健研究域薬学系分子生薬学研究室

²⁾ 東京農業大学農学部バイオセラピー学科植物共生学研究室

Hirokazu Ando¹⁾, Masashi Kitamura¹⁾, Yohei Sasaki¹⁾, Fumiyo Kitaoka¹⁾, Masayuki Mikage²⁾

¹⁾ *Laboratory of Herbal Medicine and Natural Resources, College of Medical,
Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University,
Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192 Japan*

²⁾ *Laboratory of Plant Conservation, Department of Human and Animal-Plant
Relationships, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture.
1737, Funako, Atsugi, Kanagawa 243-0034 Japan*

2016年10月22日受付

要 旨

現在、日本には *Ephedra* 属植物の識別番号 Ep-13 株が系統保存されている。Ep-13 は1956年、国立衛生試験所（当時）がワシントン州から *Ephedra distachya* L. として導入したものであり、それを株分けされたものが日本各地で栽培されている。しかし Ep-13 の種同定に関しては、植物体が *E. distachya* よりも大型になるなど疑問視され、塩基配列による解析も、複数の配列が混在している状態であったため結論が出ていない状態であった。そこで今回、複数の配列が混在している rDNA の ITS 1 領域について、クローニングによる解明を試みた。さらに葉緑体 DNA の *trnK* 領域と *trnL-F* 領域の塩基配列を解析した結果、交雑種の可能性が示唆された。すなわち、*E. distachya* と考えられてきた Ep-13 は過去に *E. gerardiana* Wall. ex Stapf の遺伝子が挿入された *E. likiangensis* Florin であると推察された。この結果は外部形態からも支持できる結果である。

Summary

Research Center for Medicinal Plant Resources, National Institute of Biomedical Innovation, has kept planting the *Ephedra* plant labeled Ep-13, which was introduced from Washington D.C. in 1956 as *Ephedra distachya* L. The Ep-13 grows fast and can be easily multiplied from divisions,

and the clone stocks have been cultivated in some related institutes in Japan. Botanically, the Ep-13 was unclear because the plant grows bigger than *E. distachya* in Europe. Therefore, we analyzed ITS1 region of rDNA as well as *trnL-F* and *trnK* regions of chloroplast. The sequencing analysis showed that the origin of Ep-13 was a hybrid between *E. likiangensis* Florin and *E. gerardiana* Wall. ex Stapf. This result could also be supported by its morphological characteristics.

緒言

Ep-13株（以下，Ep-13）は1956年にワシントン州から旧国立衛生試験所の春日部薬用植物栽培試験場に *Ephedra distachya* L. として種子導入され²⁾，発芽育成され保存されてきたマオウ科マオウ属植物で，現在ではその親株から株分けにより増殖されたものが各地に分譲され育てられている（図1）. Ep-13の種同定に関しては，その形態がヨーロッパを中心に自生する *E. distachya* に比して大型で地上茎の分枝が多いという理由などから疑問が呈されてきた．そこで筆者らは Ep-13 の遺伝的背景を解明することを目的に本研究に着手した．

まず識別番号 Ep-13 と称されている株の遺伝的同等性を調査した．すなわち現在，日本各地で隔離栽培されている Ep-13 がすべて遺伝的に同一植物であるか否かを検討した．Ep-13 は各保有施設において全て雌株であることが確認されている（図2）．過去の文献において Ep-13 の開花についての記載はなく性別に関する情報は残されていない．しかし導入6年後の1962年に川谷ら²⁾によりアルカロイド含量の報告がなされており，ここでは Ep-13 と同時期に導入栽培されていたマオウ属植物が一斉に分析されている．他の多くのマオウ属植物について2~22検体測定されているのに対し，Ep-13 については1検体のみである．Ep-13 は生育が盛んで，地下に多数の短い根茎をのばして増殖し，他の同属植物に



図1 Ep-13（東京農業大学）



図2 Ep-13の毬花

比して株分けによる増殖が容易であることから，多数のクローン株が作製されて各地で栽培維持されてきたものと考えられる．このことから各地の Ep-13 は1株から増殖されたもの，すなわち遺伝的に同一であると結論付け

られる。

これまで筆者らは本種の種同定を目的に遺伝子解析を実施してきたが、特に核リボソーム DNA 領域である ITS1 について複数の配列が混在しており、解析が困難であった。今回、ITS1 の複数の配列のクローニングにより混在する各配列の由来を明らかにすることを試みた。また葉緑体 *trnK* 領域及び *trnL-F* 領域の塩基配列の結果を合わせることで、Ep-13 は交雑種であることを明確にし、また遺伝的に関係する近縁種の同定も同時に行った。

(1) 実験材料と方法

Ep-13 の植物試料は旧独立行政法人医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター種子島研究部栽培の 1 株、同センター和歌山研究部栽培の 3 株、および徳島文理大学香川校栽培の 1 株から採取した。*E. likiangensis Florin*³⁾ の植物試料は、中華人民共和国雲南省徳欽の植物体から採取した (識別番号: 4-1 株)。*E. distachya* L. の植物試料はフランス産の植物標本から採取した。その他、金沢大学医薬保健学総合研究科分子生薬学研究室の標本庫に保管されている各種植物標本から得られた塩基配列を比較対象として DDBJ/EMBL/GenBank から引用した (FJ868729, JN176184, GU065276, AY394071, AY423437, AY423436, AY423431, GU111508)。^{4), 5), 6), 7)}

植物試料 20~50 mg を DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) を用いた定法により全 DNA を抽出し PCR 法により ITS1 領域、*trnK* 領域のイントロン領域、及び *trnL-F* 領域の増幅を行った。反応溶液は、10 × PCR buffer for KOD-Plus (2.5 μL), each dNTP 0.2 mM (2.5 μL), MgSO₄ 1.0 mM (1.0 μL), foreword primer 0.4 mM (0.5 μL), reverse primer 0.4 mM (0.5 μL),

全 DNA 100 - 120 ng および、0.5 units of KOD-Plus DNA polymerase (TOYOBO) で全量 25 μL とした。使用した primer セット及び PCR の昇温プログラムは既報に従った。^{8), 9)} PCR 産物 3 μL を 1.5 % のアガロースゲルを用いて電気泳動し、増幅を確認した。残りの産物を QIA quick PCR Purification Kit (QIAGEN) により精製した。

精製した PCR 産物は Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) を用いて Cycle Sequencing 反応を行った。反応溶液は、PCR 産物 20 ng, primer 1 μL, Big Dye Terminator v 1.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) 1 μL で全量 10 μL とした。これを精製し、ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) を用いて塩基配列を決定した。また、多重整列解析は DNASIS version 3.0 software (Hitachi) を用いて行った。得られた配列を元に DDBJ/EMBL/GenBank に登録されている配列と相同性検索を行った。

Ep-13 の 5 株のうち、和歌山薬用植物栽培試験場由来の 1 株について以下の操作を行った。全 DNA を抽出し、ITS1 領域を制限酵素認識配列のついた primer セット (foreword / reverse) BHI-ITS1A (AAA AGG ATC CGC GGG GAC GTG GAC GGT CTT) / ER-5.8SR (TAA TGA ATT CCG GGA TTC TGC AAT TCA CAC) により増幅した。反応条件は 94℃ 2 分のホットスタートに次いで、熱変性 94℃ 15 秒、アニーリング 56℃ 30 秒、伸長反応 68℃ 45 秒、を 35 サイクル行った後、68℃ 5 分、終了後 4℃ で保持した。3 μL の PCR 産物を 1.5 % のアガロースゲルを用いて電気泳動し、増幅を確認した。残りの産物を QIA quick PCR Purification Kit (QIAGEN) により精製した後、制限酵素 *Bam*HI と *Eco*RI (Takara Bio) で切断した。反応溶液は PCR 産物 100-200

ng, 制限酵素 *Bam*HI, *Eco*RI 各 0.5 μ L, 10 \times K Buffer (Takara Bio) で全量 10 μ L とした。37°C 1 時間, 70°C 15 分制限酵素処理を行った。制限酵素処理を行った PCR 産物 4 μ L と, 同じ制限酵素で切断したプラスミド Bluescript SK(-) 5 ng を DNA Ligation Kit Ver.2.1 (Takara Bio) 5 μ L を用いて DNA ligase 反応を行った。Ligation 反応は 16°C 一晩で行った。反応液を用いて Competent cell 大腸菌 DH5 α (Competent high DH5 α) をトランスフォームし, アンピシリンを加えた Luria broth (LB) agar plates に散布し 37°C で一晩培養した。得られた 16 コロニー (クローン) について, アンピシリン添加 LB 培地溶液 (100 μ L/mL) で大腸菌を一晩培養し, アルカリ法を用いてプラスミド DNA を抽出した。プラスミド DNA は RNase A 処理後, ポリエチレングリコールによって沈殿させ, その沈殿物から PCR 法で ITS 領域を増幅し, その PCR 産物を前述のとおり塩基配列を決定, 多重整列解析, 相同性検索を行った。

(2) 結果

(2-1) ITS1 領域について (表 1)

Ep-13 の ITS1 領域について, 電気泳動により約 1200 bps の断片が確認された。解析した塩基配列には DDBJ/EMBL/GenBank に登録されているアクセッション番号 FJ868729 を基準に塩基配列番号を付けた。ダイレクトシーケンス法による解析では, 配列番号 400 番目付近から塩基の重複が認められた。そのため ITS1 領域全体について改めてクローニングを行い 16 クローン (c1~c16) を分離し, 配列の比較を行った。その結果, 16 クローンのうち 14 クローンは全長 1125 bp であり, 2 クローンは 1120 bp と 5 塩基の欠損を認めた。長さが同じ 14 クローンのうち 6 クローン

(c6, c7, c8, c9, c11, c14) と c2 は 933 番目の 1 箇所の塩基置換, c13 は 512 番目, 595 番目, 624 番目, 667 番目, 728 番目, 805 番目, 814 番目の 7 箇所の塩基置換, 4 クローン (c1, c3, c4, c16) は 854 番目, 898 番目, 923 番目, 933 番目の 4 箇所の塩基置換, c10 は 854 番目, 898 番目, 935 番目の 3 箇所の塩基置換, c15 は 854 番目と 935 番目の 2 箇所の塩基置換を認めた。5 塩基短い c5 と c12 はそれぞれ 639 番目, 654 番目, 668 番目, 779 番目, 844 番目, 922 番目, 964 番目の 7 箇所の塩基置換が認められ, これらは 6 クローン (c6, c7, c8, c9, c11, c14) と 3 塩基欠損とそれぞれ 26 箇所, 25 箇所の塩基置換を認めた。それぞれに対して相同性検索を実施した結果, 配列が一致する生物種は認められなかったが, 6 クローン (c6, c7, c8, c9, c11, c14) は *E. likiangensis* (FJ868729) と最も相同性が高く, 497 番目と 595 番目の 2 箇所の塩基置換のみであった。一方, c5 と c12 については *E. gerardiana* (JN176184) と最も相同性が高く, c5 は 654 番目, 779 番目, 922 番目, 964 番目の 4 箇所, c12 は 639 番目, 668 番目, 844 番目の 3 箇所の塩基置換のみであった。

以上をまとめると, クローニングによって分離した 16 クローンのうち 8 クローンは *E. likiangensis* (FJ868729) と, 6 クローンは *E. likiangensis* (GU968547) と, 2 クローンは *E. gerardiana* (JN176184) と相同性が高い結果となった (表 2)。

また, *E. likiangensis* (4-1 株) について ITS1 領域を解析すると 400 番目付近から塩基配列の重複が観察された。4-1 株についてはクローニング解析を行っていないが, Ep-13 と同様の波形パターンであることを確認している。

表 1 ITS1 領域の塩基配列比較

| Species | | 塩基配列番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | 401 | 402 | 403 | 472 | 478 | 497 | 511 | 512 | 514 | 538 | 548 | 567 | 583 | 595 | 601 | 624 | 639 | 645 | 654 | 667 | 668 | 728 | 762 | 770 | |
| Ep-13 | (c6,c7,c8,c9,c11,c14) | A | A | A | C | C | G | T | G | A | G | A | A | C | C | C | C | A | C | C | C | G | G | T | G | |
| | (c2) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c13) | * | * | * | * | * | * | * | A | * | * | * | * | * | T | * | T | * | * | * | T | * | A | * | * | |
| | (c1,c3,c4,c16) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c10) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c15) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c5) | - | - | - | * | * | * | C | * | T | * | * | C | T | T | T | T | * | * | * | T | * | * | * | T | |
| (c12) | - | - | - | * | * | * | C | * | T | * | * | C | T | T | T | T | T | * | * | * | A | * | * | T | | |
| <i>E. likiangensis</i> (FJ868729) | | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| <i>E. likiangensis</i> (GU968547) | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. gerardiana</i> (JN176184) | | - | - | - | * | * | * | C | * | T | * | * | C | T | T | T | T | * | * | * | * | * | * | * | T | |
| <i>E. distachya</i> (GU065276) | | * | * | * | T | T | * | * | * | T | A | C | * | * | T | T | T | * | C | * | * | * | * | * | T | |
| <i>E. sinica</i> (AY394071) | | * | * | * | T | T | * | * | * | T | A | C | * | * | T | T | T | * | * | * | * | * | * | C | T | |

| Species | | 塩基配列番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | 773 | 774 | 777 | 779 | 784 | 798 | 800 | 801 | 802 | 803 | 805 | 810 | 814 | 836 | 838 | 844 | 854 | 872 | 875 | 876 | 877 | 878 | 881 | 892 | |
| Ep-13 | (c6,c7,c8,c9,c11,c14) | C | - | C | C | T | T | - | - | - | G | C | G | C | T | G | C | C | C | - | - | - | - | T | - | |
| | (c2) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c13) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | C | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c1,c3,c4,c16) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c10) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c15) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c5) | T | * | T | T | * | C | * | * | * | * | * | A | * | - | G | * | * | * | * | * | * | * | * | C | C |
| (c12) | T | * | T | * | * | C | * | * | * | * | * | A | * | - | G | A | * | * | * | * | * | * | * | C | C | |
| <i>E. likiangensis</i> (FJ868729) | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. likiangensis</i> (GU968547) | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. gerardiana</i> (JN176184) | | T | * | T | * | * | C | * | * | * | * | A | * | - | G | * | * | * | * | * | * | * | * | C | C | |
| <i>E. distachya</i> (GU065276) | | T | * | T | * | C | * | T | T | G | C | * | A | * | - | G | * | * | T | T | T | G | C | C | * | |
| <i>E. sinica</i> (AY394071) | | T | T | T | * | C | * | T | T | G | C | * | * | * | - | G | * | * | T | T | T | G | C | C | * | |

| Species | | 塩基配列番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---|
| | | 895 | 898 | 901 | 912 | 913 | 915-917 | 918 | 922 | 923 | 933 | 934 | 935 | 949 | 951-954 | 955 | 956 | 964 | 979 | 980 | 985 | 1025 | 1030 | 1031 | |
| Ep-13 | (c6,c7,c8,c9,c11,c14) | C | C | C | C | G | - | T | C | G | C | G | C | A | - | C | A | C | A | T | G | T | A | T | |
| | (c2) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c13) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c1,c3,c4,c16) | * | T | * | * | * | * | * | * | A | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c10) | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c15) | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | (c5) | * | * | * | * | A | * | C | T | * | * | A | * | C | * | * | * | T | C | G | * | - | * | G | |
| (c12) | * | * | * | * | A | * | C | * | * | * | A | * | C | * | * | * | * | C | G | * | - | * | G | | |
| <i>E. likiangensis</i> (FJ868729) | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. likiangensis</i> (GU968547) | | * | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. gerardiana</i> (JN176184) | | * | * | * | * | A | * | C | * | * | * | A | * | C | * | * | * | * | C | G | * | - | * | G | |
| <i>E. distachya</i> (GU065276) | | T | * | T | * | * | CAG | C | * | * | * | * | * | C | TACT | T | G | * | C | G | A | - | T | G | |
| <i>E. sinica</i> (AY394071) | | * | * | * | A | * | CGT | C | * | * | * | * | * | C | TACT | T | G | * | C | G | A | - | T | G | |

c1~c16 : Ep-13から得たクローン。塩基配列番号はFJ868729の5'末端を1番目とした。

表 2 ITS1 領域の塩基置換数対照表

| | | <i>E. likiangensis</i> (FJ868729) | <i>E. likiangensis</i> (GU968547) | <i>E. gerardiana</i> (JN176184) | <i>E. distachya</i> (GU065276) | <i>E. sinica</i> (AY394071) |
|-------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Ep-13 | (c6,c7,c8,c9,c11,c14) | 2 | 2 | 21 | 28 | 26 |
| | (c2) | 3 | 3 | 22 | 29 | 27 |
| | (c13) | 7 | 9 | 24 | 31 | 29 |
| | (c1,c3,c4,c16) | 5 | 2 | 25 | 32 | 30 |
| | (c10) | 5 | 1 | 24 | 31 | 28 |
| | (c15) | 4 | 0 | 23 | 30 | 28 |
| | (c5) | 26 | 27 | 4 | 24 | 24 |
| (c12) | 25 | 26 | 3 | 23 | 22 | |

(2-2) *trnK* 領域について (表3)

Ep-13 (4株) の *trnK* 領域について、いずれも全長 2307 bp の配列を解析できた。相同性検索の結果、同一の配列を有する生物種は存在せず、2箇所塩基置換が認められる *E. lomatolepis* (AB600682) が、次いで3箇所の塩基置換が認められる *E. sinica* (AB453796) が高い相同性を有していた。ITS1 領域で相同性を認めた *E. likiangensis* 及び *E. gerardiana* の両種はアクセッション番号がそれぞれ AB453799 及び AB453796 で10箇所の塩基置換が認められる配列が検索された。ここで *E. likiangensis* (4-1株) を解析した結果、Ep-13 とは415番目の1箇所の塩基置換のみの違いの配列が観察された。同時に、著者らにより採集されたフランス産の *E. distachya* とは6塩基の違いの配列が観察された。

(2-3) *trnL-F* 領域について (表4)

マオウ属植物について葉緑体 DNA の *trnL-F* 領域は一般に3箇所 (102, 465, 466番目) の塩基置換、欠損が認められることが多い。今回 Ep-13 について同領域を解析した結果、3箇所はそれぞれ C, G, T であった。相同性検索

の結果、*E. distachya* (GU111508) と一致した。次いで *E. likiangensis* (AY423437) 及び *E. gerardiana* (AY423436) の両種と1塩基の違いで一致した。すなわち102番目において Ep-13 が C であるのに対し、*E. likiangensis* (AY423437) 及び *E. gerardiana* (AY423436) は A であった。ここで *E. likiangensis* (4-1株) のデータと比較すると配列は完全に一致していた。一方、*E. sinica* とは2箇所異なっており、塩基欠損が認められた。

(3) 結論及び考察

旧国立衛生試験所が導入し保存されてきたマオウ属植物識別番号 Ep-13 株の遺伝的背景を調査することを目的に各種 DNA 解析を実施した。核 ITS1 領域に存在する複数の配列および葉緑体 *trnK* 領域、*trnL-F* 領域の塩基配列の結果から、Ep-13 は交雑種であることが示唆された。その母系について、葉緑体遺伝子が母系遺伝することを考慮すると (一部の裸子植物の葉緑体遺伝子は父性遺伝であるとする報告¹⁰⁾ がある)、*E. likiangensis* であると考えられる。これは *E. likiangensis* (4-1株) と *trnK*

表3 *trnK* 領域の塩基配列比較

| Species | 塩基配列番号 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 95 | 182 | 250 | 415 | 536 | 748 | 1027 | 1648 | 1855 | 1857 | 1924 | 2115 | 2137 | 2144 | 2185 |
| Ep-13 | A | A | A | C | A | C | T | C | C | C | G | T | G | G | C | G |
| <i>E. likiangensis</i> (4-1) | * | * | * | * | G | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. likiangensis</i> (AB453799) | T | T | * | G | * | T | * | T | * | * | A | * | T | C | T | A |
| <i>E. gerardiana</i> (AB453796) | T | T | * | G | * | T | * | T | * | * | A | * | T | C | T | A |
| <i>E. distachya</i> | T | T | * | * | * | * | A | * | * | A | A | G | * | * | * | * |
| <i>E. sinica</i> (AB453796) | T | T | T | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>E. lomatolepis</i> (AB600682) | * | * | * | * | G | * | * | * | T | * | * | * | * | * | * | * |

E. distachya の塩基配列はフランス産の植物標本より解析した。塩基配列番号は AB453799 の5' 末端を1番目とした。

表4 *trnL/F* 領域の塩基配列比較

| Species | 塩基配列番号 | | |
|-----------------------------------|--------|-----|-----|
| | 102 | 465 | 466 |
| Ep-13 | C | G | T |
| <i>E. likiangensis</i> (4-1) | * | * | * |
| <i>E. likiangensis</i> (AY423437) | A | * | * |
| <i>E. gerardiana</i> (AY423436) | A | * | * |
| <i>E. distachya</i> (GU111508) | * | * | * |
| <i>E. sinica</i> (AY423431) | * | - | - |

塩基配列番号は AY423437 の5' 末端を1番目とした。

領域, *trnL-F* 領域においてそれぞれ相同, 1 箇所の塩基置換という類似性があるためである。

ここで *E. likiangensis* については 4-1 株と DDBJ/EMBL/GenBank に登録されているアクセッション番号 AB453799 (*trnK* 領域) と AY423437 (*trnL-F* 領域) でも観察されているように種内変異について議論する必要がある。*E. likiangensis* は中華人民共和国雲南省, 四川省, 貴州省, チベット自治区など中国の西南部に分布している。¹¹⁾ このような広大な範囲に分布していることから種内変異の存在が予想され, 事実, ITS1 領域を解析した報告では 6 個のジェノタイプと交雑種と推測できる 2 個体が報告されている。⁴⁾ さらに同じ地域に *E. gerardiana* も生育していることから,¹¹⁾ *E. likiangensis* と *E. gerardiana* が互いに自然交配する可能性も十分にある。*trnK* 領域で観察された *E. likiangensis* (AB453799) と *E. gerardiana* (AB453796) および *trnL-F* 領域の *E. likiangensis* (AY423437) と *E. gerardiana* (AY423436) の同一配列は両種の遺伝的な近縁性を示している。すなわち *E. likiangensis* は塩基配列の面からも多様性が大きい種であることが推察される。このような環境下, 毬果を始めとする外部形態から明確に *E.*

likiangensis と同定された 4-1 株と Ep-13 が 3 領域でほぼ一致した (ITS1 領域は波形パターンが相同, *trnK* 領域は 1 塩基の違い, *trnL-F* 領域は相同) ことは, *E. likiangensis* が Ep-13 の遺伝的背景に母系 (卵子親) として影響を与えていることを強く示唆するものである。加えて, ITS1 領域のクローニングの結果, *E. likiangensis* と *E. gerardiana* に由来する塩基配列の比率は 14 : 2 であり, PCR の定量性を考慮しても *E. gerardiana* に由来する塩基配列の比率が低いことから, Ep-13 は自然交配によって過去に *E. gerardiana* の遺伝子の挿入が行われた *E. likiangensis* から得られた種子であったと推測される。

外部形態的に *E. likiangensis* と *E. gerardiana* は, 毬果の苞片が 2~3 対であることがあげられ, Ep-13 も同様に苞片が 2~3 対で, 成熟毬果の形態も *E. likiangensis* と酷似している (図 3-A, B)。また, *trnK* 領域で高い相同性を有していた *E. lomatolepis* と *E. sinica* については, *E. lomatolepis* の毬果は膜質であり, 漿果となる Ep-13 とは明らかに異なっていることや, *E. sinica* の苞片が 4 対 (図 3-C) であることから我々の遺伝的背景の考察を支持している。

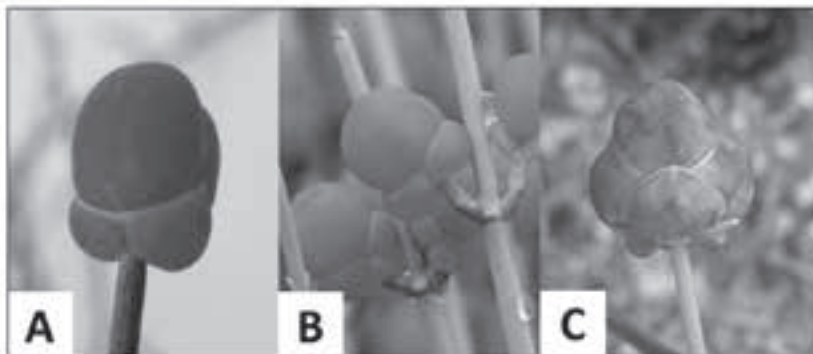


図 3 毬果の比較

Ep-13 (A) 及び *E. likiangensis* (B) の苞片は 2~3 対で, 形状は互いに類似する。*E. sinica* (C) では苞片は 4 対である

一方, Ep-13 が *E. distachya* として導入された事情に関しては不明である. 今回の結果から, *tmL-F* 領域では Ep-13 と一致を認めたものの核 ITS1 領域の一致は全くなく, *E. distachya* との遺伝的な関連性は排除される. 種子で, しかも 1 粒だけ導入または 1 粒だけ発芽したことを考えると, 何らかの誤りで入れ替わった可能性も否定できない.

