

アレロパシー研究の最前線

農業環境技術研究所・化学生態ユニット 藤井義晴

yfujii@affrc.go.jp

1. アレロパシーとは

アレロパシーの定義：

アレロパシー(Allelopathy)は、東北大学植物生理学講座の初代教授H・モーリッシュが、オーストリアに帰国後「アレロパシー」(1937)という本を出版してこの概念を発表した¹⁾。ギリシャ語の(お互いの)と(あるものの身にふりかかるもの)を合成して作られた。原義は「植物が放出する化学物質が他の生物に阻害的あるいは促進的な何らかの作用を及ぼす現象」を意味する。

千葉大学の沼田真教授は、アレロパシーを他感作用、作用物質を他感物質と名付けて紹介し、セイタカアワダチソウのアレロパシーに関する研究を行い、特定植物が優占する原因の一部が他感作用であると報告²⁾。アレロパシーは光や養分の競合などと区別しにくく、これらと比べて寄与率は小さいが、特定の場合には重要な役割を果たしていると考えられている。広義には、昆虫や小動物に対する作用も含める。作用する化学物質を他感物質(Allelochemicals)と呼ぶ。一般に阻害作用が顕著に現れることが多いが、促進作用も含む概念である。

促進も含む広義のアレロパシーの定義：

アレロパシーは通常、阻害作用が顕著であるが、促進作用も含む概念である。最近の研究は、昆虫・微生物・動物に対する作用に拡大し「生物が同一個体外に放出する化学物質が、同種の生物を含む他の生物個体における、発生、生育、行動、栄養状態、健康状態、繁殖力、個体数、あるいはこれらの要因となる生理・生化学的機構に対して、何らかの作用や変化を引き起こす現象」を意味する³⁾。

アレロパシーの限定性：

アレロパシーの本質は、個々の現象が様々な条件下で限定されたものであり、常にアレロパシーを表すような植物はないことにある。アレロパシーは特定の現象をさすのではなく、多様な現象の総称である。その作用は、特定の物質(単一のこともあるが複合のことが多い)が、特定の植物の条件(開花期とか、生育初期とか)下で、特定の作用経路(根からの滲出、葉からの揮散、葉や残渣からの溶脱など)を経て、特定の環境条件(土壌構成要素、微生物などの生物的要素、光や養分・水分条件、気象条件など)下で、特定の生理作用(阻害、促進、あるいはなんらかの変化)を引き起こす現象であり、植物種によっては全く作用しないこともある。

アレロパシーの進化上の意義と二次代謝物質：

二次代謝物質として知られる、植物に特異的に存在するアルカロイドやサポニンやフラボノイド等の物質は、従来、「老廃物」もしくは「貯蔵物質」と考えられてきた。それで、生命維持に必要な不可欠の物質を「一次代謝物質」と呼ぶのに対して、特定の植物にのみ存在し、生命維持に直接関与しない物質を「二次代謝物質」と呼ぶ。二次代謝物質は植物にのみ存在し、既に1万種類以上知られている。これらの物質の中には、生薬、毒薬、麻薬などに利用されてきたものもあるが、植物自身にとっての存在意義は不明であった。近年、「二次代謝物質は植物の進化の過程で偶然に生成し、他の昆虫・微生物・植物等から身を守ったり、何らかの化学交信や情報伝達を行う手段として有利に働いた場合に、その植物が生き残ってきた」とするアレロパシー仮説が提唱され、進化上の意義が有力になっている。従って、アレロパシーは皆殺し的な現象ではなく、一属一種的な古い植物、生長が遅い植物や弱い植物が生き残ってきた要因の一つであり、むしろ生物多様性を高める要因であったと推定されている。

フィトンチッド：

「フィトンチッド」は、ロシアの植物生理学者トーキンによって提唱され、アレロパシーと同義語であるが、主に植物の揮発性物質が微生物に及ぼす影響が研究された。神山恵三によって日本に紹介され、森林浴の理論的根拠となった⁴⁾。主としてロシア語で論文が発表されたため、英語圏ではアレロパシーが一般的。著者らは、立毛中の作物や雑草から放出される揮発性物質を捕集・同定する研究を行い、環境大気中に含まれる植物由来揮発性物質は、一般に5~40ppm、花の近傍など特殊な場合には50~1200ppmであることを明らかにした。植物の揮発性物質は、農林水産業の持つ食糧生産以外の重要な因子である⁵⁾。

