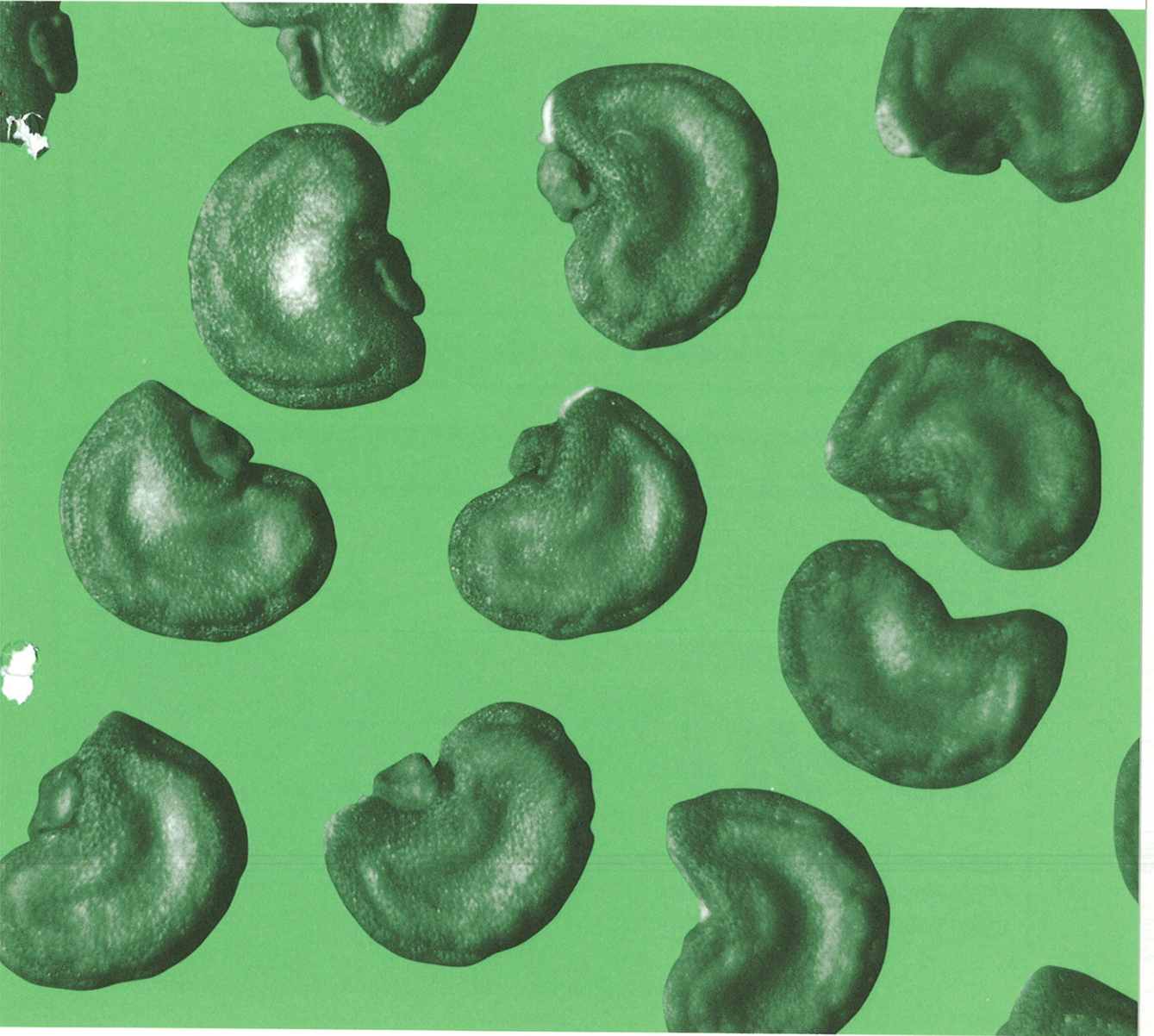


植調

第38巻第8号



ケチウセンアサガオ(アメリカチウセンアサガオ)の種子(*Datura meteloides* Dunal)長さ5mm

財団法人 日本植物調節剤研究協会編

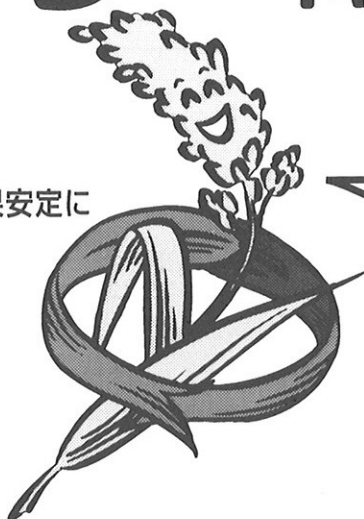
新規水田用初期除草剤

初ベクサー® フロアブル 1キロ粒剤

® 科研製薬(株) 商標登録

特長

- ◆すぐれた経済性
- ◆中期剤・一発処理剤の効果安定に
- ◆水稻に対して安心
- ◆環境に対して安心



低コスト
稲作に!



JAグループ
農協 全農 経済連
◎は登録商標です



三井東圧農薬株式会社
東京都中央区日本橋1-12-8

SU抵抗性雑草*も、田植同時におまかせ!

SU抵抗性
ホタルイに!

SU抵抗性
アゼナ類に!

SU抵抗性
コナギに!

SU抵抗性雑草に効く、田植同時処理除草剤

バイエル

イナバーター® DX

1キロ粒剤

- 田植後に行っていた従来の除草作業が省略できます。
- 田植同時散粒機で均一散布が可能。安定した効果が期待できます。
- 田植と同時に除草剤散布が完了。散布適期を逃しません。

ムラなくまけて、効果長もち



®は登録商標

*SU抵抗性雑草とは? 多くの水田用除草剤に含まれるSU剤(スルホニルウレア系除草剤)に、抵抗性を持つ雑草のことを「SU抵抗性雑草」と呼んでいます。

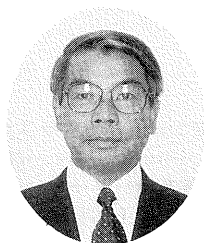
- 使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベル記載以外には使用しないで下さい。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。



Bayer CropScience

バイエルクロップサイエンス株式会社
東京都港区高輪4-10-8 〒108-8572
www.bayercropscience.co.jp

巻頭言



筑紫平野を眺めながら

(財) 日本植物調節剤研究協会 評議員
(財) 日本植物調節剤研究協会 九州支部長

平川孝行

久し振りの秋晴れを見計らって、福岡市の南東部に位置する宝満山（869m）に登りました。山頂から南を見ると、眼下には筑紫平野が広々と拡がっており、その中を九州最大の大河、筑後川が大きくうねりながら佐賀県に沿って有明海までゆったりと流れています。今、筑紫平野では黄金色に輝いて水稻が収穫を待っています。

福岡空港の近くに見える板付遺跡から、縄文時代晩期の土器とともに水田跡が発掘されています。2500年も前に北部九州では我が国で最も早く稲作が始まり、その稲作技術はやがて全国へ伝播されていきました。時代は下って、明治20年～30年代にかけては、乾田馬耕と新しい稲作技術を組み合わせた「福岡農法」が、北陸、東北地方を始め全国に広められていきました。

戦後の食糧増産の時代、九州地域には優れた水稻品種が無く、収量は低迷していました。農林省九州農業試験場では、筑後地方在来種の短稈種「十石」の遺伝子を導入した育種が精力的に進められ、昭和30年代後半からホウヨク、コクマサリ、シラヌイ、レイホウ等の短稈・多収品種が次々に誕生し普及しました。その結果、九州地域の水稲の単収は飛躍的に向上し、佐賀県は、昭和40年、41年2年連続で米作単収日本一となり、生産性の高い組織的な生産体制は「新佐賀段階」と呼ばれ、全国の農業関係者の注目を集めました。

昭和50年代半ばになると、国民一人当たりの米消費量の減少が一段と進み、消費者は食味の優れた米を選ぶ傾向が強くなるとともに、九州の米は不味いという不名誉な評価が定着していました。名誉挽回をねらって平成元年に育成されたヒノヒカリは食味が優れた品種で、九州

を中心に西日本に栽培が拡がり、現在、栽培面積は15万 ha に迫っています。

筑紫平野では、先人、先輩のたゆまない努力によって生まれた農業技術を受け継ぎ、改善を重ねながら、米麦作を中心に、大豆、野菜なども取り入れて、新品種の導入、栽培技術や作業体系の改善、生産基盤の整備などが積極的に進められ、食糧増産という国の要請や、高度化する消費者ニーズに応じて食料生産への努力がつけられてきました。

しかし、この豊かな穀倉地帯も未だかつてない転換期を迎えています。農業従事者の減少、高齢化が進み、後継者確保の難しさは他の地域と変わりありません。担い手の確保が急がれます。WTO農業交渉では国境措置や、国内支持に対する国際規律の強化が論議されており、中長期的には貿易自由化の流れが加速化されるものと思われ、国際化に耐えうる農業競争力への強化が今まで以上に重要になります。また、我が国を循環型社会へ転換するという大きな流れの中で、農業も環境保全を重視したものに転換していく必要があります。より高いレベルでの環境負荷の低減が必要となるでしょう。さらに、国民の食の安全性に対する信頼は揺らいでおり、信頼回復を図ると共に、消費者に選択される農産物を生産することが今まで以上に重要となります。

我が国の食糧基地と位置づけられている九州農業・農村が、食料自給率向上に貢献しつつ、次の百年も持続・発展していけるよう、国民の理解を得ながら、関係者が一体となって叡智を絞り努力を重ねていかなければならない思いを強くしています。

目次

(第38巻第8号)

巻頭言

筑紫平野を眺めながら1
 <財)日本植物調節剤研究協会 評議員
 (財)日本植物調節剤研究協会 九州支部長
 平川孝行>

砂質露地畑における埋設型ライシメータ法を用いた
 農業鉛直浸透量の測定3
 <千葉県農業総合研究センター
 (現 千葉県長生農林振興センター)
 山本幸洋>

メフェナセット開発物語7
 -その1:今だから明かせる
 “特農の除草剤開発の舞台裏” -
 <バイエルクロップサイエンス株式会社
 研究本部技術顧問 安井一臣>
 [旧社名: 日本特殊農薬製造株式会社(通称: 特農)
 前社名: 日本バイエルアグロケム株式会社(通称: NBA)]

カロテノイド生合成阻害物質のスクリーニング
 技術14
 <独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
 果樹研究所カンキツ研究部
 生駒吉識・加藤雅也・矢野昌充>

夢の水田畦畔カパープランツ「センチピードグラス」21
 <滋賀県大津滋賀地域農業改良普及センター
 井上拓弘>

シリーズ外来種は今... (17)27
 帰化雑草の老舗は今 -エゾノギンギシー
 <独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
 東北農業研究センター 畜産草地部 梨木 守>

雑草こぼれ話・広がりつつある外国産イワヨモギ...34
 <廣田伸七>

新登録薬剤紹介35
 プロヒドロジヤスモン (試験名PDJ)
 <明治製菓株式会社
 生物産業事業本部農薬資材部 今村圭一>

植調協会だより40

よりよい農業生産のために。三共アグロの農薬



●時代先どり、ジャンボな省力
 投げ込むだけの一発処理除草剤

クサトリエース® Hジャンボ®
 Lジャンボ®

●効きめの長〜い
 初・中期一発処理除草剤

ラクダー®
 Hフロアブル・Lフロアブル

●効きめの長〜い
 初・中期一発処理除草剤!!

ラクダープロ®
 フロアブル・Lフロアブル・1キロ粒剤75/51

●三共の優れた製剤技術から生まれた
 グリホサート液剤

三共の草枯らし®

●移植前後に使える
 初期除草剤

シング® 乳剤

●SU抵抗性雑草(ホタルイ等)に3成分で効果がある
 投げ込み型一発処理除草剤

クサトリードX® ジャンボ®H
 ジャンボ®L

●ノビエ3.5葉期まで使える
 新しい中期除草剤

ザーベックス® DX 1キロ粒剤

●使いやすい
 初期一発処理除草剤

ミスラッシャ® 粒剤
 1キロ粒剤

●SU抵抗性の
 アゼナ・ホタルイに!

