

博 物 学 考

— 小型野性蘭ネジバナの観察 —

梶 谷 正 光
田 代 勇 司

1. 生物学の“小さい実験”

科学をするには、高度の知識・学問が必要なのか、多額の研究費が必要なのか、高価の研究機器・設備が必要なのか。日常的な生活の中で科学することは不可能なのか。

故木原均博士（京都大学教授・国立遺伝学研究所所長・木原生物学研究所所長・日本学士院会員を歴任，文化勲賞受賞者）はこの点に関して以下のように述べている¹⁾。

「“小さい実験”は私が楽しみながらやっている研究の一つである。研究というと、実験材料を吟味したり、研究方法を正確にして、時として統計的な処理が必要になる。こうなると、単に楽しみだけでやって良い研究ができる筈がない。ところがこのような“小さい実験”をやっていると、専門的な研究で得られないような発見や、新しい領域が見出されることもしばしばである。

専門の実験では、新事実の発見とか新理論の確立が望まれるので窮屈である。“小さい実験”では、そんなに固苦しく考えなくてもよいし、また高価な器械や設備も要しない。また“小さい実験”では、古い研究題目でも、未だ誰も手を着けていないような新しいテーマでも、何の心配もしないで手を着けることができる。」

さて、アズキゾウムシやゴキブリの生態研究で世界的に著名な石井象二郎博士は1978年に京都大学を停年退職し、その後今日まで他大学や研究所などに腰

を落ちつけることは一度もしないで、自由人の境遇を楽しんでおられる。

ところが、第一線の研学生活から引退した筈の石井博士が、今、昆虫学会や講演会などでもてもてである。しかもそれは昔の業績ではなく、現在たった一人で進めている蟻やイラ蛾の新しい研究報告が面白いからである。

石井博士は蟻やイラ蛾といった極くありふれた対象物を、自宅の庭や近所の公園といった身近な“観察実験場”で、素朴な疑問から出発して、面白がり楽しみながら観察を続けて、画期的でユニークな業績を残している。これといった研究費も実験器具もない中で、時々近くの研究機関の手を借りながらである。

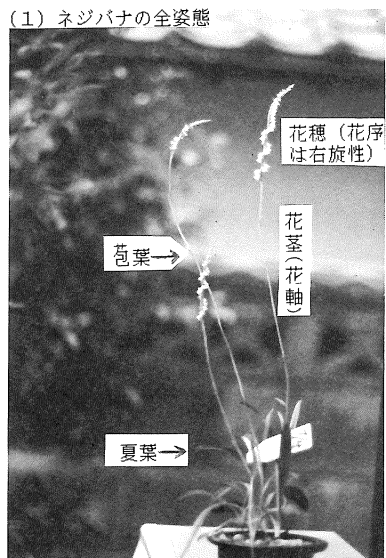
石井博士は述べている。「どんな学問でも、自然の現象を見て不思議だなあと思う心から出発する。だから、本を読んで勉強することも大事だが、もっと重要なのは、自然が語りかけてくるものを感じ取る“感受性(感性)”を養うことである。多くの知識を頭の中にぎっしりと収納することと、ユニークな発想で新生面を拓くこととは別である。」²⁾³⁾

2. ネジバナ (別名はモジズリあるいはヒダリマキ)

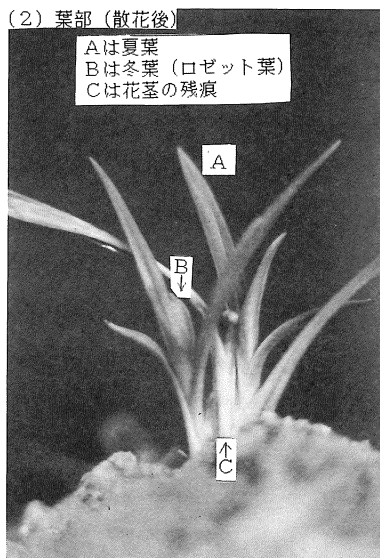
ネジバナは田の畔や原野や芝生に広く我国に自生する蘭科の多年草で、高さが15~30cmになる(図-1)。その葉は根から生え、3~4枚の細長い線状(夏葉;冬葉はロゼット状)を呈する。初夏、葉間から長い花茎を出し、多数の桃紅色の小花を綴り、花は横向きで下から順に咲き上がる。時々全く白いシロモジズリや緑の花弁のアオモジズリが混じって見つけられる。花穂も花茎も螺旋状に捩れ巻いているのでネジバナと呼ばれる。ヒダリマキの別名があるように、花穂の捩れ巻いているのが特徴だが、左巻きだけでなく右巻きのものや全く捩れない個体もある(図-5)。

初夏の日当りの良い草原や、川原近くの土手などに、つんつんと花穂を立てて多数の桃紅色の小花を綴る姿は、娘のかんざしにでもしたいような愛らしさである。この花の可憐さは夏の暑さを忘れさせる。もう20数年前になるが、当

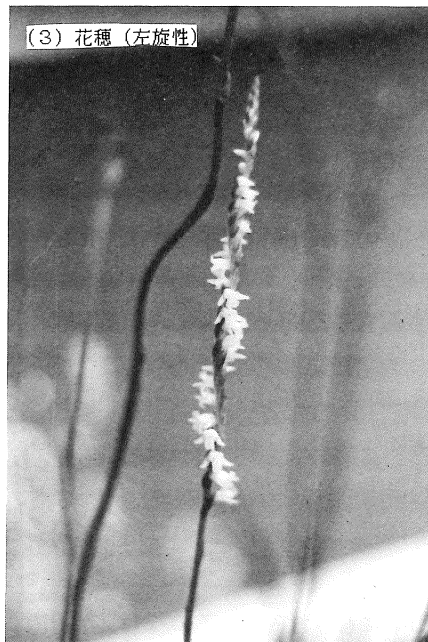
(1) ネジバナの全姿態



(2) 葉部 (散花後)



(3) 花穂 (左旋性)



(4) 花

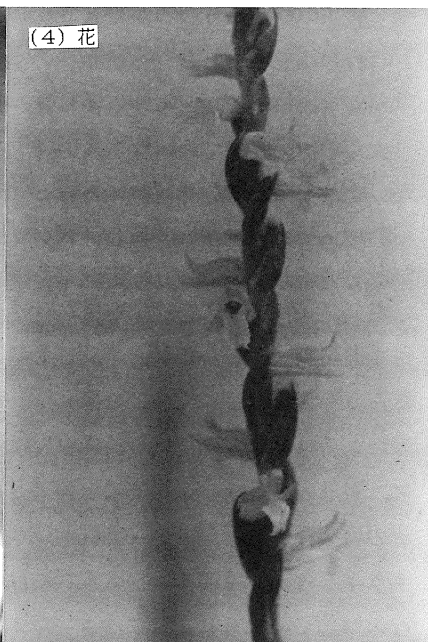


図-1 ネジバナ (田代)

時東京大学学長だった芽誠司博士が新聞に投書したことがある。「今、国会議事堂前の道端にネジバナが咲いている。こんな所でこんな花を見つけると、何かほっとする。」、といったような内容だった²³⁾。

ネジバナは短歌や俳句⁴⁾にも詠まれるほど昔から馴染みの深い花である⁵⁻⁷⁾。下記の9世紀の『百人一首』の源融の古歌とも響き合って名前が広まっていったのであろう。

みちのくのしのぶもぢずり誰ゆえに

| | |
|------------------|-------|
| みだれ染めにし我ならなくに | 源 融 |
| 娘の墓の文字摺草は引かざりし | 赤坂すみ女 |
| 磯齧をもじすり草に結ばずや | 阿波野青畝 |
| とみこうみして文字摺草の花なりし | 大久保 青 |
| もじずりの花の恋歌なかりしや | 大谷ふみ子 |
| 振花の振ち上りつつかく立てり | 岡本秋桜子 |
| ねじ花をゆかしと思へ峡燕 | 角川 源義 |
| 文字摺草そこに水車ゆるゆると | 北野里波亭 |
| 文字摺の咲きて如何なる人の墓 | 藤井 紅於 |
| 文字摺や女らすぐに踏み合う | 本多 静江 |
| 指ねぢり文字摺草を廻しけり | 山本八重子 |