2. アレロパシーの特異性・作用経路と生物多様性

どんな植物に対しても常にアレロパシーを示す植物はない。特異性がアレロパシーの本質。この特性を利用し、雑草を抑制し作物には害を与えないアレロパシー利用が効果的。他感作用は皆殺し現象ではなく、むしろ、生物多様性を豊かにすると推定される。アレロパシーの作用経路は、1)葉などから揮発性物質として揮散(volatilization)、2)生葉あるいは植物体残渣や落葉等から雨や霧滴などによって溶脱(leaching)、3)根など地下部からの滲出(exudation)。根からの滲出と葉からの溶脱は、雑草害や共栄作用に、落葉や残渣からの溶脱は、マルチによる生育障害に、揮発性物質は、昆虫や微生物に対する影響が重要と考えられる。

3. アレロパシーの証明法

通常、植物間の相互作用においては、光の競合や養分・水分の競合の寄与が大きく、アレロパシーと識別することが難しい。しかし、アレロパシーを実証するためには、識別手法が重要である。

植物の根や葉由来の物質によるアレロパシーを証明する手法として、圃場試験では置換栽培法(Substitutive design: 栽植密度を一定にして栽植割合を変化させる混植法)、ガラス室試験では階段栽培法、無影日長栽培法、根滲出液循環栽培法(XAD-4樹脂等のカラムを循環液接続部に入れることで、根から滲出される物質による作用を検定する方法)などが、実験室規模の検定・実証法として、生きている植物の葉から出る揮発性物質を分析する常温吸着法、根から出る物質を検定するプラントボックス法、葉から出る物質を検出するサンドイッチ法を開発した⁹⁾。現在までに400種類2000品種の植物を検索した。

4. 農業への利用

被覆作物の利用:

アレロパシーを持つ植物を被覆作物(カバークロープ cover crop)として、果樹・野菜等の栽培時の雑草防除に利用する。これに利用することができる植物としてヘアリーベッチ、コモンベッチ、ムクナ、アルファルファ、クローバ類、ムギ類などが有望である。とくにヘアリーベッチは強い被覆力と土地を選ばぬ生育力に加えてアレロパシー効果を持つこと、秋まきが可能なため、春から初夏の雑草を抑制することから、最も実用性が高い植物である。緑肥作物は、化学肥料を節約する効果も期待できる。

水田畔の雑草抑制は、高齢化の進む中山間地で重要な問題になっている。そこで、畔に植え込むだけで雑草を抑制し、除草回数を減らすことが可能なアレロパシー植物が有望である。ワイルドフラワーや地被作物・薬草などの中にも活性の強いものがあり、ヒガンバナ、ハナビシソウ、マツバギク等が有望である。

敷きわらの利用:

アレロパシー活性の強い植物のわらや枯れ葉をシキワラ(マルチ)として利用する。これらは播磨風土記にも記載があるほど古くから主に肥料成分を期待して行われてきた農法であるが、アレロパシーの観点からも再評価できる。光の遮蔽効果に、他感物質による雑草や病害虫抑制効果を加味した敷きわらが有効である。コムギ、ライムギ、レモングラス、レモンユカリ、アカマツ、アシなどが特に有効である。

混植栽培とアレロパシー:

混植は大規模な機械農法では難しいかもしれないが、土地の有効利用、エネルギーと資源の節約に加えて、アレロパシーによる雑草や病害虫防除効果を加味して、連作障害や雑草害を緩和する農法として有効である。

アレロパシー物質を作物に導入する:

アレロパシー能の高い植物(野生種、近縁種)の他感物質を生成する遺伝子を栽培品種に導入することにより、雑草や病害虫に強い作物の創出が期待される。従来の育種手法に加えて、遺伝子組換えの手法が考えられるが、新たに有害な他感物質が出現しないように事前に十分なチェックが必要であろう。