Ep-13 は形態学的にも含有成分的にも他種との関連性が指摘されていたにもかかわらずこれまで種が不明であった. *E. sinica* を始めとする日本薬局方に収載される生薬「マオウ」の原植物はいずれも増殖が難しく, 研究や生産面で支障になっている. これに対し増殖が容易な Ep-13 はマオウ属植物のモデル植物として有用であったにもかかわらず種の同定がなされていなかった. 本研究で明らかにした Ep-13 の遺伝的背景は, マオウ属植物の基礎研究の可能性を広げるのみならず, Ep-13 が導入された背景をも推測する重要な情報である.

謝辞: Ep-13 栽培株を提供していただいた国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センター及び徳島文理大学香川校の関係諸氏に深謝する.

引用文献

- 1) 前報: 安藤広和, 倪斯然, 佐々木陽平, 御影雅幸: マオウ属植物の栽培研究 (第7報) 圃場栽培株の総アルカロイド含量の経年変化と日局麻黄の生産. 薬用植物研究, **38** (1), 20-27 (2016).
- 2) 川谷豊彦, 藤田早苗之助, 久保木憲人, 真木義次: 春日部において栽培された若干の麻黄のアルカロイド含量について (続報). 国立衛生試験所薬用植物栽培試験場報告, 81号, 147-149 (1963).
- 3) 楊永: 中国麻黄属植物的分類, 中国科学院研究生院博士学位論文, 2002年. (当該論文の中で *E. likiangensis* は *E. saxatilis* のシノニムとされるが, 本論文中で引用する DNA データバンク登録株が *E. likiangensis* となっているので, 煩雑さを避けるために本文中では *E. likiangensis* を使用する).
- 4) Ai Inoko, Nobuko Kakiuchi, Michiyo Yoshimitsu, Shaoqing Cai and Masayuki Mikage: *Ephedra* Resource in Sichuan and Yunnan Provinces 2007. *Biol. Pharm. Bull.*, **32**, 1621-1623 (2009).
- 5) Changfeng Long, Nobuko Kakiuchi, Akira Takahashi, Katsuko Komatsu, Shaoqing Cai Masayuki Mikage: Phylogenetic Analysis of the DNA Sequence of the Non-Coding Region of Nuclear Ribosomal DNA and Chloroplast of *Ephedra* Plants in China. *Planta Med.*, **70**, 1080-1084 (2004).
- 6) Nobuko Kakiuchi, Keiko Inoue, Yukimasa Kurita, Keisuke Ohkubo, Yoshisuke Tsuda, Masayuki Mikage: Survey of *Ephedra* resources in the Northern Areas of Pakistan and their genetic diversity. *J. Nat. Med.*, **61**, 357-365 (2007).
- 7) Nobuko Kakiuchi, Masayuki Mikage, Stefanie

- Ickert-Bond, Maria Maier-Stolte, Helmut Freitag : A molecular phylogenetic study of the *Ephedra distachya*/*E. sinica* complex in Eurasia. *Willdenowia*, **41**, 203-215 (2011).
- 8) Hirokazu Ando, Masashi Matsumoto, Maksut Coşkun, Turgut Yilmaz, Nathalie Allain, Yohei Sasaki, Masayuki Mikage : The Classification of *Ephedra major* subsp. *procera* (*Ephedraceae*)-Based on Comparison with *Ephedra equisetina* in DNA and Ephedrine Alkaloids-. *J. Jpn. Bot.*, **90(4)**, 235-248 (2015).
- 9) Yuki Kitani, Shu Zhu., Takayuki Omote, Ken Tanaka, Javzan Batkhuu, Chinbat Sanchir, Hirotoshi Fushimi, Masayuki Mikage, Katsuko Komatsu : Molecular analysis and chemical evaluation of *Ephedra* plants in Mongolia. *Biol. Pharm. Bull.*, **32(7)**, 1235-1243 (2009).
- 10) Teiji Kondo, Yoshihiko Tsumura, Takayuki Kawahara and Masanori Okamura: Paternal Inheritance of Chloroplast and Mitochondrial DNA in Interspecific Hybrids of *Chamaecyparis* spp. *Breeding Science*, **48**, 177-179 (1998).
- 11) 傅立国ら編：中国高等植物，第3巻，青島出版社，青島，2000年 . pp. 115-116.

●安藤 広和（あんどう・ひろかず）●

大阪府出身
金沢大学大学院医薬保健学総合研究科修了
博士（創薬科学）
2015年から金沢大学

●北村 雅史（きたむら・まさし）●

静岡県出身
京都大学大学院薬学研究科修士課程修了
金沢大学大学院医薬保健学総合研究科
博士課程
石川県警察本部刑事部科学捜査研究所

●佐々木 陽平（ささき・ようへい）●

長野県出身
富山大学大学院薬学研究科修了
博士（薬学）
星薬科大学を経て2010年から金沢大学

●北岡 文美代（きたおか・ふみよ）●

和歌山県出身
金沢大学大学院自然科学研究科修了
博士（学術）

●御影 雅幸（みかげ・まさゆき）●

大阪府出身
富山大学大学院薬学研究科修了
薬学博士
富山医科薬科大学和漢薬研究所，金沢大学薬学部
を経て2014年から東京農業大学

マオウ属植物の栽培研究 (第9報)¹⁾
マオウ属植物 Ep-13草質茎のアルカロイド含量の局在性について
Studies of Cultivation of *Ephedra* Plants (Part 9)
Localization of alkaloid content in the areal part of the *Ephedra* plant labeled Ep-13

安藤広和¹⁾, 草場大作¹⁾, 御影雅幸²⁾, 佐々木陽平¹⁾

¹⁾ 金沢大学大学院医薬保健研究域薬学系分子生薬学研究室

²⁾ 東京農業大学農学部バイオセラピー学科植物共生学研究室

Hirokazu Ando¹⁾, Daisaku Kusaba²⁾, Masayuki Mikage²⁾, Yohei Sasaki¹⁾

¹⁾ *Laboratory of Herbal Medicine and Natural Resources, College of Medical,
Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University.
Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192 Japan*

²⁾ *Laboratory of Plant Conservation, Department of Human and Animal-Plant
Relationships, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture.
1737, Funako, Atsugi, Kanagawa 243-0034 Japan*

2016年11月9日受付

要 旨

マオウ属植物は同一時期に同一株から採取した草質茎でも、採取する部位によりアルカロイド含量が異なることがしばしば見られ、このことが個体のアルカロイド含量を評価することを困難にしている。そこで本研究ではマオウ属植物の同一株内でのアルカロイドの局在を調査する事を目的とし、標識番号 Ep-13 株について、①草質茎の分枝位置、②草質茎の先端からの距離、③草質茎の太さ、について検討を行った。その結果、①草質茎の分枝位置では、先端部で分枝した草質茎の総アルカロイド含量が最も低く、基部に近づくに従って高くなる傾向が認められた。②草質茎の先端からの距離では、①と同様に、先端部が最も低く、基部に近づくに従って高くなる傾向が認められた。③草質茎の太さでは、直径が 2.0 mm より太い場合、太くなるに従ってアルカロイド含量が減少する傾向が認められた。

Summary

In the genus *Ephedra*, alkaloid contents of herbal stems differ in parts even of those collected from the same individual at the same time. To evaluate the detailed localization of alkaloid contents of EP-13, we focused on (1) the branching location of herbal stems, (2) the distance from the top of herbal stems, and (3) the difference of stem diameter. Our results were as follows: (1)

The total alkaloid content of herbal stems branched at the top was the lowest and the content became higher as the branching location was closer to its base. (2) The total alkaloid contents at the top of herbal stems was the lowest and it became higher as the location was closer to its base. (3) In case of the stem diameter was 2.01 mm or over, the total alkaloid content showed lower as the diameter became bigger.

緒言

マオウ科マオウ属植物のうち、*Ephedra sinica*, *E. intermedia*, *E. equisetina*の地上茎に由来する生薬は麻黄として葛根湯や麻黄湯など様々な漢方処方に配合されている。第十七改正日本薬局方(日局17)において「マオウ」は総アルカロイド(エフェドリン及びプソイドエフェドリン)含量が0.7%以上であることが規定されている²⁾。現在、日本では国内使用量の100%を中国からの輸入品に依存しているが³⁾、安定供給のためには国内生産が必要である。日本では麻黄原植物である*E. sinica*を中心に研究が進められているが、総アルカロイド含量において日局17の規定を満たすことが困難であり、栽培化に際して課題となっている⁴⁾。このような研究の過程でマオウ属植物は同一時期に同一株から採取した草質茎でも、採取する部位よりアルカロイド含量が異なることがしばしば見られている。また、笠原らはマオウ属植物の草質茎の節と節間の含量を比較し⁵⁾、梶村らは草質茎の先端部と基部を節間毎に分けて調査した⁶⁾。その結果、アルカロイドは節よりも節間に多く、基部に局在していることを報告しているが、梶村らにより検討された*E. distachya* L.はヨーロッパに産する分類群で、植物種によって異なることも考えられる。草質茎のアルカロイド含量の局在を明らかにすることは、よりアルカロイド含量が高いマオウを得たい場合にどの部位をサンプリングすべきかなど、収穫

の際の重要な指標となる。そこで本研究では旧国立衛生試験所の春日部薬用植物栽培試験場が入手し、標識番号Ep-13(以下、Ep-13)として継続栽培されてきた株を用いて、①草質茎の分枝位置、②草質茎の先端からの距離、③草質茎の太さ、における総アルカロイド含量の変化について検討し、Ep-13のアルカロイドの局在を明らかにしたので報告する。なおEp-13は他のマオウ属植物と比べ植物体が大型、草質茎が太くなる(～3.5 mm)、草質茎の分枝が多数、アルカロイド含量が高い(高い試料では0.9%以上)⁷⁾などの特徴がある。

(1) 実験材料

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センターより分与され、金沢大学医薬保健学域薬学類・創薬科学類附属薬用植物園にて系統保存栽培されているEp-13(定植後3年生株)を実験に供した。

(2) 検体の採取方法(図1)

金沢大学の薬用植物園の圃場で3年間栽培したEp-13のクローン5株から、2015年に新たに伸長した草質茎を10月から11月にかけて次の3種類の方法で採取した。①分枝位置：各株から分枝が5節以上ある草質茎を1株につき5箇所採取した。なお、これら草質茎の直径はすべて2.0 mm以下である。採取した草質茎について、それぞれ同一節から出

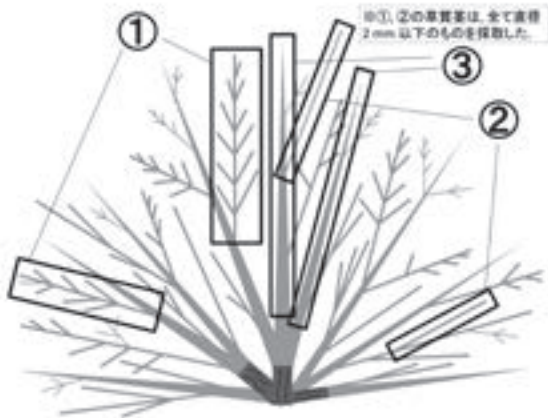


図1 Ep-13の検体の採取方法

①：分枝位置による検討，②：先端からの距離による検討，③太さによる検討

る草質茎を合わせて1検体とした(節も含む)。検体番号は切断部位から順に「5」,「4」,「3」,「2」, 5番目の節より先を全て「1」とし、合計5検体を得た。②先端からの距離：各株から分枝のない25cm以上の長さの草質茎を1株につき30箇所採取した。これら草質茎の直径はすべて2.0mm以下である。採取した草質茎について、それぞれ先端から2.0cmの間隔を空けて3.0cmの断片を切り出し、合計5検体を得た。検体番号は先端から順に「6」,「7」,「8」,「9」,「10」とした。③太さ：各株の基部から草質茎を1株につき5箇所採取した。採取した草質茎について、それぞれ節と分枝茎を除去し残った節間の直径を「11」 $\leq 1.5\text{mm}$, $1.5\text{mm} < \text{「12」} \leq 2.0\text{mm}$, $2.0\text{mm} < \text{「13」} \leq 2.5\text{mm}$, $2.5\text{mm} < \text{「14」} \leq 3.0\text{mm}$, $3.0\text{mm} < \text{「15」}$ の5段階に分けた。

(3) 分析方法

各検体を乾燥・粉碎し、得られた粉末を105℃, 15時間乾燥させた。粉末を正確に30mg量り取り、移動相(Mobile phase; 後述)を1.5mL加え、室温で20min放置後、25min超音波抽出した。12,000rpm, 15min遠心分離し、上清を0.45 μm のメンブランフィ

ルターで濾過したものを試料溶液とし、HPLC法にて定量分析を行った。HPLC条件は以下の通りである。Column：COSMOSIL Packed Column 5C18-MS-II (4.6mm I.D. \times 150mm), Column temperature 35℃, Flow rate：1.0 mL/min, Detection wavelength：210nm, Injection volume：10 μL , Mobile phase：CH₃CN/H₂O/H₃PO₄/SDS=195mL/305mL/0.8mL/2.4g

(4) 結果

①草質茎の分枝位置：分枝位置の違いによって検体を採取した5箇所の検体の総アルカロイド含量は先端側から0.30% \pm 0.04(平均値 \pm S.D.), 0.46% \pm 0.08, 0.73% \pm 0.13, 0.84% \pm 0.15, 0.87% \pm 0.11であった(図2)。この結果から切断部位すなわち基部に近いほど含量が高くなる傾向が認められた。最も総アルカロイド含量が高い「5」は最も低い「1」の約3倍であった。

②草質茎の先端からの距離：草質茎の先端側からそれぞれ0.04% \pm 0.01, 0.55% \pm 0.05, 1.25% \pm 0.11, 1.58% \pm 0.09, 1.66% \pm 0.06であった(図3)。この結果から切断部位すなわち基部に近いほど総アルカロイド含量が高

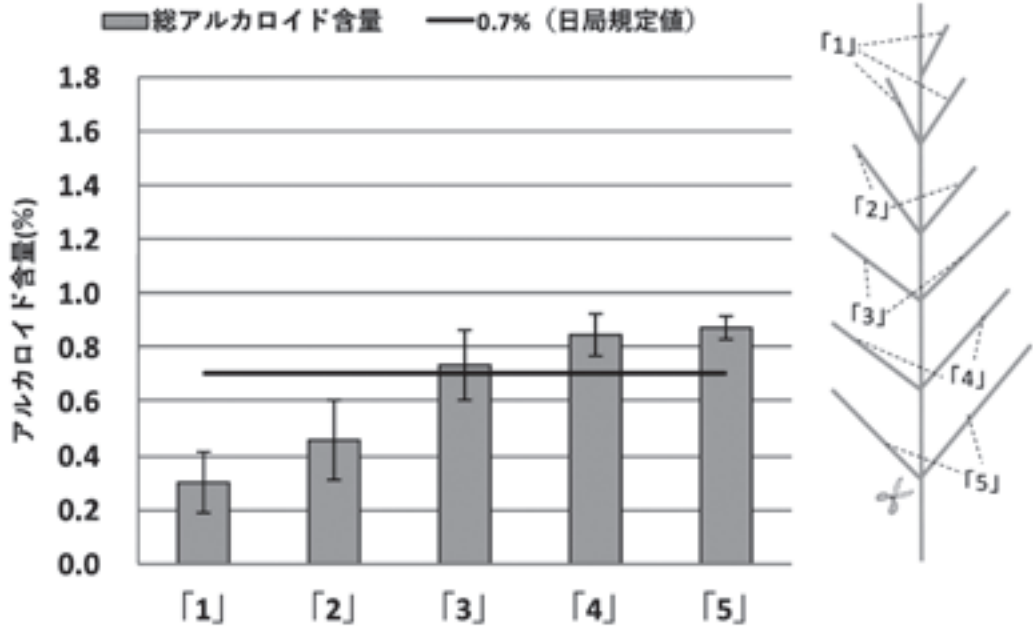


図2 ①分枝位置による総アルカロイド含量の比較 (n=5)
分枝位置の違いによって、先端側から「1」、「2」、「3」、「4」、「5」とした

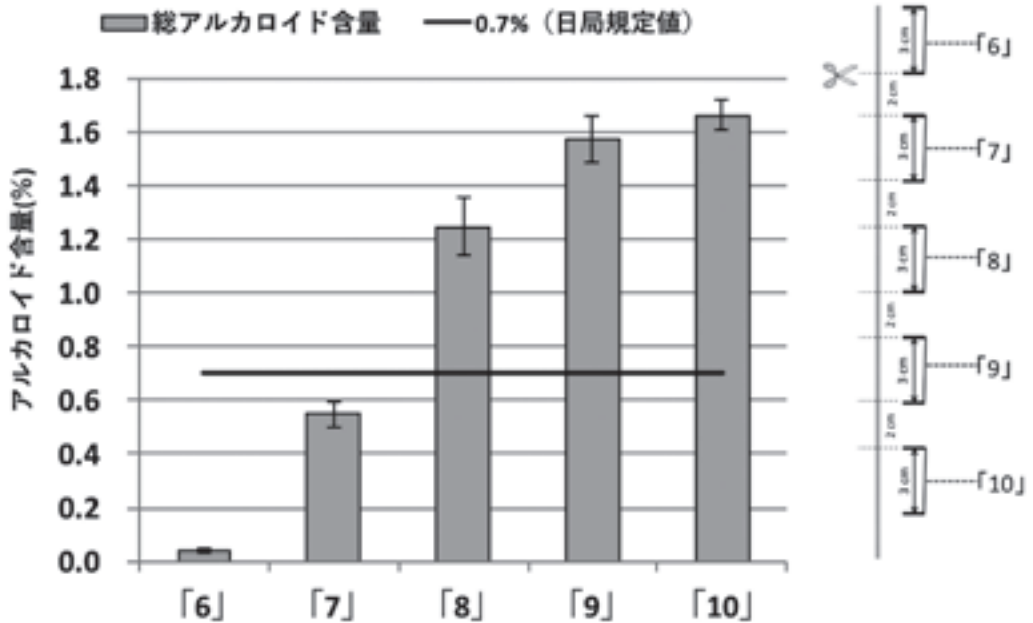


図3 ②先端からの距離による総アルカロイド含量の比較 (n=5)
先端からの距離によって、先端側から「6」、「7」、「8」、「9」、「10」とした

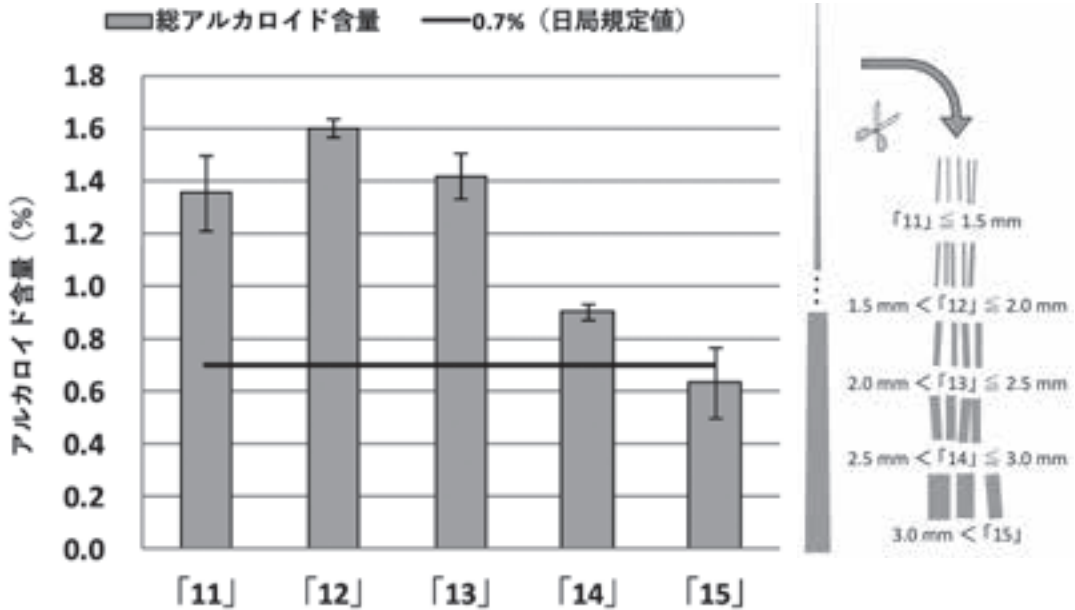


図4 ③茎の太さによる総アルカロイド含量の比較 (n=5)
太さによって、「11」～「15」の5段階に分けた

くなる傾向が認められた。最も先端である「6」の総アルカロイド含量は特に低く、基部に近い「10」の約1/40程であった。

③草質茎の太さ（直径）：総アルカロイド含量は5段階に分けた草質茎の細いものからそれぞれ $1.35\% \pm 0.14$, $1.60\% \pm 0.03$, $1.42\% \pm 0.09$, $0.90\% \pm 0.03$, $0.63\% \pm 0.14$ であった(図4)。「12」(1.51~2.00 mm)が極大値を示し、直径が2.0 mmよりも太い場合は太くなるに従って減少する傾向が認められた。