さて、蔓になって物に巻き付かなければ上部に上がれない蔓性植物は、巻き付く理由がよく分かるが、ネジバナのように短い草本が何故螺旋状に振れるのだろうか。また、長く伸びた植物は一般に螺旋の方向が一定であるのに対し、短いものは振れなかったり、途中で反対になっているのは何故だろうか。さらに、右巻き左巻きは遺伝的にどのように決定されるのだろうか。また、ネジバナの珍芸種「透し星」の『朝露』（別名『星座』）がある。それは逆光で見るとキラキラと美しく輝くガラス玉状結晶体を体表面に持っている。その正体は何なのか。このように、この小さい草本の中にも尽きるところのない謎が秘められている。現代生物学における最大の難問である「生物の形態形成」と関連し

て、非常に興味あることである。

3. ネジバナの花序の左右性の観察実験

ネジバナの花序の左右性は右巻きが多いのか、それとも左巻きが多いのか、また、その左右性は遺伝するのか、それとも遺伝しないのか。これら確かめるために、1985年から1987年にわたっての3年間（1985年と1986年は左右性の計数をし、1986年と1987年は左右性の前年度との変化、つまり遺伝性のチェックをした）、第一経済大学裏庭、福岡県遠賀郡の遠賀川堤防の草原、九州共立大学構内の幾つかの芝生園、福岡市東区和白丘の草原の野性のネジバナを継続的に観察した。その結果は表－1、表－2、表－3に与えられている。実験①は1985年に、実験②と実験③は1986年に観察したものである。実験②と実験③は観察区が異なる。

表－1 ネジバナの単一花序の螺旋の方向性（田代）

表中の略号は次のことを意味している；

R(N)：通常的な形質で右旋性，R(N)：シソ花状で右旋性，R(T)：トロモロコシ粒花状で右旋性，R(W)：白色花で右旋性，R(WWP)：濃白淡桃色花で右旋性，R(P)：桃色花で右旋性，R(大型PW)：桃白色の大形の花で右旋性，R(真赤)：真赤色花で右旋性，S→R：花序が直行型（旋向を示さない型）から右旋性へ変化するもの（根部から穂先の方を見て），R(S)：直行型に似た（近い）右旋性，S(R)：右旋性に似た直行型，L(N)：通常的な形質で左旋性，L(C)：シソ花状で左旋性，L(T)：トウモロコシ粒花状で左旋性，L(W)：白色花で左旋性，L(PW)：桃白色花で左旋性，L(WP)：白桃色花で左旋性，L(W→P)：花色が白色から桃色に変化し左旋性，L(P)：桃色花で左旋性，L(真赤)：真赤色花で左旋性，S→L：花序が直行型から左旋性へ変化するもの（根部から穂先の方を見て），L(S)：直行型に似た左旋性，S(L)：左旋性に似た直行型，C：シソ花状，不(C)：シソ花状に似たもの，T：トウモロコシ粒花状，R→L：花序が右旋性へ変化するもの（根部から穂先を見て），L→R：花序が左旋性から右旋性へ変化するもの（根部から穂先を見て），R→S→L：花序が右旋性から直行型を経て左旋性へ変化するもの（根部から穂先を見て），L→S→R：花序が左旋性から直行型を経て右旋性へ変化するもの（根部から穂先を見て），二又花頭穂：一本の花穂が先端部で分裂して二本の花穂になったもの，偏平花頭穂：直行型（花序の開度が1/1）の変形型（花序の開度が1/2），同一花着点に三花：花軸の同一点か三つの花が輪状に着くもの。

| 実験 (花株の数) | | 実験 ① | 実験 ② | 実験 ① + 実験 ② | 実験 ③ | 実験 ① + 実験 ② + 実験 ③ |
|--------------------------|---------------------|-------------|-------|-------------------|--------|--------------------------------|
| 花の形質 | | | | | | |
| “R” | R (N) | 20 | 289 | 309 | 1542 | 1851 |
| | R (C) | 0 | 4 | 4 | 3 | 7 |
| | R (T) | 3 | 3 | 6 | 0 | 6 |
| | R (W) | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| | R (WWP) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | R (P) | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | R (大型PW) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | R (真赤) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | S → R | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 |
| | R (S) | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | S (R) | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | 〈計〉 | 〈20〉 | 〈308〉 | 〈331〉 | 〈1557〉 | 〈1888〉 |
| “L” | L (N) | 23 | 285 | 308 | 1470 | 1778 |
| | L (C) | 0 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| | L (T) | 0 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| | L (W) | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 |
| | L (PW) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | L (WP) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | L (W → P) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | L (P) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | L (真赤) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | S → L | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 |
| | L (S) | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | S (L) | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | 〈計〉 | 〈25〉 | 〈305〉 | 〈330〉 | 〈1481〉 | 〈1811〉 |
| “S” | S | 〈3〉 | 〈9〉 | 〈12〉 | 〈133〉 | 〈145〉 |
| 《“R”+“L”+“S”》 | | 《51》 | 《622》 | 《673》 | 《3171》 | 《3844》 |
| データに入れない 花の形質のもの ♣ | “C” | C | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 不(C) | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | T | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | R → L | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | L → R | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | R → S → L | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | L → S → R | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 二又花頭穂 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 偏平花頭穂 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 同一花着点に三花 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ツボミ | 0 | 26 | 0 | 0 | 26 |
| | 不明 | 0 | 28 | 0 | 0 | 28 |
| | その他の変則花序 (麦粒状など) | 数 え な か っ た | | | | |
| | (計) ♣ | (1) | (62) | (0) | (0) | (63) |
| “R”+“L”+“S”+♣ | | 52 | 684 | 673 | 3171 | 3907 |

表－２ ネジバナの二姉妹花の花序の螺旋の方向性（田代）

表中の略号は次のことを意味している；

“RR”：両花とも右旋性，“RL”：一方は右旋性で，他方は左旋性，“LL”：両花とも左旋性，“SS”：両花とも花とも直行型，“RS”：一方は右旋性で，他方は直行型，“LS”：一方は左旋性で，他方は直行型，RR：両花とも通常の形質で右旋性，RR(T)：一方は通常の形質で右旋性だが，他方はトウモロコシ粒状で右旋性，R(C)R(C)：両花ともシソ花状で右旋性，RL：両花とも通常の形質だが，一方は右旋性，他方は左旋性，RL(C)：一方は通常の形質で右旋性だが，他方はシソ花状で左旋性，LL：両花とも通常の形質で左旋性，L(P)L(P)：両花とも桃色花で左旋性，SS：両花とも直行型，RS：一方は通常の形質で左旋性だが，他方は直行型，Lッ：一方は通常の形質で左旋性だが，他方はツボミ。

| 実験 (花株の数) | | 実験 ① | 実験 ② | 実験 ① + 実験 ② | 実験 ③ | 実験 ① + 実験 ② + 実験 ③ |
|--------------|----------|------|------|-------------------|-------|--------------------------------|
| 花の形質 | | | | | | |
| “RR” | RR | 1 | 0 | 1 | 24 | 27 |
| | RR(T) | | | | 1 | |
| | R(C)R(C) | | | | 1 | |
| | 〈計〉 | | | | 〈26〉 | |
| “RL” | RL | 1 | 4 | 5 | 47 | 56 |
| | RL(C) | | | | 1 | |
| | R(S)L | | | | 1 | |
| | RS(L) | | | | 1 | |
| | R(P)L(P) | | | | 1 | |
| | 〈計〉 | | | | 〈51〉 | |
| “LL” | LL | 1 | 0 | 1 | 23 | 25 |
| | L(P)L(P) | | | | 1 | |
| | 〈計〉 | | | | 〈24〉 | |
| “SS” | SS | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈2〉 | 〈2〉 |
| “RS” | RS | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈1〉 | 〈1〉 |
| “LS” | LS | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈0〉 | 〈1〉 | 〈1〉 |
| 《合 計》 | | 〈3〉 | 〈4〉 | 〈7〉 | 〈105〉 | 〈112〉 |
| データとして使わず：Lッ | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 総 合 計 | | 3 | 5 | 8 | 105 | 113 |