安全性の高い新農薬の開発:

アレロパシー植物の有効成分を直接雑草や病害虫防除に用いたり、これを基に、安全性が高い新規な農薬を開発することも考えられる。天然物の中には、人間や環境に影響が少なく、有害な雑草にのみ作用する未知の他感物質が存在する可能性がある。特にアフリカやアマゾン、東南アジア等には未知の生理活性物質を含む未知の植物が数多く存在するので、これらの探索研究が期待される。また薬草類は天然生理活性物質の宝庫であり、既にヒトに対する薬理効果が調査されたものが多いので、このような植物由来の生理活性物質からの安全性の高い農薬の開発が期待される。

5. 具体的なアレロパシー植物の紹介と農業への利用法の紹介

ムクナのアレロパシー：

マメ科植物ムクナ (*Mucuna pruriens*) はブラジルの圃場で雑草の生育を抑制することが知られていた。藤井ら(1994)は、その作用の識別と作用物質を研究し、ムクナの生葉や根の中に生体重の1%にも達する多量に含まれる特殊なアミノ酸L-3,4-ジヒドロキシフェニルアラニン(L-DOPA、ドーパ)が他感物質であることを明らかにした⁷⁾。ドーパは、キク科やナデシコ科雑草の生育を5~50ppmの低濃度で阻害するが、トウモロコシやソルガムなどのイネ科植物には影響が小さい。ブラジルではムクナをトウモロコシ等のイネ科作物と混植したとき、雑草は抑制するが、作物は阻害せず、収量を上げる混植農法が行われている。ドーパは雑草を完全に枯らすほどの効果はなく、土壌中では不安定で速やかに分解されて腐植成分に取り込まれ、後作に影響を残さない。なお、ドーパは、ヒトの脳内の神経伝達物質であるドーパミンやホルモンであるアドレナリンの前駆体であり、人間においても植物においても情報伝達に役立つことは興味深い。

同様の異種アミノ酸として、オジギソウ、ギンネムからミモシンが、ナタマメからカナバニンが報告されアレロパシーに関与することが示唆されている。ミモシンはドーパと構造が類似しており、カナバニンはアルギニンの類縁体で、正常なアミノ酸代謝を乱す可能性が指摘されている。

イネのアレロパシー：

従来のイネ育種は、良食味、耐病性、高収量などを目的に行われ、耐雑草性を目的とした育種は皆無であった。近年、環境への影響と省力化の観点から、イネ自身の力で雑草を抑制する研究が始まっている。

藤井らは、プラントボックス法によってイネのアレロパシー活性を検索した結果、概して近代の栽培種の活性は低く、野生種、在来品種の中に、活性の強いものを検出した。特に赤米系統の活性が強かった。アレロパシーの検定結果と圃場での効果は必ずしも一致しないが、阿波赤米、コウケツモチなどは圃場でも雑草抑制作用を示した。アメリカ合衆国農務省の国立イネ遺伝資源センターや、国際イネ研究所(IRRI)でもイネのアレロパシーに関する研究が行われている。

ヘアリーベッチのアレロパシー：

ヘアリーベッチ (*Vicia villosa*) はムクナに近縁のマメ科ソラマメ属の植物で、牧草として欧米で利用されている。ムクナが霜に当たると枯れるのに対し、越冬が可能な越年生の草本である。秋播きで春先の雑草を完全に抑制。休耕地・耕作放棄地を管理し、再復元できる技術として有望⁸⁾である。

生物検定でヘアリーベッチに強いアレロパシーを検出した¹³⁾。ヘアリーベッチの他感物質として、シアナミド(Cyanamide)を同定した¹⁴⁾。この物質は合成窒素肥料である石灰窒素の有効成分として既知であるが、生物に含まれることを見いだしたのは世界初である。ヘアリーベッチは現地圃場でも雑草抑制作用が強く、緑肥効果と土壌保全効果も期待できる。またこれまでの調査では雑草化のおそれも少ない。