クサコント® フロアブル

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



三共アグロ株式会社

SANKYO 〒113-0033 東京都文京区本郷4-23-14
<http://www.sankyo-agro.com/>

砂質露地畑における埋設型ライシメータ法を用いた農薬鉛直浸透量の測定

千葉県農業総合研究センター(現 千葉県長生農林振興センター) 山本幸洋

1. はじめに

農薬は、安定した農業生産を維持する上で必要不可欠な資材である。しかし、農薬はほ場という開放系で使用される化学物質であるため、水や大気、土壌を介してほ場外へ流出し、人体や非標的生物に影響を及ぼすことが懸念される。

土壌における農薬の鉛直浸透は、このような流出経路の一つであり、地下水汚染の原因となる。我が国における農薬による地下水汚染事例としては、各務原台地におけるEDB汚染¹⁾、浅間山北麓におけるPCNB汚染²⁾、沖永良部島における数種類の農薬による汚染³⁾などが報告されている。また、農薬による地下水汚染に対する規制として1997年に「地下水の水質の汚濁に係わる環境基準」が告示され⁴⁾、1,3-ジクロロプロペン、チウラム、シマジン、チオベンカルブの基準値が設定された。これら基準値を遵守し、農薬による地下水汚染を未然に防止するため、土壌における農薬の鉛直浸透の実態を明らかにする必要がある。

千葉県の代表的な畑耕地の一つである砂質露地畑は、他の畑耕地と比べて土壌の有機炭素含量と粘土含量が低い。このため、農薬が土壌に吸着されにくく、鉛直浸透しやすいと考えられる。ここでは、砂質露地畑における農薬の鉛直浸透量を測定する方法として埋設型ライシメータ法を提案し、その測定結果を紹介する⁵⁾。

2. 埋設型ライシメータの構造と特徴

埋設型ライシメータの構造は、土壌浸透水を採取する集水部と貯水タンクから構成されている。埋設型ライシメータの長所は、集水部より上部の土層において壁面の影響が無いこと、及び通常の耕うん作業が可能なが挙げられる。埋設型ライシメータの集水部の形状は、底板だけのパンライシメータ(図-1)^{6~9)}と側壁を付加したキャピラリーライシメータ(図-2)^{10~12)}が報告されている。パンライシメータの長所は、集水パンを土壌断面に挿入して設置するため、土壌の成層構造を破壊しないことが挙げられる。キャピラリーライシメータの長所は、集水部直上において側壁高に対応した土壌水分張力が確

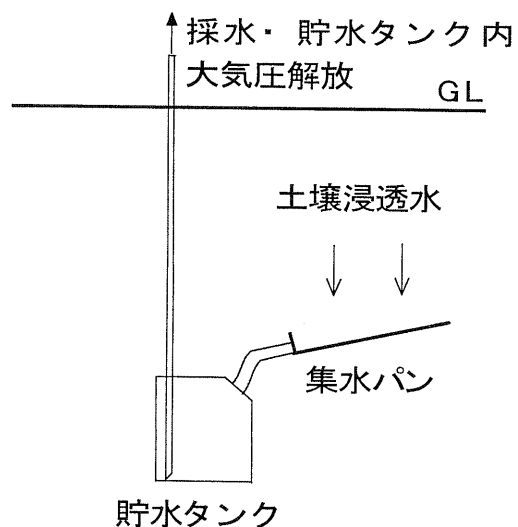


図-1 パンライシメータ概念図

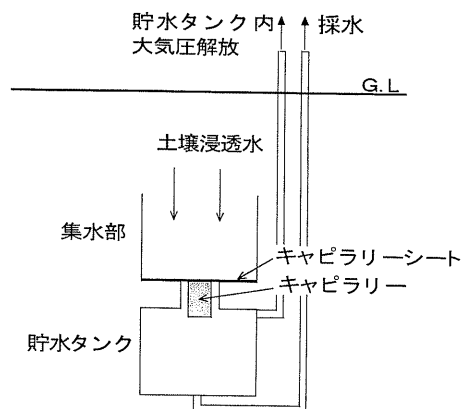


図-2 キャピラリーライシメータ概念図

保されるため、採水効率が高いことが挙げられる。キャピラリーライシメータ集水部の壁高は、黒ボク土で50~60cm、砂質土で20~30cmが適当である¹²⁾。埋設型ライシメータ使用上の留意事項は、地下水位が集水部下端の自由水面より上昇すると、集水部の上部側方から地下水が流入することが挙げられる。したがって、設置深や集水部の壁高を決定する際は、調査ほ場における地下水位を把握する必要がある。

3. 埋設型ライシメータ（パンライシメータ）を用いた砂質露地畑における試験事例

(1) 試験概要

試験ほ場の土壌は中粗粒褐色低地土（長崎統）であり、その理化学性は土性が砂土、有機炭素含量が1.2%、粘土含量が4.1%、CECが9me/100g、全孔隙率が54.7%である。パンライシメータの集水パン（30×30cm）は、試験ほ場中央地表下50cmに設置した。試験期間中は、供試農薬を散布し

た1996年6月18日から10月21日までの125日間とした。

供試農薬は、ジメトエート（散布量は成分換算で86mg/m²、以下表記同じ）、メトラクロール（180mg/m²）、ダイアジノン（80mg/m²）、シマジン（80mg/m²）、クロロタロニル（80mg/m²）とした。また、農薬の移動性を評価するトレーサーとして塩素イオン（以下、Cl⁻）を使用した。

(2) 結果及び考察

ア. 土壌浸透水量

試験期間中に採取された総土壌浸透水量は608.2mmであり、総降水量938mmの65%に相当した。試験期間中において、大量降雨が農薬散布21日後と96日後に発生し、降雨開始から終了までの降水量は、それぞれ266.0mm（農薬散布19~22日後）と295.7mm（散布94~96日後）であった。日平均土壌浸透水量は、これらの大量降雨に対応して顕著に増加した（図-3）。

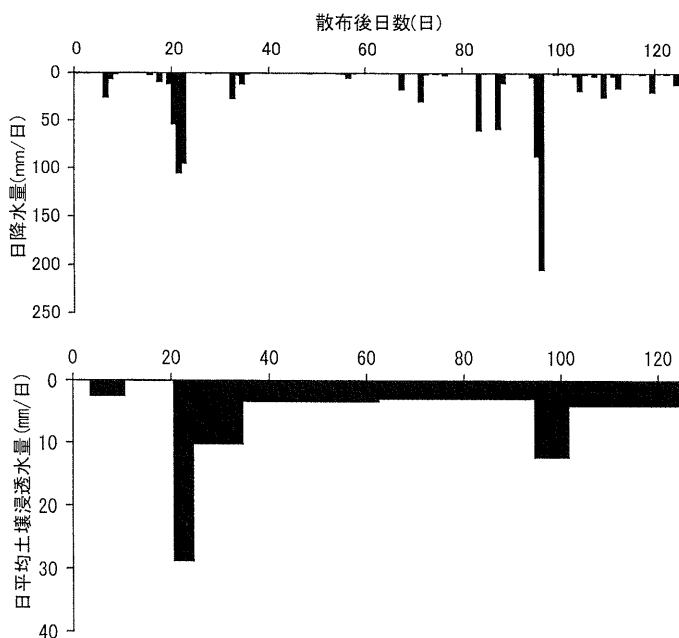
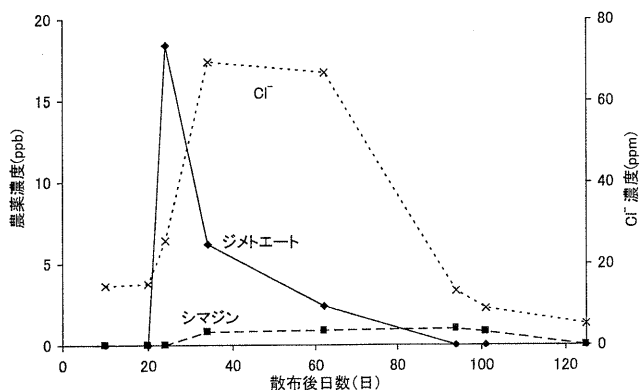


図-3 日降水量と日平均土壌浸透水量

図-4 土壌浸透水中の農薬及び Cl^- 濃度

イ. 土壌浸透水における農薬濃度

土壌浸透水中のジメトエート濃度は、農薬散布24日後に最高濃度の18.4ppbに達し、その後低下して94日後には検出限界値以下となった(図-4)。また、シマジン濃度は、農薬散布34日後から101日後までの期間に0.8ppbから1.0ppbの範囲で推移し、125日後に検出限界値以下となった。メトラクロール、ダイアジノン、クロロタロニルは土壌浸透水から検出されなかった。

土壌浸透水からジメトエートが検出された理由としては、供試農薬の中で土壌有機炭素吸着定数(K_{oc})が最も低く¹³⁾、土壌に吸着されにくいことが挙げられる。一方、シマジンは、 K_{oc} がメトラクロールやダイアジノンと比べて高いにもかかわらず、土壌浸透水中から検出された。この理由の一つとしては、シマジンの土壌中半減期(DT_{50})が長いことが考えられる¹³⁾。

また、本試験においてトレーサーとして用いた Cl^- は、土壌において水とほぼ同時に移動する¹⁴⁾。土壌浸透水中におけるジメトエートと Cl^- の濃度推移を比較すると、ジメトエート濃度は、 Cl^- 濃度が

上昇し始めると同時に最高値に達し、その後急激に減少した。これらのことから、ジメトエートは、土壌中の湿潤前線において高濃度であったと考えられ、砂質露地畑における移動性が極めて高いと考えられる。これに対し、土壌浸透水中におけるシマジンの濃度推移は、ジメトエートと比べて検出時期が遅延し、最高濃度が低く、

ピークの形状が不明瞭であった。このことから、シマジンはジメトエートと比べて砂質土における移動性が低いと考えられる。

ウ. 農薬鉛直浸透量

試験期間中における総農薬鉛直浸透量は、ジメトエートが $2.99\text{mg}/\text{m}^2$ 、シマジンが $0.33\text{mg}/\text{m}^2$ であり、流出率はそれぞれ3.5%と0.4%であった。特に、ジメトエートの日平均鉛直浸透量は、散布21日後の大量降雨に対応して顕著に増加した(図-5)。このことから、砂質露地畑における農薬鉛直浸透に影響を及ぼす重要な要因として、農薬散布後の降雨条件が挙げられる。

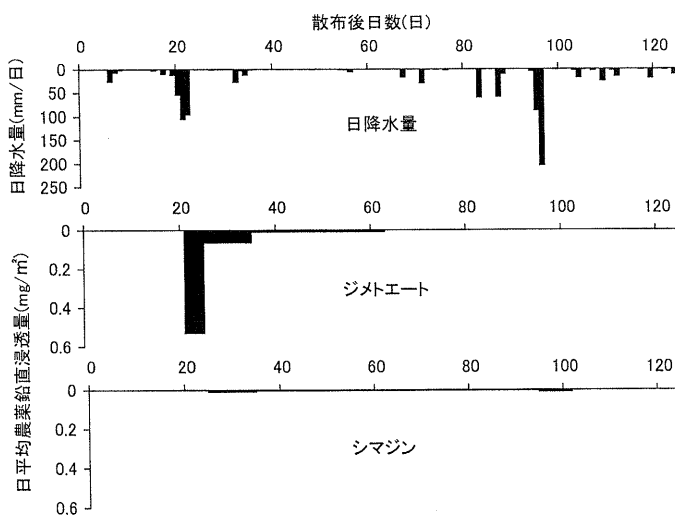


図-5 日降水量と日平均農薬鉛直浸透量

おわりに

我が国の土壌は農薬の吸着に関与する粘土含量や有機炭素含量が欧米の土壌と比べて高く、農薬による地下水汚染は比較的問題となりにくい。しかし、上記のように土壌条件によっては注意する必要がある¹⁵⁾。今後、農薬という有用な資材をより合理的に使用するため、農薬の鉛直浸透に関する実態調査と抑制技術の開発を進めるとともに、それら情報を農薬の利用者を始めとする多くの人々に提供する必要がある。

参考文献

- 1) 各務原市地下水汚染研究会 (1990) 各務原台地の地下水汚染: pp. 236-246
- 2) 田瀬則雄・佐伯明義・伏脇裕一 (1989) 地下水学会誌31: 31
- 3) 田代 豊・谷山鉄郎 (1996) 日作紀 65: 77
- 4) 環境庁 (1997) 環境庁告示第10号
- 5) 山本幸洋 (1999) 農薬環境科学研究 7: 49
- 6) 山本幸洋・金子文宜・丸 諭 (1997) 日本農薬学会第22回大会要旨集: 105
- 7) 金子文宜・山本幸洋 (1999) 土肥誌 70: 190
- 8) 山本幸洋・金子文宜 (2000) 農薬誌 25: 207
- 9) 金子文宜・大塚英一・山本幸洋・大谷邦洋・犬伏和之・戴 偉 (2002) 土肥誌 73: 501
- 10) 前田守弘・尾崎保夫 (1997) 日本地下水学会 1997年秋期講演会講演要旨: 72
- 11) 山本幸洋・金子文宜・尾崎保夫・高崎 強 (1998) 日本農薬学会第23回大会要旨集: 98
- 12) 尾崎保夫 (1999) 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル, V-3: pp. 1-6, 農林水産省農業環境技術研究所
- 13) 金澤 純 編纂 (1996) 農薬の環境特性と毒性データ集, 合同出版
- 14) 佐久間敏雄・飯塚文男・岡島秀夫 (1976) 土肥誌 47: 470
- 15) 楯塚昭三・山本広基 (1998) 土と農薬, pp. 84-97, 日本植物防疫協会

写真で見る植物用語

岩瀬徹・大野啓一／著
A5判
定価 (本体2,200円＋税)

図鑑にはさまざまな用語は使われていますが、読んでもよくわからない、といったことがあります。しかし、写真で見ると一目瞭然。本書は一つ一つの用語を実物の写真で表現した、見て分かる植物用語の図鑑です。好評発売中!