(5) 考察

マオウ属植物 Ep-13 の地上部草質茎のアルカロイドの局在性を明らかにすることを目的に、複数のクローン株を用いて研究を行った。Ep-13 は他のマオウ属植物と比べ草質茎の分枝が多く、また茎の直径が太くなる形質を有している。そのため様々な条件の草質茎検体を選択する際に良い条件を兼ね揃えてい

る。本研究では Ep-13 において特徴的な草質茎を選び、各部位の総アルカロイド含量を測定した。なお、個体ごとのアルカロイド測定値のバラツキを抑えるため、クローン株5株を用いて行った。

草質茎の分枝位置による検討(①)では、総アルカロイド含量は分枝位置が先端に近い部位で低く、基部に近づくに従って高くなる傾向が認められた。また、草質茎からの距離による検討(②)では、総アルカロイド含量は先端が低く、基部に近づくに従って高くなる傾向が認められた。これらの検体はすべて直径 2.0 mm 以下であり、その条件の元ではアルカロイドは分枝の有無に関わらず、基部に近づくほど高くなるという傾向が明らかになった。これらの結果は *E. distachya* を用いて検討した基部に近づくほど高いという梶村らの報告⁶⁾を支持する結果となった。すなわち成長過程において日数を経るとアルカロイド

が蓄積することが明らかになった。また、草質茎の太さによる検討(③)では、総アルカロイド含量は2.0 mm 以下では太くなるに従って高くなり、ここを境に2.0 mm を越える茎では太くなるに従って低くなる傾向を認めた。エフェドリン系アルカロイドは主に草質茎の髓部に存在することが報告されており⁵⁾、本結果は茎の直径が太くなるに従って茎断面における髓部の割合が大きくなることから、この報告と一致する。草質茎からの分枝位置と草質茎からの距離による検討では直径が全て2.0 mm 以下のものを使用しており、この結果と矛盾しない。しかし、直径が2.0 mm より太い茎では、太くなるに従って総アルカロイド含量が減少する傾向が認められた。その理由として、Ep-13 は生長が速いため短期間で大型になり径の増大とともに木化し易い性質があるため、2.0 mm を越える茎の場合、草質茎が木化し始めたことによるものと考えられる。

日局17に規定される「マオウ」の原植物3分類群について、これらの外部形態的特徴のうち分枝の度合いについては *E. sinica* では低密度、*E. intermedia* では高密度、*E. equisetina* では中程度とされているが、この評価は木質茎をも含めたものであり、薬用部位の草質茎に関してはほとんど分枝しない。また草質茎の太さは一般的に、*E. intermedia* が最も太く、*E. equisetina* が最も細いとされている。一方、Ep-13 は他のマオウ属植物に比して草質茎の分枝が非常に多く、直径も太くなるなど、特異的な形態をしている。マオウ属植物の草質茎におけるアルカロイド含量の局在性についてはこれまでも基部に多いなどの研究報告⁶⁾があるが、特異な形態を有するEp-13 では直径が概ね2.0 mm を境にして細い茎と太い茎ではアルカロイド含量の動向が異なる

ことが明らかになった。このことは、アルカロイド含量を期待してEp-13 を採取する際の指標となろう。前報¹⁾でEp-13 は *E. likiangensis* Florin 及び *E. gerardiana* Wall. ex Stapf の交雑種であると推定された。*E. likiangensis* は宋代から明代にかけての中国で良質品麻黄として利用されてきたものであり⁸⁾、*E. gerardiana* もアルカロイド含量が高い⁹⁾。中国において麻黄資源の枯渇が懸念される現在、日局収載の3種に比して栽培が容易なEp-13 は麻黄資源として有望であり、今後研究開発する価値がある。

謝辞：Ep-13 を提供していただいた国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センターの関係諸氏に深謝する。

引用文献

- 1) 前報：安藤広和，北村雅史，佐々木陽平，北岡文美代，御影雅幸：マオウ属植物の栽培研究（第8報）旧国立衛生試験所が導入し保存されてきたマオウ属植物Ep-13の遺伝的背景について。薬用植物研究，**38**（2），1-9（2016）。
- 2) 厚生労働省編，第十七改正日本薬局方：<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-1120000-Iyakushokuhinkyoku/JP17.pdf>（2016.10）。
- 3) 日本漢方生薬製剤協会編：原料生薬使用量等調査報告書（3）—平成23年度および24年度の使用量—，日本漢方生薬製剤協会，東京，2016年，p.8。
- 4) 御影雅幸：麻黄（マオウ）の国内栽培を目指して，特産種苗，**16**，53-57（2013）。
- 5) 笠原義正，ヒキノヒロシ，楊玲玲，顔焜熒：麻黄の節間および節のエフェドリン系アルカロイド含量。生薬学雑誌，**32**(9)，

142-145 (1985).

- 6) 梶村計志, 岩本嗣, 山崎勝弘, 坂上吉一, 横山浩, 米田該典: *Ephedra distachya* の成長とエフェドリン系アルカロイド含量の変動. 生薬学雑誌, **48(2)**, 122-125 (1994).
- 7) 薬用植物栽培・品質評価指針作成検討委員会編: 薬用植物 栽培と品質評価 Part9, 薬事日報社, 東京, 2000年, pp.67-78
- 8) 吉澤千絵子, 井出万紀子, 御影雅幸: 麻黄に関する史的考察 (1)古来の正品並びに和産麻黄の原植物について. 薬史学雑誌, **40(2)**, 107-116 (2005).
- 9) Naoko Kondo, Masayuki Mikage and Koutaro Idaka: Medico-botanical Studies of Ephedra Plants from the Himalayan Region. Part III. The causative factors of variation of alkaloid content in herbal stems. *Natural Medicines*, **53** (4), 194-200 (1999).

●安藤 広和 (あんどう・ひろかず) ●

大阪府出身
金沢大学大学院医薬保健学総合研究科修了
博士 (創薬科学)
2015年から金沢大学

●草場 大作 (くさば・だいさく) ●

岐阜県出身
金沢大学医薬保健学域薬学類学士課程

●御影 雅幸 (みかげ・まさゆき) ●

大阪府出身
富山大学大学院薬学研究科修了
薬学博士
富山医科薬科大学和漢薬研究所, 金沢大学薬学部を
経て2014年から東京農業大学

●佐々木 陽平 (ささき・ようへい) ●

長野県出身
富山大学大学院薬学研究科修了
博士 (薬学)
星薬科大学を経て2010年から金沢大学

ホソバオケラの生育，根茎増殖，精油生産に及ぼす 遮光栽培の影響

Effect of shading on growth, rhizome propagation and essential oil production
of *Atractylodes lancea* DC.

松野倫代， 岩本直久， 幾井康仁， 水上 元

高知県立牧野植物園

〒781-8125 高知県高知市五台山4200-6

Michiyo MATSUNO, Naohisa IWAMOTO, Norihito IKUI, Hajime MIZUKAMI

*The Kochi Prefectural Makino Botanical Garden,
4200-6 Godaisan, Kochi-city, Kochi 781-8125 Japan*

2016年11月21日受付

要 旨

ホソバオケラ *Atractylodes lancea* DC. の乾燥した根茎を蒼朮（ソウジュツ）と呼び、漢方薬に配合される。蒼朮の国内消費量は年々増加しており、年間780トンに上る。原料植物の供給は100%中国に依存しており、国内での安定した生産が望まれる。本研究では、高知県においてホソバオケラに適した栽培条件を明確にすることを目的として、遮光率による生育状況、根茎重量の増殖率、 β -オイデスマール、アトラクチロジンなどの指標成分や精油含量へ与える影響を調査した。遮光率によって出芽時期や地上部への生育への影響は見られなかった。一方で、遮光率が高い条件では根茎重量の増殖が著しく悪いことが判明した。遮光栽培による精油含量や、 β -オイデスマール、アトラクチロジンへの影響は見られなかった。十分な日当たりを確保することが収量を挙げることに重要であることが判明した。

キーワード：ホソバオケラ， 遮光栽培

Abstract

Dried rhizomes of *Atractylodes lancea* DC. have been used as a crude drug *Atractylodes Lancea* Rhizome (“Sojutsu” in Japanese). Although the annual demand of this crude drug in Japan reached over 780 ton, 100% of its supply has depended on import from China. Domestic production of the crude drug is highly desirable. To this end we have started to establish local cultivation of *A. lancea* in Kochi. As a part of our effort we examined the effect of shading rate on growth of the plants, propagation of the rhizomes and contents and composition of essential oil in the rhizome by cultivating the plants under different shading condition. Budding of the rhizomes and growth of the

aerial parts were unaffected by shading cultivation whereas propagation rate of the rhizomes was significantly decreased when shading rate was increased. No difference was observed in either total essential oil contents or contents of β -eudesmol and atractylodin, respectively, irrespective of the shading condition. It is important to provide sufficient sunlight to attain higher yield of the rhizomes without affecting quantity and quality of the essential oil.

Keywords: *Atractylodes lancea*, *Atractylodes lancea* rhizome, shading cultivation

ホソバオケラ *Atractylodes lancea* はキク科の多年草で、その根茎を乾燥したものは蒼朮（ソウジュツ）として用いられている¹⁾。蒼朮は補中益気湯、加味逍遙散などの使用頻度の高い漢方薬に配合され、国内での使用量は年々増加し、2012年度には年間800トンに達している。ホソバオケラは江戸時代には佐渡島地方などで栽培されていたものの現在では国内栽培は全く実施されておらず、蒼朮の供給は中国からの輸入に100%依存している²⁾。

高知県立牧野植物園では高知県下の中山間地における薬用植物の実用栽培の候補種の一つとしてホソバオケラを選定し、2006年からいくつかの地域で予備的試験栽培を開始した。その結果、高知県下の環境においてホソバオケラの栽培は可能であること、生産された根茎は日本薬局方の規定¹⁾を満たしていた。一方で、生育過程においてある一定の割合で地上部が立ち枯れし、根茎の一部が腐敗あるいは消失する現象（欠株現象）が観察された。ホソバオケラの栽培については1995年に栽培指針³⁾が刊行されているが、欠株現象について言及していない。また、栽培指針のために行われた試験栽培は北海道で行われているため、気候条件の違う高知県の環境で欠株現象が起きたと推測された。そこで高知県でのホソバオケラの生産栽培法を確立するためには、種々の栽培条件についての基礎的検

討が再度必要であると結論された。そこで、まず北海道と高知県の気候条件の違いの一つとして温度と日照量の関係がホソバオケラの生育に重要な役割を果たすことを想定して、シルバー遮光ネットを用いてホソバオケラの生育、根茎重量の増殖と精油含量、精油組成に及ぼす影響を検討することとした。

材料および方法

1 材料

植えつけを行う根茎は、2006年に福田商店（桜井市）から購入し、当園で増殖したホソバオケラ（サドオケラ系統）の2年生植物の根茎を1個あたりの生重量が50–60 gになるように分割して調製した。

栽培には市販の赤玉土を用い、基肥として2.5トン/10 aの堆肥（バウムキング、高橋建材興行、高知市）を混入した。追肥は行わなかった。

2 試験栽培

試験区として縦120cm×横120cm×高さ30cmの枠を18個作成し、各枠内に深さ20cmになるように赤玉土をいれた。市販のシルバー遮光ネットを利用して、遮光率75%、遮光率30%、遮光率0%の3実験区を各6枠設置した。2013年11月18日に各試験区にホソ

バオケラの根茎を9個ずつ植えた。各根茎は、個体ラベルを行い、植えつけ前の重量並びに写真を記録した。灌水は行わなかった。収穫は2014年10月1日に実施した。

3 生育調査

各試験区のホソバオケラの株は出芽日を記録し、2週間おきに草丈並びに茎の数を調査した。収穫後は土並びに根を除去してから重さを測定し、根茎重量の増加率を求めた。

4 根茎の精油含量ならびに精油成分の定量

精油含量測定並びにHPLC分析に用いた試薬は和光純薬工業（大阪市）から購入した。精油含量の測定は第16改正日本薬局方の規定³⁾に基づいて行った。精油成分として β -eudesmolとatractylodinの定量はHPLCを用いて行った。粉末にしたサンプルの約500mgを正確に秤取し、10mLのメタノールで30分間超音波抽出を行い、5分間遠心して得た上清を試験液とした。HPLCの条件：

カラム：COSMOSIL Cholesterol 4.6 mmI.D.×150mm (Nacalai Tesque, 京都市)；移動相：A: 0.05% formic acid, B: acetonitril, 0-35min (B: 50%-100%), 35-38min (B:100%), 38-39min (B:100%-50%), 39-40min (B:50%)；流量：1.0mL/min；カラム温度：40℃；検出波長：195nm (β -eudesmol), 336nm (atractylodin)

結果

1 遮光率の違いが生育に及ぼす影響

2013年11月に植えたホソバオケラは翌年3月2日から地上に芽が観察され、もっとも遅い根茎からの出芽日は3月23日であった。遮光率を高くすることで地表温度が低くなり、出芽の時期に影響を与えることが予測されたが、平均出芽日、出芽率ともに遮光の

表1 遮光がホソバオケラ根茎の出芽に及ぼす影響

| 遮光率(%) | 出芽日 ^{a)} | 出芽率(%) |
|--------|-------------------|--------|
| 0 | 3月11日±4日 (n=54) | 100 |
| 30 | 3月12日±4日 (n=49) | 91 |
| 75 | 3月12日±6日 (n=51) | 94 |

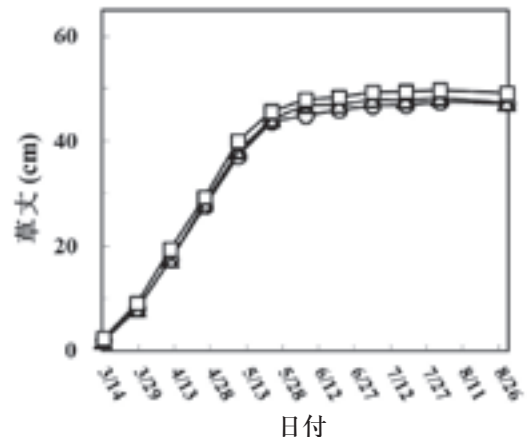


図1 遮光栽培下でのホソバオケラ地上部の伸長
○, 遮光率 0% (n=46 ~ 54)；△, 遮光率 30% (n=39 ~ 53)；□, 遮光率 75% (n=35 ~ 52)

影響は見られなかった（表1）。草丈はどの試験区でも5月下旬まで伸長し続け、6月上旬にはプラトーに達した（図1）。

草丈の平均値は遮光率0%で47.0cm、遮光率30%で47.8cm、遮光率75%で49.5cmを示した。遮光による草丈の伸長への影響は観察されなかった。個体あたりの茎の数は4月中旬から変化しなかった。7月における個体あたりの茎の数を比較したところ、遮光率のちがひによる差は認められなかった（図2）。

2 遮光率の違いが根茎重量の増加率に及ぼす影響

収穫時の1個体あたりの根茎重量は遮光率を

高くするほど有意に減少し、遮光率75%の実験区での根茎重量は無遮光区の64%であった(図3)。収穫時の根茎重量が植え付け時の重量の50%以下の個体を腐敗株とみなしたとき、各試験区における腐敗株の数は無遮光区7、遮光率30%区4、遮光率75%区8であり、腐敗株数に遮光による影響は認められなかった。

3 遮光が精油含量および精油組成に及ぼす影響

各試験区のなかから任意に選んだ6サンプルについて、精油含量と精油組成を測定した。いずれの試験区のサンプルも精油含量が1.7~2.3mL/50gを示した。精油含量に遮光率による有意な差はなく、供試したサンプルの全てが日本薬局方の規格を満たしていた。また、各サンプルの β -eudesmol および atractylodin の含量を測定したところ、これらのいずれについても遮光による含有量への影響は確認されなかった(表2)。

考察

ホソバオケラに適した栽培法を確立することを目的として、まず栽培時の日照の強さが植物の生育、根茎重量の増加ならびに精油含量、精油組成に及ぼす影響を調べた。出芽時期、草丈、個体あたりの茎の数に対する遮光率の違いによる有意な差はみられなかった。しかしながら、根茎重量の増加率に対しては遮光の影響が認められ、遮光率0%、遮光率30%、遮光率75%と遮光率が高くなるにつれ、根茎重量の増加率が有意に減少した。このことから、遮光によって地上部の生育そのものは影響を受けないが、光合成量への影響を通じて根茎の増殖は抑制されるものと推定

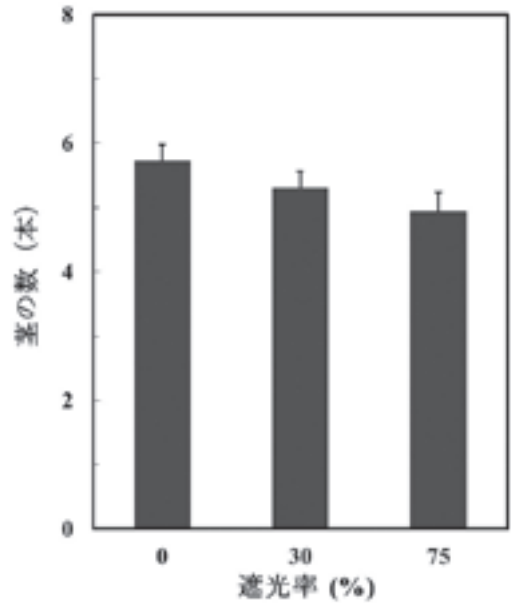


図2 遮光栽培下でのホソバオケラ地上部の茎の数
データは平均値+標準偏差を示している。
n=45 (遮光率 0%) ; n=46 (遮光率 30%) ;
n=43 (遮光率 75%)

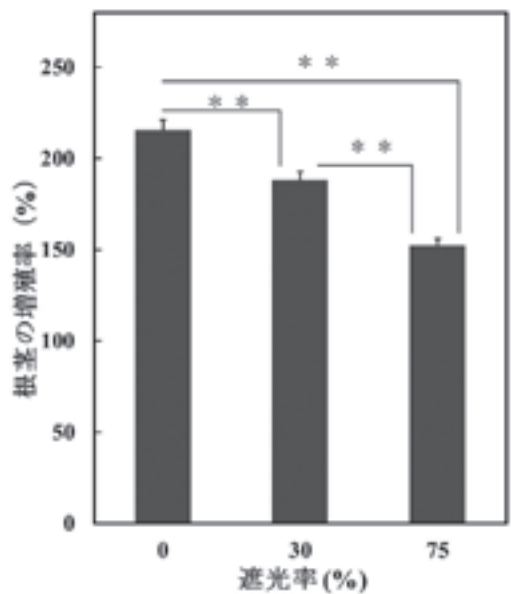


図3 遮光栽培下でのホソバオケラ根茎の増殖
データは平均値+標準偏差を示している。
n=45 (遮光率 0%) ; n=46 (遮光率 30%) ;
n=43 (遮光率 75%) . ** P<0.01
(Bonferroni/Dunnnett's multiple t test)

される。実際に、各個体の茎の数と根茎重量の増加量の間的相关性を調べたところ、いずれの試験区でもこの両者には有意な正の相関性が認められた(図4)。これらの結果は、ホソバオケラの栽培にあたっては日当たりの良い場所を選ぶとともに、個体あたりの出芽数を増やすような栽培法を確立することが重要であることを示唆している。

精油含量ならびに精油成分である β -eudesmol と atractylodin の含有量は遮光による影響を受けなかった。武田らは国内および中国の市場で入手した15検体の蒼朮の精油組成をGC法を用いて評価し、 β -eudesmol 含量は0.06%~3.93%、atractylodin 含量は0.06%~0.46%であったことを報告している⁵⁾。我々も市場で入手した中国産蒼朮の β -eudesmol および atractylodin 含量をLC法で測定したところ、前者は0.02~2.81%、後者は0.01~0.09%の値を得た。

今回の栽培品の精油組成は、これらの市場品生薬の精油組成と比較的よく一致していた。ソウジュツの生産のためのホソバオケラ

表2 遮光がホソバオケラ根茎の精油含量と精油組成に及ぼす影響

| 遮光率 (%) | 精油含量 (ml/50g) ¹⁾ | β -Eudesmol (%) ²⁾ | Atractylodin (%) ³⁾ |
|---------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 2.01±0.24 | 0.81±0.33 | 0.14±0.01 |
| 30 | 1.98±0.16 | 0.63±0.34 | 0.11±0.03 |
| 75 | 1.92±0.24 | 0.64±0.11 | 0.12±0.04 |

の栽培期間は通例は3年とされるが⁶⁾、今回は根茎を植え付け後1年で収穫した。根茎の精油含量は第16改正日本薬局方の規格に適合していたが、根茎重量の増加率は最大でも約3倍であり、根茎収量の面からはより長期間の栽培が必要であると思われる。

本研究の実施にあたり、種々の御助言をいただいた東京生薬協会顧問の岡田稔博士に感謝します。

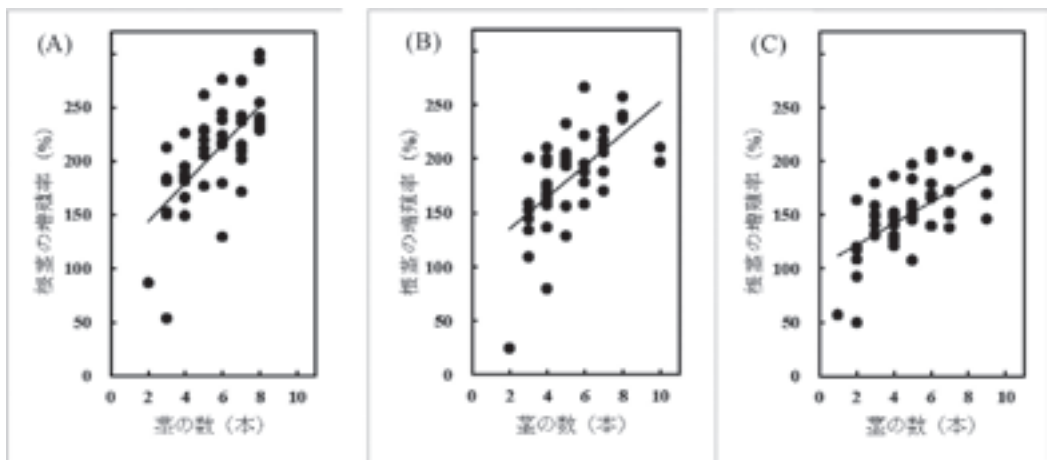


図4 遮光栽培下でのホソバオケラの個体あたりの茎の数と根茎の増殖率の相関性 (A) 遮光率0% (相関係数 $r=0.67^*$, $n=60$); (B) 遮光率30% ($r=0.61^*$, $n=48$); (C) 遮光率75% ($r=0.60^*$, $n=48$). * $P<0.001$ (Pearson's correlation coefficient test)

References and Notes

- 1) The Ministry of Health, Labour and Welfare, The Japanese Pharmacopoeia 16th edn., Tokyo, 2011, p. 1537.
- 2) Japan Kampo Medicines Manufactures Association, Genryo-shoyaku-shiyouryo nado chosa houkokusyo Part 3, Tokyo, 2015, p.6.
- 3) 厚生省薬務局監修, 薬用植物 栽培と品質評価 Part4, 薬事日報社, 「ホソバオケラ」 pp.39-50 (1995).
- 4) The Ministry of Health, Labour and Welfare, The Japanese Pharmacopoeia 16th edn., Tokyo, 2011, pp. 102-103.
- 5) Takeda O., Miki E., Terabayashi S., Okada M., He S., Zhu Y., Natural Medicines, **51**, 499-503 (1997).
- 6) 薬用植物総合情報データベース <http://mpdb.nibiohn.go.jp/> (July 17, 2016)