ヘアリーベッチによる畑・果樹園の雑草抑制：

ヘアリーベッチは、秋まきで春先~初夏に圃場を全面被覆して雑草を完璧に抑制し、開花後一斉に枯れて敷きわら状になる。10アールあたり10~25kgの窒素固定をして緑肥としての利益もある。また、花外蜜腺を持ちテントウムシを集めて生物相を多様に害虫密度を下げる。蜜源ともなる。これらの特性から、果樹園の下草管理や休耕地・耕作放棄地の雑草管理に最適である。

ヘアリーベッチは休耕地や耕作放棄地の管理に適している。ヘアリーベッチは10aあたり3~4kgの播種量で、寒地では9月下旬~10月、暖地では11月頃までに播種すると、ほぼ年間雑草を管理出来る。ヘアリーベッチは開花後一斉に枯れて敷きわら状になるので、刈り取りの必要がなく、省力的である。枯れ跡から徐々に雑草が発生し、ギンギシ、メヒシバ等の発生が見られることがある。ただしヘアリーベッチの他感物質はイネ科植物に効きにくいので、イネやトウモロコシと共栄関係にあるが、メヒシバ等のイネ科雑草に注意する必要がある。

ヘアリーベッチはカキ・ナシ・ウメ・ミカンなどの果樹園の草生栽培に利用可能である。ベッチの被覆は裸地に比べ夏期・昼間の地温上昇を約2℃抑え、夜間・冬季の低温を緩和する傾向がある。また、降雨後の土壌水分を保持する能力がある。また、枯れた残さをスイカや露地メロン、カボチャ等の敷きわら替わりに利用することが考えられる。

ヘアリーベッチによる水田の雑草抑制：

1992年春に四国農業試験場において、ヘアリーベッチ不耕起栽培による稲作を考案し、水田圃場で栽培試

験を開始した。この農法は、愛媛大学の日鷹一雅助教授らや有機稲作研究所の米倉賢一氏によって追試された。農環研において1996年から試験を再開し、2001年から当時新潟大学大学院生であった堀元栄枝氏が荒木肇教授の下での博士論文の一環として参画され、研究が進んだ¹⁵⁻¹⁸⁾。また、長崎県総合農林試験場において、2000年~2002年にかけて実施された「水稻の環境保全型直播栽培技術の確立」の中でヘアリーベッチの導入が検討され、機械化すれば実用化が期待されると報告され、企業で不耕起播種機が開発中と聞いている。まだ技術の完全な確立には至っていないが、今後のさらに研究を進める必要がある。

ヒガンバナのアレロパシー：

ヒガンバナは、ご先祖がある「意図」を持って水田の畦畔や墓場に植えられた「草」であるが、今ではその意味が忘れられている。わが国のヒガンバナは3倍体で、花は咲いても種子ができず、人間が広めたもので、縄文時代（一説には鎌倉時代）に中国大陸から持ち込まれたものとされている。ヒガンバナの全草、とくに球根（鱗茎）にはリコリン(Lycorine)という猛毒のアルカロイド（神経毒）が含まれている。このために、水田畦畔でネズミやモグラが穴を開けるのを防ぐために栽培されていたと思われる。これは、広い意味でのアレロパシーであり、飢饉の時には鱗茎を掘り上げ、有毒アルカロイドを水洗して除去した後、約30%も含まれるデンプンを食用にしていた。江戸時代の大飢饉のときに東北地方では市場で売買されたとの記録がある。しかし、ヒガンバナは、近年めっきり姿を消している。ヒガンバナはご先祖が畦畔と命を守る目的で植えていた草であり、人の管理なしには維持できないからであろう。稲刈り時に真っ赤に咲くヒガンバナは黄金色の稲穂に映えてまことに美しい。畦畔の強化、景観形成、雑草抑制、非常食糧という多面的な機能を持つヒガンバナの復活が望まれる。ヒガンバナの株分け、定植には6~7月あるいは11~12月が適している。株間は20cm程度。繁殖力は旺盛であるが、畦畔を埋め尽くすまでは適時除草と管理が必要である。