表－１は単一花（１ネジバナ体から１本の花茎が出る花）の左右性の結果である。このデータから，右巻(R)：左巻(L)=1,888:1,811≒1:1 となり，ほぼ同一割合であることが分かる。この結果は古典的な郡場寛博士のデータ⁸⁾（表－４と表－５参照）と一致する。一般的に，もしその花序が遺伝性であれ

表— 3 ネジバナ多姉妹花の花序の螺旋の方向性 (田代)

表中の略号は次のことを意味している;

R : 通常の形質で、右旋性, L : 通常の形質で左旋性, L (C) : シソ花状で左旋性, R (C) : シソ花状で右旋性, S : 直行型, R R R : 3 花とも通常の形質で右旋性, R R L : 3 花とも通常の形質だが、2 つは右旋性だが、1 つは左旋性, L (C) L (C) L (C) : 3 花ともシソ花状で左旋性, R (C) L L L : 1 つはシソ花状で右旋性だが、3 つは通常の形質で左旋性。

| 実験 (花株の数) | | 実 験 ③ | |
|--------------|-------------------|-------|-----|
| 花の形質 | | 小 計 | 合 計 |
| 三 姉 妹 花 | R R R | 5 | 20 |
| | R R L | 8 | |
| | R R L | 4 | |
| | L L L | 2 | |
| | L (C) L (C) L (C) | 1 | |
| 四 姉 妹 花 | R R R R | 3 | 10 |
| | R R R L | 2 | |
| | R R L L | 1 | |
| | R L L L | 2 | |
| | R (C) L L L | 1 | |
| | R L L S | 2 | |
| 五 姉 妹 花 | R R R R L | 1 | 4 |
| | R R R L L | 1 | |
| | R R L L L | 1 | |
| 六 姉 妹 花 | R R R L L L | 1 | 1 |
| 総 計 | | 35 | 35 |

ばこの割合がどちらかに偏るものであるが、1:1 ということは遺伝性ではないと推定される。

表— 2 はネジバナの二姉妹花(1 ネジバナ体から2 本の花茎が出る場合)の2 本の花茎の花序の左右性の結果である。このデータから、2 本とも右巻 (RR): 1 本は右巻きでもう1 本は左巻 (RL): 2 本とも左巻 (LL)=27:56:25 = 1:2:1 となり、1 ネジバナ体から出る2 本の花茎の花序は異方向性の頻度が高いことを示している。このことは、花序の左右性が遺伝的ではないことを示唆してい

表－４ ネジバナの単一花の花序の螺旋の方向性（郡場）（★）

| 日付 (月・日・月) | | 場 所 | L | < > | R | 合 計 |
|---------------|-----------|------------------------|-------|--------|-------|--------|
| 1907 | 18 VII | Aomori | 28 | > | 19 | 47 |
| | 21 VII | Aomori | 256 | < | 262 | 518 |
| | 22 VII | Aomori | 66 | > | 55 | 121 |
| | 27 VII | Hakkoda | 702 | > | 701 | 1,403 |
| | 4 VIII | Hakkoda | 238 | < | 239 | 477 |
| | 10 VIII | Aomori | 708 | > | 700 | 1,408 |
| | 14 VIII | Aomori | 98 | > | 78 | 176 |
| | 17 VIII | Aomori | 26 | < | 34 | 60 |
| | 18 VIII | Hakkoda | 7 | < | 19 | 26 |
| 合 計 | | | 2,129 | > | 2,107 | 4,236 |
| 1908 | 15 VI | Tokyo (Tabata) | 41 | = | 41 | 82 |
| | 14 VII | Tokyo (Bot. Garten) | 257 | > | 243 | 500 |
| | 15 VII | Tokyo (Bot. Garten) | 1,002 | < | 1,092 | 2,094 |
| | 合 計 | | 1,300 | < | 1,376 | 2,676 |
| 1909 | 23 VII | Tokyo (Somei) | 44 | > | 34 | 78 |
| | 25 VII | Tokyo (Bot. Garten) | 816 | > | 808 | 1,654 |
| | 合 計 | | 890 | > | 842 | 1,732 |
| 1910 | 19 VI | Ichinomiya | 167 | < | 202 | 369 |
| | 7 VII | Tokyo (Bot. Garten) | 538 | < | 585 | 1,123 |
| | 20 VII | Tokyo (Totsuka) | 277 | < | 286 | 563 |
| | 9 VIII | Aomori | 22 | < | 23 | 45 |
| | 10 VIII | Aomori | 1,066 | < | 1,102 | 2,163 |
| | 12 VIII | Hakkoda | 16 | < | 17 | 33 |
| | 27 VIII | Hakkoda | 37 | > | 36 | 73 |
| | 29 VIII | Iwaki | 21 | = | 21 | 42 |
| | 30 VIII | Iwaki | 8 | = | 8 | 16 |
| | 2 X | Aomori | 221 | < | 223 | 444 |
| | 9 and 10X | Sachalien [☆] | 121 | < | 124 | 245 |
| 合 計 | | | 2,494 | < | 2,627 | 5,121 |
| 1911 | 27 VII | Fuji | 210 | > | 197 | 407 |
| | 31 VII | Tokyo (Bot. Garten) | 839 | > | 828 | 1,667 |
| | 合 計 | | 1,049 | > | 1,025 | 2,074 |
| 1907 1911 | 総 計 | | 7,862 | < | 7,977 | 15,839 |
| | % | | 49.6 | < | 50.4 | 100.0 |

★；ここでは異常な螺旋は全く考慮に入れていない。

☆：これらの標本は鈴木博士がサハリンへの古植物学調査の際に採集したものである。

る（表－6 参照）。

表－3 はネジバナの多姉妹花（1 ネジバナ体から3 本以上の花茎が出る場合）のそれぞれの花茎の花序の左右性の結果である。この多姉妹花は九州共立大学の芝生の中のネジバナで時々観察された（人々によって度々踏みつけられるネジバナで観察された）。このデータから、1 ネジバナ体から出る花茎の花序が

表－5 種々のネジバナの単一花の花序の螺旋の方向性（郡場）

| 日付 | 場所 | 種 | L | R | 合 計 |
|---------------|---------|---|----|----|-----|
| 6 VIII, 1907 | Hakkoda | <i>Orchis aristata</i> , Fisch. | 78 | 80 | 158 |
| 7 VIII, 1907 | Hakkoda | <i>Malaxis paludosa</i> , Sw. | 18 | 26 | 44 |
| 27 VII, 1909 | Nikko | <i>Platanthera conopsea</i> , Schlecht. | 27 | 31 | 58 |
| 27 VII, 1909 | Nikko | <i>Platanthera hologlottis</i> , Max. | 27 | 19 | 46 |
| 12 VIII, 1910 | Hakkoda | <i>Platanthera mandarinorum</i> , Rechb. f. | 16 | 18 | 34 |
| 19 VIII, 1910 | Hakkoda | <i>Platanthera ophyroides</i> , Fr. Schm. | 19 | 20 | 39 |
| 19 VIII, 1910 | Hakkoda | <i>Orchis aristata</i> , Fisch. | 16 | 15 | 31 |

表－6 ネジハナの二姉妹花の花序の螺旋の方向性（郡場）

| 日付（日・月・年） | 場 所 | L L | L R | R R |
|---------------|---------------------|------|------|------|
| 23 VII, 1909 | Tokyo | 2 | 1 | 2 |
| 25 VII, 1909 | Tokyo (Bot. Garten) | 22 | 54 | 18 |
| 19 VI, 1910 | Ichinomiya | 2 | 11 | 5 |
| 20 VII, 1910 | Tokyo (Totsuka) | 3 | 5 | 3 |
| 10 VIII, 1910 | Aomori | 16 | 45 | 19 |
| 27 VIII, 1910 | Hakkoda | | | 1 |
| 29 VIII, 1910 | Iwaki | 1 | | 1 |
| 30 VIII, 1910 | Iwaki | | 3 | |
| 2 IX, 1910 | Aomori | 13 | 17 | 9 |
| 27 VII, 1911 | Fuji | | 1 | |
| 31 VII, 1911 | Tokyo (Bot. Garten) | 15 | 25 | 14 |
| 合 計 | | 74 | 162 | 72 |
| % | | 24.0 | 52.6 | 23.4 |