●松野 倫代 (まつの・みちよ) ●

鹿児島県出身
名古屋市立大学大学院薬学研究科博士課程 修了
博士 (薬学)

●岩本 直久 (いわもと・なおひさ) ●

静岡県出身
東京農業大学農学部農学科 卒業

●幾井 康仁 (いくい・のりひと) ●

高知県出身
琉球大学理学部海洋自然学科 卒業

●水上 元 (みずかみ・はじめ) ●

京都府出身
京都大学大学院薬学研究科博士課程 修了
薬学博士

表紙の写真

オケラ (白朮 びやくじゅつ)

Atractylodes japonica Koidzumi ex Kitamura

キク科の雌雄異株の多年生草木

自生地: 日本・朝鮮半島・中国東北部南部

特徴: 春に出る若菜は、茹でたり、てんぷらにして食されてきた。屠蘇散等の漢方薬の原料。

湿気を払い、カビを防ぐ効果があるとして梅雨の頃、倉庫内でこれをいぶらせた (おけら焚き)。自生するものが少なくなり、絶滅危惧種にリストされている。

生薬名: (ワ) ビャクジュツ (和) 白朮

生薬部位: 根茎 (肥大した不整塊状, 特異臭, やや苦い)

用途: atractylon類, atractylenolide類などのセスキテルペノイド, アセチレン系化合物などを含み, 漢方処方用薬である。胃令湯, 二朮湯などに処方される。五苓散, 十全大補湯, 加味逍遥散, 当归芍薬散, 補中益気湯などの常用漢方処方では, 白朮か蒼朮 (ホソバオケラ由来) が処方される。白朮は芳香性健胃薬などとして配合薬に利用される。

お屠蘇

お正月に無病長寿を願って飲まれるお屠蘇の由来は、「蘇」という悪鬼を屠するという説や、邪を屠り生気を「蘇生」させるという説がある。

本来, お屠蘇とは「屠蘇散」または「屠蘇延命散」とよばれる生薬を配合したものを漬けた酒のことで, 唐の時代より伝えられ, 奈良・平安貴族の正月行事となっていた。江戸時代には一般庶民にも広まり, 中国の唐の時代の医者が風邪の予防薬として作ったのがルーツと言われている。

屠蘇散 (日本酒+本みりん=300ml) に生薬を浸す (抽出5~8時間)

生薬: 白朮 (根)・山椒 (実)・桔梗 (根)・肉桂 (樹皮)・防風 (根)・陳皮 (皮)

効能: 利尿・鎮静・健胃・抗菌・咳や痰を鎮める・鎮痛・発汗・解熱・鎮痙・抗炎症・吐き気防止の作用

生薬を育てる 東京生薬協会の取り組み

Cultivation of Medicinal Plants by Tokyo Crude Drugs Association

清水 虎雄

公益社団法人東京生薬協会

〒187-0033 東京都小平市中島町21-1 東京都薬用植物園内

Torao Shimizu

Tokyo Crude Drugs Association

2016年10月30日受付

1 協会の理念と使命

公益社団法人東京生薬協会は、昭和 28 年 (1953 年) 社団法人として設立された。創立以来「優良生薬の確保とその振興を図り、国民の保健衛生の向上に寄与し、公共の福祉に貢献する」という目標を達成するため、各種事業に取り組んできた。中でも「優良生薬 (薬用植物を調整加工したもの) の安定的確保と品質の向上」は、もっとも取り組まなければならない使命の一つである。したがって薬用植物の国内栽培に対する支援事業は、当協会の理念に叶う重要な事業の一つである。

2 生薬確保の現状と必要性

ご周知のように、医薬品の原料となる生薬の供給は約 8 割が輸入に依存しており、またその内の約 9 割が中国からの輸入に頼っている。

しかし、近年輸出国でのカントリーリスクの増大や価格の上昇、品質のばらつき等の問題が顕著になりつつある。

一方、国内においても衰退する農業の活性化のひとつとして、またコメやタバコに変わる代替作物の一つとして薬用植物が注目されており、その栽培について平成 25 年度から国



自治体、医薬基盤研究所、東京生薬協会の締結式

の補助金事業も開始され全国の自治体等の関心が高まってきた。

さらに、消費者の安全・安心の観点からも生薬のトレーサビリティが明確な国内産生薬の確保が注目されるようになってきた。

(A) 農業の活性化 Activation

衰退するコメ、タバコに変わる作物として、薬用植物が注目されている。

平成 25 年度 (2013) から、国の補助金事業も開始された。

(B) 生薬の安定確保 Stability

約 80%を輸入に依存する現状における、価格の高騰、品質のバラ付き、量的確保等の

問題解決を求められるようになった。

- (C) 生薬のトレーサビリティ
Traceability
顔の見える明確な栽培、
加工履歴等の記録で品質
を確保する。
その結果消費者の安心・
安全の確保。



3 薬用植物栽培支援事業の拡充

このような現状を踏まえ、薬用植物の栽培技術や優良薬用植物の種苗の提供等、薬用植物の栽培に果たす役割に関し、多くの知識経験を有している当協会としては、公益性の高い事業として平成26年度から本格的に薬用植物の国内栽培に対する支援を拡充してきた。

4 栽培地の受け入れ手法

栽培地からの薬用植物栽培事業支援の受け入れは、薬用植物栽培を希望する自治体からの要請に基づき農地や気候等を調査し、協会内で検討し、その結果を了解された自治体と協定を結ぶことになる。

この協定に基づき、協会は栽培経験豊富な栽培指導者を派遣、原種となる薬用植物の種苗（一部種苗は、医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センターや東京都薬用植物園等からの分譲を受けている）、栽培技術を提供する事業を展開するものである。

5 栽培地の確保

薬用植物国内栽培を希望し、連携協定を締結した自治体は、平成28年10月現在、秋田県八峰町、秋田県美郷町、新潟県新潟市、新潟県新発田市、昨年4月には、福井県高浜町と岐阜県岐阜市、大分県杵築市と締結書を交わし、現在は7か所である。

6 報道関係者の関心

各地での締結式には、地元のテレビ取材、新聞社等多くのマスコミ関係者が来られ、記者席があふれるほどで、各社共熱い関心が寄せられた。

締結式後の会見では多くの質問があり、その締結式の模様や薬用植物、圃場の状況などが当日夜のニュースなどで紹介された。

平成27年1月4日の読売新聞の記事にこの栽培指導事業の内容が端的に記載されていたので紹介する。「秋田 増やせ漢方薬農家」の見出しで、「製薬メーカーの国産志向も追い風。米価下落で思惑一致」と紹介された。

この記事の内容は、秋田県内で休耕田を活用して漢方薬原料の薬用植物を栽培する動きが広がっている。主な原料調達先を中国から



国産へと変更したい漢方製剤メーカーと、米価下落等の逆風下で生き残りをかける農家側の思惑が一致。農家は生産組合を組織して薬草栽培のノウハウを共有するなど高収益の農業経営を模索する。

さらに、国産生薬原料に対する漢方薬メーカーの期待は大きく、業界団体の「公益社団法人東京生薬協会」は平成13年から「生薬の里構想」を掲げる美郷町と協定を締結。同町では、のどや肝臓の薬の原料となる甘草等の栽培が行われているというものであった。

7 最初に締結した自治体秋田県八峰町

ご紹介

秋田音頭で唄われるハタハタの八森町と峰浜町が合併し八峰町になった。

江戸時代から甘草等の薬用植物が栽培されていたと言われている秋田県は薬用植物栽培に関心が高く、早い時期から当協会に相談があり、平成24年に提携することになり締結書を交換した。

平成24年6月9日の秋田魁新報に「東京生薬協会と八峰町 栽培促進で協定」という見出しで、漢方薬原料となる薬用植物・生薬栽培・製造に関する協定を結んだという記事が掲載された。

従来、薬用植物栽培は製薬企業や卸売り業者が個別の農家との契約栽培が主流であった。

しかし、今回はその間に行政と生薬業界の団体が本格的に係わる新しい試みであることから、各方面から期待されている所以である。

栽培協定締結後3年が経過した秋田県八峰町とは、さらに今後3年の栽培指導延長契約を結んだ。

ウイキョウやカミツレなどの試験栽培に取り組む八峰町の担当者も「栽培のノウハウや



採算性が確認できた薬用植物から、町内の農家で本格栽培を始めたい」と期待を寄せている。

8 各試験栽培地28年度の栽培品目

秋田県八峰町

ウイキョウ、カミツレ、カンゾウ、キキョウ、セネガ、センキュウ、ヤマトトウキ、シャクヤク、オケラ、コガネバナ、木本類 キハダ、クヌギ、ホオノキ、カリン、ピワ、ナツメ、サンザシ、ホンアンズ

19品目

秋田県美郷町

カンゾウ、キキョウ、ノイバラ、木本類
ホオノキ

4品目



新潟県新潟市

アミガサユリ, オケラ (ソウジュツ, ピャクジュツ), オタネニンジン, カラスビシャク, カワラヨモギ, カンゾウ, キキョウ, コガネバナ, ジオウ, シソ, ジャノヒゲ, シャクヤク, ハッカ (在来ホクト), ハトムギ, ハマボウフウ, ヤマトトウキ, ミシマサイコ, セリバオウレン, エビスグサ

19 品目

新潟県新発田市

アミガサユリ, エビスグサ, カラスビシャク, カワラヨモギ, カンゾウ, シャクヤク, ハッカ (在来ホクト), ハマボウフウ, ミシマサイコ, ヤマトトウキ, オケラ

12 品目

福井県高浜町

エビスグサ, カラスビシャク, カノコソウ, ゲンノショウコ, ジャノヒゲ, セリバオウレン, ハトムギ, ハマボウフウ, ミシマサイコ, ヤマトトウキ, キキョウ, ゴシユ, コウホネ, シャクヤク, オケラ, ジオウ (アカヤ, カイケイ)

17 品目



岐阜県岐阜市

カワラヨモギ, キキョウ, ジオウ (アカヤ, カイケイ), シャクヤク, ジャノヒゲ, ハトムギ, ミシマサイコ, ヤマトトウキ, オケラ, アミガサユリ

10 品目



八峰町キキョウの試作栽培地

大分県杵築市

ミシマサイコ, ヤマトトウキ, センキュウ, カラスビシャク, オケラ, コガネバナ, カワラヨモギ, ジオウ, ジャノヒゲ, キキョウ, カノコソウ, ケイリンサイシン, メハジキ, エゾウコギ, トコン, ケイガイ, イノコズチ, ハマナス, ムラサキ, イカリソウ, キバナオウギ, シャクヤク, カンゾウ

23 品目

9 各地での締結式の模様や栽培地の現況

(A) 秋田県八峰町の試作状況と平成 28 年度の栽培予定

ここでの試作栽培は、無農薬栽培を行っているが、今のところそれに関する被害は出ていない。

カミツレ, キキョウについては、収穫方法等多少問題はあるが、実生産の目途がついてきたので、昨年より農家の畑で実生産を開始した。さらに試作栽培を継続試作する重点品目とする。

また、トウキ, セネガ, センブリについては経過観察品目とし、カミツレの頭花の収穫法やキキョウの皮去り法等の効率を高めるために、本年度から、農機具メーカーと協力し、収穫調整等の機械化を検討することにした。

(B) 秋田県美郷町栽培地の現状

この町は、世界遺産に登録され注目されている白神山地に近く、非常に湧き水などが豊富な町である。

協定に基づく栽培指導品目は、キキョウ、カンゾウ、エイジツの3種類。

キキョウの主根はまだ少し細く、その皮去り法の機械化を検討し、カンゾウについては、ストロン苗を用いた筒栽培を継続して行うとともに、露地栽培収穫後グリチルリチン酸の測定を行い優良株を選別していく予定である。

(C) 新潟市の栽培地の現状

新潟市は新潟県の県庁所在地であるが、農業支援事業にも力を注いでおり、新潟市農業活性化研究センターは大変良く整備された立派な設備である。

市は薬用植物栽培に非常に熱心に取り組み、取り扱い品目が多いのはセンター所有の栽培地だけでなく種苗や種子を大量生産し市内農家への提供等を考えている。また、センター直轄圃場以外に、4ヶ所の試験栽培区で試作栽培を行っている。収穫したハッカ(ホクト)、ミシマサイコについて、日本薬局方試験を実施したが規格の範囲内であった。

試作栽培中のミシマサイコ、ホソバオケラ、シャクヤク他の生育状況にも特に問題ない。小須戸地区のハッカのランナーの増殖状況も順調である。

このセンターの施設では、横浜からの遠隔操作により管理されるニンジン等の水耕栽培やミスト栽培も試みている。

(D) 新潟県新発田市の現状と28年度の

試験栽培区画

阿賀野川と信濃川による肥沃な土地がひろがり、桜と新発田城が大変美しい町である。

ここ松岡地区での試験栽培区割りは、38aの圃場に、シャクヤク1000本、ミシマサイコ3.5a、他にトウキ、ハッカ(ホクト)、カンゾウ、エビスグサ、オケラなどを試作栽培中である。この地での栽培薬用植物の種子、苗、種芋等は医薬基盤・健康・栄養研究所筑波研究部、同北海道研究部、東京都薬用植物園、富山県薬用植物指導センター等から導入し定植した。

昨年4月に播種した、トウキ、ミシマサイコ、ハッカ等の今春の生育状況は順調で、富山県薬用植物指導センターから導入したシャクヤク1000本を市や栽培農家総出で移植し試作栽培を開始した。

また、トウキを掘りあげ、指導員の指導で昔から行われている湯もみ作業を行った。このトウキを一般社団法人日本食品分析センターに日本薬局方規格試験を依頼した。検査結果は、灰分、エキス含量とも、規格に適合していた。



新発田市トウキの湯もみ

(E) 昨年試験栽培を開始した福井県高浜町の現状

高浜町は、県の最南西部に位置し、若狭



大分県知事応接室での調印式

富士とも呼ばれる青葉山の美しい姿が印象的な所、さらに関心の高い「高浜原子力発電所」がある町である。

町内の農家は薬用植物については初めてのところが多く、その期待は大きいようだ。

そのため、栽培農家や町の職員等多くの関係者がハトムギの種まきやトウキの苗の植え付けに参加した。

(F) 岐阜県岐阜市の試験栽培の現状

長良川の鶺鴒や岐阜城が有名な、県の中心地である。

試験栽培を行っている東板谷地区、西郷地区で栽培品目の区割りを行い、10品目の試験栽培を行っている。

キキョウ、ミシマサイコの評価では、土壌が硬かったせいか、主根の地中への伸びが悪く、側根が多く分根し見劣りがするものが多かった。そのため停滞水の心配もあり、堆肥等を多く鋤き込み、深く耕耘する様に指導する。

また東板谷地区では㈱セネコムによる、ソーラーシステムを活用した、薬用植物栽培環境データ収集システム、地中温度測定装置等を設置し、各種センサーデータを遠隔収集・現場コントロールシステムを試

験的に開始した。

さらに「ごんべえ」による自動播種について、ベルトの穴などを工夫することにした。ハトムギの収穫にはハトムギ用コンバイン等の機器を導入し、効率化を図ることにした。

(G) 大分県杵築市栽培地の現状

杵築市は国東半島にあり、杵築城とその城下町と酔屋の坂道等が有名な坂道の多いところである。この事業には杵築市だけでなく、大分県知事も大きい関心を示し、締結式は知事室で行われた。さらに同県の施設である大分県農林水産研究指導センター花き研究所や県立農業高校の跡地等を活用し試作栽培を実施することにした。



管理機で固くなった土をほぐし、クマデで平らにする



杵築市 県立農業高校跡地の圃場

10 見えてきた、これからの課題

- ◎栽培農地の確保
- ◎稲作栽培地が多いので、水の問題等土壌改良が必要
- ◎作り手や後継者の確保
- ◎協会としては、栽培指導者の育成が急務
- ◎安価な輸入生薬と国産生薬との価格問題
- ◎トレーサビリティの確かな、国産生薬の薬価問題
- ◎安心安全、国内産生薬の啓発
- ◎購入者の確保
- ◎その他
 - 医薬品原料としての局方試験等が必修
 - 残留農薬・重金属・ヒ素・放射能等の安全性の品質保証
 - 調整加工の仕上げ具合の品質保証（性状・五感・乾燥・成分等）
 - トレーサビリティの保証（生産履歴・記録書の作成）



新発田市締結式参加一行

11 今後の取組

東京生薬協会の藤井会長は、生薬原料の大半は中国に頼っているが、秋田県産初め国産生薬ができれば、製品の魅力が増すことは間違いない、と確信しています。

公益社団法人に衣替えした、東京生薬協会は今後、ますます生薬・漢方製剤を通じて国民の健康に奉仕させていただきます。

皆様のご協力・ご支援をお願いいたします。

●清水 虎雄（しみず・とらお）●

明治薬科大学倫理委員会

公益社団法人東京生薬協会学術委員会

元公益社団法人日本薬剤師会薬局製剤・漢方委員会

元東京都薬用植物園

薬用植物の病害 (3)

Diseases of medicinal plants (3)

佐藤 豊三

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 遺伝資源センター
〒305-8602 茨城県つくば市観音台2-1-2

Toyozo Sato

*Genetic Resources Center, National Agriculture and Food Research Organization
2-1-2 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8602 Japan*

2016年10月20日受付

はじめに

この解説 (1) では、植物病害の科学的な命名手順と新病名提案時の留意点をはじめ、薬用植物の国内発生病害およびその初報告数の推移について説明し、薬用植物の国内生産振興には病害の基礎研究が重要であることを述べた (佐藤, 2015)。また、(2) では各病原微生物と現在登録のある病害防除薬剤などについて概説した (佐藤, 2016)。今回は病害の発生要因とそれに基づく防除の基本を述べるとともに、シャクヤクの主要な糸状菌病害の病徴、診断、防除について解説する。

病害の発生要素

すでに本解説 (1) で述べたように、単一植物を画一的に栽培する農耕は、自然生態系のバランスを大きくゆがめることに他ならず、それまで植物と共存してきた様々な微生物を病原として顕在化させてきた。では、病害はどのような条件が揃うと発生するのであろうか。それは、次の 3 つの要因が揃ったときに生じるとされる (図 1)。

- 1) **主因**：何らかの病原が存在すること。内訳は、菌類 [カビ] が最も多く 75%，次に線虫が 7%，細菌 6%，ウイルス 5%，生理障害 3% の割合を占める (佐藤, 2015, 2016)。
- 2) **素因**：植物の病害に対する罹りやすさ。これには植物の病害抵抗性・感受性の遺伝的特性や栄養条件などの生理状態が係っている。
- 3) **誘因**：病害の発生を助長する環境。風雨、日照、風通し、土壤水分などの自然環境と耕起やマルチ、灌水、日除け、雨除け、除草などの栽培管理による人為的な環境が含まれる。



図 1 植物病害の 3 要因と発病の関係

防除の基本

理想的には、上記の 3 要因をすべて排除すれば、病害発生のおそれはなくなるが、1, 2 要因だけでも排除することが病害の抑制・防除に有効であり、コスト面や労力的には現実的である。以下、要因ごとに具体的方策を述べる。

1) **主因**：病原密度の低減や病原の伝染環を遮断することを心掛ける。

①種子・子苗消毒用の農薬登録のある植物には、なるべく定植前に施用する。また、茎頂培養と抗ウイルス剤の施用などにより作出されたウイルスフリー苗を利用する。これらは、ある程度初期投資は掛かるが、その後のコストや労力を削減できるため、特に大規模生産では奨励される。

発病植物個体や発病部をいち早く除去し、焼却処分するといった圃場衛生も病原の密度を低下させるために重要である。また、多様な植物に病気を起こす多犯性病原の温床を除去するには、圃場内や周辺の除草も必要となる。生活環を全うするために分類上遠縁の植物に寄生する（異種寄生性）さび病菌による病害は、圃場周辺の間宿主（薬用植物以外の宿主植物）を伐採し、あるいは植栽を控えることにより、ほぼ撲滅できる。

②「薬用植物の病害と病原微生物(2)」表1(佐藤, 2016)に掲載した燻蒸剤などの登録農薬を用いて、定植前の土壌消毒を行う。地温を上げ易いビニルハウスなどの施設では土壌還元消毒といった、化学農薬によらない消毒法もある(農環研, 2012)。

③同じく、登録農薬を用いて定植後の本圃での予防的薬剤散布を行う。なお、アブラムシなど植物ウイルスを媒介する害虫を殺虫剤等により防除することは、ウイルス病の防除にもつながる。

なお、現在、薬用植物に適用のある登録農

薬は極めて少ないが(佐藤, 2016)、その国内生産が盛んになり病害研究が進むにつれて登録対象病害は増えていくと予想される。農薬は使用基準に従って適正に使用し、経済的、労力的、環境保護的観点から使用量や回数は最小限に抑えたい。

2) **素因**：植物の体質を病気に罹りにくく改善することを心掛ける。

遺伝的な素因として植物の病害抵抗性や耐病性があり、一般の作物ではそれらの獲得を目標として育種が行われている。薬用植物では意識的に作出された病害抵抗性品種の例を知らないが、植物ごとに問題となる重要病害は実際にあり、国内生産が盛んになれば、抵抗性・耐病性育種の取り組みも必要になると予想される。一方、生理的な体質改善には、弱毒ウイルス(植物ワクチン; 花田, 2012)や非病原性菌株の前接種がある。病原性を弱めた、あるいは元々病原性のない同種の微生物を健全な植物に接種することにより、植物体全体に免疫的な機能を持たせるという工夫である。

3) **誘因**：病害発生環境の回避と病害を誘発しないよう栽培管理の改善に心掛ける。

病原微生物の飛散を防止するために雨風を避ける、また、植物地上部の傷害回避を目的として防風を行う。病原微生物の侵入門戸となる害虫や線虫による食害を防ぐよう工夫する。過湿による地下部の酸素不足を解消するために排水を良くする一方、水不足・過乾燥が引き起こす萎れや下位葉の枯死を回避するため適度な灌水を行う。さらに、除草を励行し、適切な植栽密度を保つことにより、うっぺいを避けて風通しを良くする。

薬用植物の主要な糸状菌病害

シャクヤク (*Paeonia lactiflora*) の病害

シャクヤクは花きとしても利用されていることから、薬用のみに利用されるものより病害についてよく調べられている。日本植物病名データベースには糸状菌による 17 病害（病原菌:17 種）、線虫による 4 病害（病原線虫: 8 種）、ウイルス病および細菌病の各 1 病害が収録されている（表 1；農研機構遺伝資源セ

ンター, 2016)。なお、同データベースには *Cladosporium paeoniae* var. *paeoniae-anomala* による葉斑病があるが、近年この病原菌は斑葉病菌 *Graphiopsis chlorocephala*（異名：*Cladosporium paeoniae*）と同種とされ（Schubert et al., 2007）、葉斑病は斑葉病と同じ病害であるといえる。その他、4 種のシャク