ソバのアレロパシー：

ソバが雑草との競合に強いことは経験的に知られていた。ソバによる雑草抑制作用は、生長速度が早く葉を広げて雑草を日陰にする効果と、養分吸収力の強さによるところが大きい。他感作用も関与している。宮崎安貞は江戸時代に著書「農業全書」の中で、「ソバはあくが強く、雑草の根はこれと接触して枯れる」との記載し、他感作用を見破っている。また、宮崎大学の続栄治教授らはソバの他感作用を研究され、更に宿根ソバの活性が強いことを報告している。農環研では、ソバ類の他感作用の研究を行い、ソバとダツタンソバ（ニガソバ）に強い他感作用があることを確認し、その他感物質として、多量に含まれるルチン、没食子酸、カテキン、およびファゴミン等の特有のアルカロイドを同定した。ソバ食は日本独自の食文化であるが、現在の自給率は20%程度しかない。復活・普及が望まれる。

雑穀のアレロパシー：

アワ、ヒエ、キビ等は雑穀と呼ばれ、イネや麦に比べて低い地位にある。しかし世界の特定地域で伝統的に利用され再評価が期待される。雑穀は、地域性のため、品種改良も進んでいないが、一般に干ばつや冷害に強く、やせた土地で栽培でき、病害虫・雑草抵抗性で、貯蔵性があり長期保存できることが多い。酒の原料になることもある。農環研では、植物の雑草抵抗性因子の一つであるアレロパシーの検索を行ってきたが、雑穀は強い活性を示すことが多く、特にアワ・ヒエ・コウリヤンの活性が強かった。これらは、有機農業での栽培も期待される。雑草は、「未だ利用法が知られていない植物」であり、作物は本来雑草から選抜したものである。たとえば、アワはエノコログサから栽培化され、両者は簡単に雑種「オオエノコロ」ができる。昔アワを栽培していた地域にはこの巨大なエノコログサが生えていることがある。キビは干ばつに強く、ヒエは「冷え」で冷害に強い救荒作物であるが、イヌビエは雑草である。日本では強害雑草のメヒシバも、近縁種フォニオは西アフリカで、ライシャンはインドで重要な穀物である。テフはカゼクサやシナダレスズメガヤの仲間であるが、エチオピアの主食である。トウジンビエはチカラシバの近縁で、インド大陸でバジラと呼ばれ、チャパティを作る。雑穀は、今は米アレルギーの代替食に利用されるくらいだが、栄養価も高く、米麦以上の主食になるかもしれない。

サツマイモ類のアレロパシー：

サツマイモが属するヒルガオ科イポメア属は600種からなり、その起源はメキシコ周辺の中央アメリカである。サツマイモ類は多くの生理活性物質を含んでいる。例えば、麦角アルカロイドを含み、先住民により幻覚剤として用いられていた種もある。植物体を傷つけたときに分泌される白い乳液状ヤニ成分に、下剤、抗癌剤、抗生物質が報告されている。サツマイモの近縁種 *Ipomoea tricolor* (日本でも園芸店で入手可能) に強い他感物質が含まれることが報告されている。メキシコではこの植物をサトウキビの被覆作物として栽

培すると、2～3ヶ月で雑草をすべて駆逐するという。他感物質はトリコロリンAと同定されている。

水田転作・休耕水田に栽培される中国野菜のヨウサイ、別名「空心菜」あるいは「アサガオナ」もサツマイモの仲間である。イネと同様に湛水状態でも生育し、東南アジアでは水辺に雑草化しており、「食べられる有益な雑草」と呼ばれている。この植物も雑草抑制力が強く、植物体や種子にクマリン類を含んでいる。

サツマイモ自身も驚異の作物である。江戸時代に青木昆陽らにより救荒食糧として広められた。イモ・茎・種子のいずれからも再生し、土地を選ばず短時間で収穫できることから世界各地で食糧難を救った。雑草に強く、農薬や肥料をほとんど使わず栽培できること、その驚異の生産力から、宇宙船内や火星などでの食糧としての利用が検討されている。