全国農村教育協会 〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6 ホームページ: <http://www.zennokyo.co.jp>
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3833-1665 (お問合せは出版部 03-3839-9160まで)

メフェナセット開発物語

ーその1：今だから明かせる“特農の除草剤開発の舞台裏”ー

バイエルクロップサイエンス株式会社 研究本部技術顧問 安井一臣
[旧社名：日本特殊農薬製造株式会社（通称：特農）]
前社名：日本バイエルアグロケム株式会社（通称：NBA）]

はじめに

このたび植調協会のご好意により、機関紙「植調」にメフェナセット開発物語と題して、本剤の研究開発の経緯やそれにまつわる裏話などを書くという機会を頂いた。

メフェナセットは、その卓越したノビエ防除効果が高く評価され、水稲用除草剤の混合母剤として最も広く利用されているものの一つである。書き出しから自慢話をするようで恐縮ではあるが、手塩にかけた子供が社会に出て荒波にもまれながらも、日一日と成長していくのを見るような、親の気持ちにも似た感慨を覚えている。

振り返って見れば、メフェナセットの研究開発を手掛けてから既に二十数年の歳月が流れているが、この化合物が今の地位に至るまでの舞台裏には、新しいものを生み出すときの世の常とは申せ、偶然の幸運や多くの苦労話などが隠されていることも事実である。更にその前段として、メフェナセット開発の足がかりを得るに至るまでには、ほぼ十年におよぶ苦節の時代もあった。

本稿では、“今だから明かせる”舞台裏の逸話などを交えながら、特農における除草剤研究の歴史を紐とき、本剤の開発を行うに至った経緯から今日までの流れを、思い出すままに書き並べてみることにする。

Ⅰ 手取り除草から除草剤の時代へ

1 特農における除草剤研究の始まり

特農という会社は、ドイツ・バイエル社との提携に基づき、両社が開発した農薬の日本国内での製造・販売を独占的に行うというその生い立ちからも明らかなように、バイエル社が得意とする殺虫剤と殺菌剤の分野で実績を積み上げてきた。特に、第二次世界大戦直後の昭和20年代（1945-1954）に、国を挙げた米増産政策のもとで、当時の二大病害虫、イモチ病とニカメイチュウの特効薬セレサン（PMA）とホリドール（パラチオン）のビジネスにより企業の基盤を確立した。その後も時代の流れや市場の要求にマッチした新しい殺菌剤や殺虫剤の開発は順調で、稲作のみならず、果樹・園芸、畑作の分野でも特農の企業活動は当時の農業生産に大きく貢献してきた。その一方、このような企業背景や歴史は、除草剤の研究開発で他の農薬企業に大きく遅れをとるという結果を招くことにも繋がった。

昭和30年代も半ば（1960年前後）になると、敗戦からの復興を図っていた日本も西ドイツも共に経済の大成長期を迎えるに至る。“もはや戦後ではない”という言葉が当時の流行語となり、経済発展の原動力であった。このような経済の発展は必然的に若年労働市場の拡大と人件費の高騰を招くことになる。このことを農薬

業界に当てはめると、殺虫剤・殺菌剤を中心とする病虫害防除の時代から、除草剤の使用による省力的で効率的な農産物生産の時代へと、舵の切り替えが重要な時を迎えていたとも言える。このような時代の流れの中で、当時の西ドイツ（現在は統一ドイツ）のバイエル社が、主に畑地用を目的として、除草剤の研究開発を始めたのは1950年代の後半。特農が当時の東京都日野市の自社研究所で除草剤の研究開発をスタートさせたのは、更にその数年後の1963年（昭38）のことであった。社内の歴史としてはこのような流れになるが、一口に新しい除草剤の研究開発を始めると言っても、その分野の専門家を採用したわけでもなく、知識や情報、ノウハウの蓄積も皆無で、まさにゼロからのスタートであった。このように特農は除草剤分野では後発企業である。

2 特農の除草剤研究室が最初に取り組んだこと

何事においても、新しいことを始めるにあたって最も重要なことは、その分野に関する最低限の基礎知識と技術を身につけることである。除草剤の研究開発をスタートするにあたって、最低限の基礎知識と技術とは何か？それを除草剤研究室では、主要作物、特に稲の栽培方法の習熟とそこに発生する主要雑草の生態的特性を現場で学ぶことだと考えた。その具体的行動として、自社内や近郊の農家から借り入れた水田や畑で、農家の指導を受けながら、稲や野菜類の栽培を実地で勉強した。

これと平行して、当時の農事試験場や園芸試験場、宇都宮大学、関東近郊の農業試験場等を訪ね、温室や圃場において除草剤の性能を評価する手法や評価にあたっての注意事項などにつき教えを請うた。鴻巣市に植調研究所が開設さ

れてからは、多角的な評価技術を求めて同研究所をたびたび訪問し、実践的なアドバイスを貰った。特に片岡孝義、草薙得一、松中昭一、竹松哲夫、西貞夫、小澤啓男の諸氏には好意的な指導を頂いたと、当時の綾正弘研究室長は述懐している。

このような、恥も外聞もない勉強姿勢を通じて、実際の雑草害というものを、学問的な言葉としてではなく、ある種の感性として身につけることができた。この感性は、新規化合物が表に示す除草効果の強弱だけでなく、それぞれの化合物が内に秘める可能性を嗅ぎ分ける“ある種の嗅覚”にも繋がり、その後のスクリーニングに大いに役立ったと確信している。

1964年（昭39）からはバイエル社より数十点の化合物が、圃場スクリーニング用として送られてくるようになり、水稻用、畑作用除草剤としての評価を開始した。これらの化合物の中には畑地では面白い特性を示すものもあったが、水田で興味を持てるような化合物は皆無という状態であった。元々これらの化合物は欧米の畑地用除草剤を目指して選抜されたものであったので、当然といえば当然の結果でもあった。一方、特農がバイエルグループの中で研究開発のリーダーシップを発揮するためには、水稻分野でオピニオンリーダーになること以外に道はなかった。言い換えると、水稻用除草剤の研究開発を一括して担当できるような実力を身に付けるとともに、グループ内での役割分担の構築が次の課題となってきた。

3 水稻用除草剤の重要性

1965年（昭40）当時、バイエル社の除草剤研究者たちにとって、稲は遠い東洋の開発途上の国々が、主に自給を目的として栽培している作

物と映っていたようである。換言すれば、稲用除草剤のビジネスチャンスは、ほとんどないだろうという感覚である。一方、特農社内では、殺菌剤と殺虫剤で相応のビジネスを確立していたので、水稻用除草剤の研究開発を積極的に進める、あるいはそれに積極的に投資するということに対して、後ろ向きの意見や雰囲気が多かったように覚えている。

このような雰囲気のもとで、除草剤研究室は、当時の社会情勢や農業の変化などに関する多くの情報や意見を多角的に分析した。その結果、水稻用除草剤に対する社会の要求は確実に拡大し、たとえ日本国内だけの市場に絞っても、ビジネスチャンスは大きいと判断した。そこで、バイエル社の研究陣と「水稻用除草剤開発プロジェクト」を立ち上げることにつき協議を始めた。

この協議で私たちが特に相手方を理解させ、合意にこぎ着けなければならない課題は次の2点であった。

1. 水稻用除草剤は、大きなビジネスチャンスが見込めること。
2. ドイツ本社の研究所で合成した新規化合物の水稻用除草剤スクリーニングを特農の研究所で実施すること。

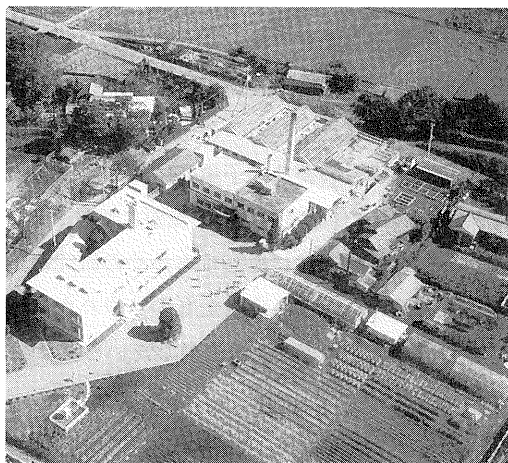
この協議は、当初から予想した通り難航を極めた。その理由として、

1. 水稻用除草剤の市場規模が、本当に私たちが説明するほど大きくなるものかどうか？
2. 新規合成化合物を、同じグループ内の企業といえども、特農の研究所に送ってスクリーニングするということへの心理的抵抗感、などをあげることができる。しかし、粘り強い説得を重ねた結果、やっと合意に達し、水稻用除草剤を狙ったスクリーニング用として、年間約1000点の新規合成化合物が送られてく

るようになったのは、協議を始めて3年目の1969年(昭44)のことであった。このような進展はあったものの、その当初は水稻よりも畑地に適した化合物群がほとんどであったので、水稻用を意識した合成研究をバイエル社内で推進させることが次の課題となった。

4 特農研究所に合成研究部発足

話の流れとしては相前後するが、特農研究所に合成研究部が発足したのは1965年(昭40)である。当時、既にバイエル社は世界最大規模の総合化学会社としての地位を確立していたが、それ故に新規化合物の特許が同業他社に注目されることも多く、いわゆる“ピンホール狙いの類似特許出願”に悩まされていた。そのため、バイエル社の特許を補完するというのが、合成研究部発足当初の主な使命であった。最初はバイエル社がお家芸とする有機リン系化合物の合成から研究を開始したが、その当時から、いつの日か“自分たちが自ら立案・合成した新規化合物”を新しい農薬として世に出すという大きな夢が若手研究者の間で芽生えていたことも事実である。今になって振り返れば、アミプロホ



特農研究所の全景(1966年, 東京都日野市)

ス（トクノール）、アミプロホス－メチル（トクノールM）、プロチオホス（トクチオン）、ペンシクロン（モンセレン）、イミダクロプリド（アドマイヤー）、カルプロバミド（ウィン）、フェントラザミドなど、除草剤にとどまらず、殺菌剤、殺虫剤の分野でも、特農のオリジナル化合物を次々と開発できた礎は、この合成研究部発足に端を発していることに思い至る。

II 新しい除草剤を求めて

1 新規化合物スクリーニングの始まり

特農研究所に合成研究部が発足したのは前述のように1965年（昭40）であるが、このことは除草剤研究室が新規化合物の水稲用除草剤スクリーニングを行うチャンスを得たことに直結する。私たちはまだ誰も手をつけていない新規化合物のスクリーニングに胸が躍った。何といっても、新規化合物を合成する研究者と、それを評価するスクリーニング担当者が面対で試験結果や意見を交換し、大きな目標に向かって力を合わせるということは大きな喜びであった。

その一方、スクリーニング担当者は合成研究者に対し、常に信頼性の高いスクリーニングを行うことに責任を負わなければならない。私たちが当時最も心を砕いたのは、言うまでもなく再現性のある除草性能評価試験であった。それと同時に、スクリーニングに用いる主要雑草の効率的な栽培と必要な種子量の確保、種子の長期保存と確実な休眠覚醒なども重要な課題であったが、植調協会をはじめとする多くの研究機関の助言を仰ぎながら、自分たちのノウハウを蓄積していくことができたと思っている。

2 先行剤から学ぶ

前述のような試行錯誤を重ねる一方で、私た

ちは化合物を処理された試験植物の小さな変化も見落すことがないように、自分たちの観察眼のレベルアップに力を注いだ。例えば、水田条件下における対照薬剤同士の除草特性や選択性の徹底的な比較観察である。さらに具体的に述べると、MCPAとMCPB、ブタクロールとアラクロール、クロルニトロフェン（CNP）とニトロフェン（NIP）、モリネートとベンチオカーブの徹底的な比較観察、トリフルラリン、オキサジアゾン、プロパニルなどの水田条件下での除草特性の詳細な観察などが思い出される。

これらの対照薬剤の中には、水田条件下では使用できないものも含まれていたが、同じ系統に属しながらも、水田で適用できるものとできないものをポット試験などで細かく観察することは、評価力アップにはとても有効であった。その後も、他社で新規除草剤が開発されるたびに、スクリーニングの対照薬剤に加え、試験化合物の除草特性を詳しく比較観察したのは言うまでもない。

このような観察力は、当然ながら信頼性の高いスクリーニングを求められる試験担当者の基礎体力となり、大きな自信となった。更に、新しい作用を持つ化合物選抜の原動力ともなったが、私たちがこのレベルに達するまでには数年の歳月を要したことも事実である。

このような機会と時間を与え、黙って投資を続けてくれた会社には感謝の他ない。

3 アミプロホス（トクノール）の選抜

特農で合成した化合物のスクリーニングを始めて3年が経過した1968年（昭43）にアミプロホス（社内コード：NTN5006）を選抜した。この化合物は基本的特性として、一年生雑草（特にイネ科雑草）の発芽前から発芽始期にかけて

高い除草効果を持つが、その最大の特徴は水田と畑地の両条件下で安定した活性を示すことである。特に水田条件下におけるノビエ類に対しては、1.5葉期前後までの処理で効果が高く、移植水稻に対する選択性も安定していた。人畜毒性や魚毒性等の予備試験でも問題がないという結果を得たので、この化合物を特農第一号の除草剤として開発するかどうかの検討に入った。社外の専門家にもアドバイスを仰いだが、特に植調協会の小澤啓男氏と園芸試験場の西貞夫氏には懇切な助言と今後の支援の約束を貰い大いに力づけられた。このような過程を経て、この化合物は水稻用にはシメトリンとの混合剤、畑地用には発芽前土壌処理剤として単剤の委託試験を1969年（昭44）から開始した。委託試験の結果も順調で、翌年には、水稻、畑作ともに“実”の判定を貰うことができた。これと平行して進めていた安全性試験などの結果を取りまとめて直ちに登録申請、1972年（昭47）には登録取得というところまでたどり着くことができた。除草剤研究開発の新参会社としては驚異的なスピードであったと言えるだろう。ところが、商品名も決まり（水田用はトクノールS粒剤、畑地用はトクノール乳剤）、特農第一号の除草剤として製造を終え、まさに普及・販売をスタートしようとしていた矢先に、バイエル社で自主的に行っていた鳥類に対する毒性試験で予期せぬ遅発性神経毒性が確認された。当時の登録要件には鳥類への遅発性神経毒性試験は含まれていなかったため、この試験成績の取り扱いについては社内でも大激論になったが、野鳥類への影響を配慮して、最終的に本剤の普及・販売は行わないことに決定した。この化合物の研究開発に日夜情熱を注いだ者にとっては、まさに「好事魔多し」という他ない。このようなこと