表1. シャクヤクの国内既知病害

| 病名 | 情報* | 病原（異名, 和名） | 病原種類 |
|-----------|-----|---|------|
| 輪紋病 | ○ | <i>Tobacco rattle virus</i> (TRV) | ウイルス |
| 根頭がんしゅ病 | ◎ | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | 細菌 |
| うどんこ病 | ◎ | <i>Erysiphe paeoniae</i> | 糸状菌 |
| 疫病 | ○ | <i>Phytophthora cactorum</i> | |
| 枝枯病 | ○ | <i>Pestalotia paeoniicola</i> (<i>Pestalotia paeoniicola</i>) | |
| 褐斑病 | ◎ | <i>Pseudocercospora variicolor</i> (<i>Cercospora variicolor</i>) | |
| 菌核病 | ○ | <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> | |
| さび病 | ◎ | <i>Cronartium flaccidum</i> | |
| 白絹病 | ○ | <i>Athelia rolfsii</i> (<i>Sclerotium rolfsii</i>) | |
| 白紋羽病 | ◎ | <i>Rosellinia necatrix</i> | |
| そうか病 | ○ | <i>Sphaceloma paeoniae</i> | |
| 立枯病 | ◎ | <i>Botrytis paeoniae</i> | |
| 炭疽病 | ○ | <i>Gloeosporium</i> sp. (<i>Colletotrichum</i> sp.) | |
| 根黒斑病 | ◎ | <i>Ilyonectria destructans</i> (<i>Cylindrocarpon destructans</i>) | |
| 灰色かび病 | ◎ | <i>Botrytis cinerea</i> | |
| 斑葉病（葉斑病） | ◎ | <i>Graphiopsis chlorocephala</i> (<i>Cladosporium paeoniae</i> , <i>Cladosporium paeoniae</i> var. <i>paeoniae-anomala</i>) | |
| 円星病 | | <i>Phoma</i> sp. | |
| 芽枯病 | ○ | <i>Alternaria</i> sp. | |
| 輪紋病（植物検疫） | | <i>Pestalotia</i> sp. | |
| （未提案）** | | <i>Coryneum paeoniae</i> , <i>Dendrophoma paeoniae</i> , <i>Monochaetia paeoniicola</i> , <i>Mycosphaerella paeoniae</i> | |
| 根腐線虫病 | | <i>Pratylenchus coffeae</i> （ミナミネグサレセンチュウ） <i>Pratylenchus penetrans</i> （キタネグサレセンチュウ） | 線虫 |
| 根こぶ線虫病 | | <i>Meloidogyne arenaria</i> （アレナリアネコブセンチュウ） <i>Meloidogyne incognita</i> （サツマイモネコブセンチュウ） <i>Aphelenchoides fragariae</i> （イチゴセンチュウ） | |
| 葉枯線虫病 | | <i>Aphelenchoides liliium</i> （ユリセンチュウ） <i>Aphelenchoides ritzemabosi</i> （ハガレセンチュウ） | |
| 植物寄生性線虫 | | <i>Ditylenchus dipsaci</i> | |

*日本植物病名データベースhttp://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php に ○:診断情報, ◎:診断+防除情報がリンクされている, **講演要旨（塚本・香月, 1961）に学名のみ掲載

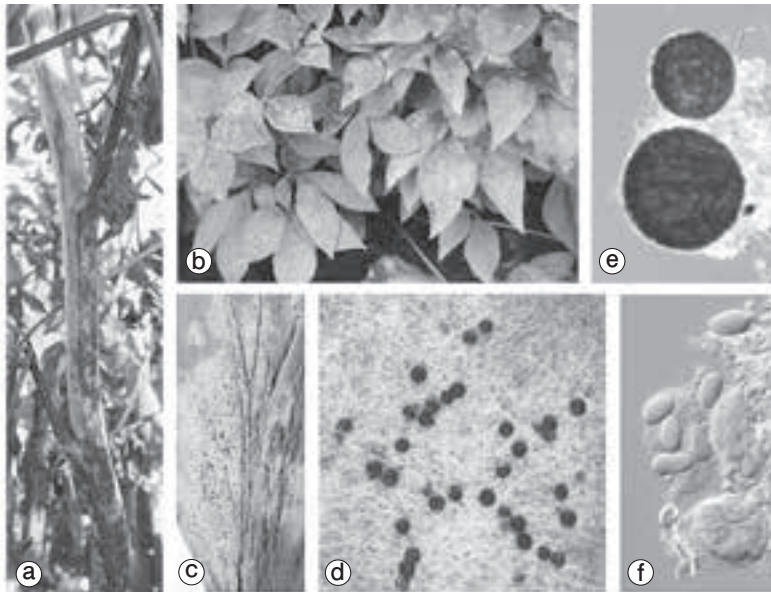


図2 シャクヤクうどんこ病の病徴と病原菌 *Erysiphe paeoniae*. a. 茎の症状と早期枯れ上がり, b. 葉の症状, c. 葉の白斑中に観察される黒点, d. cの拡大写真: 白い菌糸のマット上に形成された病原菌の褐色～黒色閉子のう殻, e. 閉子のう殻と周囲の菌糸, f. つぶした閉子のう殻から押し出された子のうと子のう胞子

ヤク寄生菌が収録されているが、いずれも講演要旨に学名が掲載されたのみで、対応する病名も提案されておらず実態は明らかでない(塚本・香月, 1961)。以下に主要なシャクヤクの糸状菌病害について解説する。なお、ここに取り上げないものも含めて各病害の診断と防除に関する情報サイトが上記データベースの詳細ページにリンクされている(表1)。

うどんこ病：絶対寄生菌 *Erysiphe paeoniae* により茎葉、葉柄など地上部に起きる。葉などにはじめ小白斑が現れ、次第に茎葉の全面に広がってうどん粉をふり掛けたように白くなる(図2a, b)。新葉に発生すると葉が波打つ。白い粉は大量に形成された病原菌の菌糸と分生子・分生子柄(無性器官)であり、春から秋にかけて伝染源となる。病勢の激しい場合は下葉から枯れるが、生育後期まで上位の罹

病茎葉は生き残ることが多い。9月中旬には白い病斑内に黄色、褐色ないし黒色の点が散生あるいは群生する(図2c, d)。これは病原菌の閉子のう殻(有性器官)であり、黒色の成熟閉子のう殻の中には4個以上の子のうとその中に2～7個ずつ無色単細胞の子のう胞子を含む(図2e, f)。これが翌年の第一次伝染源となる。国内ではボタン(*Paeonia suffruticosa*)でも本病原菌によるうどんこ病が知られており、海外では15種以上のボタン(*Paeonia*)属植物が本病原菌の宿主として知られている(Farr and Rossman, 2016)。

本病の防除剤としてダコニール1000が登録されている。その他、圃場衛生など防除に関する情報は「病害虫・雑草の情報基地：花の病害虫」の「うどんこ病」の項(全国農村教育協会；<http://www.boujo.net/handbook/hana/hana-168.html>)を参照されたい。

褐斑病：*Pseudocercospora variicolor* (*Cercospora variicolor*) により葉に発生する。はじめ葉の表側に様々な大きさの退色斑点が多数現れ、しだいに病斑中央から暗褐色に変わるとともに、輪紋の顕著な円形病斑となる。病斑は互いに融合して大きくなり、病斑が多いと最終的に葉全体が枯れる。病斑の表面には微小な黒点が多数現れるが、これらは病原菌の子座で、多湿条件ではそこから暗オリーブ色のかびが生じる。これは大量の分生子柄と分生子であり生育シーズンの伝染源となる。病原菌は罹病植物の組織内で子座や菌糸の状態越冬し、翌年分生子を形成して第一次伝染源となり、展葉後間もない頃から発病を引き起こす。国内ではシャクヤクにのみ本病が知られているが、海外ではボタンやオランダシャクヤク (*Paeonia officinalis*) などにも本病原菌の寄生が知られている (Farr and Rossman, 2016)。

本病の防除剤はまだ登録されておらず、圃場衛生を徹底することが重要となる。

菌核病：*Sclerotinia sclerotiorum* により茎葉や花にも発生する。茎葉では、はじめ水浸状の斑点が現れ、しだいに淡褐色ないし灰白色に乾枯する。茎では下部特に地際で発病することが多く、地上部全体が枯れる (図 3a)。多湿条件で病斑表面に白い菌糸塊やネズミ糞状の菌核が形成されるが、茎の髄内にも小型の菌核が形成される (図 3b)。この菌核が越冬し翌春小さなキノコ(子のう盤)を複数生じ(佐藤, 2016)、そこから飛散する無数の子のう胞子が伝染源となる。キノコの発生には 20℃前後が適温とされており、また、感染力のある無性胞子は形成されないため、春と秋のの子のう胞子飛散時期に感染のピークとなる。

本病原菌は多犯性であり、国内では約 120

種の植物を侵すことが報告されているところから (農研機構遺伝資源センター, 2016)、本病の発生前歴のある畑での栽培を避けることが第一である。また、発病した茎などを見つけ次第、同一株の未発病部分とともに株ごと抜き取り焼却する。

さび病：絶対寄生菌 *Cronartium flaccidum* により葉に発生する。はじめ葉の表側に周辺がやや黄化した紫褐色の小斑点が散生あるいは群生する。病斑は太い葉脈に区切られることが多い。やがてその裏側に淡黄色の粒状の隆起が現れた後、表皮が破れて淡橙黄色の粉が出る (図 4a, b)。これは病原菌の夏胞子であり (図 4c, d)、生育シーズンの伝染源となる。夏から秋にかけて、同じ病斑の葉裏から長さ数 mm で暗褐色の細毛が多数伸び出てくる (図 4e)。これは病原菌の冬胞子推であり (図 4f)、越冬・休眠せずに発芽して担子器と担子胞子

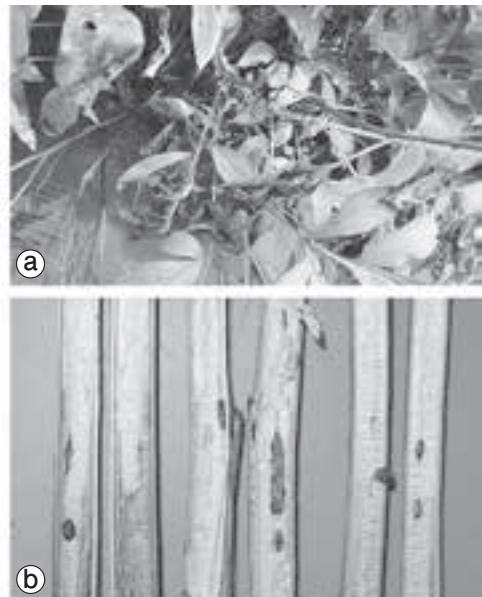


図3 シャクヤク菌核病の病徴と病原菌 *Sclerotinia sclerotiorum*. a. 茎の立ち枯症状, b. 茎の髄に形成された病原菌の菌核

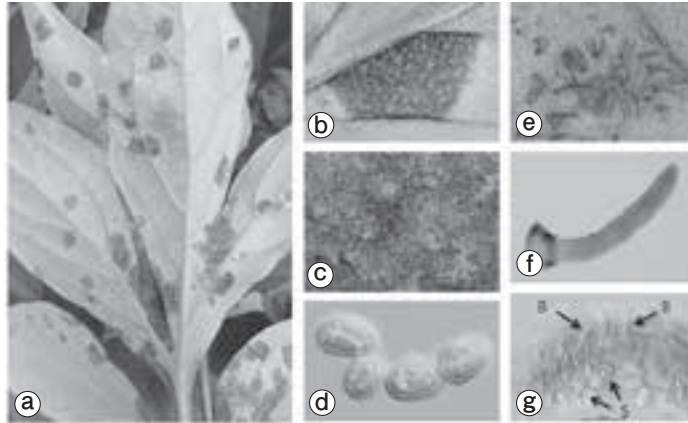


図4 シャクヤクさび病の病徴と病原菌 *Cronartium flaccidum*. a. 葉の裏に形成された夏胞子・冬胞子堆, b. 葉脈に仕切られた病斑内の夏胞子堆, c. b の拡大写真: 夏胞子堆から噴出する夏胞子, d. 単細胞で細刺をもつ夏胞子, e. 葉裏から伸び出した冬胞子堆, f. 角状の単一冬胞子堆, g. 担子器 (B) と担子胞子 (S) が形成された冬胞子堆先端部

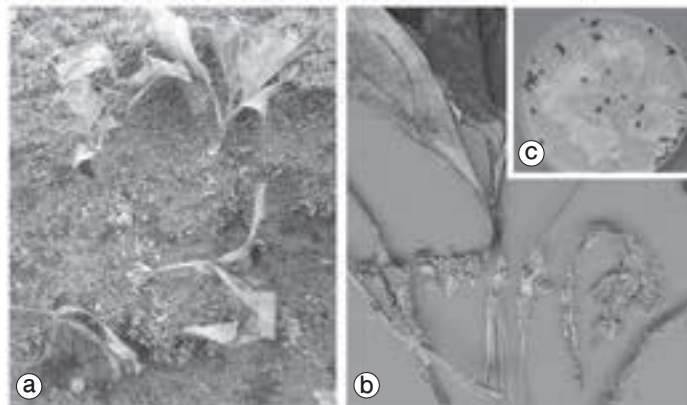


図5 シャクヤク白絹病の病徴と病原菌 *Athelia rolfsii*. a. 立ち枯れたシャクヤクの地際に多数形成された未熟菌核, b. 地下部が腐敗・脱落した罹病株および地際に付着した白色菌糸と球~楕円形の未熟菌核, c. 寒天培地上に形成された病原菌のコロニーと暗褐色の成熟菌核

を多数形成する (図 4g). 本病原菌は上述の異種寄生種であり, 担子胞子はアカマツやクロマツに感染し越冬する. 翌年 6 月中旬, マツ類の罹病枝幹でそうほう (瘡胞) 病を起し, さび胞子を飛散させシャクヤクのみならずボタンにも伝染する. 海外では 20 種以上のボタン属植物と 20 種以上のマツ (*Pinus*) 属植物に寄生することが知られている (Farr and Rossman, 2016).

発病葉の速やかな除去と焼却はもちろんで

あるが, 可能ならば圃場周辺のマツ類を伐採することにより伝染環が断たれ, シャクヤクの発病がほぼ抑えられる.

白絹病: *Athelia rolfsii* (*Sclerotium rolfsii*) により茎基部, 下位葉と根に発生する. はじめ地際部に水浸状の腐敗が広がり, 地上部は急速に萎れて枯死に至る (図 5a). 地下部も腐敗し脱落する (図 5b). 発病茎の地際部やその周辺表土上に白い菌糸の束が広がり, はじめ

白く後に褐色ないし暗褐色に成熟する菜種状の菌核が多数形成される(図 5 a-c; 佐藤, 2016). この菌核は土壤中で 5 年以上生存し, 25℃前後で発芽し翌年の伝染源となる. 本病原菌の生育適温は約 30℃で, 雨が多く地温の上がる 6 月以降発病が多くなる.

孢子を形成せず菌糸が隣の茎や株に伸長して感染するため, 発病した茎や菌核を見つけ次第, 表土とともに株ごと圃場外に持ち出し焼却する. また, 本病原菌は多犯性であり, 国内では 230 種以上の植物を侵すことが報告されているところから(農研機構遺伝資源センター, 2016), 本病の発生前歴のある畑での栽培を避けることが望ましい.

立枯病: *Botrytis paeoniae* により茎葉, 葉柄, 花梗などに発生する. 春, 新葉の葉柄や茎の地際が水浸状に腐敗し上部が萎れ, まもなく罹病部は褐変し茎は倒伏枯死する(図 6 a, b). 葉では, はじめ葉縁などに褐色の斑点が現れ,

やがて拡大して波状の輪紋を伴う大きな病斑となる. 葉柄や新芽が侵されると水浸状に変色し, まもなく暗褐色に変わり枯れる. 花梗が十分伸びきらないときに侵されると, 蕾をつけたまま褐変して枯れる(図 6 c). また, 開花前に急に花梗が萎れ, 先端部が垂れ下がり枯死することもある. 湿度と温度が高いと罹病部に大量の灰白色ないし淡褐色のかびが密生するが(図 6 d), これは病原菌の分生子であり, 風で飛ばされて新芽などに次々と感染し発病させる. 罹病部に同様のかびが生える灰色かび病も症状がよく似ているが, 立枯病は春先に葉柄の地際部や新芽に発生することが多い. 本病原菌は地際の罹病部に微小な菌核をつくる(図 6 g, h). これらは病斑に付着したまま, あるいは地上に落ちて越冬し, 翌春新葉が伸び出ると発芽して主に葉柄や茎の地際を侵す(図 6 i). 国内ではシャクヤクにのみ本病が知られているが, 海外ではドイツスズラン(*Convallaria majalis*), キク

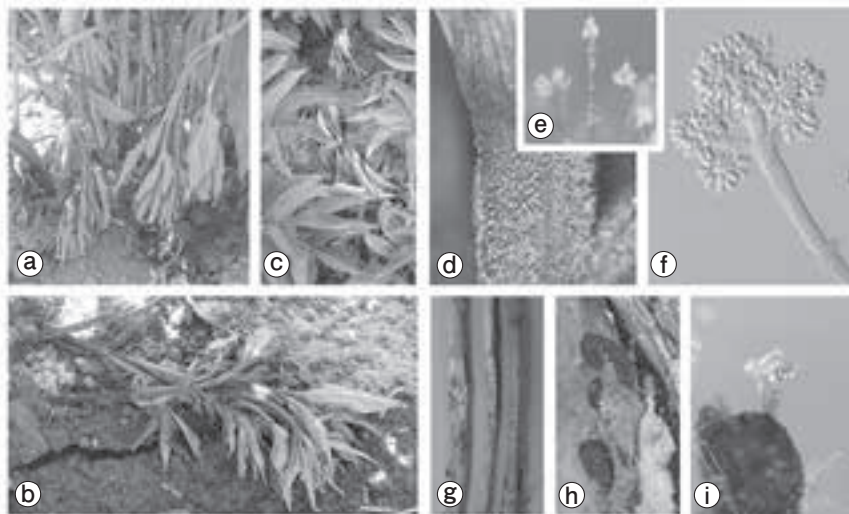


図6 シャクヤク立枯病の病徴と病原菌 *Botrytis paeoniae*. a. 萌芽時の萎れ, b. 萌芽時の葉柄・茎基部の腐敗と倒伏, c. 摘蕾した茎の立ち枯れ, d. 腐敗茎基部に形成された病原菌の分生子柄と分生子, e. d の拡大写真: 分生子柄と分生子, f. 分生子柄先端に房状に形成された分生子, g. 枯死茎や葉柄基部に形成された黒点状の小菌核, h. g の拡大写真: 黒い小菌核, i. 培地上で発芽した菌核

(*Dendranthema morifolium*), タマノカンザシ (*Hosta plantaginea*), ムラサキギボウシ (*Hosta ventricosa*), オランダシャクヤク, アマドコロ (*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum*) などから本病原菌が検出されている (Farr and Rossman, 2016).

本病の防除に利用できる登録農薬はまだない。発病株は見つけ次第抜き取るとともに、生育期間終了後栽培残渣をできるだけ圃場から持ち出して焼却する。

灰色かび病：*Botrytis cinerea* により茎葉や花に発生する。茎葉では、はじめ暗緑色水浸状の病斑が生じ、のちに淡褐色となり、病斑が茎の周囲を覆うと上部が萎れて枯れる (図 7a)。花では、はじめ褐色水浸状の小斑点が生じ、しだいに全体に広がり褐変枯死する。発病花の枯死部が茎葉に落下、接触することにより伝染することも多い。また、多湿条件で病斑部に淡褐色ないし灰白色粉状のカビが生じる (図 7b)。このカビは病原菌の分生子柄と分生子で (図 7c, d)、生育シーズンの伝染源となり、次々と地上部に感染する。近縁の *B. paeoniae* による立枯病に対して、灰色かび病は花に発生し花腐症状となる場合が多い。また、灰色かび病による枯死部には、黒褐色の大型菌核がみられることもある。この菌核が長期間土壌中で生存し、翌年の伝染源となるほか、罹病植物残渣中や土壌中の有機物に生息する菌糸も越冬する。20℃前後の比較的低湿条件とともに、風通しの悪さや多湿条件が発病を助長する。さらに、本病は生理的な原因で植物が弱った場合、あるいは強風などで茎葉が傷んだきに激発する傾向がある。また、春に雨が多く天候不順の年に発生が多い。

過繁茂による通気不良を避け、発病した茎は抜き取って焼却する。本病原菌は多犯性で

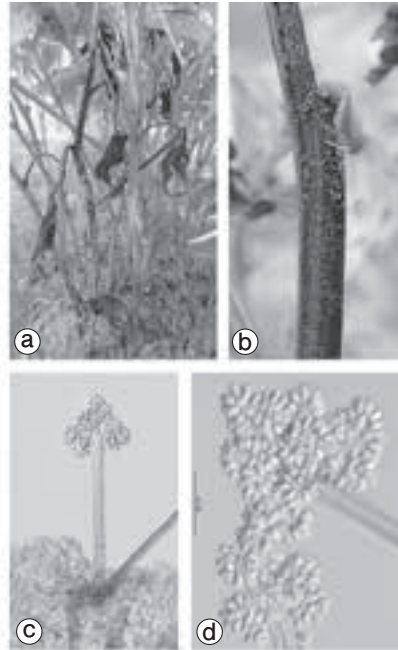


図7 シャクヤク灰色かび病の病徴と病原菌 *Botrytis cinerea*. a. 茎葉の枯死, b. 枯死茎の表面全体に生じた分生子柄と分生子, c. 分生子柄と先端に房状に形成された分生子, d. 分生子形成部の拡大写真：分生子

あり、国内では 230 種以上の植物を侵すことが報告されているところから (農研機構遺伝資源センター, 2016)、隣接する圃場で他の作物の灰色かび病が発生した場合は早めに防除する。本病にはベンレート水和剤が登録されている。その他、圃場衛生など防除に関する情報は「病害虫・雑草の情報基地：花の病害虫」の「灰色かび病」の項 (全国農村教育協会；<http://www.boujo.net/handbook/hana/hana-169.html>) を参照されたい。

根黒斑病：*Ilyonectria destructans* (*Cylindrocarpon destructans*) により主に主根、側根、細根などの地下部に発生するほか、地上に出る前の芽などが侵されることもある。主根では、はじめ表面にややふくらんだ黒褐色の小斑点が現れ、拡大に伴い中央部が少し陥没し、多

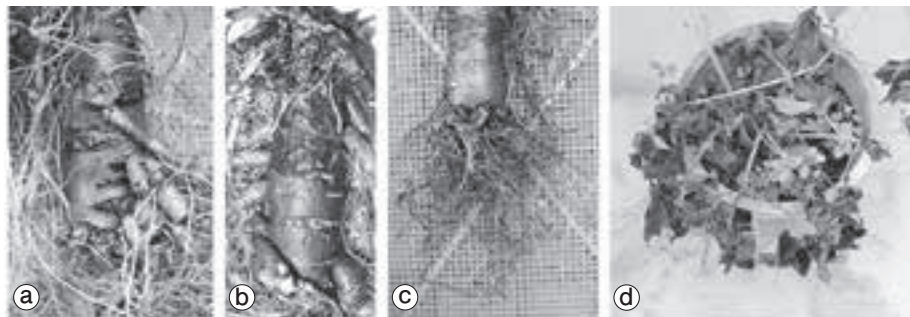


図8 シャクヤク根黒斑病の病徴と病原菌 *Ilyonectria destructans*. a. 主根の一般的な病斑, b. 主根の大型病斑, c. 細根の褐変・腐敗, d. 鉢植え罹病株の地上部の枯死

くは直径 1cm 以下であるが (図 8a), 3cm に達する大型病斑となる場合もある (図 8b). 初期の病斑部は表層のみが侵されるが, 時間の経過とともに腐敗は深くに達する. 病斑が多数生じる主根の症状に加え, 先端から発病してほぼ全て黒く腐敗するものもある. 一方, 側根や細根では, 腐って消失する (図 8c). 地下部の病勢が著しいときは, 周縁部から葉が褐変し, 地上部全体が枯死に至る (図 8d). 本病原菌の厚壁胞子は土壤中で数年間生存し, 植え替えられたシャクヤクの根に感染し発病させる. 他方, 病原菌に汚染された苗が定植され, 発病することも少なくない. 過剰な土壌水分や 20℃付近が感染・発病に好適とされる. 通常盛夏より 5 月から梅雨時に, また, 冷夏に発生が多く被害が大きい. 移植時の傷口はもちろん, 若い根や発根直後の側根および細根は本病にきわめて侵されやすい. 施肥量が多すぎると発病が助長されることから, 肥料は適量以下に控えることが望ましい. 本病原菌は多犯性土壌病原菌で国内ではボタンやチョウセンニンジン (*Panax ginseng*) など 20 以上の植物を侵すことが報告されており (農研機構遺伝資源センター, 2016), 海外では 180 種以上の植物から検出されている (Farr and Rossman, 2016).