インカの植物とアレロパシー：

ヤムビーンは、中央アメリカのインカ文明が起源のマメ科植物で、マメ科なのに地下に重さ約1キログラムのイモができる。現在は東南アジアに広まっている。このイモは澱粉に富み、生食も可能である。

ヤムビーンはメキシコではヒカマあるいはアヒパとよばれ、アメリカ合衆国ではヤムビーンと呼ばれ、キロあたり2～3ドルで自然食品店で販売されている。フィリピンにはスペイン人が持ち込んだと思われ、シンカマスと呼ばれている。わが国では、葉がクズ(葛)に似ているので、クズイモと命名されているが、「イモのクズ」と誤解されそう。それで高知大学の前田先生は「トロピカル・ポテト」と命名され四国で普及を呼びかけられたが、まだあまり普及していない。

ヤムビーンは、日本の西南暖地では夏から秋に圃場を全面被覆して雑草をほぼ完璧に抑制し、除草剤・殺虫剤等を必要としない。その理由は葉や種子に含まれる殺虫成分ロテノン(Rotene)による。ロテノン含有量は葉で0.1%、種子では0.7%に達し、有害である。しかしイモにはロテノンが含まれず、食用になる。短冊状に切ってサラダとしたり、煮たり、フライドポテト状に加工することも可能である。同じインカの作物であるジャガイモはヨーロッパから世界に広がって重要な食糧となった。今後、ヤムビーンが普及すると、世界の歴史に影響を与えるかもしれない。インカには、ヤムビーン以外にオカ、ヤーコン、マシュア、ウルコ、マウーカなどの珍しいイモ作物がある。これらの作物のアレロパシー面の解明と新たな食糧としての導入に関する研究が期待される。

熱帯原産の植物から新たな生理活性物質の発見：

アレロパシーの研究から、新たな生理活性物質の発見が期待される。特にアフリカや中南米、東南アジアの熱帯雨林は生物多様性に富み、未知の生理活性物質を含む未知の植物が数多く存在している。これまでに、アマゾンのアカネ科の樹木デュロシア、メキシコのヒルガオ科植物イボメア・トリカラー、東南アジアのデリスやタマリンドなどのマメ科植物に強いアレロパシーが検出されている。農環研では京都大学の協力により、東南アジアで強害雑草となっている水田雑草ナガボノウルシ(*Sphenoclea zeylanica*)から、ジチオラン構造を持つ珍しいチオスルフィネートを同定し、Zeylanoxide と命名した。また、小灌木として植栽されるタイワンレンギョウ(*Duranta repens*)の他感物質として新規なトリテルペノイドサポニンを単離した。

ムギ類のアレロパシー：

オオムギ、コムギ、ライムギなどのムギ類は雑草に強い(制圧作用)ことが知られていた。オオムギの他感物質として、アルカロイドのグラミンが報告されている。グラミンはハコベに対する阻害が強く、10ppm(6X10⁻⁵mol/l)で生育を80%阻害するが、ナズナやタバコに対しては阻害が弱まり、コムギには全く影響しない。このように植物によって植物によって感受性が異なり、選択性があることはアレロパシーの特徴の一つである。

パトナムら(1979)は、枯死した作物残渣を圃場に被覆したところ、コムギの場合、76～88%雑草を減少させることができ、ライムギでも同程度の効果があったが、エンバクや春処理のライムギでは効果がなかったと報告している。ライムギから、-フェニル酢酸と-ヒドロキシ酪酸が分離・同定され、シロザやアオゲイトウの根の伸長阻害作用を持つことが報告されている(シーリング、1986)。また、ペレスとニーマイヤー(1995)は、コムギ、ライムギに含まれるDIBOAやDIMBOAなどのヒドロキサム酸誘導体がアレロパシーへ関与していると報告している。ヒドロキサム酸は、カビなどの病害に対する抵抗性物質として60年以上前にムギ類から見出された二次代謝物質である。最近の研究で、これらのヒドロキサム酸誘導体は、昆虫抵抗性、病害抵抗性のみならず、雑草抑制効果も報告されるようになった。その植物阻害作用は、双子葉類に顕著であるが、自分自身には全く阻害作用がない。これを利用して、コムギやライムギを天然の除草剤とする提案がなされ、アメリカ合衆国の一部では雑草抑制剤に利用されている。

