

アレロパシー研究の展開方法

東京農工大学大学院農学研究院
国際環境農学部門

藤井 義晴

はじめに

アレロパシー（他感作用）に関する研究の今後の展開方向としては、次の4つが考えられる。①根圏環境においてあるいは揮発性物質としてアレロパシーが実際にどのように寄与しているのかを明らかにする研究。②アレロパシー活性が強い植物自身を被覆植物として利用して雑草を抑制する研究。③アレロパシー活性の強い植物から新たな生理活性物質を同定し、新たな除草剤や植物成長調整剤の開発に役立てる研究。④侵入・導入植物（雑草）のアレロパシーを調べ、雑草が作物に及ぼす被害をアレロパシーの面から明らかにしたり、新たに侵入してくる外来植物や遺伝子組換えで作成された植物のアレロパシー活性を調べたりして、環境に及ぼす影響を評価する研究。

1. 根圏環境における、あるいは揮発性物質としてのアレロパシーへの寄与

著者らは2017年10月から開始されたCRESTプロジェクトに「根圏ケミカルワールドの解明と作物頑健性制御への応用（代表は杉山暁史京都大学准教授）」において、作物の生育に大きな影響を与える根の近傍（根圏）の植物由来の代謝物をメタボローム解析により分析し、根圏土壤に存在する微生物叢を、これらのデータを統合して人工知能技術で解釈することで、アレロケミカルの影響を評価する研究を

開始している。環境変動下でのいろいろなマーカーを検証して食料増産に貢献する作物頑健性制御に役立てたいと考えている。具体的には、被覆植物として実用性が高いヘアリーベッチの根圏環境に存在する物質のメタボローム解析と根圏微生物のメタゲノム解析を行っている（杉山2017）。また、根圏土壤を用いて植物生育阻害活性を調べる「根圏土壤法」（藤井2003；古林ら2003）による根圏に含まれるアレロケミカルが他の植物や微生物等に及ぼす影響を評価しようとしている。

揮発性のアレロケミカルは、圃場条件下では風の影響で寄与が低いと考えられているが、被覆植物や落葉、残渣などが堆積して密封状態になった場合には寄与する可能性がある。そこで、密封した容器内で植物体から放出される物質の他の植物への影響を評価する綿棒法（Cotton Swab Method）を開発し、揮発性のアレロケミカルの寄与を検定している。この方法を用いて、オクタナール（Mishyna *et al.* 2015）やサフラナール（Mardani *et al.* 2015）が揮発性アレロケミカルであることを報告している。

2. アレロパシー活性が強い植物自身の被覆植物としての利用

被覆植物は、緑肥や地被植物と概念が似ており、英語でground cover plantsと呼ばれる。被覆植物の利用場面としては、果樹園の下草管理、稲作・麦作に役立つものと、畦畔や法面

の植生管理に役立つものがある。前者については、中南米やアフリカで広まっているムクナ（ハッシュウマメ）と、果樹園の下草管理から最近では稲作にも広がっているヘアリーベッチの今後の展望と、将来利用が増加しそうな法面における被覆植物について紹介する。

(1) ムクナ（ハッシュウマメ）

ムクナ (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) は和名をハッシュウマメといい、マメ科の一年生植物である。そのアレロパシー活性と作用物質L-DOPAについてはこれまでの総説で紹介した（Fujii 1999）。現在ムクナは中南米やアフリカ中部の熱帯～亜熱帯地域で利用が拡大している。これらの地方ではムクナを雑草防除のみならず、緑肥として、また、土壤のエロージョン防止に利用している。しかし、食用としての利用はほとんどない。ムクナの食用としての利用については、飯島が学位論文で研究し（飯島ら2009）、日本で昔利用されていた方法を元にいろいろな食品としての利用法が研究されている。今後、アフリカやアジアにおいて、食糧としても普及することが期待される（Fujii 1999；Fujii and Sarpong 2018）。

