

カンアオイの来た道

林 七 雄*

I はじめに

カンアオイの仲間はウマノスズクサ科に属し、東南アジアを中心として、北米、ヨーロッパに約100種が分布している。日本列島に内40種が分布し、本邦で分化した植物として知られている。これら植物の多くは日本固有種であるが、中国大陸との共通種あるいは近縁種もいくつか見られ、また、遠く離れた北米東部にも近縁種が生育している。山地を好んで、山の頂や岩場の隙間、急な傾斜地にへばりついたように生え、生命の強さを感じさせる。仲間の一つのフタバアオイは、花が古来、京都加茂神社の葵祭りや、山車の飾りとされてきたが、現在は造花に変えられた。神は天から山の頂に降り、谷を下って人々の住処に至る。カンアオイも山頂付近や、険しい山の谷川に沿って分布するため、古人が「神の使者」と考えても不思議はない。徳川家の「三葉葵の家紋」もフタバアオイの葉を図案化したものである。このように、神秘的な植物であるから、出会った者は皆、その虜になる。江戸時代（元禄の頃）、葉の斑紋のおもしろさから、鉢植え、庭の石組みや敷石の隙間に植える観葉植物として親しまれ、今日も愛好者は多い。早春に出現し、「春の女神」と呼ばれるギフチョウの食草で、根は細辛と称して漢方薬の原料として用いられるなど、あらゆる意味で興味の尽きない植物である。

* 広島大学総合科学部

II カンアオイの仲間

カンアオイは一般にカンアオイ属 (広義の *Asarum*) 1属としてまとめられているが、フタバアオイ属 (*Asarum*)、タカサゴサイシン属 (*Geotaenium*)、カンアオイ属 (*Heterotropa*)、ウスバサイシン属 (*Asiasarum*)、アメリカカンアオイ属 (*Hexastylis*) の5属に細分する考え方もある。⁽¹⁾ここでは、5属に分ける説にしたがって、日本と中国との狭い意味でのカンアオイ属を中心として話を進める。

カンアオイの仲間は世界に約100種分布し、そのうちフタバアオイ属は日本に2種、北アメリカ3種、中国に4種、ヒマラヤに1種、ヨーロッパ中部からシベリヤに1種、計11種産する。ウスバサイシン属は日本に3種、中国北部と朝鮮・カラフトに1種、計4種あり、カンアオイ属は日本、東南アジアに約70種分布する。アメリカカンアオイは北米東部および東南部に10種、タカサゴサイシン属は中国南部・台湾に2種分布している。著者は日本とアメリカのカンアオイについては5属に分ける説にしたがい、カンアオイ属に的をしぼって話を進める。

一方、中国のカンアオイは31種3変種が知られており⁽²⁾、それらはカンアオイ属1属に分類されているので、その中のカンアオイ亜属 (日本のカンアオイ属に相当する) について、日本のカンアオイ属植物と比較する。

カンアオイの特徴は、花 (正確には萼) が土中に埋もれるため、種子散布が貧弱で、分布拡大速度が一万年あたり1~10キロといわれるほど遅く、生育地の地史と深く関係しながら、地方ごとに細かく種分化している点にある。また、日本列島のカンアオイが、中国大陸や台湾に分布する近縁種と、どのような系統関係にあり、進化してきたか、興味ある問題である。

生涯にわたってカンアオイを研究された故前川先生は、その源 (発祥地) を中国南西部と推定し、そこから2600キロも離れた日本へやってきた、という夢のような話を雑誌に書いておられた。最近、菅原敬氏も、カンアオイ5属のうち4属が中国西南部 (雲南、四川省) の地域に集中し、そこで

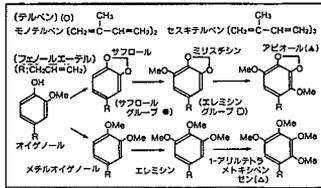
はそれらの分布が、重複していることから、そこがカンアオイの仲間の系統進化の主舞台であったとした⁽³⁾。そこで、私は、カンアオイ属植物の日本への伝播経路を、途中に分布する全種の揮発成分の分析によって、化学的に確かめることが出来ないものか、と思い立った。