ムギナデシコの生長促進物質：

ユーゴスラビアの研究者ガジック(1973)によれば、ムギナデシコ(*Agrostemma githago*)の生産するアグロステミン(agrostemin)は、広葉の草本植物に対する毒性が強いが、単子葉植物には生育促進作用があり、1haあたり1.2gの施用で草体の生産を増大させることができたという。作用物質には植物ホルモンも含まれるとされているが、その本体は明らかではない。

寄生植物ストリガの発芽促進物質：

アフリカやアメリカでイネ科作物に寄生して収量を下げる雑草であるストリガの発芽は、宿主であるトウモロコシなどの根から分泌される物質ストリゴール(Strigol)によって10⁻¹⁰~10⁻¹⁵mol/l という低濃度で促進されることが明らかにされている。ナンバングセルとススキの間でも同様の物質が作用していることが竹内ら(1999)によって解明されている。これらは宿主と寄生植物間の促進的なアレロパシーとして興味深い。

薬草類のアレロパシー：

アレロパシー植物を広く作物、雑草、野草などから検索した結果、オキナグサ、ヨウシュヤマゴボウ、ドクダミ等、毒草や薬用植物として知られたものの活性が強かった。中でもキンポウゲ科のオキナグサとセンニンソウの他感物質はプロトアネモニン(protoanemonin)であり、植物の生育阻害のみならず、*Fusarium oxysporum* 胞子の発芽・伸長も強く阻害した。

水生植物のアレロパシーとため池の浄化：

Frank & Dechoretz (1980) は、矮性のスパイクラッシュ(*Eleocharis coloradoensis*)というカヤツリグサ科の植物を、アメリカヒルムシロ(*Potamogeton nodosus*)あるいはサゴヒルムシロ(*P. pectinatus*)と混植した時、新たな茎の生長が劣る現象を観察した。2植物を別々の水槽に入れ、スパイクラッシュの浸出液を毎日500mlずつ、ヒルムシロに灌水したところ、若茎の生産が抑制された。この現象は、栄養素の減少によるものでも水質の悪化によるものでもなく、アレロパシーによる可能性が強いとしている。その後、この水生植物の他感物質として、dihydroactinidiolide が同定され(Stevens & Merrill, 1980)、また、類縁植物 *Eleocharis microcarpa* から、シクロペンタノン脂肪酸が同定され(VanAller, 1983)、藻類の遷移に関与している可能性が高いとされている。

日本では、ため池や湖沼でアオコ(藍藻類)の発生が問題となっている。アオコは悪臭を放ち、有害物質も生成する。そこで、農環研では、水生植物によって窒素・リンを除去し、他感物質によってアオコを抑制する研究を開始している。これまでに、オオサンショウモ、サンショウモの活性が強いことを見出している。

6. 他感物質の事例と作用機構

アレロパシー物質の作用機構としては、1)細胞分裂、生長に作用、2)植物ホルモンの作用に影響、3)膜の透過性に影響、4)養分吸収に関与、5)光合成に影響、6)呼吸やエネルギー代謝に影響、7)一次代謝産物の合成に影響、8)特定の酵素の阻害などが報告されている。殆どの生化学反応に関与している。

アレロパシー候補物質は、OH基、C=O基、あるいはS O基を持ち、分子内に酸素原子を多く含むものと、励起されやすい二重結合や三重結合を持つものが多い。例えば、クマリン、スコポレチン、ソラーレンなどのクマリン類やプロトアネモニンやパツリンなどは、 α,β -不飽和ラクトンを持つ物質であるが、これらの化合物はMichael反応の受容体であり、SH基と反応し、SH基を活性発現に必要とする酵素反応を阻害すると想定される。一方、ドーパ、ミモシン、NDGA、カフェー酸、ジュグロン、カテコール、カフェインなどのグループは、キノンであったり、キノンになりやすい物質であり、励起されやすい電子系を持ち、酸化還元反応や光増感反応に関与していると推定される¹⁸⁾。