(2) ヘアリーベッチ

ヘアリーベッチ (*Vicia villosa*) は、和名をシラゲクサフジといい、マメ科の越年生植物である。そのアレロパシー活性と作用物質シアナミドについてはこれまでの総説で紹介した（藤井

1995)。現在、ヘアリーベッチは、秋田県立大学生物資源科学部の佐藤孝准教授らと大潟村の有機栽培農家の実践的な技術開発によって水田稲作における雑草抑制と有機栽培に実用化され、秋田県大潟村、滋賀県、青森県、北海道などの大規模農家で利用が広がりつつある（藤井 2007）。

(3) 今後利用が期待されるアレロパシー活性のある被覆植物

(3)-1 センチピードグラス

センチピードグラス (*Eremochloa ophiuroides*) は和名をムカデシバといいイネ科の多年草である。生物検定で強いアレロパシー作用を示し、作用成分としてある種のアミノ酸が関与していることを明らかにしたが、別のアレロケミカルも存在するようで、さらに詳細な研究が必要である。最近、マイナス20度まで耐える品種も開発され、河川敷や飛行場において雑草に強い芝として大規模な利用が広まっている。

(3)-2 ヒメイワダレソウとイワダレソウ

ヒメイワダレソウ (*Phyla canescens* あるいは *Lippia canescens*) は南米原産のクマツヅラ科の多年生植物で、日本には昭和初期に導入されたといわれる。花が長く美しく丈夫であることから、水田畦畔や水路周辺の法面管理に人気がある。しかし繁殖力が強くオーストラリア等で雑草化したとの報告もある。一方、イワダレソウ (*Phyla nodiflora* あるいは *lippie nodiflora*) は日本在来種であり、宇都宮大学の故・倉持仁志講師が沖縄から採取された系

統を改良したものが開発されて実用化されている。

(3)-3 イブキジャコウソウとクリーピングタイム

イブキジャコウソウ (*Thymus serpyllum* ssp. *quincecostatus*) はシソ科の匍匐生植物で日本原産であり、朝鮮、中国、ヒマラヤにも分布する。和名は滋賀県の伊吹山に多く芳香があることから名付けられた。一方、ヨーロッパからアジアに広く分布しているクリーピングタイム（セイヨウイブキジャコウソウ）(*Thymus serpyllum*) は被覆植物として優秀で、畦畔管理に利用されている。長期間被覆力が持続する性質があり、植栽後10年たっても衰退せず、すばらしい景観を作ることが兵庫県農業総合センター等の研究で明らかにされた。タイムの類は芳香成分チモール、カルバクロール、シメン、リナロールなどを含み、被覆植物として植えたとき、芳香があり、害虫や雑草が少なく緑化植物として適している。その病害への影響についての報告がある (Parisa *et al.* 2018)。

(3)-4 その他の有力な植物と今後必要な研究

これまでに評判となったものとしてアジュガ（セイヨウジュウニヒトエ）、コテングクワガタ、アークトセカ、シバザクラ、マツバギク、アップルミントなどがある。カメムシなど害虫の住みかにならないハーブや雑草に強いものが好まれている。これらの被覆植物の中には比較的最近導入された外来植物もある。今後、これらの植物が雑草

化したり、周辺の生態系へのリスクとなったりしないように、事前に十分研究することが重要である。雑草化の恐れがない優良植物については導入し普及することが期待される。

3. アレロケミカルを新たな除草剤や植物成長調整剤開発へ利用

(1) 新しい除草剤の開発

植物由来の天然生理活性物質の活性は弱く、合成農薬に匹敵するものはないと思われてきたが、近年、試験管内では、合成化学品を上回る強い生理活性を持つ物質が続々と発見されている。天然物であるアフラトキシンが強い毒性を持っているように、他感物質から未知の生理活性物質が発見される可能性がある。