で、研究室が気分的に落ち込んでいたとき、当時の研究所長であった久山真平氏が来られて、「この決定は、会社の社会的責任という見地から決定したものである。登録要件を満たしているかどうかにかかわらず、少しでも疑念がある化合物の普及・販売は行うべきではない。この薬剤の研究開発を進めてきた担当者には何の責任もない」ということを言われた。この言葉によって私たちは大いに救われると同時に、“企業の社会的責任”ということを学んだ。また、この化合物の開発に関し、いろいろなアドバイスを仰いだ指導機関の諸氏には大変な迷惑をかけたにもかかわらず、逆に力強い励ましの言葉を貰った。既に30年も前のことになるが、今でも感謝の念を禁じえない。

4 フルオチウロン（クリアサイド）の選抜

1970年（昭45）にバイエル社に出張した綾室長が、除草剤研究室の温室を訪れた際、ふと目にとめて持ち帰った化合物（コード番号：KUE2079A）があった。この化合物を特農で詳細に試験した結果、ノビエ類に対する効果は低いものの、コナギや一年生双子葉雑草に卓越した効果を持ち、移植水稻に対する選択性も高いことが判明した。人畜や魚類等に対する安全性試験でも問題がないという見通しがついたため、ノビエ剤との混合につき検討を始めた。だが、当時開発を進めていたアミプロホスとの相性はいまひとつといった感じであった。その一方、他社のノビエ剤についても検討を重ねた結果、モリネートとの相性がいいことが判明した。そこで、モリネートの取り扱い会社である八洲化学（現協友アグリ）と協議を重ね、1973年（昭48）から混合剤の委託試験を開始した。試験結果も良好なうえ、安全性試験の結果も問題がなかった

ので、二年間の委託試験を経て、翌年に登録申請、1976年（昭51）には登録取得に至った。直ちにオードラムKという商品名で普及・販売を開始した。モリネートの高い知名度にも助けられ、滑り出しはたいへん順調であったと覚えている。だが、これと平行してバイエル社で進めていたフルオチウロン原体の大量製造に関する検討の過程で、技術上の問題に直面し、パイロットプラント以上には製造規模の拡大ができないという連絡が届いた。また、パイロットプラント規模の製造では、ビジネスとして成り立たないことも明らかになり、この商品は短命で幕を閉じることになった。アミプロホスに続く挫折であった。何事においても、成功を手に入れるのは簡単ではないという“神からの愛の鞭”と考えるべきではあったが、それにしても大きな愛の鞭であった。

この商品の開発には、八州化学のたいへんなご好意と並々ならぬ力添えがあったことは言うまでもない。にもかかわらず、このような結果になったことは、今でも慙愧の念に絶えない。

5 農薬取締法の大改正

旧農薬取締法が大改正されたのは1971年（昭46）である。当時、この新法は農薬に関する世界一厳しい法律であると言われた。この法律の主な改正点として、人畜に対する慢性毒性や防除対象以外の生物への影響、作物や土壌中での残留・代謝、主要代謝物の生物活性など、広い意味で高い安全性が求められるようになったことをあげることができる。

この改正点を新しい除草剤の研究開発に携わる者の立場から見ると、安全性評価に膨大な経費と期間が必要となるので、卓越した除草効果を持ち、長寿命を期待できる化合物以外は開発

が難しいということである。

また、一年生雑草に安定した効果を持つ除草剤の普及により、防除対象として多年生雑草を加える必要性が見え始めてもいた。

さらにこれまでの経験から、登録要件にあげられていない安全性評価事項についても、できるだけ多くの試験結果を得ておくことや、大規模製造の可能性などにも配慮が必要であるということを感じた。

6 新しい目標に向かっての再挑戦

前述のような二度にわたる大きな挫折と、除草剤に対する要求水準の時代的变化などにより、これからの除草剤研究開発に関する基本コンセプトを再構築することが必要となった。新しいコンセプト確立のために、いろいろな角度から議論を重ねたが、その結果を要約すると以下のようになる。

(1) 除草効果に関しては、以下のいずれかの条件を満たすこと。

- ノビエに安定した高い除草効果を持ち、適用時期の幅が広く、その発芽前から3葉期頃まで有効な化合物
- 一成分で一年生雑草全般に安定した高い除草効果を持つ化合物
- 複数の多年生雑草に安定した高い除草効果を持つ化合物
- 他社の先行剤にない殺草微候を持つ化合物

(2) 水稻に対する選択性に関しては、以下のいずれかの条件を満たすこと。

- 生理的選択性を持ち、通常の栽培方法では薬害の恐れがない化合物
- 生理的選択性を持たない化合物の場合には、薬害発生の条件を明確にすること

ができる化合物

(3) 化合物の安全性に関しては、以下の条件を満たすこと。

- 人畜に安全であること（除草剤使用者安全）
- 分解物も含めて、作物に残留しないこと（農産物消費者安全）
- 標的雑草以外の動植物に影響がないこと（環境安全）
- 分解物も含めて、土壌残留、地下水汚染などの心配がないこと（環境安全）
- 原料はもとより、製造工程においても安全上の問題がないこと（労働安全）

除草剤開発の新しいコンセプトとして、以上

のような高い目標を掲げたが、このような条件を満たす化合物を選抜するのは容易なことではない。自ら掲げた目標に目がくらむ思いもした。だが、この困難に挑戦して出直すか、挑戦を諦めて投げ出すかの岐路に立たされていたのも事実である。当然のことながら、他社の後追い化合物では目標の達成は望めない。作用機候に新規性がある化合物の鉱脈を見つけることが最重要課題であった。

この時点で私たちが肝に銘じたのは、たとえ目標に到達できなくても、困難に挑戦して破れたほうが、挑戦しないで逃げ出すよりも、悔いが少ないという思いであった。

（以下、次号に続く）

省力タイプの
高性能一発処理除草剤
シリーズ

問題雑草を一掃!!

投げ込み用 水稲用一発処理除草剤

マサカリ
ジャンボ

換け込むだけ!!

水稲用初・中晩一発除草剤

ダイナマン

フロアブル 1キロ粒剤75

ダイナマンにお任せ!!

少量撒散型 水稲用一発処理除草剤

ダシングパワー
500グラム粒剤

雑草を撒きすに 変えて!!

●使用前にはラベルをよく読んでください。
●ラベルの記載以外には使用しないでください。
●本剤は小児の手の届くところには置かないでください。
●空容器は密閉し、破損に注意して適切に処理してください。

日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号
ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>

カロテノイド生合成阻害物質のスクリーニング技術

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
果樹研究所カンキツ研究部

生駒吉識・加藤雅也・矢野昌充

1. はじめに

白化型除草剤は、光合成の補助色素として重要な役割を担っているカロテノイドの含量を低下させることで、光合成機能の低下や光酸化的障害を植物組織に引き起こし、植物を白化、枯死させる薬剤である。このように植物の生命活動に重要な役割を担うカロテノイドの生合成をターゲットにした除草剤には、カロテノイド生合成系酵素の活性を阻害するタイプ（直接的阻害タイプ）とプラストキノンの生合成を阻害することでカロテノイドを減少させるタイプ（間接的阻害タイプ）がある（関野, 2003）。

直接的阻害タイプの活性を有する薬剤をスクリーニングするためには、カロテノイド生合成系酵素を植物から精製し、それに対して阻害活性の有無を調べる手法が用いられる。しかし、当該酵素の精製やその基質を調整する等の手間や技術を要し、簡易にスクリーニングを実施することは出来ない。迅速、簡便なカロテノイド生合成系酵素の活性阻害剤のスクリーニング技術を開発することができれば、直接的阻害タイプの薬剤開発の迅速化に寄与するものと考えられる。

そこで、筆者らは、簡易な直接阻害タイプの薬剤スクリーニング技術の開発のため、カロテノイド生合成遺伝子を導入した大腸菌に着目した。Misawaら（1990）は、カロテノイドを生成

する非光合成細菌の*Erwinia*から、カロテノイド生合成に関与する6個の遺伝子（*crtE*, *crtX*, *crtY*, *crtI*, *crtB*, *crtZ*）を単離し、これらが大腸菌に導入、発現させることで大腸菌内でカロテノイドを生合成できることを示した。筆者らは、このような大腸菌を、カロテノイド生合成阻害剤の候補物質を添加して培養してやれば、大腸菌が生成したカロテノイドの量や組成の変化から、当該薬剤の活性を判定できると考えた。この方法では、酵素の精製や基質の調整のための手間や技術が必要なく、従来方法より簡便にカロテノイド生合成阻害活性を有する物質をスクリーニングすることが出来ると考えられる。

ここでは、植物におけるカロテノイド生成について概説しつつ、以上のようなカロテノイド生合成系遺伝子を導入した大腸菌を用いたカロテノイド生合成阻害物質のスクリーニング技術について紹介する。

2. カロテノイド生合成経路

植物体内では、カロテノイドは図-1のように生合成される（Cunningham and Gantt, 1998; Ronen et al., 1999; Isaacson et al., 2002; Park et al., 2002）。その第1段階では、2分子のゲラニルゲラニルピロリン酸がフィトエンシンターゼにより縮合し、フィトエンが生成される。さらにフィトエンデサチュラーゼ及び

ーカロテンデサチュラーゼにより4個の二重結合がフィトエンに導入され、リコペンが生成される。近年、リコペンの生成には、シス体をトランス体に変換する機能を有するカロテノイドイソメラーゼも関与すると報告されている(Isaacson et al., 2002; Park et al., 2002)。リコペンまでは、直鎖状の構造を有するカロテノイドが生合成されるが、リコペン以降は、リコペン-ε-サイクラーゼ及びリコペン-β-サイクラーゼにより直鎖の末端が環化されたカロテノイドが生成される。すなわち、直鎖の片方の末端がリコペン-ε-サイクラーゼにより環化されると、もう一方の末端はリコペン-β-サイクラーゼにより環化されるため、ε環とβ環を有するα-カロテンが生成される。これに対して、直鎖の片方の末端がリコペン-β-サイクラーゼにより環化されると、もう一方の

末端もリコペン-β-サイクラーゼで環化されるため、両端にβ環を有するβ-カロテンが生成される。このように、リコペン以降のカロテノイド生合成系は、ε環とβ環を有するカロテノイド（ここではβ、ε-カロテノイドと称する）を生合成する経路と、β環を2個有するカロテノイド（β、β-カロテノイドと称する）を生合成する経路に分岐する。分岐後、水酸化酵素やエポキシ化酵素により水酸基やエポキシ基が導入され、β、ε-カロテノイド系列ではルテイン、β、β-カロテノイド系列ではβ-クリプトキサンチン、ゼアキサンチン、ビオラキサンチン等が生合成される。