Ⅲ カンアオイ精油の分析

カンアオイの精油成分研究は、福岡県英彦山のタイリンアオイから始め、佐賀県(サンヨウアオイ、ウンゼンカンアオイ)、そして長崎県平戸島(シジキカンアオイ、ウンゼンカンアオイ)と進み、南に向かって、宮崎県(マルミカンアオイ、オナガカンアオイ)、鹿児島県(キンチャクアオイ、サツマアオイ)を経て琉球列島のカンアオイへと進めた。中国大陸に最も近い琉球列島は、九州南端から、台湾に至る1200キロの太平洋上に穏やかな弧を描いて、70余の島々が連なる。ここはイリオモテヤマネコ、ヤンバルクイナ、ヤエヤマヤシ、ホシザキシヤクジョウ、といった、他では見られない珍しい動植物が分布し、東洋のガラパゴスと呼ばれる。個々の島は互いに海で隔離され、競争種の侵入が少なく、古いタイプの固有種が温存される場合がある。前川先生らの研究によれば、琉球列島には計16種14変種のカンアオイが分布し⁽⁴⁾、それぞれが個々の島に固有である。琉球列島は、台湾に近い方から、八重山諸島、宮古諸島、沖縄諸島、奄美諸島、トカラ列島、大隅諸島などからできているが、これらのうちカンアオイが分布するのは、高さが280メートル以上の島に限られ、それより低い与那国、宮古、久米、与論、沖永良部など平島には例外なく分布しない。

これら島々——大隅諸島(クワイバカンアオイ、オニカンアオイ、ムラクモアオイ、トカラカンアオイ)、奄美諸島(グスクカンアオイ、ミヤビカンアオイ、オオバカンアオイ、フジノカンアオイ、カケロマカンアオイ、ハツシマカンアオイ、トクノシマカンアオイ)、沖縄本島(ヒナカンアオイ)、八重山諸島(ヤエヤマカンアオイ、エクボサイシン、オモロカンアオイ)を直接訪ねて15種のカンアオイを採集し、精油成分を分析した。比

較のため、台湾のカンアオイ3種(オオカンアオイ, ダイトンカンアオイ, ホウライカンアオイ), また, 九州から東に向かって, 中国・四国(ミヤコアオイ, サカワサイシン, トサノアオイ, ナンカイアオイ, ホシザキカンアオイ, サンヨウアオイ), 近畿(ヒメカンアオイ, アツミカンアオイなど), 北陸(クロヒメカンアオイ, コシノカンアオイなど), 東海(カギガタカンアオイ, アマギカンアオイなど), 関東(タマノカンアオイ), 東北(ミチノクサイシンなど)のカンアオイに加えて, 中国雲南のカンアオイ2種⁽⁵⁾, 北米のアメリカカンアオイ2種の分析も行った。その結果に, 中国のカンアオイ20種の分析結果(潘, 徐ら, 1984)を加え, 東アジアにおけるカンアオイ属植物成分の地理的変異図を作り上げた。



精油成分の比較検討の前に、精油成分（二次代謝産物）の分析によって、植物の系統・進化が分かるかどうか、おさえておく必要がある。生物の体成分の化学分析により、生物の分類、系統を知ろうとする分野を、化学分類といい、二次代謝産物による植物分類の基本的な考え方を、ゴッドリーブは次のように説明している。⁽⁷⁾『遺伝情報は DNA から mRNA に転写され、さらに翻訳されて酵素タンパクが合成される。これら酵素による代謝で二次代謝産物（テルペノイド、フェノールエーテル類、フラボノイド、アルカロイドなど）が合成されるので、特定の植物群にだけ存在する特殊な成分の合成に関与する酵素は特定の遺伝子群に支配されていると考えられ、したがって DNA などの一次代謝産物と二次代謝産物には深い関係があり、二次代謝産物でも一次代謝産物と同様に生物の分類・系統が考察できる。

さて、カンアオイの二次代謝産物（精油）は水蒸気蒸留や溶媒抽出（ヘキサンやエーテルなど）で得られるが、その主要成分は、総てのカンアオイについてテルペンとフェノールエーテルと呼ばれる化合物群からなる。仮に、同じ成分を含むカンアオイを線で結んでみると、中国西南部から日本への伝播経路を推定することが出来る。