水田用除草剤であるモゲトンは、クルミの他感物質として同定されたジグロンに、またシンメチリン (Cinmethylin) は、天然物の1,4-シネオールに構造が似ており、それぞれ天然物にヒントを得て開発された可能性がある。この他にも、シペリンはアシフルオルフェンに、ビアラホスはグルホシネートに、カンタリジンはエンドタールに構造が類似しており、類似の作用機構を持つと考えられている（藤井 2001）。また、最近、シンジェンタ社は、水田除草剤として日本でも販売されているメソトリオンが、アレロケミカルとしてオーストラリア原産のブラシノキから同定された天然物レプト

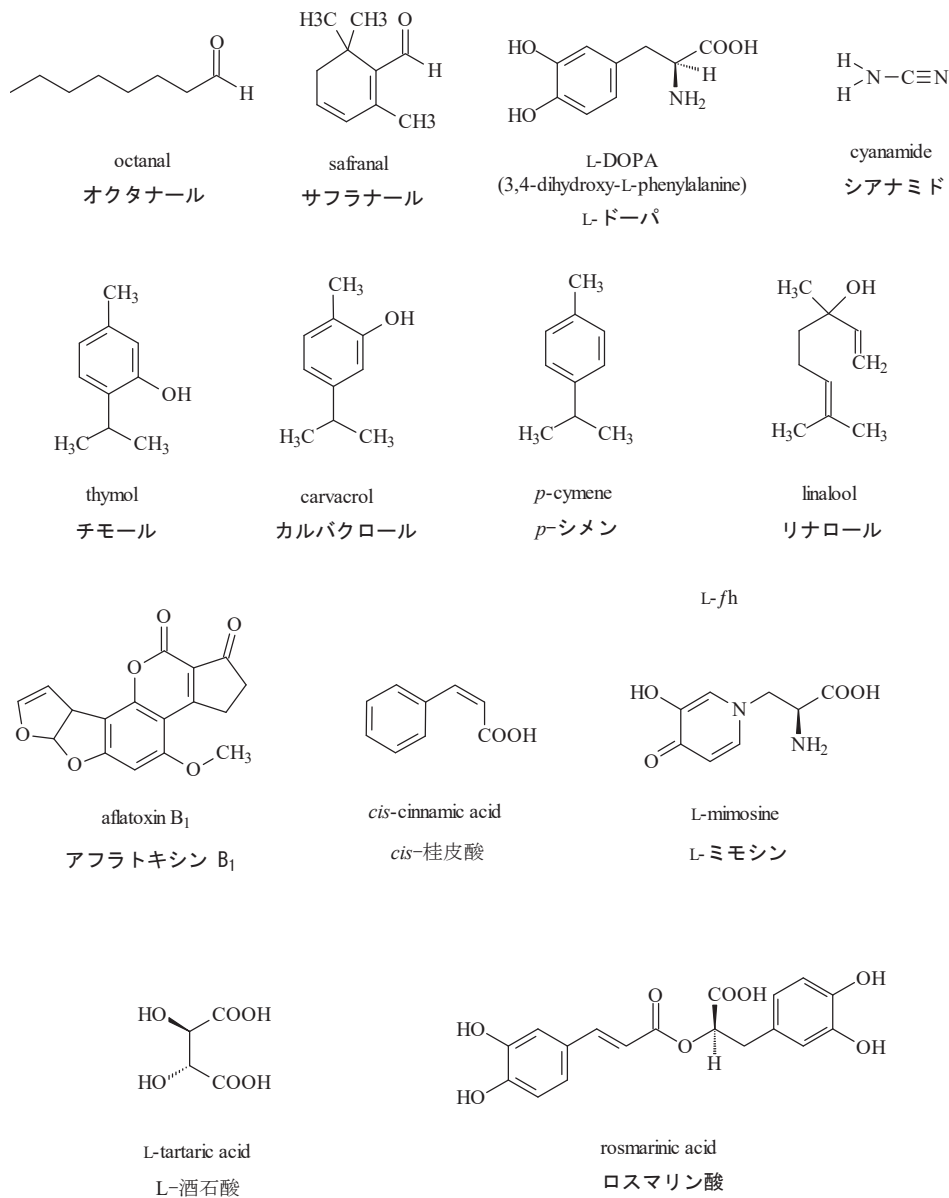


図-1 アレロケミカルの例

逆に重力に逆らって伸びようとする負の重力屈性を示す。重力屈性には植物ホルモンが関係し、植物には重力を感知する仕組みがあることが分かっているが、その仕組みについてはまだ完全には明らかになっていない。