必ずしも統一されてはいなくて、バラバラであることが分かる。このことは、花序の左右性が遺伝的に支配されていないことを示唆している。

また、1986年と1987年に前年度の左右性が当年度に変化したものがあるかどうかをチェックしたところ、変化したネジバナ体が少なからず観察された。この事実は、ネジバナの花序の左右性が遺伝的に決定されるのではなくて、機会的に偶然決定されることを示唆している。

結論的に、以上の4つのデータから、花序の左右性はその存在比が1:1となり、遺伝的に支配されていないことを示すことが分かる。

4. ネジバナの名品「透し星」の『朝露』の観察実験

ネジバナの最初の「透し星」の品種は『星座』と呼ばれ、1985年に三重県で鈴木均氏によって発見された。2番目の「透し星」は『朝露』と呼ばれ、1987年に2本だけ愛知県で発見された。その後、「透し星」は見つかっていない。「透し星」という芸名も美しいが、『朝露』は逆光に透すと、その名の通りキラキラと星が出て、実に美しい。堀内一博氏は、『朝露』は“朝露”が陽に光るように見えるので、こう命名した(図-2)。

三橋俊治氏はこの“星”の正体を以下のように推理している¹⁰⁾。「この星の正体は、無色透明な堅い球状の物質である。微細なガラス球のようなものが、葉肉の中に埋め込まれていたり、半分葉の表面から飛び出していたり、あるいは殆ど露出したりしている。今迄に全く知られていなかった現象であるということが分かったが、このガラス状のものが一体何であるのか、どうしてこういうものが作り出されるのかは、全く分からない。この不思議なものを芸と言ってよいものかとも思うが、‘観賞価値のある、個体の優れた特徴’という定義に当てはまらないことはない。さて、素人考えを述べると、このキラキラはケイ酸(SiO_2)ではないかと思う。ネジバナの植物体にどの程度のケイ酸が含まれているか知らないが(調べた人もないだろうが、恐らく多くはないだろう)イネ科植物など、ケイ酸を多く含有する例はある。ケイ酸だとすれば、や

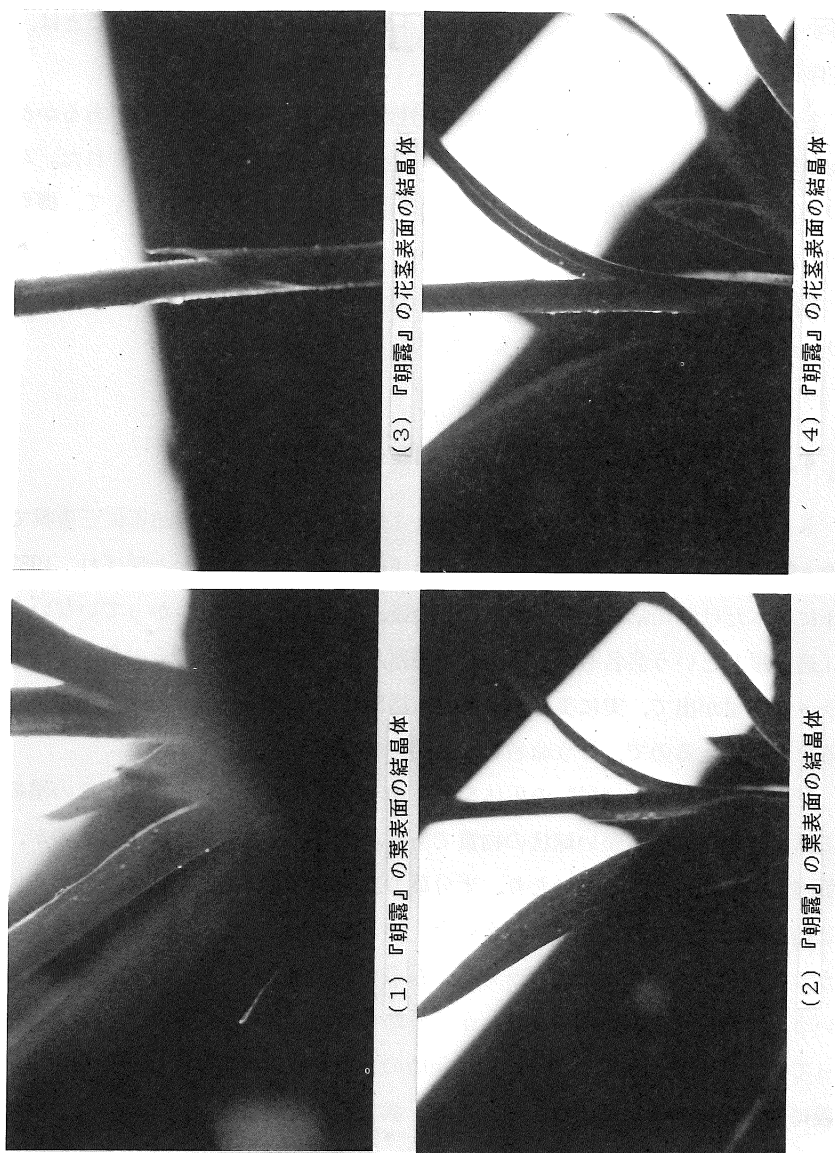


図-2 ネジバナ『朝露』の結晶体 (田代)

はりガラス質のものか？ イネやススキの縁には、手の切れる程堅い鋸の歯のようなギザギザがあることを思えば、この星（朝露）の正体がガラス球ということも、あり得ないことはないかも知れない。」

多種類の植物の細胞は通常、液胞内または細胞外に固形の鉱物（性結晶）を沈着・沈積する¹¹⁾。

土壤に依存して生育する全ての植物はケイ素（Si）を含んである。ケイ素の沈着・沈積は種々の植物の植物の中に種々の形態で生じる。例えば、多数の禾本科植物（イネ科）や他の単子葉植物では、つまり、モロコシ属植物、小麦、ヒマワリ、トウモロコシ、竹などの中にオパール（蛋白石；opal phytoliths； $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）の形態で、また、ランタナ（紅黄花）の中では α -石英（ α -quartz）の形態で存在している。トウモロコシやモロコシ属植物の中では、長方形や不規則のケイ素の沈着・沈積ばかりでなく、規則的な亜鈴形のケイ素の残渣が、葉を灰化した後に残る。この沈着・沈積現象は全ての表皮細胞上でも生じる。これとは対照的に、双子葉植物では、細胞壁上でのケイ素の沈着・沈積も、規則的なケイ素の残渣の形成も生じない¹³⁾。

固形のカルシウム（Ca）化合物も多種類の高等植物の中に沈着・沈積される。蓚酸カルシウム $[\text{Ca}(\text{CO}_2)_2]$ ——細胞内でよく見られる——と炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）——細胞膜（表皮の外膜）上でよく見られる——は最も通常のものである。硫酸カルシウム（ CaSO_4 ）はわずかに存在する。その他、磷酸カルシウム $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ や酒石酸カルシウムも時々見られる。蓚酸カルシウムまたは炭酸カルシウムの結晶は、葉の中の維管束に沿ってしばしば沈積する¹⁴⁾。

そこで、我々は1989年3月に『朝露』の発見者である愛知県の橋本雅之氏から直接に『朝露』の1株を分譲していただき、「朝露」の正体を解明するために、最新の分析機器である①電子線マイクロアナライザー（この分析器の電子線は、表面から1 μm の深さまでの元素情報をキャッチする固体表面分析）と②高周波プラズマ発光分析器（試料の或る面積を全て溶液化して得られる、全体の元素情報を得る分析）の2つの分析機器を用いて、分析を行なった。分析結果は以下の通りであった。

A) 電子線マイクロアナライザー (EPMA) によるネジバナの乾燥葉中のカルシウムとケイ素の分布の分析——

ネジバナの『朝露』の生葉を凍結乾燥した後、金を蒸着してコーティングし、顆粒（結晶）偏析部を島津製作所の EPMA (EMX-SM7 型) を用いて、次表の条件下で Ca と Si の分布を線分析（ステージスキャン）した。

| | |
|---------|----------------------|
| 加 速 電 圧 | 15 kV |
| 試 料 電 流 | 70 nA |
| ビームサイズ | Point |
| フルスケール | Ca 1kcps, Si 2kcps |
| 時 定 数 | Ca 0.5sec, Si 0.5sec |
| 分 光 結 晶 | Ca ADP, Si PET |
| チャート速度 | 50 mm/min |
| 試料送り速度 | 100 μ m/min |