テルペン成分（○）は、モノテルペン、セスキテルペンからなるが、種の違いによる組成変化は少ない。一方、フェノールエーテル成分の組成（●, □, ▲, △）は、種によってかなり異なるので、これらの成分を、化学分類に用いる標徴成分と見なして、系統を考察することにした。テルペン成分は、植物全体に含まれており、カンアオイもこの成分を含まない種はないので、カンアオイは古くはテルペンを含み、のちに進化の過程でフェノールエーテルを含むようになったと考えられる。何れにせよカンアオイの祖先はテルペンを主成分として含み、少量のフェノールエーテルが含まれていたと推定される。6500万年前にアジアのカンアオイと分化したと考えられる北米のアメリカカンアオイ属に、すでにテルペンを主成分とするもの（ヘキサスティリス・マイナス）とフェノールエーテルを主成分

とするもの(ヘキサステリス・アリホリア)が見られ、中国大陸、台湾、日本に分布するカンアオイの組成に非常によく似ていることが推定の理由である。

IV カンアオイの化学分類

日本、台湾に分布するカンアオイ属⁽⁸⁾46種、北米のアメリカカンアオイ2種⁽⁷⁾、併せて48種のカンアオイ全草の精油を分析し、それらの精油組成を明らかにした。両属のカンアオイの精油成分は、テルペンとフェノールエーテルから成り立っており、フェノールエーテルをテルペンより多く含むものが48種中35種に達する。一方、テルペンを多く含むカンアオイは13種にすぎないので、カンアオイの主成分はフェノールエーテルである。テルペン成分は、種による特徴が少ないので全量で示した。一方、フェノールエーテルは、サフロール、エレミシン、アリルテトラメトキシベンゼン、アピオールなどの酸化度の異なる特徴的な成分があり、種によって、その組成が著しく差があるので、これら成分に着目して化学分類を行った。今回新しく得られた知見を以下に列挙する。

(1) フェノールエーテル成分のうち、分子内にメチレンジオキシ基を含むサフロール、ミリスチシン、アピオールは主としてカンアオイの葉に見い出され、根にはほとんどないので、葉で生合成されと考えられる。

(2) 海で隔離された、大隅諸島の屋久島、種子島、トカラ列島に分布するカンアオイの成分と各島の地史を比較検討することによって、フェノールエーテルの分子構造(酸化度)が時間の経過にともないどのように変化するか調べた。トカラ列島(火山島)は、今から10万年前にできた島であり、種子島は今から80万年前に出来た島である。一方、この両島の間にある屋久島はその起源は古く、すでに今から2500万年前に陸になっていた。したがって、カンアオイはまず屋久島に分布していたものが、隣の種子島やトカラ列島へ分布を広めたと考えてよかろう。屋久島には現在2種のカンアオイがあり、それらはエレミシンが主成分で、ミリスチシンを少量し

か含まないが、新しくできた島であるトカラ列島および種子島のカンアオイは、逆にミリスチシンを主成分としエレミシンを少量しか含まない。したがって、屋久島のエレミシンを主成分とするカンアオイが種子島、トカラ列島へ分布域を広める過程で（10万年～80万年の間）、その分子構造がメトキシからメチレンジオキシへ変化したと考えられる。

（3）台湾、八重山、沖縄に分布するカンアオイの精油には酸化度の高いアピオールをかなり含むが、アリルテトラメトキシベンゼンを含まない。これに対して、関東、北陸に分布するカンアオイはアリルテトラメトキシベンゼンを含むが、アピオールは含まない。このことから、沖縄のアピオールを含むカンアオイは大陸（雲南、湖南省）、台湾から東に進んで、北上したと考えられる。

（4）カンアオイ属植物中26種にはネオリグナンの一種、アサトンが含まれるが、他のフタバアオイ属、ウスバサイシン属、アメリカカンアオイ属はこのネオリグナンを含まない。ネオリグナンを含むことがカンアオイ属の特徴の一つと考えられる。ネオリグナンやリグナンを含むことは、木本の特徴であり、カンアオイ属は他の属が草本的であるのに対して、未だに木本的な性質を持っていると考えられる。