7. アレロパシーを利用する場合の問題点

土壌中の有機・無機成分の関与：

植物から放出される物質が土壌中で他の生物に影響するとき、土壌中の有機成分、無機成分と、土壌微生物の関与が重要である。土壌は吸着剤であり、粘土鉱物と腐植中の有機物が重要な因子であると思われる。他感物質がこれらに吸着されて、作用性を失ったり、逆に安定化することが考えられるが、その機構を調べた研究は少ない。土壌は吸着剤であると同時に、バイオリクターでもあり、この作用には鉄やマンガン等の金属元素が重要である。例えば、カフェー酸やその誘導体は土壌中のFe(III)やMn(III, IV)により速やかに酸化されることが知られている。

土壌微生物の関与：

一方、アレロパシー物質が土壌に添加されたとき、土壌微生物による分解と変化を受けて強い他感物質が生成することがある。例えば、コムギワラに生育する *Penicillium urticae* が、コムギ残渣を分解して、強い抗菌物質であると同時に、植物生育阻害物質であるパツリンを生成するため、刈株マルチや不耕起栽培においてコムギの生育が著しく悪くなることが明らかにされている。

参考文献・資料

- 1) Molisch, H. (1937): Der Einfluss einer Pflanze auf die andere - Allelopathie, Jena, Fisher
- 2) 沼田 真 (1977): 植物群落と他感作用, 化学と生物 15, 412-418
- 3) 藤井義晴 (1990): 植物のアレロパシー, 化学と生物 28, 471-478
- 4) 神山恵三, B.P. トーキン(1980): 「植物の不思議な力=フィトンチッド」、講談社
- 5) 安田 環・藤井義晴 (1986): 化学と生物, 24, 7-9
- 6) ハルボーン著、高橋英一・深海 浩訳(1981): 「化学生態学」、p.229 文英堂
- 7) 藤井義晴 (1990): 農業および園芸、65、835~840, 945~948
- 8) 藤井義晴 (1995): ヘアリーベッチの他感作用による雑草の制御、農業技術、50、199-204
- 9) 藤井義晴 (1994): 農業環境技術研究所報告 10、115-218
- 10) ライス著、八巻敏雄、安田環、藤井義晴訳 (1991): 「アレロパシー」、学会出版センター
- 11) 有田博之、藤井義晴共編著 (1998): 「グラウンドカバープランツ」、農文協
- 12) 藤井義晴 (2000): 「アレロパシー、他感物質の作用と利用」、農文協 (自然と科学技術シリーズ)
- 13) Fujii, Y. (2001): Screening and future exploitation of allelopathic plants as alternative herbicides with special reference to hairy vetch. R. K. Kohki, H. P. Singh & D. R. Batish (Eds), "Allelopathy in Agroecosystems", Food Products Press, p.257-275.
- 14) Kamo, T., S. Hiradate, and Y. Fujii (2003): First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*., Journal Chem. Ecol. 29, 273-282
- 15) 堀元栄枝、荒木 肇、長坂善禎、中谷敬子、藤井義晴 (2001): ヘアリーベッチ前作不耕起水田における雑草制御とイネの生育, 雑草研究, 46(別), 124-125,
- 16) 堀元栄枝、荒木 肇、伊藤一幸、藤井義晴 (2002): ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) を利用した水田における雑草制御と水稲収量への影響, 雑草研究, 47(3), 168-174
- 17) 藤井義晴、堀元栄枝、荒木肇 (2003): ヘアリーベッチ不耕起稲作田における雑草発生とイネの生育, 雑草研究, 48(別), 132-133, 2003
- 18) 藤井義晴 (2003): 他感作用 (アレロパシー) に関わる物質、鈴木昭憲、荒井綜一 (編集)、農芸化学の事典、朝倉書店、p.204-208.

農環研でこれまでに同定・研究した他感物質の例