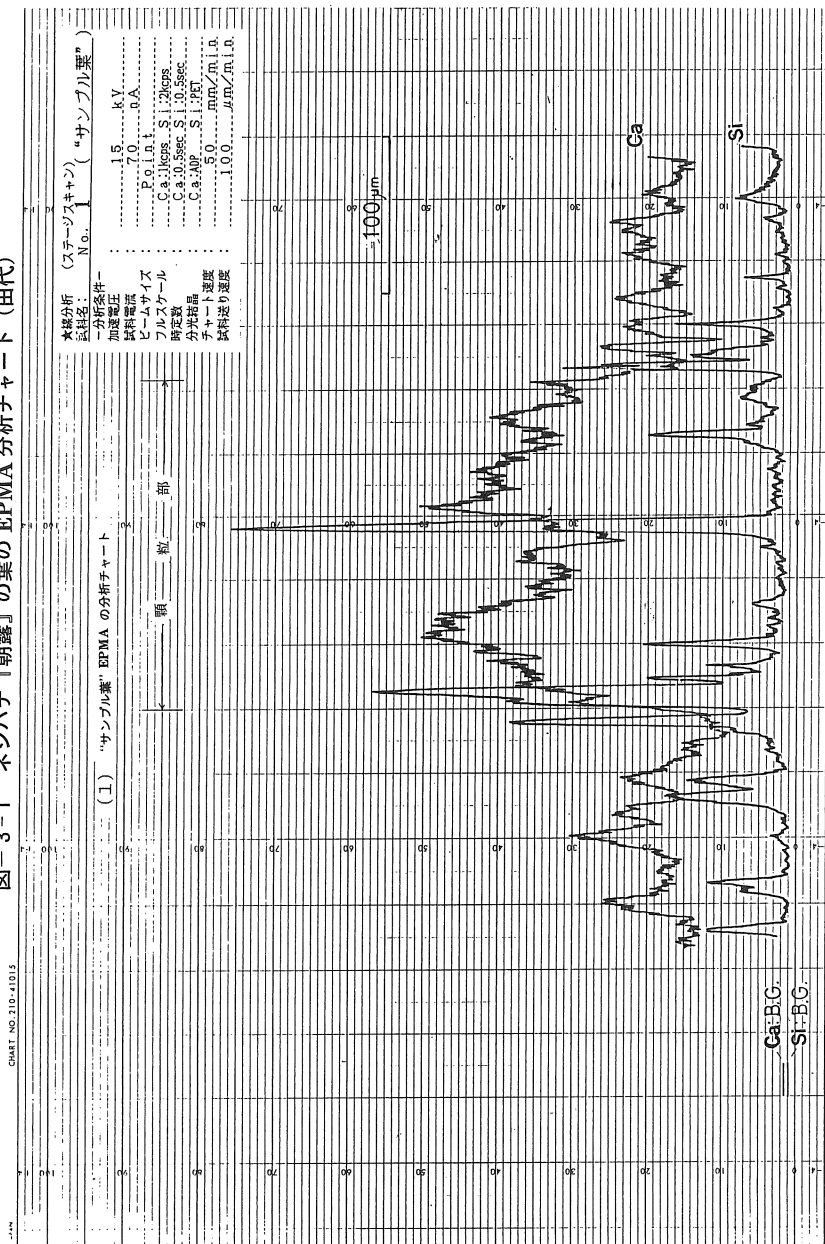
なお、対照実験（コントロール）として、顆粒（結晶）を含まない通常のネジバナを用いて、先のサンプルと同一方法・条件で分析した。“サンプル”については約 200 μ m（直径幅）を顆粒部を中心に、また、“コントロール”については無作為の位置を走査測定した。

分析データは図-3のチャートである。チャート紙上、Ca と Si はそれぞれ（原紙上で）約 2mm のペンギャップがある。このチャートから、（a）“サンプル葉”の EPMA のピークは、殆どのピークが Ca と Si を含んでおり、（b）“サンプル葉”の顆粒部分には、他の部分（“サンプル葉”の顆粒を含まない部分）や“コントロール葉”とは全く違った傾向があることが分かる。

B) 高周波プラズマ発光分析 (ICP) によるネジバナの乾燥葉中の Ca と Si の含量の分析——

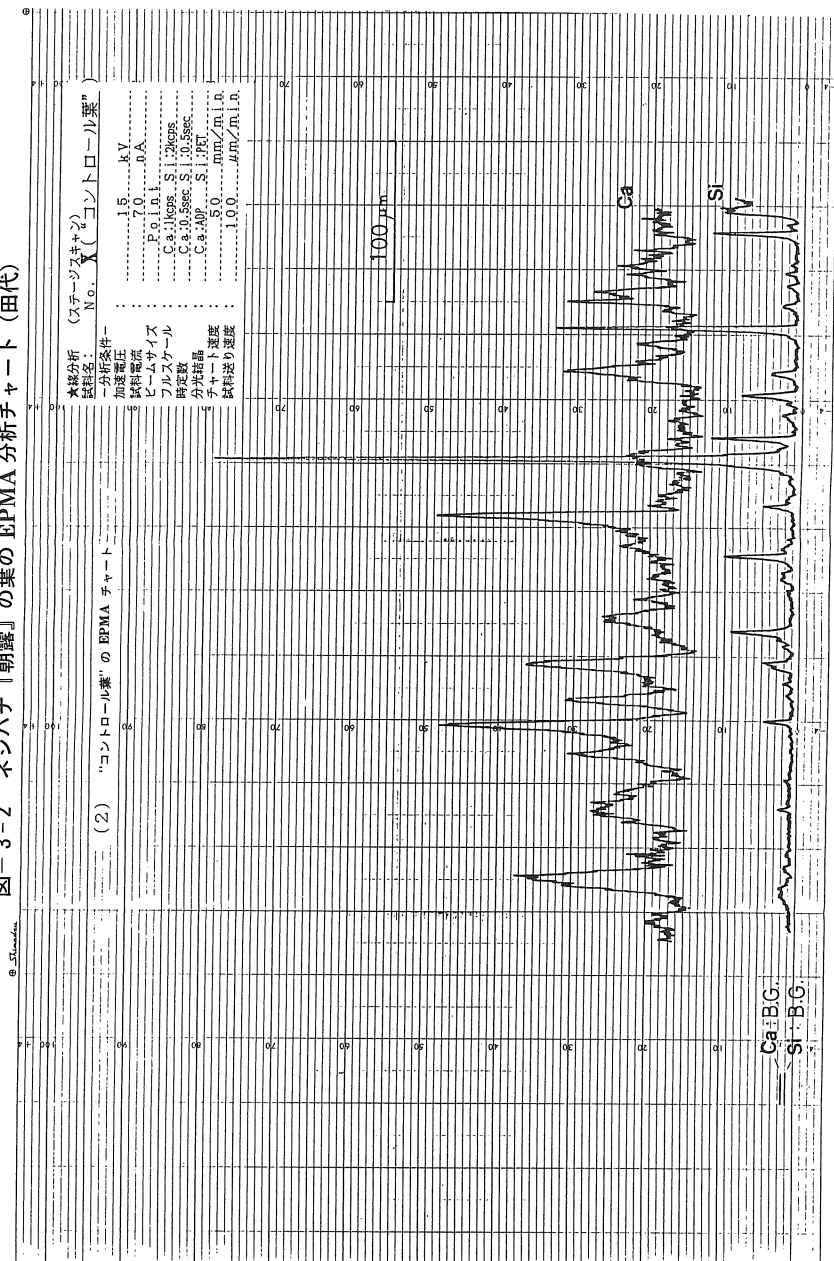
電子線マイクロアナライザー (EPMA) に使用した残りの葉を一定量（“サンプル葉”では顆粒偏析部分を含む 27.3mg を、“コントロール葉”では無作為的に 16.3mg）を採取し、硝酸および硫酸で加熱分解して溶液化し、島津製作