（5）染色体の倍数性とカンアオイの化学成分との関係を調べるため、北陸産のコシノカンアオイ（ $2n=48$ 、倍数体）と近くに分布するクロヒメカンアオイ（ $2n=24$ 、二倍体）の精油成分を比較した。地上部の精油組成を調べると、コシノカンアオイでは、エレミシン、シネオールが主成分であるが、クロヒメカンアオイはミリスチシン、アサリシン、ペンタデカンなどが主成分であり、精油組成がかなり違っていた。この成分の違いが、染色体の倍数性によるのかどうか明らかでない。一方、根の成分は両種ともかなりエレミシンとアリルテトラメトキシベンゼンを含み、その精油組成はよく似ていた。

（6）次に、染色体数の変化が化学成分にどんな影響があるか、北米のアメリカカンアオイ属（ $2n=26$ ）のアリホリアおよびマイナスと日本産の

カンアオイ属 ($2n=24$) について、その精油組成を比較した。アメリカカンアオイ属もその精油はフェノールエーテルとテルペン成分からできているが、フェノールエーテル成分ではメチルオイゲノールがやや多いくらいで、他の成分はよく似ている。したがって、染色体数の変化は精油成分にあまり影響はないと考える。

(7) カンアオイの花は花卉が退化して、ガクだけになっているものが多い。ところが、オナガカンアオイなどには花卉が少し残っていて、古い形質を残している。その精油成分はテルペンがほとんどで、少量のフェノールエーテルを含む。したがって、カンアオイはかつて、テルペンを主成分としていたと推定される。また、形態的に新しいと考えられているコシノカンアオイにはフェノールエーテルが多く含まれていることから、精油成分の進化の方向は、テルペンからフェノールエーテルへと推定できる。

(8) 自然交雑で生じたと考えられるウサマカンアオイ (ウンゼンカンアオイ×サンヨウアオイ) とノムラカンアオイ (タイリンアオイ×サンヨウアオイ) の精油成分を分析したところ、両親はもとより、カンアオイ属にはほとんど含まれていないメチルオイゲノールを多量に含むことが分かった。交雑して新しく生じたこれらカンアオイはフタバアオイ属に含まれるメチルオイゲノールを新しく生合成をするようになったと考えられる。

(9) サフロールを多量に含むカンアオイが九州に数種分布するが、タイリンアオイは九州以東へは山口県までしか分布を広げていない。このタイリンアオイは渡来してからまだ日が浅いと推定できる。このように新しい種にフェノールエーテル成分のサフロールが多量に含まれていることから、フェノールエーテル成分ではサフロールが進化の頂点にあると推定される。

V ヒメカンアオイの地理的変異

ヒメカンアオイの仲間はその形態が地域により異なることが知られており、一部の専門家以外は、同定が困難とされているため、誤って同定され

る場合が多い。そこでヒメカンアオイを含めて、ヒメカンアオイの仲間の精油成分を分析し、その成分に基づいて、分類、系統を考察する。

ヒメカンアオイの仲間の分布は広く、西は広島から、北は青森県まで及んでいる。まず、種内および種間の精油成分による比較が可能かどうか知るため（化学分類が出来るかどうか）、ヒメカンアオイ精油の個体、各種器官、年齢、季節による差を検討した。その結果、個体差は数パーセント以下であった。また、器官、年齢および季節による組成の差は幾分認められたが、採集する季節、年齢、調べる器官を一定にすれば、十分精油の比較は可能であることが分かった。

そこで、まず、ヒメカンアオイの分布地を網羅する12地点で採集し、それら成分の地理的変異を調べたほか、ヒメカンアオイの仲間8種の精油成分を調べて、ヒメカンアオイのそれと比較し、ヒメカンアオイの分類と系統を考察した。ヒメカンアオイの仲間の地上部（茎と葉）と地下部（根）精油の組成は異なっていたが、地下部の組成は、種内や種間でほとんど変化がなかったので、違いの大きい地上部の精油組成のみを比較検討した。まず、ヒメカンアオイ精油の地理的変異を調べた。12地域のヒメカンアオイの組成を比較し、その特徴的成分を用いて多変量解析を行い、組成の類似性を示した樹系図（デンドログラム）を作成した。この樹系図から、ヒメカンアオイは精油成分から、2つの大きなグループに分けられる。一つのグループは、鳥取、岡山、兵庫、京都、長野（飯田）、岐阜（高山）および静岡（湖西）産のカンアオイで、ミリスチシンを主成分として互によく似ている。一方、三重、長野（大桑）、岐阜（恵那）および富山産のヒメカンアオイはサフロール、エレミシン、 n -ペンタデカンが主要成分で、前者とは異なることが明らかとなった。⁽⁹⁾