現在、現場で最も問題となっているのは、クズやカナムグラなどの「つる性の雑草」である。また、後述する外来雑草においても、アレチウリや外来アサガオ類、アメリカネナシカズラなどのつる性の植物の被害が大きい。このようなつる性の雑草は、その巻きつきを防止できれば被害が少なくなることから、巻きつきを防止する物質の研究が重要である。つるの巻きつきには、重力屈性と、細胞壁の形成が重要であることがわかっている。我々はこれまでにこのような活性を持つ天然物をアレロパシーの探索する過程で見いだしたので現在、特許を申請している（藤井ら 2015a; 藤井ら 2015b）。これまでに室内試験を実施して作用が確実なものを選定し、逐次屋外試験に供試して巻き付き阻害活性を調べている。温室においては効果があっても屋外では展着剤や塗布方法等に問題がありまだ実用化には至っていないが、そのような技術を持つ企業との共同研究で問題を克服して実用化したいと願っている。このような物質は、クズのようなつる性植物を殺すことなく、被害のみを防止できる新たな雑草制御物質になると期待される（藤井 2016）。

スベルモに由来すると宣伝している（シンジェンタ 2018）。

(2) 新たな作用機構の開発

これまで除草剤の作用点として利用されてきたものは、動物にはない生化学機構に作用するものを目的としており、そのため、除草剤は殺虫剤や殺菌剤に比べて急性毒性が低いものが多い。しかしこれまで知られている植物に特異的な作用点はその一部にすぎない。他感物質などの天然物には、これ

までに報告されていない新たな作用点を持ったものが報告されており（藤井 2001）、このような物質から、新たな作用点を持つ植物化学調節剤が開発されることが期待される。

著者らは、日本在来植物であるユキヤナギ (*Spiraea thunbergii*) からアレロケミカルとして見出したシス桂皮酸に、重力屈性を阻害する活性があることを報告している。植物は重力の影響を受けて、根を重力の方向に伸ばし、これを正の重力屈性といい、地上部は