3. 植物と微生物におけるカロテノイド生合成酵素の差異

植物と微生物 (*Erwinia*) のカロテノイド生

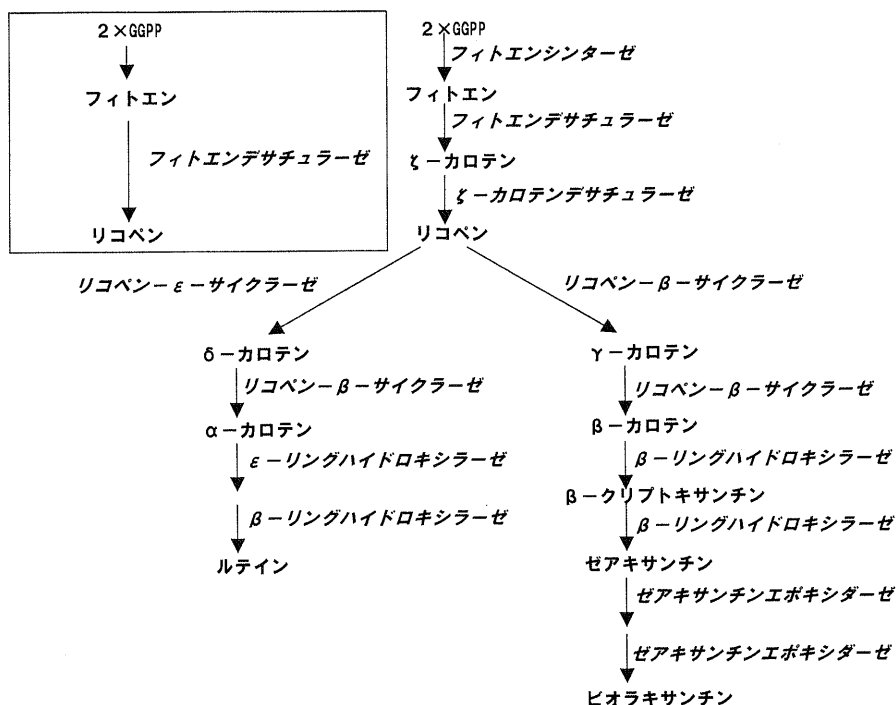


図-1 植物におけるカロテノイド生合成経路（四角内は*Erwinia*における経路）

注1) GGPPはゲラニルゲラニルピロリン酸を示す。

注2) 斜体はカロテノイド生合成系酵素を示す。

合成系を比較すると、ゲラニルゲラニルピロリン酸から、フィトエンまでの経路及びリコペンから β -カロテンまでの経路は、生合成遺伝子の機能に関して同じである。一方、フィトエンからリコペンまでの経路は、異なっており、*Erwinia*ではフィトエンデサチュラーゼという1つの酵素が、フィトエンに4個の二重結合を導入し、リコペンを1段階で生成する(図-1)のに対して、植物では、この過程で2種類の酵素が関与することが知られており、フィトエンデサチュラーゼが2個の二重結合を導入し、 ξ -カロテンを生成、さらに、 ξ -カロテンデサチュラーゼが ξ -カロテンに2個の二重結合を導入して、リコペンを生成する(三沢, 1996)。また、*Erwinia*由来のフィトエンデサチュラーゼ遺伝子の塩基配列と、植物由来のフィトエンデサチュラーゼ及び ξ -カロテンデサチュラーゼ遺伝子の塩基配列を比較すると、N末端の補酵素NADまたはFAD結合領域を除いて、アミノ酸配列レベルで相同性がほとんど認められないとされている(三沢, 1996)。このような、代謝過程の違いや生合成酵素の構造の違いから、現在では、種々の生物のカロテノイド生合成遺伝子または酵素は、*Erwinia*型(細菌、カビ)と植物型(高等植物、緑藻、藍藻)の2つのカテゴリーに分類されると考えられている(三沢, 1996)。

4. 簡易スクリーニング技術開発のためのプラスミドの構築

*Erwinia*由来のカロテノイド生合成遺伝子を実験室の大腸菌に導入、発現させることで、大腸菌内でカロテノイドを生合成できる(Misawa et al., 1990)ことは前述のとおりである。しかし、*Erwinia*由来のカロテノイド生合成遺伝子だけ

を用いて作成した大腸菌では、除草剤の候補物質をスクリーニングすることは出来ないと考えた。すなわち、*Erwinia*型と植物型では、カロテノイド生合成過程やカロテノイド生合成系酵素の構造が異なるため、除草剤候補物質のスクリーニングには、植物由来のカロテノイド生合成系遺伝子を使用する必要がある。事実、植物型フィトエンデサチュラーゼの阻害剤であるNorflurazonは、*Erwinia*型のフィトエンデサチュラーゼの活性を抑制しないこと、このため、*Erwinia*型フィトエンデサチュラーゼを導入したタバコは、Norflurazonを処理しても白化しないこと(三沢, 1996)が示されており、これらの結果から、*Erwinia*型と植物型では、その構造や作用特性の違いから、阻害効果を有する物質も異なると考えられた。

そこで、筆者らは、ウンシュウミカンから、フィトエンデサチュラーゼのcDNA (*CitPDS*; GenBank accession number AB046992)と ξ -カロテンデサチュラーゼのcDNA (*CitZDS*; GenBank accession number AB072343)を単離した。*CitPDS*については、その翻訳領域をプラスミド(pET30, Novagen社製)に挿入し、ウンシュウミカン由来フィトエンデサチュラーゼcDNAを有

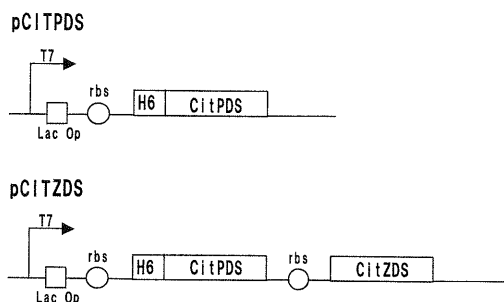


図-2 ウンシュウミカン由来のフィトエンデサチュラーゼcDNA (*CitPDS*)と ξ -カロテンデサチュラーゼのcDNA (*CitZDS*)を挿入したプラスミドの構造
T7, phage promoter; Lac Op, repressor binding site; rbs, ribosome-binding site.

するプラスミド (pCITPDS) を構築した (図-2)。さらに, pCITPDSに*CitZDS*を挿入し, ウンシュウミカン由来フィトエンデサチュラーゼと ζ -カロテンデサチュラーゼの両者のcDNAを有するプラスミド (pCITZDS) を構築した (図-2)。

5. 大腸菌内でのカロテノイドの生合成

大腸菌は通常カロテノイドを生成しない。しかし, カロテノイド生成の前駆体となるファルネシルピロリン酸を生成している。Misawaら (1990) は, 彼らが単離した*crtE* (ファルネシルピロリン酸からゲラニルゲラニルピロリン酸を生成) と*crtB* (ゲラニルゲラニルピロリン酸からフィトエンを生成) を大腸菌に導入すれば, フィトエンが生成されることを報告している。そこで, Misawaら (1995) の構築した*crtE*と*crtB*の両者を有するプラスミド (pACCRT-EB) を大腸菌に導入し, フィトエンを生成する大腸菌を作成した。さらに, 上記のフィトエン生成大腸菌 (pACCRT-EBを有する) に, pCITPDSを導入し, 両者のプラスミドが共存する大腸菌を作成した (図-3)。この大腸菌 (ζ -カロテン生成大腸菌) では, *Erwinia*由来の*crtE* 及び*crtB*の存在により, フィトエンが生成されるだけでなく, ウンシュウミカン由来の*CitPDS*も存在するため, ζ -カロテンも生成される。また, フィトエン生成大腸菌に, pCITZDSを導入した大腸菌も作成した (図-3)。この大腸菌 (リコペン生成大腸菌) では, ウンシュウミカン由来の*CitPDS*と*CitZDS*も存在するため, フィトエン, ζ -カロテンに加え, リコペンも生成される。

実際に, フィトエン生成大腸菌, ζ -カロテン生成大腸菌, リコペン生成大腸菌を液体培養してみると, フィトエン生成大腸菌は, 白色を呈し, 当該大腸菌からカロテノイドを抽出, 分

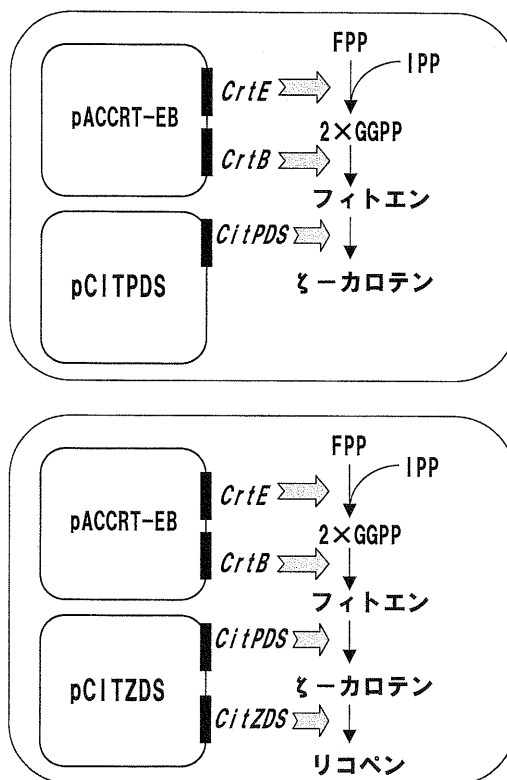


図-3 ζ -カロテン生成大腸菌 (上図) 及びリコペン生成大腸菌 (下図) におけるカロテノイド生合成

注1) pACCRT-EBは, *Erwinia*由来の*CrtE*及び*CrtB*を有するプラスミド。

注2) pCITPDSは, ウンシュウミカン由来の*CitPDS*を有するプラスミド。

注3) pCITZDSは, ウンシュウミカン由来の*CitPDS*及び*CitZDS*を有するプラスミド。

注4) FPP, IPP, GGPPは, それぞれファルネシルピロリン酸, イソペンテニルピロリン酸, ゲラニルゲラニルピロリン酸を示す。

析するとフィトエンが検出された。フィトエン生成大腸菌が白色を呈したのは, フィトエンそれ自身が無色 (吸収極大は280nm付近) であることに起因する。一方, ζ -カロテン生成大腸菌は, 薄い黄色を呈し, カロテノイドを抽出, 分析したところ, フィトエン, フィトフルエン (フィトエンから ζ -カロテン生成までの中間産物), ζ -カロテンが検出された。薄い黄色を呈したのは, ζ -カロテンの色 (吸収極大が400nm付近) に起因する。さらに, リコペン生成大腸菌の黄色は, ζ -カロテン生成大腸菌よ

りも濃くなり、フィトエン、フィトフルエン、 ζ -カロテンに加え、ニューロスポレン (ζ -カロテンからリコペン生成までの中間産物)、リコペンも検出された。

6. 阻害活性の測定法

実際に、リコペン生成大腸菌を用いて、カロテノイド生成阻害物質のスクリーニングが可能かどうかを、フィトエンデサチュラーゼの阻害剤であるNorflurazonを用いて検討した。リコペン生成大腸菌をLB (Luria-Bertani) 液体培地で、OD₆₀₀で0.6になるまで27℃下で培養後、IPTG (isopropyl- β -D-thiogalactoside) を培養液中の濃度で1 μ Mになるように添加し、同時に10 μ MになるようにNorflurazonを添加した。添加後さらに24時間培養後、培養液を遠心分離 (5,000g, 10分間) し、大腸菌を回収した。回収した大腸菌は、20mMのTris-HCl (pH8.0) で洗浄後、液体窒素で凍結させた。大腸菌を融解後、クロロホルム：メタノール (2 : 1) を用いて、カロテノイドを抽出した。抽出物は、減圧濃縮後、MTBE (methyl tert-butyl ether) : メタノール (1 : 1) に溶解し、HPLCで分析した。

遠心分離後の大腸菌の色を観察したところ、Norflurazonを添加しなかった大腸菌は、黄色であったのに対して、Norflurazonを添加した大腸菌は白色であった。このことは、目視でもカロテノイド生成の阻害活性を判定することが可能なことを示している。これらの大腸菌のカロテノイドを分析したところ、無添加では、フィトエン、フィトフルエン、 ζ -カロテン、ニューロスポレン、リコペンが検出されたのに対して、Norflurazonを添加した場合には、フィトエンだけが大量に検出された (図-4)。この結果は、大腸菌培養液に添加したNorflurazonは、大腸菌内に入り、そこでフィトエンデサチュラーゼの活性を抑制したことを示している。

以上の阻害剤の大腸菌培養液への添加試験の結果から、本法によるカロテノイド生成大腸菌は、カロテノイド生成阻害物質のスクリーニングに使用できると考えられた。尚、リコペン生成大腸菌は、フィトエンまでの生合成については、*Erwinia*型の遺伝子を使用していること、それ以降の生合成については、植物型の遺伝子を使用していることから、フィトエンデサチュラーゼと ζ -カロテンデサチュラーゼの阻害活

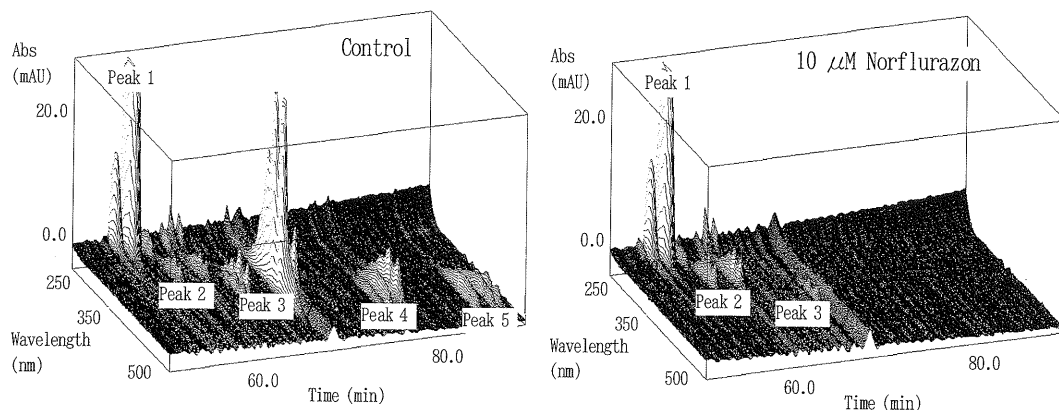


図-4 リコペン生成大腸菌におけるカロテノイド生成
Peak 1 : フィトエン, Peak 2 : フィトフルエン, Peak 3 : ζ -カロテン,
Peak 4 : ニューロスポレン, Peak 5 : リコペン

性を有する白化型除草剤のスクリーニングに有効なものと位置づけられる。また、本法では、目視による判定とカロテノイドの分析に必要な大腸菌量は、約10mg（乾燥重）で十分である。このため、培養を小スケールで行うことができ、簡易的なスクリーニングを可能としている。