図-3-1 ネジバナ『朝露』の葉のEPMA分析チャート(田代)



| | | | |
|----------|----------|------------|----------|
| 最大出力 | (ステージヤン) | 15 | kV |
| 最低電圧 | N.G. | 70 | mA |
| 一分条件一 | | Point | |
| 加電圧 | | Ca:10cps | S:12cps |
| 材料消費 | | Ca:10.5sec | S:1.5sec |
| ビデオサイズ | | Ca:AP | S:PET |
| フレームスケール | | 50 | mm/10.0 |
| 測定数 | | 100 | mm/10.0 |
| 測定時間 | | | |
| 一分样品 | | | |
| チャット速度 | | | |
| 材料送り速度 | | | |

図-3-2 ネジバナ「朝露」の葉の EPMA 分析チャート (田代)



所の ICP (ICPV-1000 型) に導入して, Ca は 317.93nm, Si は 251.61nm の波長下で定量測定した。

その結果は次表の通りであった。

| | Ca 含量 | Si 含量 |
|-----------|-------|--------|
| “サンプル葉” | 0.83% | 0.052% |
| “コントロール葉” | 0.83% | 0.006% |

以上のように, EPMA と ICP の結果が得られた。これらの結果から以下のように考察される。

1) EPMA の結果を見ると, 顆粒部分に Ca が多く含まれることが分かる。他の部分は“サンプル葉”も“コントロール葉”も共に殆ど差がないように思われる(レベルが似ている)。一方, ICP の結果では“サンプル葉”と“コントロール葉”の Ca の濃度には差はないが, それは顆粒の部分の葉全体に占める割合が少ないからだと考えられる。今仮に顆粒部分が全体の 1~2% を占めるとし, 濃度として顆粒部分に Ca が 2%, 他の部分に 1% が含まれているとすれば, “サンプル葉”の Ca 含量は $2 \times 0.15 + 0.985 = 1.015\%$ となり, 葉全体としては余り変化がないことになる。Si については, EPMA の結果から“サンプル葉”に比べ全体的にレベルが高い傾向にあり, ICP の結果と一致する。

2) Si と Ca の相関関係については他の元素の存在もあり明確ではないが, Si の鋭いピーク部分では濃度が逆に変化しているようである。即ち, Si の多い部分では Ca が少なくなっている。チャートは多ペン記録計で記録している関係上, Ca のペンが Si のペンより少し左に先行している。ペンのスタート位置を見れば分かる。Si の 2 本の強いピークが観察される。Si の多い部分の直径は約 $100 \mu\text{m}$ と読み取れる(ピークの半値値を読む)。

3) EPMA 測定はこのデータの他に 2~3 カ所についても行なっているが, 傾向は同様である。顆粒の構造については Ca と Si の傾向だけでは断定でき

ない。顆粒は直径数百 μm あるので、電子線走査像と Ca と Si の X 線像を撮れば二次元的な情報が得られると思われる。

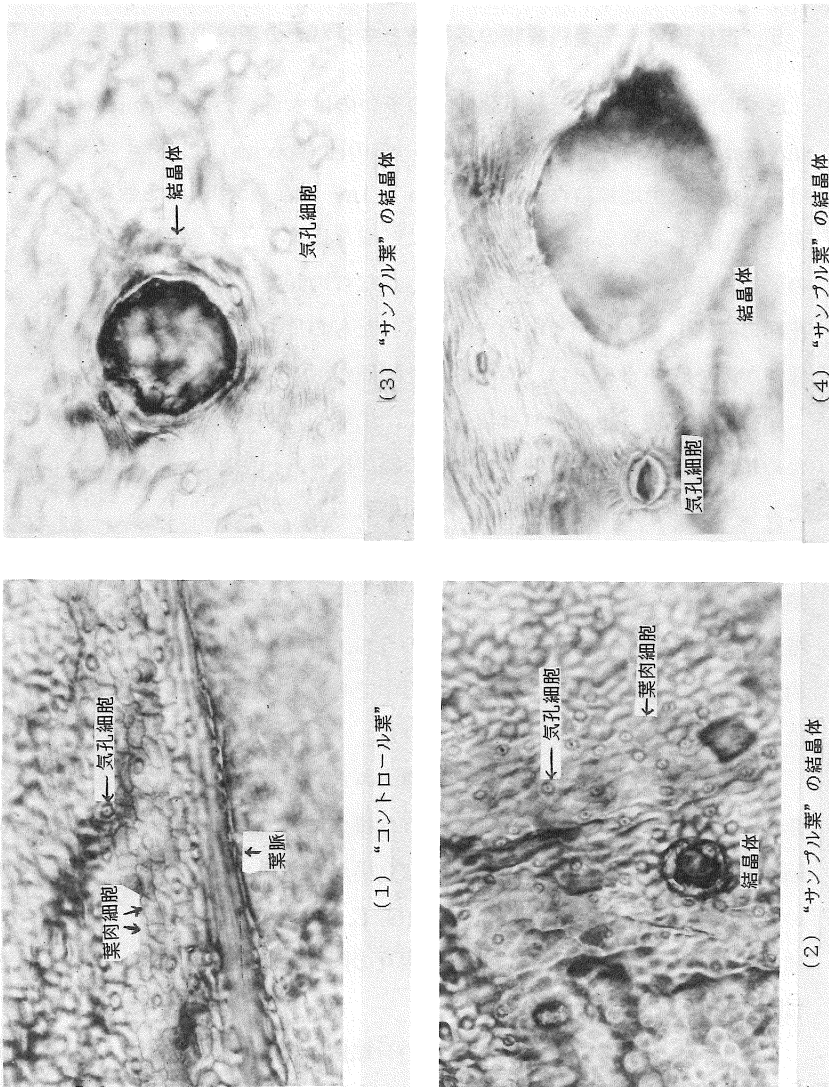
4) この実験で得られたチャートから推察できることは、顆粒部分では Ca が中央部に向かって山状に多くなっているが、中心付近では却って火山の噴火口のように濃度は減っている。この部分を埋める元素は Si ではなく第3の元素である。なお、Si の顆粒内における分布はスポット状(直径 $10\mu\text{m}$)で、なだらかな濃度分布を示すものではない。つまり、噴火口を持つなだらかな Ca の山があり、その中に小さな直径の鋭い Si の山が幾つか有るという状態である。また、Ca の山の標高は平野部の2~3倍程度である。

5) 一般にケイ酸はケイ酸塩として細胞膜上に沈着して、いわゆるケイ質化した細胞膜として存在する場合とケイ酸体として細胞内に存在する場合とがあり、かなり多くの植物で見られる。ケイ質化した細胞膜やケイ酸体の存在を定性的に知るためには、フェノールを用いた Küster 反応による判別法がある。スライドガラス上の検体に50%フェノール水溶液(フェノールの結晶が析出するのを防ぐために少量のグリセリンを加えておく)を滴下するか、水溶液中で煮沸する。フェノールで透明にしたものはケイ質化したものを鏡検すると、

(a) ケイ質化した細胞膜、ケイ酸粒が特に明確に見られる特性があり(蔦酸塩などもよく見られる)、(b) それらのケイ質化した細胞膜やケイ酸体はバラ紅色ないし藍色に染色されて光る¹⁵⁻¹⁸⁾。我々はこの方法に基づいてネジバナの『朝露』の葉および通常のネジバナの葉を用いて定性分析した。その結果確かに、美しいオパール状の結晶が観察され(図-4)、ほんの僅かであるが淡桃紅色に染まった。つまり、ケイ酸体の存在が示唆された。

6) 岡山大学の三宅靖人氏は「植物の特性とケイ酸」という総説を発表している¹⁹⁾。三宅氏らが同一土壌に生育した175種の植物の無機組成を調べたところ、植物種間差の最大はケイ酸であり、ついでカルシウム、ホウ素であった。そして、ケイ酸含量の高い植物は一般にカルシウム含量が高い傾向を示した。我々の観察したネジバナの『朝露』もこれを示唆している。

図-4 ネジバナ『朝露』のフェノール処理した葉の鏡検写真 (田代)