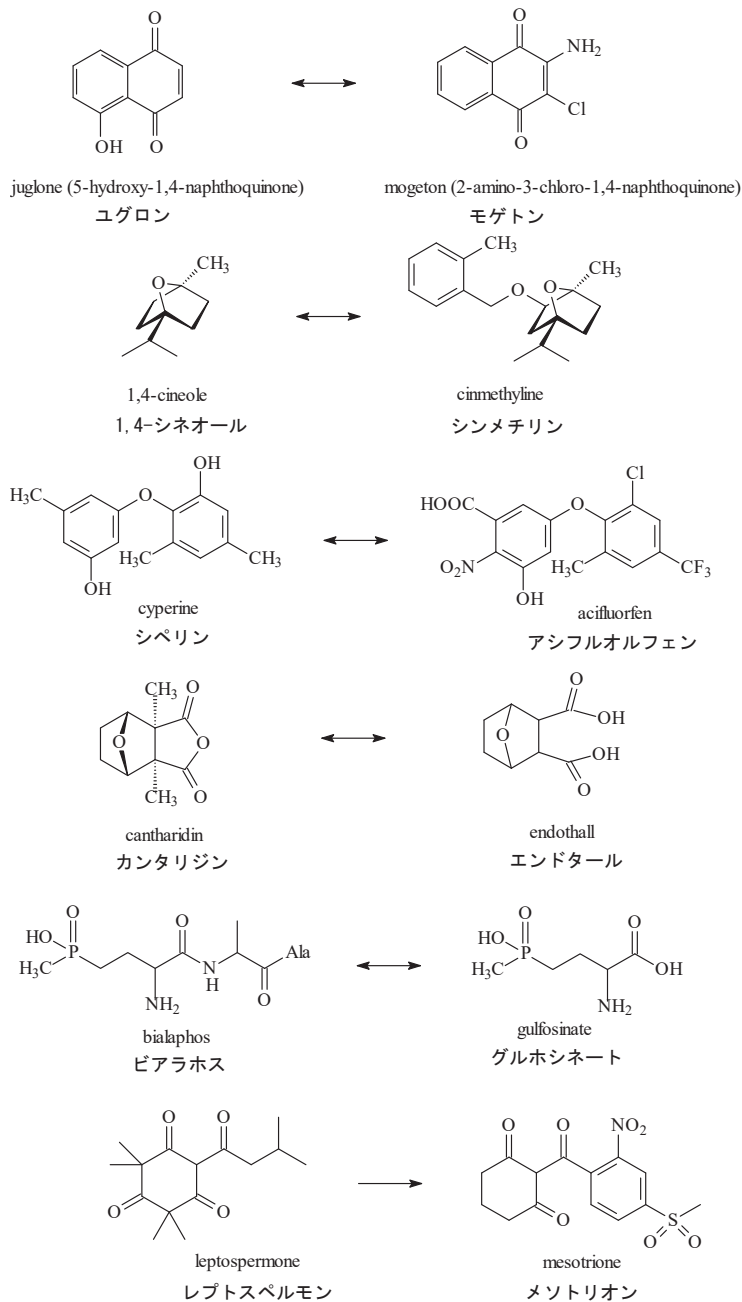


図-2 天然物 (左) と除草剤 (右)

外来植物を加えた合計 800 種の外来植物のアレロパシー活性を、これまでに開発した 3 つのアレロパシーに特異的な生物検定法で検定しデータベースを作成した。その結果、特定外来生物に指定されている植物はアレロパシー活性が強いことが明らかになった。アレロパシーの強い植物 80 種において関与する成分をデータベース化した。アレロパシー物質として、小笠原で繁茂する外来植物のギンネムから L-ミモシンを、アカギから L-酒石酸を、コンフリーからロスマリン酸を同定した (農業環境技術研究所 2005)。

(2) 外来植物の化学生態的特性の評価と注意すべき外来植物の選定

外来植物のアレロパシー活性の評価から、ナガミヒナゲシ、ツノアイアシ、ナンバンアカアズキ等を注意すべき外来植物として選定した (藤井 2009)。また、これらの外来植物に含まれるアレロケミカルとその毒性について報告した (Fujii 2017)。ナガミヒナゲシはその後全国に広がり、オレンジ色の目立つ花をつけることから、マスコミ等で注意すべき外来植物であることが広く宣伝された。

4. おわりに

アレロパシーの研究は、1937 年に日本からオーストリアに帰国したモーリッシュ博士が著書「Allelopathie」を出版して以来、81 年経つが、現在もあまり研究が盛んではない。国際ア

4. 侵入・導入植物・雑草のアレロパシーが作物や環境に及ぼす影響評価

著者らは文部科学省の競争的資金「科学技術振興調整費重要課題解決型研究プロジェクト」に「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」の課題名で研究を実施した。この研究の結果、アレロパシー活性の強い外来植物のリスク

が高いことが判明した。

(1) 外来植物のリスク評価

FAO が開発した 13 項目の評価項目からなる雑草リスク評価方式を、既に日本に侵入している外来植物に当てはめて評価し、寄与率を検定して 10 項目からなる日本式雑草評価法を策定した。すでに導入された外来植物に、今後新たに導入・侵入する可能性のある