次に、ヒメカンアオイの仲間9種（ヒメカンアオイ、クロヒメカンアオイ、コシノカンアオイ、イワタカンアオイ、ゼニバサイシン、セノビカンアオイ、ソノウサイシン、ミヤマアオイ、ミチノクサイシン）の地上部の精油成分を、多変量解析により、それら成分の類似性を調べた。おおよそ

2つのグループに分けられる。北陸に分布するクロヒメカンアオイとコシノカンアオイは非常によく似ている。これにヒメカンアオイ（京都産）とイワタカンアオイ（静岡産）が似ていて一つのグループを作り、他方、中部地方に分布するゼニバサイシンとセノビカンアオイ、ミヤマアオイとミチノクサイシン（東北地方に分布）はよく似ていて一つのグループを作っている。

そこで、この化学分類で得られた結果と、植物分類と比較したところ、両者はよく似ており、ヒメカンアオイの仲間の分類、系統が、形態ばかりでなく精油成分で解明する手がかりが得られた。化学分類によると、セノビカンアオイとゼニバサイシンはヒメカンアオイよりミチノクサイシンに類似していることが明らかになった。

VI カンアオイの来た道

カンアオイの精油組成の地理的变化と、琉球列島や日本列島の地史（島の成立年代、海退や海進による大陸との陸続きの有無）を参考にして、カンアオイがその源の中国西南部からどのような道筋で日本に来たかを考えてみよう。

中国のカンアオイの多くは長江（揚子江）とその支流に沿って分布し、黄河以南にしか分布しない。長江の上流（四川、雲南省）で生まれたカンアオイは、川の流れて沿って、湖北省、安徽省、江蘇省を通り河口に至る。したがって、その分布拡大も、川の流れて助けられた場合には一万年に1～10キロより相当早い時もあったろう。図から分かるように、中国四川省のカンアオイはサフロール（●）やエレミシン（□）を多く含む。一方、雲南省のものは、サフロール、エレミシンを主成分として含むほか、アピオール（▲）を多量に含むものが認められた。テルペン（○）を主成分として含んでいたのは、長江に沿って湖北省、安徽省に分布するものであった。サフロールを含むカンアオイは四川省および雲南省北部に発し、湖北省、江西省を通り、長江河口から九州に侵入したように思える。また、特

微的な成分であるアピオール (▲) を含むカンアオイは、中国大陸では南部の雲南省 (紅金耳杯) や湖南省 (五令細心) などにしか認められないので、これは大陸から、台湾 (オオカンアオイ) をへて、琉球列島 (エクボサイシン、ヤエヤマカンアオイ、ヒナカンアオイ) など東に分布を広めたと思われる。本州のカンアオイは東に向かうほど酸化度の高いアリルテトラメトキシベンゼン (△) 分子が主成分となっている。これらの結果を踏まえて、次にカンアオイが日本に伝播したルートとその時期を地史と精油組成から推定してみた。

まず、琉球列島経由の道であるが、古地図からすると、日本列島が中国大陸と初めて地続きになったのは今から1000万年前のようで、この時大陸から、台湾、琉球列島、九州と陸続きになり、侵入したカンアオイがあった。このカンアオイはすでに、テルペンを主成分とするカンアオイと、フェノールエーテルを主成分とする2種のカンアオイがあったろう。現在、その足跡は、テルペン主成分のカンアオイとして、九州のキンチャクアオイ、オナガカンアオイ、四国のホシザキカンアオイ、サカワサイシンに認められる。また、特徴的なフェノールエーテル (▲) を含むものはヒナカンアオイ、ヤエヤマカンアオイ、エクボサイシンに現在認められる。