本病の防除用に土壌消毒剤キルパー, ガス

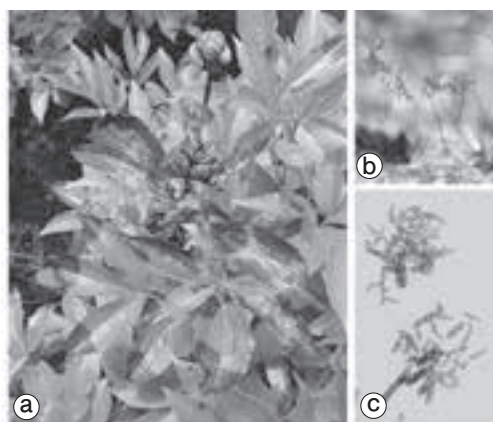


図9 シャクヤク斑葉病の病徴と病原菌 *Graphiopsis chlorocephala*. a. 葉, がく, 果皮に発生した大型紫褐色の斑点, b. 葉裏の病斑上に形成された病原菌の分生子柄と分生子, c. 分生子

タード, バスアミドや種芋消毒用のベンレートなどが登録されている. その他, 圃場衛生など防除に関する情報は「病害虫・雑草の情報基地:花の病害虫」の「シャクヤク根黒斑病」の項 (全国農村教育協会; <http://www.boujo.net/handbook/hana/hana-195.html>) を参照されたい.

斑葉病: *Graphiopsis chlorocephala* (*Cladosporium paeoniae*) により葉・葉柄をはじめがくや果皮にも発生する (図 9a). 開花期前から葉にはじめ類円形の紫褐色の小斑点が現れ,

しだいに輪紋状に拡大し、健全部との境界が明瞭な暗紫褐色の不整形病斑となる(図 9a)。多湿条件で病斑表面に暗オリーブ色ないし灰黒褐色のかびが大量に発生する。これは病原菌の分生子と分生子柄であり(図 9b, c)、風雨により飛散して次々と伝染する。病原菌は病葉上で菌糸の状態ですべて冬を越し、翌春に分生子を形成して第一次伝染源となる。高温多湿が続く梅雨後半から被害が激しくなり早期の枯れ上がりや落葉を引き起こす。国内では本病原菌はポタンのすすかび病も起こすとされる。海外では 10 種以上のポタン属植物のほか数属の植物から検出されている(Farr and Rossman, 2016)。

発病葉は見つけ次第切り取るとともに、生育期間終了後栽培残渣をできるだけ圃場から持ち出して焼却する。その他、病徴写真などは「花き病害図鑑」の「シャクヤク斑葉病」(旧農研機構花き研究所, http://www.naro.affrc.go.jp/flower/kakiby/plant_search/sa/shakuyaku/post_526.html)を参照されたい。

おわりに

病害の 3 要因に基づく防除の基本を頭に入れて栽培に生かすことにより、登録農薬がなくとも病害の発生を遅らせ、発生してもある程度蔓延を抑えることができる。今回はまずシャクヤクの主要 9 病害について解説したが、登録農薬は極めて少なく、圃場衛生など耕種的な防除手段しかないのが現状である。特に種子消毒剤や土壌消毒剤などの登録が急務と思われる。

今年度から 5 年間の予定で、農林水産省委託プロジェクト研究「薬用作物の国内生産の拡大に向けた技術の開発」がスタートした。農研機構・遺伝資源センターでは「国内産トウキ等の糸状菌病およびウイルス病に関する

調査と新規病害の解明」の担当課題の下で、トウキをはじめシャクヤク、カンゾウ、ミシマサイコ、オタネ(チョウセン)ニンジンなどのウイルスおよび糸状菌(菌類)による病害を調査している。筆者は糸状菌病害を担当している。佐藤(2016)で述べたように、糸状菌病害については薬用植物資源研究センターとの 2 年間にわたる共同予備調査により、すでに様々な病原菌株や知見が集まっているが、ウイルス病害に関してはゼロからのスタートに近い。ぜひ佐藤(2016)も参考にされ、試験圃場と生産圃場の別にかかわらず、病害と思われる薬用植物が見つかったときは、写真と所定の問診票を添えて当方にご連絡頂きたい。写真で診断できない場合は、問診票に基づきこちらで病原の検出・同定を試みるかを判断し、被害植物体をお送り頂いている。特にウイルス病の疑いのある試料や情報をお寄せ頂けると幸甚である。なお、連絡先メールアドレスは以下の通り(問診票ファイルの請求先も同じ)。

一木珠樹:tuehara@affrc.go.jp(ウイルス担当, 微生物分類評価チーム)

佐藤豊三:s1043@affrc.go.jp(糸状菌担当, 遺伝資源センター)

本解説をまとめるに当たり、シャクヤクの病害については島根県農業技術センターによる病害虫データベースおよび全国農村教育協会による「日本植物病害大事典」, 「防除ハンドブック」, 「病害虫・雑草の情報基地」などを参考にさせて頂いた。また、掲載した写真は、主に薬用植物資源研究センターや島根県農業技術センターとの共同調査の際撮影したものである。両センターおよび上記協会の関係各位に厚くお礼申し上げる。

参考文献

- Farr, D.F., & Rossman, A.Y. Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Retrieved October 16, 2016, from <http://nt.ars-grin.gov/fungaldata/bases/>
- 農研機構遺伝資源センター. 2016. 日本植物病名目データベース. http://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php (2016年4月22日版)
- 佐藤豊三. 2015. 薬用植物の病害と病原微生物 (1). 薬用植物研究 **37(2)**: 49-58.
- 佐藤豊三. 2016. 薬用植物の病害と病原微生物 (2). 薬用植物研究 **38(1)**: 28-38.
- 花田 薫. 2012. 植物ウイルスの特性とその保存について. 微生物遺伝資源利用マニュアル (**31**): 1-66.
- 農業環境技術研究所. 2012. 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒技術. 調査・試験法マニュアル <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/ethanol/>
- Schubert, K., Braun, U., Groenewald J.Z. and Crous, P.W. 2007. Cladosporium leaf-blotch and stem rot of *Paeonia* spp. caused by *Dichocladosporium chlorocephalum* gen. nov. *Stud. Mycol.* **58**: 95-104.
- 塚本永治・香月繁孝. 1961. 世界新または日本新の有用植物寄生菌について (菌類, 細菌類の分類). 日植病報 **26(2)**: 59-60.

● 佐藤 豊三 (さとう・とよぞう) ●

東京都出身

1982年 筑波大学大学院農学研究科修了
農学博士

1982年 日本学術振興会奨励研究員

1982年 東京都小笠原亜熱帯農業センター

1987年 農業環境技術研究所

1993年 四国農業試験場

1999年 農業生物資源研究所

2001年 同研究所 微生物資源研究チーム

2015年 同研究所 遺伝資源センター

2016年 農業・食品産業技術総合研究機構遺伝資源
センター

雑草と雑草防除技術 – 耕地雑草の特性と雑草害 –

Weed biology and management:

- Characteristics of arable weeds and damages caused by weeds -

小林 浩幸

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18

Hiroyuki Kobayashi

*Central Region Agricultural Research Center, National Agricultural Research Organization,
Kannondai, Tsukuba 305-8666 Japan*

2016年11月1日受付

要 約

「雑草」は、系統分類上さまざまな位置にある草種の寄せ集めだが、共通した特性を持っている。短い生活環や早熟性、深い種子休眠や大きな埋土種子集団の形成、比較的小さな種子を多産することなどは多くの耕地雑草に認められ、いずれも頻繁に加えられる攪乱に対する適応として理解することができる。合理的な防除技術を開発し、現場で選択するためには、こうした雑草の特性の理解が欠かせない。ただし、作物に対する雑草害は生育期間中、収穫時など様々な段階で生じ、草種や品目によってもその様相が異なるので、それぞれの状況に応じた対応が求められる。除草の目的は短期的には当分の収量・品質の低下防止にあるが、農業生産の持続性の観点からは、次作以降の雑草発生量を増やさないことが重要で、そのためには長期的な視野にたつて、埋土種子集団を小さくしていくことが必要である。

Abstract

Although weed species are classified into phylogenetically distant groups, they have some common characteristics: short life-cycle, rapid growth through vegetative phase to flowering, deep seed dormancy, huge soil seed bank and high output of small seeds, etc. These common characteristics of weeds can be considered to be adaptive to frequent disturbances imposed as agricultural practices. Comprehension of the weed characteristics is essential for development and choice of good practices for weed control. We also have to consider the fact that damages to crops by weeds occur at various growth stages in different ways according to the kinds of weeds and crops. Weed management practices should be focused on decrease in weed occurrence in the following year through decrease in soil seed bank for sustainable crop production, while the aim of weed management is prevention of decrease in yield and quality of yearly products in the short term.

はじめに

発生したとしても苦勞をすれば取り除くことができる雑草は、一般的には病害虫よりも深刻度が低いと認識され、除草技術の開発は必ずしも優先度の高い課題とは考えられていなかった。しかし、経営規模の拡大や農業者の高齢化に伴う除草の省力化・軽労化に対する要請、外来雑草による壊滅的な農業被害をどうやって回避するかなど、雑草の管理は改めて重要な課題として浮上している。

薬用植物のようなマイナーな作物では、外来雑草の問題はまだ顕在化していないと思われるが、省力化、軽労化に対する要請への対応は、土地利用型作物とは違った意味で、緊急を要するものであるにちがいない。ただ、薬用植物の除草技術を手がける研究者・技術者は土地利用型作物よりもずっと少ない。それを補って技術開発を推進するためには、情

報の広範な共有や協力関係の構築が欠かせないと思う。私自身は、現在（2016年10月）進行中の機械除草技術に関する研究プロジェクトを除けば薬用植物を扱ったことがない。それでも、土地利用型作物栽培における雑草の研究を通じて得た知見のうち原理・原則的なことは薬用植物でも役立つところがあると思ひ、この原稿を書かせていただくことにした。はじめに、耕地雑草に共通して見られる特性、ついで雑草害について解説したい。

雑草はどのような植物か

「雑草」は、耕地などに生えて、作物の収量や品質を落としたり、作業の邪魔になったりするため防除の対象になる植物、特に草本の総称で、科学的というよりも実用的な概念である。雑草と呼ばれる植物群は、系統分類上はさまざまな位置にあるが（表1）、調べてみ

表1 主な作物と雑草の系統分類

| | |
|-------------|--|
| シダ類 | |
| トクサ科 | スギナ（多） |
| 単子葉類 | |
| サトイモ科 | [サトイモ]、カラスビシャク（多） |
| ツユクサ科 | ツユクサ |
| ミズアオイ科 | コナギ |
| イネ科 | [イネ、コムギ、トウモロコシ]、イヌビエ、メヒシバ |
| 双子葉類 | |
| マメ科 | [ダイズ、カンゾウ]、クサネム、ヤブツルアズキ |
| ウリ科 | [キュウリ]、アレチウリ |
| タデ科 | [ソバ]、オオイヌタデ、ハルタデ、エゾノギシギシ |
| ヒユ科 | [ホウレンソウ]、ホソアオゲイトウ、シロザ（APG以前の分類体系ではアカザ科） |
| ヒルガオ科 | [サツマイモ]、ヒルガオ（多）、帰化アサガオ類 |
| ナス科 | [バレイショ、ナス、トマト]、イヌホオズキ、ヒロハフウリンホオズキ、ワルナスビ（多） |
| キク科 | [ヒマワリ]、アメリカセンダングサ、ヒメムカシヨモギ（二）、ブタクサ |
| セリ科 | [ニンジン、トウキ]、セリ（多） |

注）科の配列はAPGⅢに基づく。[]内は作物。（多）、（二）はそれぞれ多年草、二年草で、無印是一年草

ると、系統分類上の類縁関係とは関係なく多くの共通した特性を持っていることがわかる。つまり雑草は、相互に遠縁のいろいろな種から、似た特性をもつ方向への平行進化の結果として生まれてきたと推定される。

それでは、生態学的な観点からみたとき、雑草の生育地はどのようなところだろう。耕地では作物の生産性を上げるため、播種前や播種後、作物によっては生育途中にも耕起や除草剤散布などの攪乱が加えられる。こうした人為的攪乱を受けた個体は死亡する可能性が高い。このため、雑草は攪乱をかいくぐって生きのびやすいような特性を持っている。雑草の特性は過去に多くの研究者によって整理され(例えば Baker(1974)による「理想雑草」の特性)、相応の共通認識が形成されている。そうしたなかから、耕地雑草の重要な特性を、攪乱としての農作業との関連からいくつか見ていきたい。

生活環は短く、多くは1年草である

耕地雑草の多くは、種子繁殖だけを行う1年草である。攪乱と攪乱の間隙を縫ってすばやく出芽し、種子生産を済ませて次代を準備する必要があるからである。耕地であっても、例えば刈取り除草中心の比較的粗放な管理を行っている樹園地では、生育する雑草を完全に枯死させるには至らないことが多いため、しばしばギシギシ類やイネ科牧草類などの多年草が生育する。また、水田でも、クログワイ、オモダカなどの多年草が優占することがあるが、これは1年草には有効な除草剤がこれらの草種に良く効かないことが主な原因である。

簡単のため生活環が短いと書いたが、これは、種子生産が終われば速やかに枯死することを必ずしも意味しない。耕地内で首尾よく種子を生産して次代を残すためには種子生産

は早いに越したことはないが、次の攪乱によって枯死しないかぎり種子を生産し続ける草種もある。コハコベの生活史はそのようなものである(三浦 2007)。大豆などの普通畑作で問題になる雑草には顕著な短日性を示すものが多い。例えば一般的なシロザは短日性のため、いつ出芽した個体であっても1年間のある一定の時期に一斉に開花・結実する傾向がある。このため、播種後まもなく出芽した個体が生き残れば大豆の収穫期頃に、大きく生育した個体が多数の種子を散布する一方で、生育途中で出芽した個体は小さいまま開花し、結実する。顕著な短日性は頻繁な攪乱に不利にも思えるが、出芽が遅れた場合でも多少とも子孫を残すことができるので、寒冷地での寒さや、収穫や秋耕など晩秋の管理作業を逃れるのには有利な特性と考えられる。

種子は脱粒しやすい

脱粒性は作物との比較において雑草の際立つ特性で(ハーラン 1984)、雑草イネはその典型である(写真1)。多くの穀実が収穫する前に脱粒してしまえば、歩留まりが悪くて作物生産が成り立たない。このため、種子を収穫する作物では、おそらくほとんど意図することもなく、収穫適期まで脱粒しないように品種改良が進められた。それとは逆に、雑草としてその場所で生きていくためには収穫され、外に持ちだされては都合が悪い。そこで、種子は十分またはある程度成熟すれば親子体から自然に脱落するのが普通である。雑草イネはこの脱粒性と、おそらく栽培イネと比較して相対的に深い休眠性によって圃場内で個体群を維持し続ける。自家採種や採種圃であれば作物と一緒に収穫され、次作で播種されることで次代につなぐことがありうるが(ハーラン 1984)、日本の重要な雑草のなかで、そ



写真1 水稻の収穫前に採取された赤米雑草イネの穂。軽く触るだけで脱粒する

のような生活史をもつ草種を私は今のところ知らない。

多産だが、1つ1つの種子は小さい

子実を大きくする方向に育成された作物と比べると、雑草は1個体が生産する種子数が多く、その分、1つ1つは小さい傾向がある。例えば耕地雑草のタデ類の種子は雑草としては大きな方だが、同じタデ科のソバの種子よりはずっと小さい。小さな種子を多く生産する特性は、攪乱による死亡率の高さを数で補っている面がある。種子の大きさはしばしば休眠性の深さとも関係し、小さい種子の休眠性はより深い傾向があるようで、埋土種子集団の形成にも関係する(次項参照)。

小さい種子の初期生育は緩慢で、種子の大きな他の個体との競争では不利だが、耕地雑草は裸地、つまり競争相手がだれもいない時に一斉に発生が始まるので、競争を強める方向には強い選択圧がかかっていない。防除上は、このような緩慢な初期生育が作物との選

択性を確保するポイントになりうる。選択性については次稿で解説する。

種子は休眠性を持ち、埋土種子集団をつくる

耕地に生育する一年生雑草の種子は多少とも休眠性を持っていて、散布後すぐには発芽せず、また、寿命も比較的長いので、土壌に大きな埋土種子集団をつくりやすい。私たちはとかく地上部だけに目を向けがちだが、それは氷山の一角であり、耕地雑草の個体群は地上部に現れた個体と隠れた膨大な埋土種子集団から構成されている。

埋土種子集団を持っていると、耕起などの徹底的な攪乱が加えられて地上に現れた植物体が全滅しても、種子として個体群を存続させることができる。耕地雑草の多くが埋土種子集団を形成する最も大きな理由はそこにある。防除の立場から考えれば、地上部を防除できたとしても、個体群全体を防除したことはならないことを意味する。

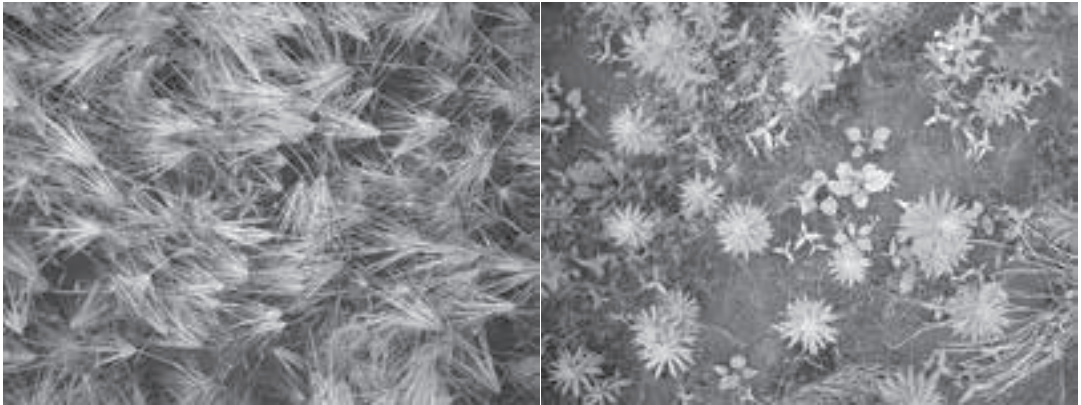


写真2 収穫期（福島県，6月下旬）に，群落直上から撮影した大麦圃場（左）と休閑圃場（右）
休閑は1年だけだが，ヒメムカシヨモギ，ヒメジョオン，セイヨウタンポポなど風散布型のキク科雑草が目立つ．大麦圃場では雑草はほとんど見られない

風散布型の種子をつくる雑草がある

埋土種子集団を持たずに植物体を生育・繁殖させて同じ場所に個体群を維持する手段として，風散布型の種子などによる他所から持続的な移入がある．ヒメムカシヨモギやセイヨウタンポポなど，瘦果に大きな綿毛をつける雑草はそれにあたる．これらの種子には休眠性がないか，あっても浅く，圃場の土壌の中を調べてみても種子は見つからないことが多い．にもかかわらず，しばしば雑草として農耕地に繁茂する．これらの草種は，埋土種子集団を持つことで個体群全滅に備えるかわりに，高い種子散布能力を持つことで，他の生育地から，作物の植え付けのためにきれいに整地された農耕地にいち早く飛び込むことで個体群を維持している（三浦 2007）．ただ，風散布型の雑草は，攪乱と同時に埋土種子から発生が始まるものに比べれば攪乱との同調性が十分でないためか，不耕起栽培や管理が行き届かず，攪乱強度の低い圃場で優占しやすく（写真2），生活環はやや長い傾向がある．多年生の薬用植物栽培圃場では，風散布型の雑草が侵入しやすいかもしれない．

種子の発芽は光や変温で促進される

通常，最も徹底的な土壌攪乱は作物の栽培前の耕起・整地であり，多くの雑草はこうした耕起をきっかけとして一斉に出芽する傾向がある．これは，雑草種子の持つ光発芽性（光が発芽を促進する特性；Wesson & Wareing 1967）や変温に対する反応性（変温幅が大きいと発芽が促進される；Thompson & Grime 1983）によるところが大きいと考えられている．土中深くに埋土されていた種子が耕起によって掘り返されて一瞬でも強い光をあびたり，土壌の表層やごく浅い層など変温幅がより大きく，発芽後に出芽可能な場所に移動すると，一斉に発芽が始まる．このため，雑草は植被が全くない状態で，作物と同時に生育を始めることになる．

だらだらと発生を続ける

耕地雑草の発生時期は比較的長期に及ぶことが多い．一斉に出芽する傾向がある，と書いた前項と矛盾すると思われるかもしれないが，必ずしもそうではない．条に植える作物では中耕培土などの中間管理が行われるたび

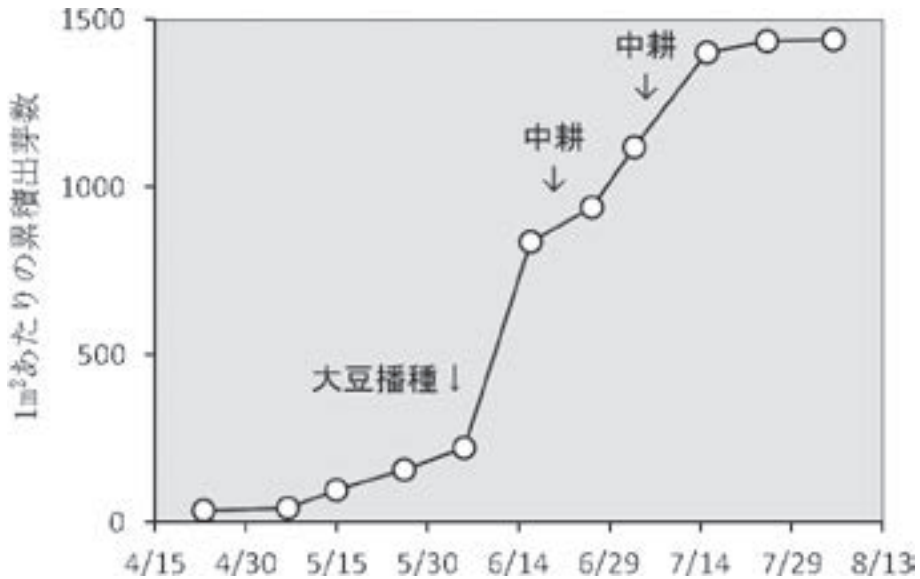


図1 大豆圃場におけるシロザの出芽消長 (福島県). 播種時の大きなピークの後にも, 中耕のたびに小さなピークが見られる. 結局, 出芽は春から夏まで続いた (Kobayashi *et al.* (2004) の図表を改変)

に発生ピークが見られる (図1). 一度完全に防除できたとしても, 次から次へと発生すると, 何度も防除を繰り返す必要があるため, 防除する側からみれば厄介な特性である. だらだら発生を続ける理由としては発芽可能条件の広さや休眠性をばらつかせる遺伝的な制御機構, あるいは休眠性の集団内多型などが想定されるが, 草種によって事情が異なるかもしれない. 関連して, 土壌中の雑草種子にはしばしば休眠性に季節変動が見られ, 例えば夏雑草の場合には出芽盛期の春から初夏にかけて休眠が覚醒する一方, 秋には再び休眠が深くなる (二次休眠). 春と秋では温度条件が似通っているため, 休眠性に季節変動がなければ, 種子以外では越冬できない夏雑草が秋に発生して無駄死してしまう. このような無駄死の回避のための機構と考えられている. だらだらとした発生は, 休眠性の季節変動によって秋には収束するのが普通である.