5. 進化論考——蘭科植物の多様性とネジバナの花穂の多様性

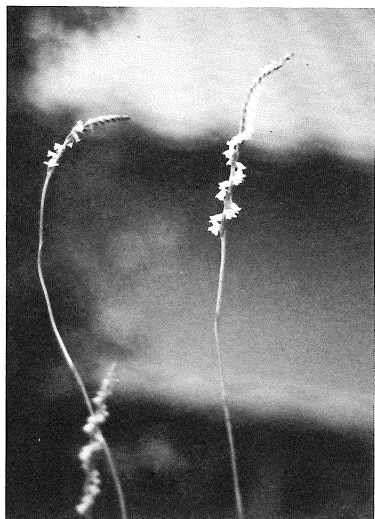
日本の蘭科植物の中で最も個体数の多いのはネジバナ (*Spiranthes sinensis* var. *amoena*) であろうと推定される。この種 (species) は、例えば造成された日当りの良い土地に数百 m^2 にわたって 1m^2 当たり500個体を数えるような高密度で生育している。それ故に、実に多様な葉芸品 (形と色)、花芸品 (花穂の形態、花に形と色) が自生地でもかなりの頻度で見い出される。図-5は花部の変異したネジバナの幾つかを示したものである。このように変異性・多様性が高いということは、何か進化と関係があるのではないだろうか。

蘭科植物は種 (species) は数も多く、生態的にも多様な環境に分布しているために、形態的にも生態的にも変化の幅が広く、一生かかっても極めることのできない奥深さを持っているように思われる。

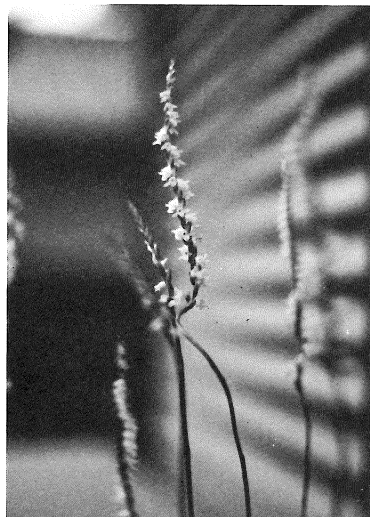
蘭科植物は、植物分類学上、緑色植物門、被子植物綱、単子葉亜綱、蘭目、蘭科に属する多年草の草本植物で、世界中に約500~800属、約20,000~30,000種が存在すると推定されている (そのうち、園芸種は全体の約10%に相当する約2,000種)。蘭科植物は、顕花植物の中でも最も多くの種を含んでおり、第2位のキク科植物を大きく引き離している。

今日では、種の決定に当っては形態のみならず生殖や分布なども考慮する必要があると考えられている。このような概念に基づく種は生物学的種 (biological species) と呼ばれる。このような立場から、種を「性的に他と隔離されている交換可能な一群 (syngameon)」(G. E. Du Reitz, 1930年)、または、「生殖的に他と隔離されており、しかも相互の間では機能的に交換可能な自然集団」(Mayr, 1940年) と定義する²⁰⁾。

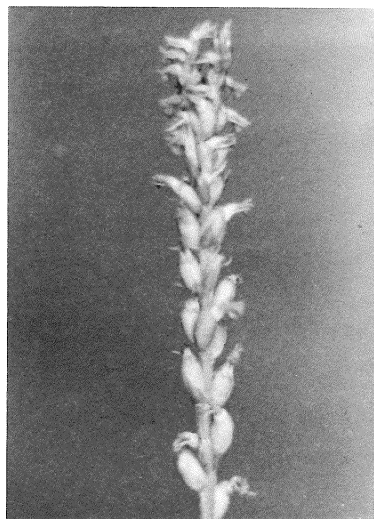
しかし、蘭科植物では、種の上位の分類段階である属 (genus) の異なる間でも人為的に交換可能であり、多数の属間雑種が作出されている。そして、その属間雑種は子孫を残すことができる。また、自生地においては、自然の種間雑種と考えられるものが多く、或る種では数年の単位で新品種が形成されているといわれている。このことから、蘭科植物は分類学上の基本単位である種の概



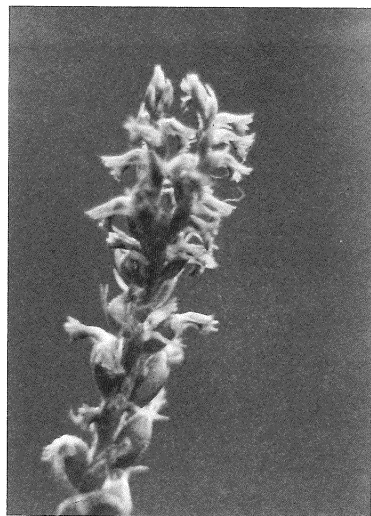
(1) 通常のネジバナ (右巻)



(2) 通常のネジバナ (左巻)

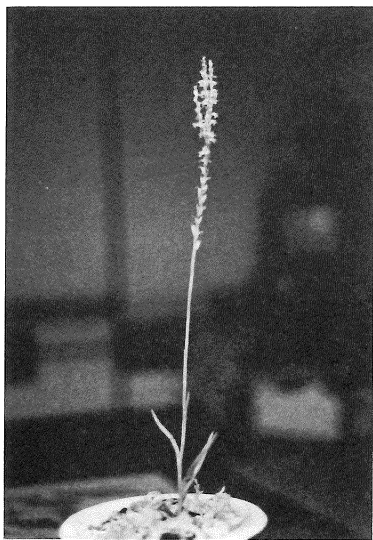


(3) ニ又花頭穂

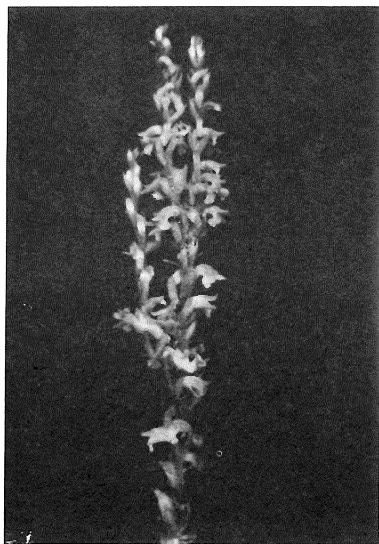


(4) ニ又花頭穂

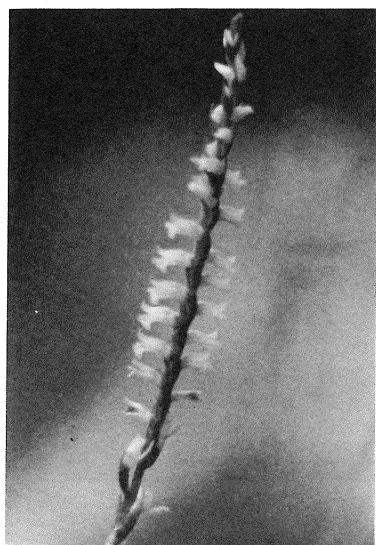
図-5-1 ネジバナのいろいろな花穂 (田代)



〔5〕三又花頭穗



〔6〕三又花頭穗



〔7〕偏平花頭穗



〔8〕直線花頭穗

図—5—2 ネジバナのいろいろな花穂 (田代)