800~200万年前になって、大陸との陸続きが壊れ、台湾、八重山・宮古、沖縄・奄美、大隅・九州・本州と大きく4つの島に分離した時代があった。九州は朝鮮と陸続きではあったが、カンアオイ属は黄河以南にしか現在分布しないので、黄河以北の朝鮮からこの時代侵入したとは考えにくい。また、この時代、島々でカンアオイは隔離され、島ごとの固有化が始まったようである。

さらに100~50万年前になると、琉球列島は再び大陸と陸続きになり、台湾から奄美大島まで細い陸橋で繋がったらしい。しかし、大隅諸島や九州とは既にトカラ海峡で隔離されていた。この時期に台湾経由で新しいカンアオイが大陸から入ってきて、旧来からのカンアオイと交雑したかも知れないが、屋久島・種子島以北のカンアオイとは、深いトカラ海峡で隔た

れていたもので、琉球のカンアオイと交流はなかったと思われる。一方、長江に沿って、九州に新しくサフロールを主成分とするカンアオイが陸伝いに侵入してきたのは、約10万年前のことと考えられる。タイリニアオイ、サツマアオイおよびマルミカンアオイがこれに当る。侵入の時期が新しいので、九州以東では、一部が山口県中部（タイリニアオイ）まで分布を広げているにすぎない。

結局、私はカンアオイの来た道として、(1) 日本が1000万年前に初めて大陸と陸続きになった時に、東進してきたカンアオイがその後島々で隔離されて特殊化した、(2) その後の地殻の変動により、また陸続きになった時に、新しく長江に沿って分布を広めてきたカンアオイが大陸からダイレクトに九州方面に侵入した——を推定するに至った。九州に侵入したカンアオイは、さらに精油成分を変化させながら東に進み、ヒメカンアオイ→クロヒメカンアオイ→コシノカンアオイ→ミチノクサイシンと進化し、より酸化度の高いフェノールエーテル (Δ) を生じるようになった。

中国生まれのカンアオイは、何百万年の間に少しづつ陸伝いに雲南より日本にやってきた。途中、海で隔離されて固有化したり、又陸続きになったり……。その伝播経路を「化学のこぼれ」が語る。もっとはるかな昔に別れたアメリカカンアオイも故郷からはるか一万数千キロの彼方で、同じようなルーツを語りかけてくれる。カンアオイという植物が、ますます魅力あるものに感じられる瞬間である。

引用文献

- (1) Maekawa, F. (1953) Geohistorical distribution of East Asiatic Asaraceae. Proc. VII Pacif. Sci. Congr. (Wellington), 5, 217-219. 前川文夫 (1972) カンアオイ類の覚え書き (1), 植物と自然, 6 (4), 7~12.
- (2) Ching-yung cheng, Chun-shu yan (1983) A synopsis of the Chinese species of *Asarum* (Aristolochiaceae), J. Arnold Arboretum, 64, 565-597.
- (3) 菅原 敬 (1989) カンアオイの仲間と分布, 日本の生物, 3 (8), 38~43.

- (4) 湯浅浩史, 前川文夫 (1976) 南西諸島産カンアオイ類の染色体, 染色体Ⅱ-Ⅰ, 8~18.
- (5) Hayashi, N., Ding, J., Ding, Z., Chen, Z., Yi, Y. and Komae, H. (1990) Volatile components of the essential oils of four Chinese species in the genus *Asarum* (Aristolochiaceae), *Z. Naturforsch.* **45c**, 32-36.
- (6) Hayashi, N., Maeshima, K., and Komae, H. (1981) Phenol ethers of three North America *Hexastylis* species, *Phytochemistry* **22**, 299.
- (7) Otto R. Gottlieb (1982) *Micromolecular evolution, systematics and ecology*, Springer-Verlag, New York, 1982.
- (8) Hayashi, N., Maeshima, K., Murakami, T. and Komae, H. (1984) Chemosystematics of Japanese *Heterotropa*, *Z. Naturforsch.* **39c**, 705-709.
- (9) Hayashi, N., Sugiyama, Y., Yasuda, S. and Komae, H. (1988) On the components of *Heterotropa takaoi* and related species (Aristolochiaceae), *Z. Naturforsch.*, **43c**, 341-350.