アレロパシー学会が1993年に設立されてから25年経つが、世界で研究している研究者は300人程度と推定される。日本では農林水産省農業環境技術研究所にこれを専門に研究する「他感物質研究室」が1981年に創設され、世界で一番早く国立研究機関で研究が開始されたが、現在はこの研究室は廃止され日本の国立機関にはこれを専門に研究する研究室はない。しかし、世界的には、アメリカ合衆国、中華人民共和国、ドイツなどヨーロッパ諸国でアレロパシー研究は盛んになっており、今後、アレロパシーのような植物自身が持つ機能が農業や医薬品に貢献すると期待されている。アレロパシー研究を開始したモーリッシュ博士は日本での経験が基になってこの分野を切り開いたと考えられる。日本においても、アレロパシーに関する研究が継続・発展することを願っています。

文 献

- 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－休耕地・耕作放棄地や果樹園への利用－. 農業技術 50,199-204.
- Fujii, Yoshihru 1999. Allelopathy of Velvetbean: Identification of Allelopathic Substances. In “Determination and Biologically Active Natural Products: Agrochemicals compounds: plants, microorganisms, and soil”. CRC Press.
- 藤井義晴 2001. 植物に由来する他感物質などの生理活性二次代謝物質の植物化学調節剤としての利用. 植調 35(1), 17-22.
- 藤井義晴 2003. 研究トピックス「根圏土壌を用いた他感作用の検定手法の開発」<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/niaesnews/063/news06303.pdf> (2018.1218 確認),
- 藤井義晴 2007. ヘアリーベッチの他感作用と農業への利用. 「新しい水田農法へのチャレンジ-大潟村における産学協同の成果」庄子貞雄(監修) / 新しい水田農法編集委員会(編). 農山漁村文化協会, pp. 204-207.
- 藤井義晴 2009. 日本における外来植物の実態とそのリスク評価 http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/0909ecosystem/r0909_fujii.html(2018.1218 確認)
- 藤井義晴 2015a. 新藤 充, 和佐野直也, 田村尚幸, シス桂皮酸類縁体, 重力屈性調節剤. 特願 2015-042924(2015年3月出願)
- 藤井義晴 2015b. 吉田昌裕, 和佐野直也, 田村尚幸, 新規化合物及び重力屈性調節剤. 特願 2015-104742 (2015年5月出願)
- 藤井義晴 2016. 植物の重力屈性に影響を与える物質の農業利用を模索する, 農耕と園芸 2016 (7), 54-57.
- Fujii, Yoshiharu 2017. Toxic Chemicals from Invasive Alien Plants. In “Plant Toxins”, Springer Science, pp.25-36.
- Fujii, Yoshiharu and Kwame Sarpong Appiah 2018. Allelopathy for Sustainable Weed Management. In “Weed Control: Sustainability, Hazards, and Risks in Cropping Systems Worldwide”, CRC Press.
- 古林章弘ら 2003. 根圏土壌を用いたアレロパシー活性測定法. 雑草研究 48(別), 142-143.
- 飯島久美子ら 2009. ムクナ属マメの調理性に関する研究(第1報)－煮豆としての浸漬・加熱条件－. 日本調理科学会誌 42, 93-101.
- Mardani, Hossein *et al.* 2015. Identification of safranal as the main allelochemical from Saffron (*Crocus sativus*). Natural Product Communications 10(5), 775-777.
- Mishyna, Maryia *et al.* 2015. Identification of octanal as plant growth inhibitory volatile compound released from *Heracleum sosnowskyi* fruit. Natural Product Communications 10(5), 771-774.
- 農業環境技術研究所 2005. 外来植物のリスク評価と蔓延防止策 <http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/project/plant-alien/> (2018.1218 確認)
- Parisa, Taheri *et al.* 2018. Alternative approach to management of Rhizopus rot of peach (*Prunus persica* L.) using the essential oil of *Thymus vulgaris* L., Mycosphere 9(3), 510-517.
- シンジェンタ社 2018. HP「天然由来の除草テクノロジー」MXシリーズ特設サイト http://www.syngenta.co.jp/cp/pages/item/special_content/mx_01/ (2018.1218 確認)
- 杉山暁史 2017. 根圏ケミカルワールドの解明と作物頑健性制御への応用 https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/project/1111090/1111090_11.html (2018.1218 確認)