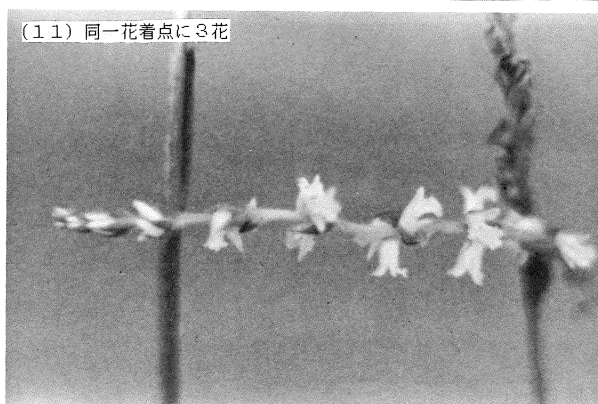
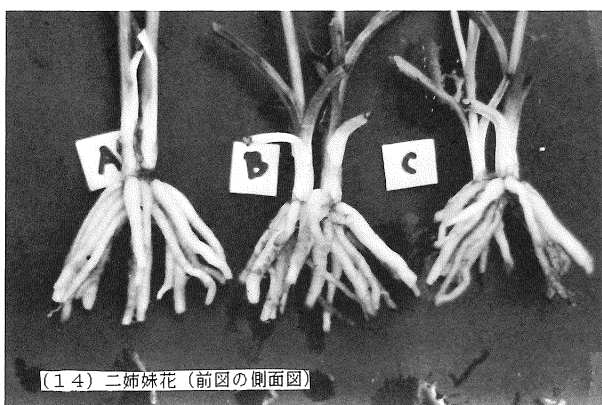
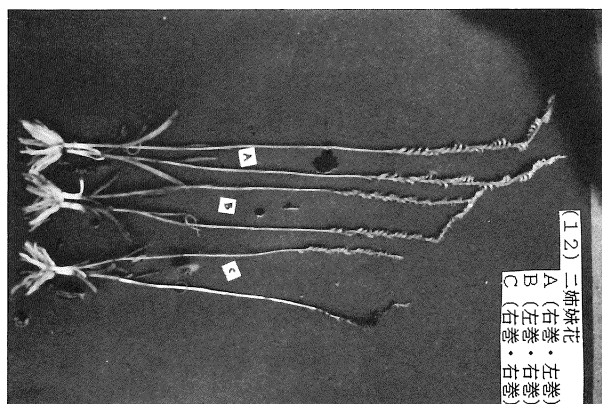


図-5-3 ネジバナのいろいろな花穂 (田代)



図— 5-4 ネジバナのいろいろな花穂 (田代)

念や進化についても、問題を提起している。

蘭科植物の種数は、顕花植物の他の科 (family) のどれよりも多いことは上に述べたが、楠元守氏が台湾でこのことを調査したところ²¹⁾、やはり同様であった。このように種数の多い理由として、進化の頂点にあると言われる蘭科植物の多様性と、台湾が変化の多い地形や地質であるとともに、多様な気候帯を持つこととも関係が深いと考えられる。蘭科植物の種子は、一般に非常に小さくて沢山でき、風によく飛ばされるので相当広い範囲に散布される。このことは、現在、一般的に受け入れられている進化の要因である「隔離 (isolation)」と「選択 (selection)」が行なわれ易くなることになり、これに「突然変異 (mutation)」が加われば、進化の要因が一そろい揃ったことになる²¹⁾。

ネジバナの属する蘭科植物は植物界でも最高に進化した植物である。植物が進化するに従って花の雄蕊と雌蕊の数が減少する。このネジバナは、最も減少して、雄蕊と雌蕊が合体して、一本となっている。ネジバナは花序が螺旋状に捩れ、それに紅桃色の小花を着け、広く愛される雑草で、世界中に、特にアジアからオーストラリアまで広く分布している²²⁾。

6. 要 約

現今の中学校・高等学校の理科でさえ、そのレベルはなかなか高い。難しく、面白くない。人生の初期に早々と科学への興味と楽しみを失くさせ、「科学に対する落ちこぼれ」を早々に生み出している観がある。科学への道は楽しみを感じ、自由な発想を楽しむものである。今、世の中でも、博物学がその必要性を見直され、永い眠りから醒めようとしている。我々は博物学的研究の例として、ネジバナ (*Spiranthes*) の花序の螺旋性の観察およびネジバナの珍芸種『朝露』の体内鉍物性結晶体の分析研究をした。

我々はネジバナの花序の螺旋性の形成について研究してきた。野原に自然に生育しているネジバナの花序の螺旋性を計数したところ、右旋性 (R) の花が1,888株で左旋性 (L) の花が1,811株であり、約 1:1 の比であった (なお、螺

旋性の方向は国立遺伝学研究所所長だった故木原均博士の定義に基づく)。また、一本のネジバナ体から二本の花穂が出る姉妹花がかなりの頻度で観察され、その花序の旋向性は、二本の花とも右旋性 (RR) のものが27本、一本は右旋性でもう一本は左旋性 (RL) のものが56本、二本とも左旋性 (LL) のものが25本であり、約 1:2:1 の比であった。さらに、多姉妹花の存在も観察され、それら花序の螺旋性も同一ネジバナ体で異方向性のものが観察された。さらに、数百本の特定のネジバナ体を3年間にわたって、その花序の螺旋性を観察したところ、前年の花序と異なる花序がかなりの頻度で観察された。以上の事実から、「ネジバナの花序の螺旋性の形成は遺伝的に決定されるのではなくて、偶然の結果である」、と推定された。

ネジバナの珍芸種に『朝露』というものがある。葉や花軸の表面に無色透明なオパール状のガラス玉みたいな鉱物性結晶を形成して、逆光で見るとキラキラと輝いて、朝露のように見える。この結晶を定性分析、電子線マイクロアナライザー、高周波プラズマ発光分析によって分析した結果、カルシウムとケイ素を多量に含むことが判明した。

Summary

The spiral arrangement of flowers is found in many plants. We have been making studies on the mechanisms of spiral formation in *Spiranthes*. We have counted 1,888R- and 1,811L-spiralled inflorescences (approximately in the ratio R:L=1:1) in this plant. (hereupon, R. and L mean Right and Left, respectively). We have observed further that two spirals growing side by side in one plant showed RR-, RL- and LL-combinations in a ratio 1:2:1. So the direction of spirals is not predetermined genetically, but it is determined rather by chance.

The cells of a considerable number of plant species regularly deposit mineral substances intracellularly and/or extracellularly. All soil-grown

plants contain silicon, and in many gramineae and other monocotyledons, considerable silica is deposited in the form of “opal phytoliths ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)” or “ α -quartz”. And solid calcium compounds are deposited by many higher plants. We here found much solid silica and calcium compounds present in the form of glass bead in *Spiranthes*, a monocotyledon.

参 考 文 献

- 1) 木原 均 (1979); 『私の生物学—小さい実験』(講談社), 序文, および pp.247-253.
- 2) 石井象二郎 (1985); 『アニメ』(平凡社), pp.30-31.
- 3) 朝日新聞1989年9月19日夕刊。
- 4) 阿波野青畝 (1983); 『俳句歳時記 植物<夏>』(保育社), pp.86-87.
- 5) 尚学図書編 (1989); 『野の草の手帖』(小学館), p.130.
- 6) 李時珍原著 (1596); 白井光太郎監訳 (1930); 『国訳 本草綱目』(春陽堂), 第四分冊, pp.170-173.
- 7) 小野蘭山口授 (1847); 『重訂 本草綱目啓蒙』(白鶴園), 第8分冊 (山草) (本書には日本の山草が加えられていて分かりやすいが, 頁数を付していない)。
- 8) Koriba, K. (1914); Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, Vol. 36, Art. 3, pp.1-179.
- 9) 田代 勇司 (1989); 『ネジバナの形態と生理—自然をどう観るか』(ソルト出版), pp.34-78.
- 10) 三橋 俊治 (1988); 『自然と野性ラン』(新企画出版局), 6月号, pp.63-64.
- 11) 猪野 俊平 (1970); 『植物組織学 (Plant Histology)』(内田老鶴圃新社), pp.90-92.
- 12) 宮辺富次郎 (1937); 『植物細胞学実験法』(建文館), pp.117-128.
- 13) Hewitt, E.J. (1963); 『Plant Physiology』(ed. F.C. Steward) (Academic Press, New York), Vol. III, pp.137-360.
- 14) Epstein, E. (1965); 『Plant Biochemistry』(ed. J. Bonner & E. Varner), pp.438-466.
- 15) 木島 正夫 (1972); 『植物形態学の実験法』(広川書店), p.7 と p.125.
- 16) 宮辺富次郎 (1938); 『植物解剖学実験法』(建文館), p.16.
- 17) 宮辺富次郎 (1937); 『植物細胞学実験法』(建文館), p.117.
- 18) 森 優 (1948); 『組織化学の理論と方法』(南山堂書店), pp.36-37.
- 19) 三宅 靖人 (1989); 日本農芸化学会誌, 36巻, 8号, pp.1387-1390.
- 20) 楠元 守 (1981); 『遺伝』(裳華房), 35巻, 2号, p.48.
- 21) 楠元 守 (1981); 『遺伝』(裳華房), 35巻, 3号, p.53.
- 22) 広江美之助 (1984); 『現代雑草考』(青青社), p.142.
- 23) 西日本新聞社1989年7月8日朝刊。