実際に、本法を用いてカロテノイド生合成阻害剤の探索を実施した。植物に対して白化作用を有し、カロテノイド生合成に対して阻害活性が期待される試料43点について、スクリーニングを実施した。43点のうち、3点の試料を添加した大腸菌については、大腸菌の増殖を阻害することなく、カロテノイドの生合成は阻害され、薄い黄色もしくは白色を呈していた。これらの大腸菌のカロテノイドを分析したところ、Norflurazonと同様に γ -カロテンやリコペン等の生成が阻害され、フィトエンが蓄積していた。この結果から、以上の3点の試料が、カロテノイド生合成阻害剤であると考えられた。尚、大腸菌の増殖を阻害し、見かけ上カロテノイド生成を阻害するように見える場合も想定されるが、今回使用した43点には大腸菌の増殖を抑制した試料は見出されなかった。

7. おわりに

ここで紹介した方法は、植物のフィトエンデサチュラーゼや γ -カロテンデサチュラーゼの阻害物質を簡易にスクリーニングするものである。植物のカロテノイド生合成には、上記のほかりコペン- ϵ -サイクラゼやリコペン- β -サイクラゼ等の多くの酵素が関与している。これらについても遺伝子を植物から単離し、大腸菌内で一連のカロテノイド生合成遺伝子と共存させることで、リコペン以降のカロテノイドを大腸菌で生成することも可能となる。このよ

うな大腸菌を作成すれば、フィトエンデサチュラーゼや γ -カロテンデサチュラーゼの阻害剤だけでなく、リコペン- ϵ -サイクラゼやリコペン- β -サイクラゼ等の多くのカロテノイド生合成酵素の阻害剤をスクリーニングすることができると考えられる。ただし、多くの遺伝子が関与することになるので、使用するプラスミドの種類や培養条件等の検討が必要になると考えられる。

謝辞

ここで紹介した方法を開発するにあたり、*Erwinia*由来のカロテノイド生合成遺伝子を提供いただいた三沢典彦博士に、厚く御礼申し上げます。また、スクリーニングのためのカロテノイド生合成阻害剤を提供いただいた科研製菓株式会社に、厚く御礼申し上げます。

文献

- Cunningham, F. X. and E. Gantt. 1998. Genes and enzymes of carotenoid biosynthesis in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:557-583.
- Isaacson, T., G. Ronen, D. Zamir and J. Hirschberg. 2002. Cloning of tangerine from tomato reveals a carotenoid isomerase essential for the production of β -carotene and xanthophylls in plants. *Plant Cell*. 14:333-342.
- 三沢典彦. 1996. カロテノイド生合成阻害剤抵抗性植物の作出. *植物の化学調節*. 31:143-149.

Misawa, N., M. Nakagawa, K. Kobayashi, S. Yamano, Y. Izawa, K. Nakamura and K. Harashima. 1990. Elucidation of the *Erwinia uredovora* carotenoid biosynthetic pathway by functional analysis of gene products expressed in *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 172:6704-6712.

Misawa, N., Y. Satomi, K. Kondo, A. Yokoyama, S. Kajiwara, T. Saito, T. Ohtani and W. Miki. 1995. Structure and functional analysis of a marine bacterial carotenoid biosynthesis gene cluster and astaxanthin biosynthetic pathway proposed at the gene level. J. Bacteriol. 177:6575-6584.

Park, H., S. Kreunen, A. J. Cuttriss, D.

DellaPenna and B. J. Pogson. 2002. Identification of the carotenoid isomerase provides insight into carotenoid biosynthesis, prolamellar body formation, and photomorphogenesis. Plant Cell. 14:321-332.

Ronen, G., M. Cohen, D. Zamir and J. Hirschberg. 1999. Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down-regulated during ripening and is elevated in the mutant *Delta*. Plant J. 17:341-351.

関野景介. 2003. カロテノイド生合成阻害剤の作用性と開発. 植調. 37:212-221.

この草はなんだろう? 手軽に調べたい。

三二雑草図鑑

——耕地雑草ハンドブック——

廣田伸七／著

A5判 定価2,200円＋税

耕地には主要なものだけで150種を超える雑草が生えてきます。これら雑草の防除の第一歩は草を知ることです。本書は、農耕地や樹園地などによく見られる雑草500種を収録し、主要種は、幼植物・生育中期・成植物と生育段階を追った写真を掲載。また、似た草の見分け方を記載した、身近な植物を調べるための最適な図鑑です。

原色図鑑 芽ばえとたね

浅野 貞夫／著

A4判 定価9,800円＋税

芽ばえの姿はどうなんだろう。本書は、植物の芽ばえのようすを克明に表した精密図版と、種・成植物の写真を組み合わせた植物の一生図鑑です。成植物のみの図鑑と異なり、芽ばえのようすから紹介しているため、植生などの調査にたいへん役に立つとの声が寄せられています。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL.03-3833-1821 FAX.03-3833-1665

夢の水田畦畔カバープランツ「センチピードグラス」

滋賀県大津滋賀地域農業改良普及センター 井上拓弘

■ほ場整備後の大きな畦畔雑草管理の省力のために

私の普及センターの管内は、大津市と志賀町のわずかに一市一町で、比叡比良山系の裾に多くの水田が拓かれていることから、傾斜度1/20以上の棚田が70%を占めています。またこれは滋賀県内の棚田の48%にあたり、県下一の棚田地域です。

このためか平坦地に比べて、ほ場整備が遅れ、現在も順次工事が進められています。農業者は、農地保全に必要であることから整備はするものの、従前の小さな石垣等の畦畔が、長大なおり面となり、整備後の草刈りを何とかしたいと願っていました。



画像は、H13.5.27は種で、同年9.4の約100日で見事に繁茂したセンチピードグラス畦畔をみている様子です。なおほぼ被覆するのは通常は種翌年夏前後です。

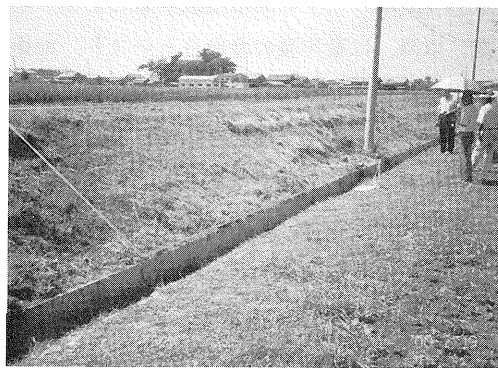
■センチピードグラスの有望性確認の経緯

滋賀県でもこうした農業者の声に答えるべく、H5にアークトセカ、アジュガ、マツバギクなど花の咲く草種で畦畔の雑草を抑制しようと、専門技術員試験を始めました。現場でも平行して農業者の意志で試験的に植栽されました。

しかし、定植後の雑草の再侵入やアークトセカでは土壌病害による全滅、株疲れによる退化などから定着普及に至りませんでした。

それでも、依然として農業者の畦畔管理省力化への願いは大きいことから、H9.5に専門技術員と普及員が、苗の購入コスト、定植労力なども普及を妨げる要素であるとして、芝や牧草など種で播ける10草種を供試した試験を始めました。

当初は白クローバーが良く繁茂し有望と目されましたが、2年目、3年目に夏枯れして回復しませんでした。H11.秋には、他の草種が発芽



しなかったり、雑草に負ける中、唯一センチピードグラスのみが繁茂し雑草を抑制していることが確認されました。

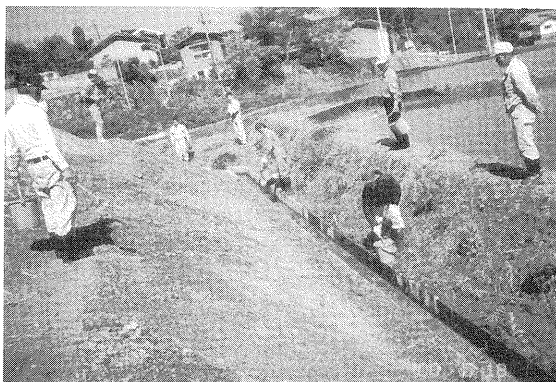
なおセンチピードグラスのカバープランツとしての有望性を確認した先行試験は、H10.3(試験期間：H5～H8)「石垣島におけるパイナップル圃場の土壌保全を目的とした芝草類の畦間被覆作物としての利用技術」農水省草地試験場小林他、H9(試験期間：H7～H9)

「中山間傾斜地水田畦畔に適するペレニアルライグラスとセンチピードグラスの導入技術」長野県南信農試小林の二つがあります。しかし、いずれも有望性が報告されたものの、試験に留まり、普及に至りませんでした。

■いきなり1万㎡の水田畦畔には種

初めてほ場整備後の畦畔にセンチピードグラスをは種した大津市伊香立北部土地改良区は、前述の試験地を専門技術員の案内で見学しただけで、出来上がったばかりの畦畔1万㎡への採用を決めました。私も専門技術員も当初は、試験畦畔の設置程度を想定していたものですから、130万円もの資材費を伴う本格的な種に驚きました。

しかし、現場の切実な悩みから出たリスクを承知の意志決定であることから、専門技術員のノウハウを頼りに全面的に支援することとしました。以降、は種作業の段取りとテスト、地権者によるは種、発芽確認、施肥、競合雑草の刈払指導と何度の現場を巡回をしました。発芽後の初期生育が極めて緩慢であること、競合雑草が先に繁茂すること、梅雨期の発芽後の夏の日照りで枯れはしないかなど、心配のタネばかりでしたが、専門技術員の「大丈夫必ず成功する」とのアドバイスに励まされながら、晩秋には見



違えるばかりに50%程度もの被覆度となりました。専門技術員から「来年には必ずほぼ100%被覆する」とのお墨付きをもらいました。

そこで早速、管内で続くほ場整備地区を対象とした研究会を開催しました。参加した翌年の種を検討してきた地区の関係者は、現場の被覆度合いを目の当たりにして、一気には種の意向を固めました。

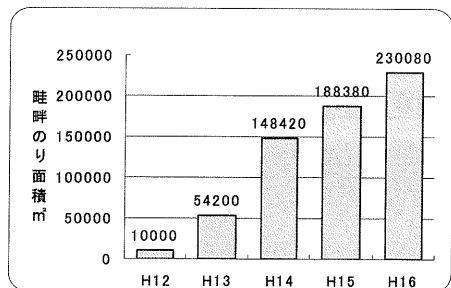
また、この研究会に前後して、日本農業新聞などによって全国へも情報発信し、見学者の受け入れも始めました。情報に対する反響は大きく、全国の水田畦畔の雑草管理の悩みの大きさを改めて確認しました。問い合わせの中には、水田畦畔以外の土木工事の土面の植生関連も多くありました。

■これまで5年間で23万㎡には種

H12年に初めては種して以来、これまでに5つのほ場整備地区で、23万㎡の畦畔には種されました。は種後表土ごと滑り落ちたり、競合雑草の刈払いを怠った場合をのぞいて、良好な管理下では、安定して当初のねらい通りの雑草抑制効果が得られています。

H13年には、いち早く情報をキャッチして、見学に来られた管外他地域へも普及し、県内では大津滋賀以外に、約4万㎡は種されています。

県外は見学後にいただいた情報などから岐阜県恵那市や兵庫県社町、愛媛県東宇和郡をはじめとして普及しています。



■バケツと柄杓で撒く「やまかけとろろ法」

これらは種には、地権者の出役によって、種子と古紙再生パルプ、化学合成糊を水で混和した「やまかけとろろ」のような粘度の混和液をバケツに汲み、柄杓で撒く方法によって行われました。攪拌には、水槽と攪拌機を使い、畦畔への種は人海作戦です。

この方法は、初めて取り組んだ伊香立北部土地改良区の役員の発案でした。以降の地区での



聞取りから、20人が一日出役して一万㎡のは種が可能です。なによりも、タンク車を使った業者は種にくらべて、地権者の経費負担は、

直接資材費だけで極めて安上がりです。

■センチピードグラスの優れた特性

センチピードグラスは、以下のように水田畦畔のカバープランツに求められる特性をほぼすべて、他の草種に比べて高い水準で備えています。

①種で播けて安上がり

直接材料費は種子代がほとんどで、㎡あたり種子5グラムは種で50円程度。苗を植えるのにくらべては場整備直後の大面積でも一気に植生できます。

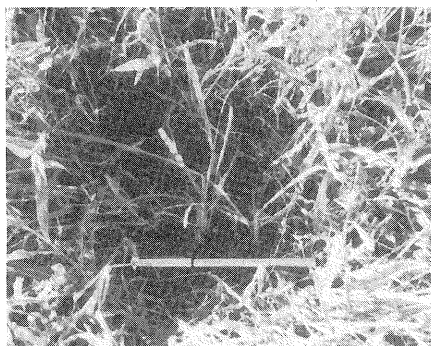
②水田畦畔でも繁茂する頑健さ

適期の梅雨前には種し、梅雨期の温湿度で発芽した後、夏の日照りにも枯れずに良く耐え、秋にぐっと成長します。夏の耐干性は極めて強く、H14の夕立もほとんど無かった48日間無降雨の年でも枯死しなかったことを確認しています。

また、は種後数ヶ月の成長が極めて緩慢なため、成長の早いイネ科一年生雑草の陰になって枯死することがあります。しかし、小さなセンチピードグラスに陽光が届くように、競合雑草を、月一回程度刈り高10cm程度に刈り払うだけで、翌年には一年生雑草を抑えて繁茂します。