雑草害 生育抑制

雑草害は作物の収量や品質の低下など様々な場面で生じ, 原因も様々である. 除草は雑草害を除くために行われるものだが, そもそも多くの栽培管理は除草を兼ねて行われる面がある. 例えば, 播種前の耕起・整地は作物の出芽や活着を安定させるための作業だが, 同時に, 雑草をほぼ完全に除去する効果もある. 播種前から生育している雑草を取り残すと, 生育が進んでいる分, より大きな雑草害の原因になる. つまり, 播種前の耕起・整地は雑草防除の基本技術でもある. また, 培土作業は不定根の発根を促して養水分吸収能を高め, また, 倒伏を軽減させるが, 株際に発生した雑草を埋没し, 枯死させる効果も大きい. 有機物の分解を促進し, 翌年の作付に備える秋耕にも, 越年する雑草を防除する効果がある.



写真3 播種後55日目に群落上(左)と地表面(右)から撮影した大豆圃場(福島県, 8月初旬)
大豆の草冠はほぼ閉じ, 群落内は薄暗い



写真4 草冠を突き抜けて這い回り, 大豆群落を押しつぶす帰化アサガオ類
(茨城県 8月下旬)

光競合

さて, 雑草害として最も重要なのは光や養水分をめぐる競合によって生じる生育抑制である。光競合は認知されやすく, 雑草害の解析例も多い。主要な畑雑草は, 作物群落内の照度が群落外の10%を下回ると生育が著しく抑制される(野口 1986)。良好に生育した大

豆の群落では開花期以降に草冠がしっかり閉じて照度が著しく低下するので(写真3), そこまで雑草を押しさえられれば雑草防除は成功とみなされる。しかし, 草冠を突き抜けて生長した雑草は, いずれ大豆を覆って大豆の生育を強く抑制する。このような光競合の観点から, 条と条の間隔と大豆の草高が等しくなっ

た時期までが、除草が必要な時期の目安とされている (Kurokawa *et al.* 2015). 近年畑作物栽培で猛威を奮っているアサガオ類などのつる性の外来雑草は、作物の茎を這い登って群落の草冠を突き抜け、その後草冠の上を這い回るので雑草害が大きくなりやすい (写真4).

養水分競合

一方、養水分の量は分析しなければわからず、また、雑草と作物の反応も、養水分量を反映して雑草の生育が変わり、光競合の様相にも変化が生じるなど要因が交絡するので案外解析が難しい。例えば、作条に沿った施肥は全面に施肥するよりも肥料の利用効率が高いが、株際に発生した雑草の生育も旺盛になるので雑草害が大きく、除草作業も難しくなる (写真5)。雑草の発生密度が高ければ、このような施肥法はかえって雑草害を大きくするかもしれない。土壌の深い層に施肥する深層施肥は、施肥効果を高め、作物の生育後半

にも肥効発現させたり、マメ科作物で根粒の着生を促したりするための技術だが、出芽位置がより浅い雑草の生育を抑制する効果も大きい。

収穫目的とする成分の収量や含有率は、養分競合によって大きな影響を受ける可能性があるが、現時点で雑草防除研究の主要な対象となっている土地利用型作物では重要視されないこともあって、研究例は少ない。薬用植物栽培で品目毎に薬効成分が異なるとすれば、雑草害の解析は、品目ごとに初めからやり直さなければいけない可能性が高い。

収穫物の汚染

収穫物への雑草種子の混入、枯れずに残った雑草の茎葉や果実による収穫物の汚染は品質の低下をもたらす。場合によっては収穫物の廃棄をせざるを得ない状況にも至る重要な雑草害である。例えば、水稻玄米の場合、農産物検査法 (昭和26年法律第144号) に基

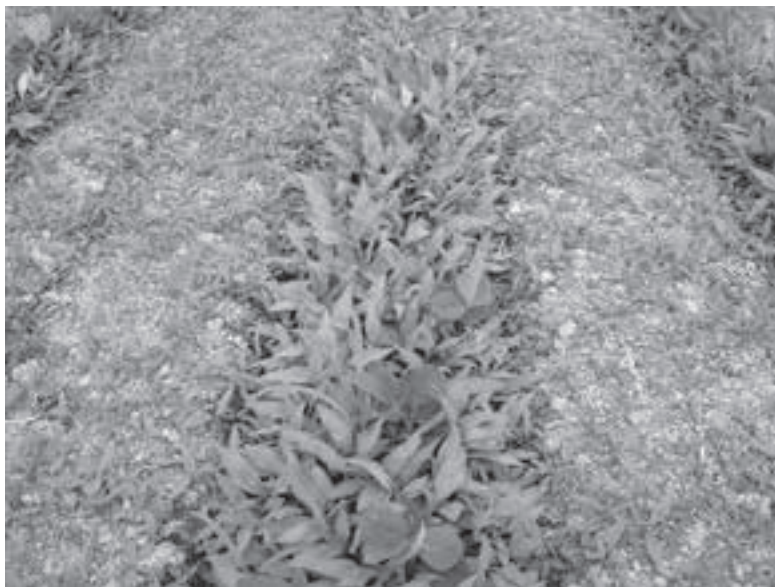


写真5 播種時に条に沿って化成肥料を表面施用した大豆畑。旺盛に生育したハルタデに大豆が埋もれてしまっている



写真6 大豆成熟期のオオイヌホオズキの果実（福島県 10月中旬）。大豆は茎にやや緑を残している以外はほぼ枯れ上がり、落葉したが、オオイヌホオズキは茎葉もまだ青々としている。収穫時に果実が潰れば、大豆の表面は青黒い果汁で汚染される

づく農産物規格規程（昭和26年4月19日農林省告示第133号）において、着色粒（赤米雑草イネなど）は0.7%、もみ、麦以外の異種穀粒は1.0%、異物は0.6%以上混入するものはいずれも規格外と定められている。もちろん、出荷前にそれらを取り除く調製作業が行われるが、コストがかかるし、全てを除けるわけでもない。また、大豆子実にはオオイヌホオズキ類などの漿果が混入するとロット全体が果汁で着色され、商品価値を失う（写真6）。こうした収穫時に生じる汚粒の問題は発生が遅いか、生育期間が長い雑草個体で生じやすく、競合による生育抑制とは直接の関係がない。

翌年以降の雑草害

ここまで解説した雑草害は、いずれも当年の収量や品質の低下に焦点をあてたものである。しかし、農業生産は同じ場所で継続的に行われるものであり、当年は差し当たっての

害がなくても、翌年以降に雑草の発生がさらに増えてしまつては都合が悪く、せめて毎年同じくらいの発生量に抑えたい。そこで検討されるのが埋土種子集団である。上述のように耕地雑草の多くは1年草で、耕作が終われば、地上ではいったん姿を消すが、埋土種子集団によって個体群は維持される。農耕地では埋土種子集団が大きいほど、翌年の発生個体数は多い傾向がある。これは自明のことのようにも思えるが、農耕地以外ではそのような関係が認められないことの方が多い（シルバートウン1992）。つまり、耕地に限っては、作付前の埋土種子数は発生個体数の良い指標になる。農業生産の持続性を担保するという意味では、雑草防除の目的を翌年以降の雑草発生量を増やさないことにも設定でき、それは埋土種子数を増やさないこと、と言い換えることができる。実は、当季を減収させないことと、翌年以降の雑草発生量を増やさない



写真7 畑圃場の土壌の中から取り出した雑草種子。植物の茎葉残さや甲虫類の遺体の一部にまざって、メヒシバやイヌビエ、タデ類の種子が見られる

(≒埋土種子数を増やさない) こととは、後者の方がずっと難しいことが多い(例えば、橘ら(2013)の飼料イネ栽培におけるタイヌビエの例)。ところで、埋土種子は土壌から水で洗い出したり、比重の高い塩類溶液で浮かせてすくい取ったりすることで容易に取り出すことができるが(小林・渡邊2010;写真7)、取り出したあとのルーペや実体顕微鏡での観察に手間がかかるためなかなか普及が進まない。

「上農は、草を見ずして草を取る」ということわざがある。学生の頃、優れた農業者は日頃からいいいな除草を心がけ、実害の有無に関わらず圃場をきれいに保つものだと教わった。雑草の研究に携わる者なら誰でも知っている言葉である。しかし、最近の研究で、このことわざは雑草の芽がまだ土中にあるうちに除草するのがよいとする除草のタイミングに関わる「コツ」を伝授する中国古農書中

の文章に由来していることがわかった(三浦2015)。除草剤や除草機をはじめとして、除草のための要素技術はそれなりに開発されてきてはいる。しかし、これらの技術は雑草の特性の理解の上にならって、適切に使用されて初めて活かされるものである。急激な経営規模拡大や農業者の高齢化にともなって、こうした当たり前のことが難しくなっていることが、最近の農業生産現場の問題の一つであるようにも思える。薬用植物では未だに要素技術が不足しているのが現状かもしれない。そうであればこそ、これから行われる技術開発は雑草の特性にもとづいて合理的に進められたら良いと思うし、実圃場での除草作業にも同じことが言える。

引用文献

Baker H.G. 1974. Evolution of weeds. Annual Review of Ecology and Systematics 5, 1-24.

ハーラン J.R. 1984. 作物の進化と農業・食糧 (熊田 恭一・前田 英三 訳), 学会出版センター, pp.117-129.

三浦 励一 2007. 雑草の生活史戦略をどうみるか - 一年生雑草を例に . 種生物学会 (編), 農業と雑草の生態学, p.257-295, 文一総合出版 .

三浦 励一 2015. 「上農は草を見ずして草をとる」ということわざのもとになった中国古農書の記述 . 雑草研究 60, 50-53.

小林 浩幸・渡邊 寛明 2010. 雑草研究における埋土種子調査の目的と手法 . 雑草研究 55, 194-207.

Kobayashi H., Miura S. and Oyanagi A. 2004. Effects of winter barley as a cover crop on the weed vegetation in a no-tillage soybean. Weed Biology and Management 4, 195-205.

Kurokawa S., Hajika M. and Shibuya T. 2015. Canopy height to row spacing ratio as a simple and practical onsite index to determine the time for terminating *Ipomoea coccinea* control in the Japanese soybean - growing systems. Weed Biology and Management 15, 113-121.

野口 勝可 1986. 畑作物と雑草の光競合に関する生態学的研究 . 雑草研究 31, 96-101.

シルバータウン J.W. 1992. 植物の個体群生態学第2版 (河野 昭一ら 訳), 東海大学出版会, pp.24-29.

橘 雅明・中山 壮一・河本 英憲・押部 明德・渡邊 寛明 2013. 北東北地域の飼料イネ栽培におけるタイヌビエの許容残草量 . 雑草研究 58, 177-182.

Thompson K. and Grime J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. Journal of applied Ecology 20, 141-156.

Wesson G. and Wareing P. F. 1967. Light requirements of buried seeds. Nature 213, 600-601.

● 小林 浩幸 (こばやし・ひろゆき) ●

1965年 新潟市生まれ
 1990年 京都大学大学院農学研究科修士課程修了
 1990年 農林水産省入省 農蚕園芸局
 1998年 農林水産省東北農業試験場 (現農研機構東北農業研究センター)
 2005年 京都大学博士 (農学)
 2014年 農研機構中央農業総合研究センター (現中央農業研究センター)

岩崎灌園の著作に関連する資料について — 牧野富太郎の植物画コレクションより —

The works related to Kan-en Iwasaki
in Tomitaro Makino's collection of plant drawings

田 中 純 子

練馬区立牧野記念庭園記念館
〒178-0063 東京都練馬区東大泉6-34-4

Junko Tanaka
Makino Memorial Garden & Museum
Higashioizumi 6-34-4, Nerima-ku, Tokyo 178-0063 Japan

2016年11月3日受付

はじめに

前号では、「牧野富太郎と植物画」と題して、前半は、植物学者牧野富太郎（1862–1957）の業績について述べ、後半は、筆者が勤務する練馬区立牧野記念庭園記念館（以下、記念館）のリニューアルオープン以来開催してきた企画展を振り返り、牧野が描いた植物図が、近年愛好者の増えているボタニカルアートの発展に及ぼした影響を考察した。その後半で紹介した関根雲停（1803–1877）や服部雪斎（1807–没年不詳）の植物画は、牧野が長年収集し研究に役立てた植物画コレクションの重要な部分を占めるもので、現在、高知県立牧野植物園や記念館に保管されている。こうした牧野のコレクションより、本号では、記念館が保管する岩崎灌園（1786–1842）の著作に関連する資料を話題としたい。

岩崎灌園の『本草図譜』及び『本草図説』

牧野は、前号で言及したように、1916（大

正5）年に『植物研究雑誌』を創刊し論考を発表していく。そのなかには、自分より先行のあるいはほぼ同時代の、植物研究をなした人物の顕彰を目的として、著書の再録あるいは写真や植物図を掲載したものが含まれる。例えば、日本最初の植物図鑑と評される『草木図説』の著者飯沼慾齋（1783–1865）が描いた植物図、尾張本草の中心人物で西洋の植物学を日本に導入したことで知られる伊藤圭介（1803–1901）の論考などを取り上げた。牧野が同雑誌（6–5、1929年）の口絵に、「くまたけらん（しょうが科）本草図譜ノ著者岩崎灌園写生（彩色画）」というタイトルで、クマタケランの図を掲載した（図1）のも、そうした一例と見なしうるものであろう。その絵の傍らに載せた牧野の解説には、この「着色写生図」は灌園の自筆で、その代表作『本草図譜』に収載されるクマタケランの図のもとである、と書かれる。この図と『本草図譜』の該当する図（図2）とを比較すると、茎の数や花・葉の付き方などについ

てほぼ同じ構図であることが分かる。

『本草図譜』は、飯沼慾斎の『草木図説』と並ぶ江戸後期を代表する植物図譜である。植物の図と説明文からなり、全92巻、収録した植物は2920品。最初の4巻が刊本で（次の2巻も木版が用意された）、残りは原本を模写手彩して配布した。1830（天保元）年に刊行され、灌園没後の1844（弘化元）年まで配布が続けられた。¹⁾ところで、この図譜には、『本草図説』という紛らわしいタイトルではあるが、もととなる稿本が存在する。『本草図説』は、大部分が植物を対象とした図からなるが、鉱石・昆虫・貝なども含まれる。全60巻76冊、目録を伴う（このうち7冊欠）。植物名や産地名が図に添えられるが、説明はない。1810（文化7）年の自序、1807（文化4）年の凡例などがある。目録に挟み込まれた文書より、若年寄堀田正敦（1755-1832）に提出を命じられ幕閣が回覧したものであることが分かる。²⁾現在東京国立博物館（以下、東博）が所蔵する。

『本草図譜』に収録される図は、『本草図説』と同じような図が多いが、前者は文章を載せるための余白を必要としかつ紙数を減らす目的から、葉や根などにおいて配置の変更や省略がなされたものがある。また、『本草図譜』にのみある図や、『本草図説』にだけあって『本草図譜』では採録しなかった図もある。『本草図説』は、牧野が先のクマタケランの解説で指摘したように灌園の自筆で、複数の人によって制作された『本草図譜』と異なり、灌園の植物を描く特徴を知ることができる点からも貴重なものである。

『本草図説』では、灌園の書齋号「又玄堂」^{ゆうげんどう}と版心に刷られた用箋が主に使われる。ところが、牧野が『植物研究雑誌』に掲載したクマタケランの図（図1）は、『本草図説』のク

マタケランの図（図3）と比べると、口絵の枠の左端に「じんほ漫圃架蔵」という4文字が見られ「又玄堂」ではないのである。それら4文字は、半分になっているため判読困難であるが、実は記念館に保管される資料のなかに、これと同じ枠線をもち版心の上部に○、下部に同じ4文字のある用箋が含まれていたのので、文字を判読することができたのである。では、「漫圃」とは誰のことを指すのか。

阿部喜任と「漫圃図集」

さて、江戸後期に活躍した本草家阿部喜任^{よしとう}（1805-1870）という人物がいる。³⁾灌園、薩摩藩主島津重豪^{しげひで}に仕えた曾占春^{そうせんしゅん}（1758-1834）らの門下に入り、本草学の研究に熱心であった。その著書は、灌園の『草木育種』（1818年）の続編として刊行した『草木育種後編』（1837年）がよく知られ、国立国会図書館や東博などに写本が多数残る。文久年間（1861-63）には現在の小笠原諸島における開拓事業に参加した。曾祖父は、享保年間（1716-36）幕府の命で各地に派遣された採葉使として知られる阿部照任。現存する資料中には、「漫圃」の署名や「漫圃架蔵」印が見られ、「漫圃 阿部喜任」の署名をもつ資料もあることから、「漫圃架蔵」用箋の主は喜任であることが分かる。⁴⁾

『植物学雑誌』所載のクマタケランの図は、残念ながら記念館保管の資料中に見当たらないのであるが、記念館にある「漫圃架蔵」用箋に描かれた植物図（以下、「漫圃図集」と呼ぶ）に関して概要を述べる。これらの用箋の現状は一枚ずつばらの状態で、もとは綴じられていたかどうか不明。全部で約50点の植物が描かれ、半丁の枠内に1種の図もあれば、2枚の用箋を使って見開きになるように1種の植物を描いた図もある。そのため2面に分



図1 クマタケラン：『植物研究雑誌』（練馬区立牧野記念庭園記念館蔵）



図2 クマタケラン：『本草図譜』（国立国会図書館蔵）



図3 クマタケラン：『本草図説』（東京国立博物館蔵）



図4 ヌスピトハギ：『漫圃図集』（個人蔵）



図5 イチヨウバ：『本草図説』（東京国立博物館蔵）



図6 ハマイチョウ：『漫圃図集』（個人蔵）



図7 カンツワブキ：『本草図説』（東京国立博物館蔵）



図8 カンツワブキ：『漫圃図集』（個人蔵）



図9 純耳草：『漫圃図集』（個人蔵）

かれた図を枠線に沿って切りそこを貼り合わせたもの(図4)がある。他方、一枚の用箋を半丁に切り分けたものもあり、正確な丁数は分かりにくいがおおよそ30丁分ある。絵は、1点を除き着色図である。文字情報については、すべてに書き込みがあるわけではないが、植物の漢名及び和名や産地名が記される。制作年を示す手がかりはない。

以上が概要であるが、次に、「漫圃図集」の個々の図を、クマタケランの図と同様に、『本草図説』の図と比較を試みる。植物名や産地名が記入されている図について、それらを手掛かりに東博のデジタル画像(東京国立博物館所蔵博物図WEBデータベース)で『本草図説』を検索したところ、ほぼ同様なものと判断できる図が見つかった。ほぼ同様と言っても、微妙な差異がある。まずは先述のクマタケランを例として『本草図説』の図と「漫圃図集」の図とを比較してみよう。前者(図3)と後者(図1)は、どちらも2本の茎を描き、1本は左右に葉を広げて花を咲かせ、もう1本は先端がぐると巻いた芽を示している。一見すると同じ図であるが、葉の付き具合について、『本草図説』に描かれる一番下の葉2枚が、「漫圃図集」には描かれていない。次に、『本草図説』のイチョウバ(図5)と「漫圃図集」のハマイチョウ(図6)を見ると、後者は前者より個体数が少ないことに気が付く。また、カンツワブキの図では、『本草図説』(図7)では黄色い花が咲いているが、「漫圃図集」(図8)では花がなく、葉の描き方もおおまかで雑な感じである。「漫圃図集」の図は、『本草図説』とほぼ同じ図と言えるが、細かく見ると花や葉などを描いていない部分があったり、蕾や実などの描き方がおおまかであったりして、「漫圃図集」の図は『本草図説』を写したものと判断される。

「漫圃図集」は、写本も多く伝わり明治以降に復刻された『本草図譜』と異なりあまりその存在を知られていない『本草図説』を模写したと考えられるところが興味深い。さらに以下の2点でも注目に値する。1点目は、「狍耳草」の図(図9)に、「博物局員藤野寄命が後とから書き入れしもの、他も全じ、藤野の筆跡也」⁵⁾という書き込みがあることである。この書き手は、牧野である。「漫圃図集」に書き込まれた文字は、牧野の言うところの藤野によるものを含めて、複数の人による書き込みが見られる。書き込まれた場所も、枠内の他に、クマタケランの図のように貼り付けた紙片や枠外が指摘できる。また、墨のみならず、数点であるがえんぴつ書きもある。えんぴつで書かれた文字は、『本草図説』に載る植物名と照らし合わせて、植物名の記入がない場合や記された植物名を訂正する場合に書き込んだように見受けられる。牧野の可能性もあろう。また、万年筆による「牧野云」ではじまる括弧書きも、カンツワブキ(図8)など2図に見られる。いずれにしても、牧野の所蔵となる前に藤野がこの資料を調査していたことになる。⁶⁾

2点目は、注3)に挙げた平野の論考で紹介された「類集写真 卷之九」という題名の植物図譜である。この「類集写真 卷之九」について、平野は、「漫圃架蔵」と刷られた用箋を用いていること、ツゲマツの図に「喜任按……」という文が載ること(図10)、喜任が刊行した一枚刷『巴豆考』に収載の図と同一の「巴豆」の図があることから、喜任自筆の稿本と判断した。⁷⁾ならば、「漫圃架蔵」の用箋を使った「類集写真」は、どのようなものであるのか。次に述べたい。