発芽

繁茂後は、雑草の再侵入をよく抑えます。ただし、多年生



センチピードグラス播種資材リスト(バケツと柄杓の手まきで混和水量を畦畔1㎡あたり1%とした場合)

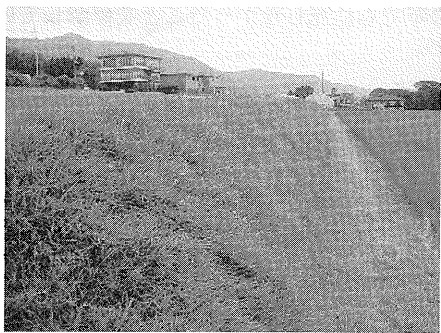
資材名	使用量g/㎡	価格円/kg	㎡当価格 円	発注先
センチピードグラス種子	2.5 ~ 5	10,000	25 ~ 50	大手種苗会社が扱い種苗店に発注すれば入手可能 大量購入で貿易会社直接等で、@6,500/kgの実績有
養生材(古紙再生パルプ)	50	48	2.4	土木工事の土面保護の資材で、近隣で販売業者を探 してください
のり(高粘性高分子化合物)	1.5	900	1.4	
肥料(高度化成)	20	90	1.8	
上記費用合計(上記送料と除草剤等前処理経費除く)			31 ~ 56	雑草前処理用除草剤経費は別途

雑草でセイタカアワダチソウなど地下に栄養体をもつ除草剤にも強い雑草はひき抜く必要があります。多年生雑草でもクローバー、スギナなどは共生可能です。

なお、一部で発芽しなかったり、発芽後枯死するケースとして、表層土壌ごと滑り落ちる場合、競合雑草が多いのに、刈払いをせずに放置した場合、は種限界の7月末を越えては種した場合、繁茂後刈り高5cm以内で強く刈込んだ場合があります。

③低い草丈(15cm程度)

④永年性



■斑点米カメムシ類

斑点米カメムシ類は、H13とH14にセンチピードグラスの穂に寄生することが確認されたことから、H15に本県農業試験場によりセンチピードグラス畦畔での越冬と穂への寄生調査が行われました。H15単年の調査結果ながら、越冬確認トラップでは捕獲できなかったこと、水稻出穂期前後に雑草地には多いカメムシも、センチピードグラス単一の畦畔にはほとんど寄生して

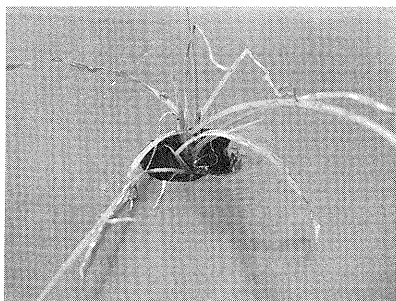


いないことが確認されました。H13、H14の寄生確認時点では、まだカメムシが好むイネ科雑草が混じっていたため、そちらに引き寄せられていた可能性が高まりました。

今年も猛暑の中、農業試験場によってすくい取り調査を継続しています。復年で同様の結果が出れば、一転してセンチピードグラスがカメムシの耕種的防除技術であることが報告される見込みです。なお同時に本田を無防除として、調査した精玄米中の斑点米被害率は0.1%以下と低いものでしたし、これまで通常の出穂期のカメムシ防除によって、二等格付けの斑点米被害は出ていません。

■センチピードグラスいもち病

いもち病に類似した病斑が、H15にセンチピードグラスティフブレアの苗のみに発生が確認されました。急きょ本県農業試験場により調査研究した結果、いもち病菌であることが判明しました。しかし幸運なことに稲には感染せず、逆



に稲のいもち病もセンチピードグラスに感染しないことが確認され、ほっと一安心でした。なお今のところティフブレア以外の普通種には発生は確認されていません。

■雑草が生えた畦畔への普及

すでにほ場整備が終わって何年も経過した畦畔などでも、センチピードグラスを繁茂させたいとの要望があり、当初は単に除草後、ほ場整備直後同様に種を播けばよいと考えていました。

ところがH13とH14と試験的には種しても、ほとんど発芽しませんでした。

原因はなんとアリがは種した種子を巣穴に運び込んでいました。

このように足踏みをしていたH14に、志賀町役場ではほ場整備を担当しセンチピードグラスも推進していただいていた増尾さんが、自宅の水田畦畔に自家育苗した苗を、除草後に定植し、見事に繁茂させました。また、タキイ研究農場内では、繁茂までの雑草を抑えるために分解性



マルチを張って、苗を定植し繁茂に成功していました。そこで、



H15にはこの分解性マルチと苗定植を組み合わせた現地試験をし、良好な結果を得ましたので、現在は既成畦畔へのセンチピードグラス植生技術として勧めています。

なお、マルチはほぼ半年で分解するタイプが適当として勧めていますが、マルチを張る手間と押さえるための串や杭が多く必要なため経費が嵩むこと、斜面に張ったマルチはどうしても地面との隙間ができて、定植苗がマルチ下に隠れてしまいやすいなどの課題が残っています。

■既成畦畔への普及が課題

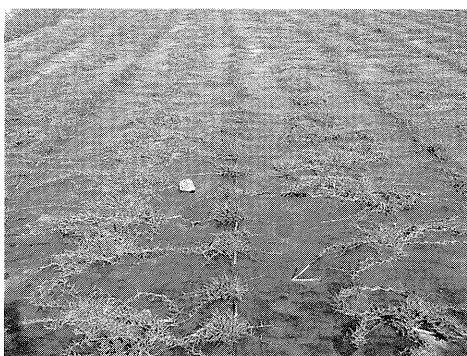
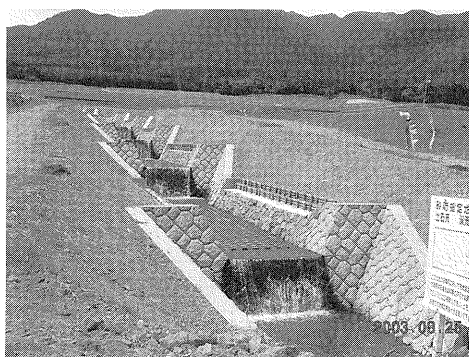
全国的にはほ場整備が進んだことから、今後はすでに雑草が繁茂して、刈払いや除草剤で管理している畦畔のセンチピードグラス植生への転換が課題となります。前述のように苗を定植し、更に分解性マルチフィルムを組み合わせれば安

定して繁茂させることが確認されましたが、膨大な面積の既成畦畔の一刻も早い管理の省力化が求められていることから、より省力かつ安定した繁茂技術の開発が期待されます。

また既成畦畔では、事前の雑草処理、特に多年生雑草の枯死を十分する必要があります。セイタカアワダチソウやスイバ、ギシギシなど、栄養を蓄える地下茎が発達した強い雑草が多い畦畔では、1年間を完全枯死の処理期間に充てる必要があります。

■水田畦畔以外ののり面にもセンチピードグラス

ほ場整備と一体となった河川改修で、その土面にセンチピードグラスをは種してもらいました。水田畦畔と隣接した土木工事で造成された土面へもセンチピードグラスをは種していただければ、斑点米カメムシ類が寄りつきませんし、雑草の刈払いと刈草の産業廃棄物処理経費がいらせん。



また、耕作放棄田の植生保全にもセンチピードグラスが使えます。去年は我が家の毎年転作の未整備田に、代かき減水後にマルチフィルムを張って、苗を定植しました。

■情報交換はHP「センチピードグラス王国」で

普及現場で気づいたことなどを交換しあえるよう次のアドレスのホームページを開設しています。掲示板もあります。

<https://www.ei-net.ne.jp/menu/shiga/centi/>

日本帰化植物写真図鑑

清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七／編著 B6判 548頁 本体価格4,300円

●帰化植物630余種を1,700余点のカラー写真で紹介。飼料作物畑の雑草害と対策も解説

全国農村教育協会
<http://www.zennokyo.co.jp>

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL03-3833-1821 FAX03-3833-1665

シリーズ 外来雑草は今……(17)

帰化雑草の老舗は今 — エゾノギシギシ —

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

東北農業研究センター 畜産草地部

梨木 守

1. はじめに

ギシギシ属は離弁花類タデ科に属し、国内では、エゾノギシギシ、ナガハギシギシ、アレチギシギシ、ギシギシなど14種が確認されている⁴¹⁾。我が国の牧草地に侵入、繁茂し、問題となっているものにヨーロッパ原産のエゾノギシギシおよびユーラシア原産のナガハギシギシとヒメスイバがある。

エゾノギシギシは明治時代に我が国に入ったとされている^{12, 47)}が、詳細な時期は不明である。国内の牧草地、樹園地、芝地、畑地、路傍、海岸、荒地において、これが帰化雑草かと思うほど普通にみられ⁵⁶⁾、北海道～九州まで分布し、学名は *Rumex obtusifolius* L. である。*Rumex* はギシギシ属を表し、その語源は「吸う」で、古代のどの渴きをいやすためにギシギシ（スイバ）を吸ったことに由来するという。種名の *obtusifolius* は写真-1のように“先が尖っていない葉を持っている”を意味する⁴¹⁾。

ナガハギシギシの帰化時期は不明であるが、北海道～沖縄・八重山まで分布し、学名は *R. crispus* L. で、葉はエゾノギシギシより細く、縁は縮れ波状となり、*crispus* はこの葉の形状の“縮れた”を意味する。

ヒメスイバも帰化時期は定かではないが、やはり北海道～九州の各地に広がっている。学名 *R. acetosella* L. で *acetosella* は酸味のある

葉を持つ“スイバに似た小形の植物”を意味する⁴¹⁾。

薬用効果として、エゾノギシギシ、ナガハギシギシ、ヒメスイバをはじめギシギシ属の根にはアントラキノン、ネボジンなどの薬用成分を含み、新鮮根の液汁は皮膚病に、乾燥根には穏やかな緩下効果、大腸の浄化作用があるとされている^{1, 16)}。一方、ヒメスイバについて蓼酸および蓼酸カリを含有し、これを家畜が多量摂取すると中毒を起こすとされている²⁷⁾。なおギシギシの語源は植物の茎を搾り合わせるとぎしぎしという音を出すためとも言われている²²⁾。

ここでは、後述するように我が国の草地で最も厄介な雑草・エゾノギシギシを中心に紹介する。

2. 形態的特徴と他種との見分け方

本雑草は根は太く長い根茎を有し、茎は直立

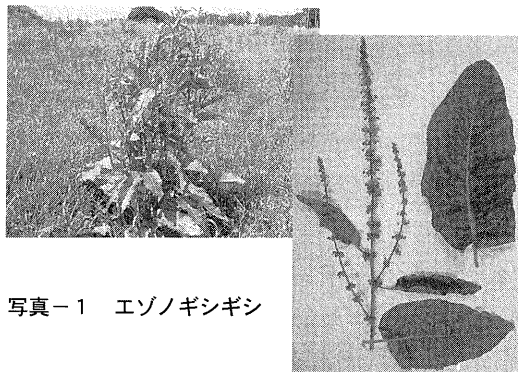


写真-1 エゾノギシギシ

表-1 公共牧場における主要雑草

草種	指摘牧場数
(1) エゾノギシギシ	549 (44) a)
(2) ワラビ	376 (30)
(3) ヨモギ類	310 (25)
(4) フキ	207 (25)
(5) アザミ類	203 (16)
(6) タンポポ類	198 (16)
(7) イタドリ	155 (13)
(8) メヒシバ	115 (9)
(9) ハルガヤ	73 (6)
(10) ヒメスイバ	59 (5)
(11) イヌタデ	57
(12) ハコベ	47
(13) ヘラオオバコ	39
(14) イヌビエ	36
(15) アレチノギク	36
(16) ヒメムカシヨモギ	29
(17) エノコログサ	25
(18) ハルジオン	24
(19) スズメノカタビラ	21
(20) セイヨウノコギリソウ	12
(21) チドメ類	8
(22) ワルナスビ	5
(23) ミミナグサ類	3
(24) その他	240

a) 全国1,236公共牧場中549の牧場でエゾノギシギシが問題雑草として障害になっていることを指摘している。()内数値は上位10種の指摘率(%)を示す。

例: 44% = 549 / 1,236 × 100

し高さ60~120cmで、上部で分枝し、成長すると全体に紅紫色を帯びる⁵⁶⁾。葉は長楕円形~卵状長楕円、葉先は鈍形、基部は心臓形、葉の下面脈上に突起毛を有し³²⁾、節部に輪生して花を付けるギシギシ属に多い花輪を持つ(写真-1)。このようにエゾノギシギシと他種との識別は、葉の形状や草型が参考になる。しかし、ナガハギシギシと交雑し、その中間種にノハラダイオウ (*R. pratensis* Mert. et Koch) が知られているほどであり³²⁾、形態的な変異が多い⁵⁶⁾。なお、ギシギシ属の類似種の見分け方については“新版・日本原色雑草図鑑”⁴⁰⁾などにも詳しく記載されているので参考にされたい。