「類集写真」について

シーボルト旧蔵であったこの図譜は、現在ロシア科学アカデミーコマンフ植物研究所図書館が所蔵し、2008年に刊行された大場秀章監修『シーボルト日本植物図譜コレクション』（小学館）付属のDVDに収録される。⁸⁾ DVDを確認したところ、「類集写真 巻之九」と書かれた紙片と、「漫圃架蔵」の用箋がいっしょに撮影された画像（図11）が見出された。原本は未見であるが、題名を記した紙片がこの用箋におそらく貼られていたのではないかと思われる。用箋の表に「草部二十三丁」と墨書があり、裏にはキケマン属の植物を描いた紙片や断片的な植物図が貼り付けてある。そして、これ以外に「漫圃架蔵」の用箋に描かれた植物図が多数あることが判明した（以下、「類集写真」と呼ぶ）。つまり、「類集写真」は「漫圃図集」と同じ用箋を使った、生き別れの資料であると考えられた。

「類集写真」も、「漫圃図集」と同様に一枚ずつばらで綴じられていない。丁数はおおよそ38丁で、68点の植物（監修の大場氏によって不明とされた植物や同種を含む）が描かれる。そして「漫圃図集」でも見られたように、半丁に切られたものや、1種の植物を分けて描いた2枚の用箋を貼り合わせた図もある。また、「漫圃架蔵」の文字がない、○と枠のみの用箋に描かれた図も数点見られる。植物名・産地名などの簡単な書き込みがあり、枠外に書いたものもある。画像のため定かではないが、植物名を記した紙片を貼り付けたものもある。筆跡は複数と見られる。平野は、『本草図説』との関連を指摘していないが、植物名などの文字情報がある図については、それらを手掛かりにして、「漫圃図集」と同様に先の東博のデータベースを検索するとほぼ同一の図が見つかった。しかしながら、葉付

の茎や枝を描いた図では、『本草図説』の該当の図に葉を付け加えたり配置を変更したりしているものが目立つ。一例として、『本草図説』に載る蝦夷産トウナの図（図12）と「類集写真」の該当図（図13）とを見比べると、後者では葉の位置が変わり一枚の葉が下部に加えられていることが分かる。

また、平野が「類集写真」を喜任自筆の稿本と判断した根拠の一つとなった「巴豆」の図は、「巴豆 園中」と記された、生育した個体の写生図（図14）と、文字の記入のない、発芽から苗までの生育過程を示した図（図15）の2点である。どちらも『本草図説』には見出せない。これらの2図は、喜任が1829（文政12）年7月に板行した一枚の色刷りに収載される図と同じで、板行のための写生の可能性も考えられよう。板行に至る経緯は、その色刷りによれば、寛政年間に琉球より薩摩に齎された「巴豆」が初めて1827（文政10）年に花実をつけ、師曾占春に頼んで「巴豆」の実を得、自分の草木園に植えて繁茂したものを喜任が自ら写生し解説を付けて刊行したということである。⁹⁾ さらに、「薩州産 結実之図」と書かれた、植物名のない図（図16）は、「巴豆」の実を写生した図ではないかと思われる。これも『本草図説』にはない。実が5個付いた枝を示したこの図は、曾占春から得た実の数と一致するので、実を得た時に写生した図かもしれない。「巴豆」はハズの種子で、それから採った「巴豆油」は、凍傷用の軟膏や峻下剤の原料として利用される。¹⁰⁾

以上のように「漫圃架蔵」の用箋に描かれた植物図を『本草図説』と比較した結果、写しのもとである『本草図説』の画像において連番のものがあることに気が付いた。つまり「漫圃図集」と「類集写真」とを併せて、画像番号順にならべると『本草図説』の8・23



図10 ツゲマツ：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図11 表紙：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図12 トウナ：『本草図説』（東京国立博物館蔵）



図13 コウモリソウ・トウナ：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図14 巴豆：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図15 (巴豆)：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図16 結実之図：「類集写真」（国立国会図書館蔵）



図18 ハギク：『本草図譜』の写し（個人蔵）



図19 ハギク：『本草図譜』（東京国立博物館蔵）

上・26冊目の図を多く写していることが明らかになった。また、書き込みがない図も上記の冊を中心に調べていくと該当の画像が見つかり、結果として、「漫圃図集」は2点を除いてすべて『本草図説』の写しであり、「類集写真」では3分の2以上が写しで、残り約20点については該当する『本草図説』の図が見つからなかった。『本草図説』には現存しない冊も含まれるので、そのなかに該当の図がある可能性は否定できない。しかし、先に述べた「巴豆」の図はいずれも『本草図説』の写しではなく、喜任が写生した図であることから、喜任が自身で描いた植物図も含まれていたと考えられる。

平野が「巻之九」と題名にあることを受けて、少なくとも9巻はあったわけで、「他の巻の出現が期待される」と述べたことについて、ほんの一部であろうが牧野が旧蔵していたことが判明し「他の巻の出現」が現実となったのである。灌園の弟子であり熱心に本草学の勉強をしていた喜任は、灌園が著した『本草図説』に興味をもちそれを模写しようとしたことは十分にあり得ることである。そして、喜任は、ただ『本草図説』をそのまま順番通りに写すのではなく、同じ仲間のものをまとめようとしていた節がある。例えば、先に掲げたトウナはコウモリソウと同一の用紙に描かれる、つまりコウモリソウの次にトウナが来る順番である(図13)。『本草図説』では両者の間に他の植物を描いた3図が入る。喜任は、これらの3図も写しているが、その順番通りにはしていない。トウナとコウモリソウは、大場氏によりどちらもヨブスマソウと同定された。また、地槐菜と次に来るミカンソウの図を見ると、ミカンソウには『本草図説』にない「同一種」が付け加えられている。つまり、喜任は後者のミカンソウを地槐

菜の一種と見なしたのである。『本草図説』は、様々な植物を順に描きためて綴じた感があり、『本草図譜』のように一定の基準で分類されたわけではない。植物名についても喜任は、師の灌園の付した名称をそのまま写さず空欄にしたものや、植物名を変更したものがある。今後、どの図が写しではなく喜任自身が写生した図であるかを見きわめるためにも、また喜任が『本草図説』を写し図譜を作成しようとした目的を明確にするためにも、この資料の仲間のさらなる出現を期待したい。

冒頭で示したように牧野が『植物研究雑誌』に掲載したクマタケランの図を灌園の「自筆」と判断したのは、「漫圃」が誰であるかわからなかった、あるいは誰であるか意に介さなかったであろうこと、及び『本草図説』の存在は注6)で示したように囑託として博物館に勤務していたので知っており、その図と自分が所蔵するクマタケランの図がほぼ同一であると考えたことによるのではないであろうか。

『本草図譜』毒草部の写し

牧野は、『植物研究雑誌』にクマタケランの図を取り上げた他にも灌園の『本草図譜』に関していくつか小文を著している。その一つ「岩崎灌園著『本草図譜』ノ甘草二種」(同雑誌8-8 1933年)は、『本草図譜』に収載された福州種と南京種の甘草を示し牧野の解説を添えたものである。解説では、南京種の図について花の色や形状に誤りがあり、花の色は黄ではなく紫であることが指摘され、灌園の図の左端に訂正した図が加えられている(図17)。また、福州種と南京種の由来について、どちらも江戸時代に中国から渡来し官園で栽培されていたもので、1890(明治23)年ごろ小石川植物園にわずかに残っていたこ

と、それは根が長く横走して、おそらく図の右側に描かれた福州種であったろうことを牧野は回想している。

また、牧野は、後半生において過去の人物の顕彰のみならず、植物の有用性・利用・人間との関わりに着目した内容の論考も残している。前号で取り上げた「毒草と食用草の見分け方」(『趣味の植物誌』所収)は、毒草の種類やそのこわさを知らせる啓発的な内容であり、そうしたものの一つと捉えられるが、その終わりに、子供にもわかるような一般家庭向けの植物図説をつくるべきであり、そうしたものをつくる努力が学者にも必要であることを主張している。

さて、記念館には、何かを写したと思われる植物の着色図が現存している。植物名・地名などの文字情報は一切ない。一枚ずつばらで綴じられていないが、描き方に共通性があることからまとまったものと推測された。根を描いた図が目立つことや墨で縁を取らない描き方などを考慮して『本草図譜』の図と照合したところ、その模写であることが判明した。記念館保管のこれら着色図(図18)は、『本草図譜』の「毒草類」(巻21~24)だけを対象として写したもので、1点を除き「毒草類」のすべてが写されている。『本草図譜』に記載される説明文は写していない。枚数は101枚。興味深いことは、旗本馬場克昌(1785-1868)¹¹⁾が模写した『本草図譜』を写したという点である。というのは、東博所蔵のこの図譜には、「真写資生改出」という朱印が所々押されており、「資生」は克昌の号の一つであるからである。つまり、克昌は、『本草図譜』を模写するときに、灌園の図のいくつかを改めて自分の実見した図と入れ替え、その分には先の印を押して区別したのである(図19)。記念館保管の着色図には、灌園



図17 甘草2種：『植物研究雑誌』(練馬区立牧野記念庭園記念館蔵)

の図ではなく「真写資生改出」の図を写したものが含まれていることから、克昌の『本草図譜』を模写したと判断した。克昌によるこの写本の存在は、あまり知られていないものである。以下はまったくの推測であるが、牧野は先述のように博物館に嘱託として勤務したときに、克昌の代表作『遠西舶上画譜』を閲覧し書き込みを残した。それは、大正14年(1925)4月のことである。したがって、克昌の写した『本草図譜』も当然見たであろう。毒草の見分け方が大切であると痛感していた牧野は、毒草を図に示す必要性を感じて『本草図譜』に収録された毒草の図を活かすことを考え、『本草図譜』の図だけを写すよう誰かに依頼し自分が解説文を書き、近いうち毒草の図説を発売しようと意図したのではないだろうか。それが果たされずに、模写した着色図が残ったと見られる。

終わりに

以上、牧野富太郎が長年収集した植物画コレクションの中から、今までまったくといってよいほど顧みられることのなかった岩崎灌園の著作に関連した資料について紹介した。

『漫圃図集』は、「類集写真」と同じ資料であることが分かり、藤野や牧野が入手した、あ

るいは生き別れになった経緯などについて、辿ることが可能であれば今後取り組みたい課題となろう。また、先に推測したように『本草図譜』の「毒草類」を写したことが牧野の指示によるものであれば、記念館保管の植物図は、後半生に、食用を中心に有用な植物に関心をもっていただと思われる牧野の研究テーマ解明に一役買うことになるかもしれない資料である。

注及び参考文献

- 1) 磯野直秀：日本博物誌年表，平凡社，2012，pp.455-476.
- 2) 佐々木利和：東京国立博物館紀要，**21**，135-252（1986）.
- 3) 喜任の生涯と事績については，平野 満：参考書誌研究，**56**，1-61（2002）.
- 4) 磯野直秀：慶応義塾大学日吉紀要自然科学，**16**，40-63（1994）.
- 5) 藤野寄命（1848-1926）は，明治政府下文部省により教育啓蒙目的で展示研究機関として設置された博物局に出仕した人物で，植物を担当した．後年，牧野がその功績を惜しんで『植物研究雑誌』に度々取り上げたので，藤野がソメイヨシノの名付け親であることも，そうした記事から知られる．
- 6) 藤野は，1887（明治20）年に『本草図説』の調査を行い巻数の不足などを確認しその目次を作成した．というのは，内務省の草稿用箋に記された『本草図説』の目次が図説といっしょに東博に所蔵され，1丁目表の右下隅に「此目録ハ当時ノ職員藤野寄命氏ノ筆跡也，大正七年八月十日 牧野富太郎記」と書かれてあるからである．『本草図説』の目次作成と，「漫圃図集」への書き込みと関連があるのかどうかは，現時点でははっきりしないが，同図説の調査を行ったのとほぼ同時期に，飯沼慾斎の未刊行であった『草木図説木部』の調査及び訂正増補も担当していた．藤野によるこうした江戸時代の植物図譜の調査に関しては今後の課題としたい．ちなみに，牧野は，1907（明治40）年10月から東京帝室博物館（東博の前身）天産部（後に天産課）嘱託として，天産課が廃止される1925（大正14）年8月まで勤務していた．その間博物館所蔵の資料を閲覧し植物同定の任に就いていたことは，現在東博所蔵の資料に牧野の書き込みが見出せることから推測できる．
- 7) 平野：前掲書，p.9とp.56.
- 8) 「類集写真」が日本で初めて紹介されたのは，『Siebold's Florilegium of Japanese Plants シーボルト旧蔵日本植物図譜コレクション』（木村陽二郎・V. グルポフ監修 丸善 1993年），及び1995年開催の「シーボルト旧蔵日本植物図譜展」である．
- 9) 喜任が「巴豆」を刊行した1829（文政12）年という年は，制作年が不明である「漫圃図集」及び「類集写真」の年代を考察する上で手掛かりとなる．すなわち，1827（文政10）年に初めて実をつけた「巴豆」を，喜任が蒔いたのが翌年と考えられ，写生もその年になされたであろうからである．また，シーボルトがこの資料を入手した経緯も分からないが，これらの年代から1回目の来日（1823-1828年）のときではないと推測される．
- 10) 北村四郎他著：本草図譜総合解説第1巻，同朋舎，1986年，p.1934.
- 11) 江戸後期には，本草学が発展し博物学的な関心が高まったなかで，多様な動植物図譜が制作された．担い手は大名家や旗本であり，克昌もそうした一人．『群英類聚譜』や『遠西舶上画譜』が代表作．富山藩主前田利保（1800-1859）を中心とした本草研究会「赭鞭会」のメンバーであった．

●田中 純子（たなか・じゅんこ）●

1989年 上智大学大学院文学研究科史学専攻
修士課程修了
私立白百合学園高等学校
1993年 東京国立博物館資料館
2010年 練馬区立牧野記念庭園記念館

薬用植物栽培研究会 45周年に今後のアイデアを募る

薬用植物栽培研究会 会長 御影 雅 幸

同上 事務局長 草野 源次郎

来年（平成29年，2017年）は，薬用植物栽培研究会（以下本会と略記）の発足年から数えて45周年に当たります．発足時の名称は，「日本センブリ研究会」でした．薬用植物園等で，薬用植物の栽培法などを試験研究していた日本生薬学会会員の一部分の人達が，交流・情報交換や，日々直面する諸課題を解決することを狙って結成しました．その後，会の名称が「薬用植物栽培研究会」に変更され，今に至っています．

今日，薬用植物栽培を取り囲む環境は，農水省の参入等で活性化され，多くの人達が薬用植物の国内栽培に関心を抱くようになりました．試験栽培が盛んに行われ，実用栽培も部分的に行われるようになりました．このような時期に，本会は45周年を迎え，その記念事業を行うことを計画しています．

医薬品等の原料になる薬用植物（生薬）の多くは，昔から中国などの外国から輸入してきました．医薬品が製剤化されるようになり，一時に大量のばらつきの少ない生薬が使われるようになり，輸入品への依存が進みました．気が付いてみると，生薬の自給率は12%に落ち込んでいました．歴史の時々，生薬の国内生産が叫ばれ，産地が育ち，生産技術の蓄積などがありました，現在ではそれらの多くが衰退し，輸入品への依存から抜け出せずにいます．そのような中，国内生産の復興の動きが起っています．各生薬に特有の事情があり，それぞれに工夫され復興していくことになるように思います．また，新たな試みもなされていくことでしょう．

そのような状況下で，本会は何を目指すのがいいか，会員各位のアイデアを募ります．会長の御影と事務局長の草野は，①本会の機関紙「薬用植物研究」を充実し，原報を増やし，それを元に，薬用植物栽培研究を専攻する研究者（博士）が育つよう応援をする．②土壌改良，種苗選抜と育成，病虫害，除草，栽培法，収穫，修治，保管，製品開発等のテーマを取り上げ，講演会，シンポジウム，パネル討論会，研究報告会などを開催し，それらの総括を「薬用植物研究」に特集する．③各地で，実務経験者（薬学系大学等の薬用植物園や薬用植物栽培試験場等には，栽培研究に従事する実務経験者がいる）を講師とする研修会開催を支援する．④復興が急がれる薬用植物等についてのシンポジウムや栽培研究会などを開催する事を提案します．

会員のみなさまには，関心のある様々なテーマに取り組んでおられることでしょう．それぞれの立場から，今後本研究会を盛り上げるアイデアをお寄せください．

宛先 1 : mm204904@nodai.ac.jp ; 2 : genjirokusano@gmail.com

薬用植物栽培研究会 45 周年記念事業のお知らせ

■薬用植物栽培研究会 45 周年記念事業（案）

日 時：平成 29 年 7 月 15 日（土）9：00～12：00

会 場：甲州市塩山文化会館大ホール

事業案：1. 「薬用植物研究」45 周年記念号（39 巻 1 号）発行

2. 受付・式典・会長講演（9：00～10：00） パネル討論会（10：00～12：00）

主 催：薬用植物栽培研究会 45 周年記念実行委員会

後 援：甲州市，薬用植物栽培研究会

なお、「薬用植物研究」45 周年記念号は，記念式典の講演要旨集（会長講演要旨やパネル討論会のパネリストの報告要旨）を含むものとし，6 月末日までに会員に届けると共に，非会員の希望者には資料（一部 1000 円）として配布する。

また，開始時間に合わせて，塩山駅から甲州市民文化会館までの送迎用バスを用意する予定です。

■第 8 回甘草に関するシンポジウム

日 時：平成 29 年 7 月 15 日（土）13：00～17：00 と 16 日（日）9：00～12：00

会 場：甲州市市民文化会館大ホール，大会議室他

シンポジウム：1. 講演（口頭発表） 2. ポスター発表

1 日目：シンポジウム：1. 市民公開講演（2 題）

2. 一般講演（口頭発表：各 20 分及びポスター発表）

2 日目：甘草屋敷周辺で試験栽培中のウラル・スペインカンゾウの生育調査

主 催：甘草に関するシンポジウム実行委員会

後 援：甲州市，薬用植物栽培研究会

なお，市民公開講演 2 題以外の一般講演（口頭発表：各 20 分）とポスター発表は公募する。生育調査は，シンポジウム翌日午前中に，希望者が収穫作業に参加し，生育状態などを調査する。漢方薬・生薬製剤師研修シール配布予定。

口頭発表，ポスター発表，カンゾウ生育調査に参加を希望される方は，5 月連休明けまでに，第 8 回甘草に関するシンポジウム実行委員会（担当：明治薬科大学天然薬物学研究室 馬場正樹）（〒204-8588 東京都清瀬市野塩 2-522-1；Tel 042-495-8906；FAX 042-495-8904；Mail mbaba@my-pharm.ac.jp）にお問い合わせ下さい。

■合同懇親会

日 時：平成 29 年 7 月 15 日（土）18：00～20：00

会 場：甲州市ぶどうの丘

なお，シンポジウム会場から懇親会会場までの移動と懇親会会場から塩山駅までの移動（電車の時刻に合わせ）の送迎用バスを用意する予定です。

事務局からのお願い

「薬用植物研究」1999 年～2005 年号あるいはそれ以外にもご寄付いただけるものがありましたら，よろしく願い致します。

「薬用植物研究」発行につきまして、下記の企業から協賛ならびに賛助会員によるご支援を賜りました。厚くお礼申し上げます。

———— 協賛寄付 ————

新日本製薬株式会社
太 邦 株 式 会 社
帝 國 製 薬 株 式 会 社
株 式 会 社 ノ エ ビ ア
松 浦 薬 業 株 式 会 社
ロ ー ト 製 薬 株 式 会 社

———— 協賛広告 ————

株式会社ウチダ和漢薬
新日本製薬株式会社
株式会社スピルリナ研究所
株式会社栃本天海堂
———— 賛助会員 ————
株 式 会 社 ツ ム ラ

「薬用植物研究」では協賛・賛助会員を常時募集しています。
(アイウエオ順)

編 集 後 記

薬用植物研究38巻2号(2016年2号)2016年12月をお届けします。来年度は本会「薬用植物栽培研究会」発足45周年です。薬用植物の国内栽培に関する関心が広がっており、喜ばしく思われます。動き始めたプロジェクトや、実績を積み重ねた事業などが展開することを願っています。本誌は薬用植物の試験栽培に関する研究報告や、栽培技術の向上に寄与する解説等が増加しており、栽培レベルを確実に進歩させると実感しています。

本号でお知らせしております様に、甲州市塩山において、平成29年7月15日(土)午前に「本会45周年記念式典」、午後は「第8回甘草に関するシンポジウム」の開催を計画しました。翌16日には、参加者有志により、甘草屋敷周辺で試験栽培されているウラルカンゾウとスペインカンゾウを掘り起こし、生育状態などを調査することを予定しています。多くの会員が集い、薬用植物の国内栽培の向上策や本会の今後について、話し合いたいと考えています。皆様のご参加をお願い致します。

薬用植物研究 年2回(6月・12月)刊行予定
個人会員(年会費2,000円)、協賛・賛助会員(年会費10万円以上)
入会・原稿の投稿・その他のお問合せは下記研究会宛

薬用植物研究 38巻2号(2016年2号) 2016年12月20日発行

発行・編集責任者 草 野 源 次 郎

発 行 者 薬用植物栽培研究会
〒740-0602 山口県岩国市本郷町本郷275
新日本製薬株式会社 薬用植物研究所内
薬用植物栽培研究会事務局
TEL 0827-78-0025 FAX 0827-78-0026
E-mail: yakusou@shinnihonsei-yaku.co.jp
振替口座 00130-3-127755

印 刷 所 (有) 広瀬印刷
〒740-0724 山口県岩国市錦町広瀬2-4
TEL 0827-72-2600 FAX 0827-71-0003

本誌へ記載された画像・文章を無断で使用することは著作権法上での例外を除き禁じられています。必要な場合は、必ず薬用植物栽培研究会の承諾を得るようお願い致します。



クマタケラン：『植物研究雑誌』
(練馬区立牧野記念庭園記念館蔵)



クマタケラン：『本草図譜』（国立国会図書館蔵）



クマタケラン：『本草図説』
(東京国立博物館蔵)



ヌスビトハギ：『澁園図集』（個人蔵）



イチヨウバ：『本草図説』
(東京国立博物館蔵)



ハマイチョウ：『澁園図集』
(個人蔵)



カンツフキ：『本草図説』
(東京国立博物館蔵)



カンツフキ：『澁園図集』
(個人蔵)



鈍耳草：『澁園図集』（個人蔵）



ツゲマツ:「類集写真」(国立国会図書館蔵)



表紙:「類集写真」(国立国会図書館蔵)



トウナ:『本草図説』
(東京国立博物館蔵)



コムロソウ・トウナ:「類集写真」
(国立国会図書館蔵)



巴豆:「類集写真」(国立国会図書館蔵)



(巴豆):「類集写真」
(国立国会図書館蔵)



結実之図:「類集写真」
(国立国会図書館蔵)



ハギク:『本草図譜』の
写し(個人蔵)



ハギク:『本草図譜』
(東京国立博物館蔵)



ホソバオケラ(蒼朮)



Ep-13(東京農業大学)



Ep-13の穂花



Ep-13

E. likiangensis

E. sinica

穂果の比較