3. エゾノギシギシの繁茂の実態

エゾノギシギシは今では南北アメリカ、北ア

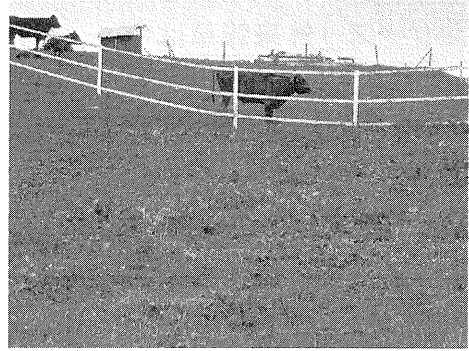


写真-2 草地に繁茂するエゾノギシギシ

フリカ、アジア、オセアニアなど世界的に分布し^{41, 56)}、表-1に示すように我が国の草地ではエゾノギシギシが雑草中最も多くの牧場で問題視されていることがわかる³⁴⁾。エゾノギシギシは草地の中でも特に放牧地によくみられる(写真-2)。ところで、通常、放牧牛はエゾノギシギシを好んで採食することはない。しかしその年、初めて放牧された草地のエゾノギシギシや越冬前のロゼット化したエゾノギシギシは、しばしば採食されることがある(写真-3, 4)。このように家畜に絶対的に忌避される植物ではない。

本雑草が我が国の草地で問題視されるようになってきたのは、全国において草地改良事業としてオーチャードグラス、チモシー、ペレニアルライグラスなど牧草を使った人工草地が各地に作られ始めた1960年代頃からである。これらの草地には高い生産性とその永続性が求められるが、エゾノギシギシの存在がそれらの大きな障害の一つになったためと思われる。なお、日本草地学会において1967年に初めてエゾノギシギシの防除に関する発表がなされている。

4. 生育場所と強害性

草地では造成後の経年化により発生に増加傾向がみられ、とくに肥沃、湿潤な草地に多いが

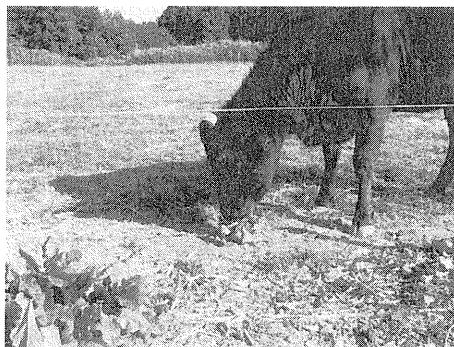


写真-3 エゾノギシギシを喰う牛(12月)

14, 15, 18, 34), 窒素施肥により生育量が増加し⁴⁶⁾, 無窒素条件下では顕著に劣る¹⁸⁾。また窒素は地上部だけでなく地下部の成長を旺盛にし, 抽苔・開花期を早める⁴⁶⁾。また低リン耐性および高アルミニウム耐性に優ることが明らかにされている¹⁰⁾。さらに, 現在の牧草種子にはエゾノギシギシ種子の混入はみられない³⁾ことから, 現在の我が国における草地での繁茂は, 既存個体の種子からの増殖によるものと考えられる。

草地ではエゾノギシギシは3~4年の寿命を持ち⁹⁾, 発芽による個体の増加と枯死による減少がみられる⁵⁷⁾。夏に発芽した実生個体の多くは発芽後に消滅するが, 秋の実生個体は生存率が高い²³⁾。旺盛な生育を裏付ける形態的な特徴として, 葉柄の伸長により自らの相互遮蔽を防ぎ, 根の通気組織を発達させ湿潤土壌での生育を可能としている²⁾。さらに根にはマロン酸や



写真-5 エゾノギシギシが侵入し牧草が減った草地



写真-4 採食された後のエゾノギシギシ

蔞酸等のいくつかの酸性化合物を含むため, ブラウで細かく切断されても微生物等から自らを防御し腐敗することが少なく再生する¹³⁾。

エゾノギシギシと牧草の競争関係が明らかにされ^{35, 38, 39)}, 写真-5のように旺盛な生育で周囲の牧草を被圧し個体密度を減少させ, 牧草が消滅した跡地にさらに本雑草が侵入し, 草地の生産性を損なう^{9, 11)}。また, エゾノギシギシは茎部が乾き難いため乾草調製時に混入すると収納後のカビの発生源になること⁵⁴⁾やサイレージの消化性, 嗜好性の低下を招き⁵⁸⁾, さらにミネラル成分含量が高く牧草との土壌養分吸収の競争を招くことが考えられる³⁵⁾。

5. 種子生産と発芽・初期生育

エゾノギシギシは長日条件で出蕾が早まり⁵⁾, 開花期に葉数が最も多くなり葉面積も増加し²⁰⁾, この日長条件が整えば10℃でも開花することが可能で, このことが冷涼な地帯でも繁殖できるため全国的な蔓延をみる大きな要素と考えられる⁵⁾。登熟初めに地上5 cmで刈取っても再び開花結実し発芽可能な種子を再度生産する⁷⁾。また1個体当たり1万粒以上の種子を生産し^{3, 8, 20, 47)}, 繁茂している所ほど埋土種子が多い¹⁵⁾。家畜の糞中でも正常種子が認められ, その発芽率は60~70%である²¹⁾。増殖・繁茂を抑えるには種子

の成熟を抑えることが重要で開花後10日以内に刈取ることが重要である⁴⁷⁾。

開花20日後に95%以上の発芽率を示す²¹⁾。また開花結実後に地上に落下し地中に4 cm以上の深さに埋没すると出芽率が低下、休眠状態になり寿命は長く維持される^{21, 24)}。登熟過程の発芽習性として、成熟期の半分以下の種子重では発芽能力を持たないこと、その後、発芽能力を確保する時期から光発芽すること、その後は含水率の低下に伴って休眠性が確立し、温度に依存する光発芽をすることなどが明らかにされている^{21, 48~52)}。発芽適温は20~25℃で、発芽には光を必要とするが、変温条件では暗黒下でも発芽する²¹⁾。また成熟した種子の発芽は8℃の低温下でも可能であり、発芽速度は22~27℃で速い⁴⁷⁾。

発芽、定着には、裸地が必要でありその土壌表面が露出し土壌水分を吸収しやすい条件が適する²⁴⁾。播種後3か月以内に85%が発生し、草地が刈取られると牧草との競争が少なくなり生存率は高まる⁹⁾。発芽率は土壌 pH と関係がないが、出芽後の生育は pH6.0 付近が良好である²¹⁾。

実生期の生育は遮光率が高いと劣り³⁰⁾、とくに第1葉展開期までは90%の遮光で抑圧される¹⁹⁾、実生期を過ぎると遮光耐性を示す³¹⁾。日陰の個体は Specific Leaf Area (葉面積/葉重) を増し耐陰性を獲得する²⁵⁾。初期生育の旺盛なペレニアルライグラスを高い播種密度で造成した新播草地では、秋に出芽した個体の越冬率は抑えられる³⁵⁾。またリードカナリーグラス草地ではその基底被度や茎数密度が高いことにより、発生は抑えられる^{37, 38, 42)}、本牧草でも造成初期におけるエゾノギシギシの侵入防止対策の必要性が指摘されている⁴²⁾。

6. 各種防除

1) 再生生理に基づく刈取り防除

エゾノギシギシの再生において、根部の貯蔵炭水化物 (TNC) がエネルギー源として重要である⁴⁾。刈取り後1~2週間は再生のため自らの根部の TNC を消費し再蓄積されないため、この期間にさらに刈取りを重ねると TNC 含有率を低下させ個体を枯死⁴⁾あるいは弱められる³⁶⁾。再生部位は、図-1に示す地下部頂端から下約5 cm までの部位である冠部付根上部から^{6, 43)}、直根基部 (地下部頂端) に近いほど萌芽率が高く、開花期が結実期、ロゼット期よりも高い萌芽率を示す⁵³⁾。冠部は地中30 cm でも萌芽可能で、浅いと萌芽は早く萌芽率も高い⁴³⁾。根全体を取り除かなくてもこの冠部だけ除去すれば防除できる⁶⁾。この冠部を除去する軽くて使い易い農具も作られており、発生数が少なければ、冠部を除去する手取りは能率も良く十分な対策になる⁶⁾。

エゾノギシギシは肥沃な草地に多いことを先に述べたが、無窒素条件下では顕著に劣る¹⁸⁾。

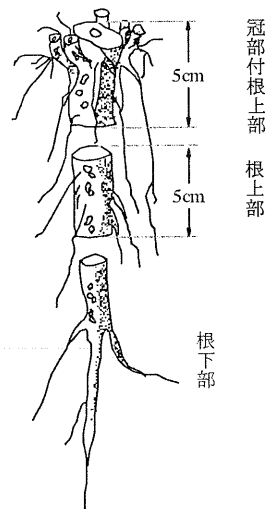


図-1 エゾノギシギシの
切断部位 (広瀬ら, 1973)



写真-6 コガタリハムシの食害を受けたエゾノギシギシの葉

草地の過度の富栄養化は避けることが防除対策になる^{14, 34)}。

2) 生態的防除

エゾノギシギシを加害する65種の昆虫が記録され²⁸⁾，その中でコガタリハムシが特異的に食害を与えることから（写真-6），生物防除に有望であるとされている^{33, 45)}。しかし，昆虫の食害だけで防除は難しいとするものもある²⁵⁾。本雑草の再生は旺盛であり，また，環境変化によって天敵の加害の程度が不安定になることが懸念されるため，他の防除法との組合せが有効であろう³⁵⁾。牛による防除が期待できないかという点について，前述したように条件によっては採食するものの，完全に食べ尽くして枯死に至らずほどの抑制効果はない。

サイレージ埋蔵のエゾノギシギシの未熟種子は殆ど発芽率を失い，完熟種子でもその低下がみられ，とくにギ酸添加サイレージで発芽抑制効果が高い²⁶⁾。また糞尿スラリーの処理において，種子はメタン発酵条件の42.5℃，滞留日数10日で完全に死滅できる¹⁷⁾。上手なサイレージ調製や糞尿の堆肥化処理によりエゾノギシギシの種子による伝搬をくい止めることが可能と思われる。



写真-7 選択性除草剤によるエゾノギシギシの防除風景

3) 化学的防除

除草剤によるエゾノギシギシの化学的防除研究から，薬剤による有効な防除法が見い出されている^{6, 29, 44)}。牧草には薬害を出さずエゾノギシギシだけを選択的に枯殺する除草剤として，MDBA（商品名：バンベル-D）^{29, 55)}，アシュラム（商品名：アージラン）^{6, 44)}，チフェンスルフロンメチル（商品名：ハーモニー75DF）^{29, 55)}がある（写真-7）。また草地更新時のエゾノギシギシが繁茂した既存植生の枯殺のための全面撒布やエゾノギシギシだけを狙うスポット処理剤として選択性のないグリホサート（商品名：ラウンドアップ）⁵⁵⁾がある。また草地のエゾノギシギシを自動検出し除草剤をスポット処理する作業機も開発されている⁵⁹⁾。

7. おわりに

我が国におけるエゾノギシギシの防除研究は，前述の通り積極的に取り組まれ，生理・生態的研究を基礎に各種の防除技術や防除効果の高い除草剤が開発されている。しかし，草地では防除が徹底せず，強害帰化雑草の筆頭の地位を維持し続け，本雑草の問題は沈静化していない。今後においては，さらに効果の高い防除技術の開発とともに，雑草種子混入のない完熟堆肥の

施用, 短草状態での草地利用など基本的な草地管理の実施による本雑草の侵入防止に加えて, 侵入個体の少ない状態ではスコップ等による掘取などの初期防除が重要である。

引用文献

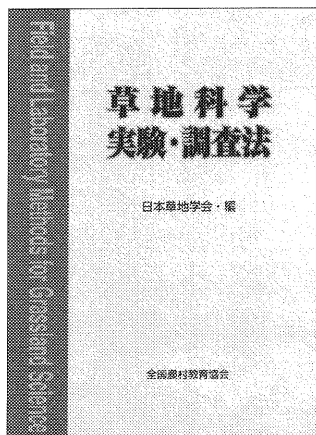
- 1) アンドリュウ・シェヴァリエ (2000) 世界薬用植物百科事典. p127. 誠文堂新光社.
- 2) 藤浪寿夫ら (1989) 日草誌 34 : 336-340.
- 3) 日高雅子 (1973) 日草誌 19 : 171-174.
- 4) 日高雅子 (1973) 日草誌 19 : 313-317.
- 5) 日高雅子 (1974) 日草誌 20 : 79-82.
- 6) 広瀬又三郎ら (1973) 東北農試研報 14 : 11-23.
- 7) Hongo, A. (1988) Weed Res. Japan 33:1-7.
- 8) Hongo, A. (1988) Weed Res. Japan 33 : 8-13.
- 9) Hongo, A. (1989) Weed Res. 29 : 7-12.
- 10) 堀江秀樹・根本正之 (1990) 雑草研究 35 : 340-345.
- 11) Iijima Y. and Y. Kurokawa (1999) Grassland Science 45 : 203-209.
- 12) 笠原安夫 (1985) 日本雑草図説. p328-329. 養賢堂.
- 13) Kasai, T. et. al. (1982) Agric. Biol. Chem. 46 : 2809-2813.
- 14) 川鍋祐夫・向山新一 (1992) 日草誌 38 : 302-307.
- 15) 川鍋祐夫ら (1997) 日草誌 43 : 237-242.
- 16) 木島正夫・柴田承二・下村 猛・東 丈夫 (1979) 薬用植物大事典. p106. 廣川書店.
- 17) 木村義彰ら (1994) 日草誌 40 : 165-170.
- 18) 小林聖ら (1987) 雑草研究 32 : 30-37.
- 19) 小林聖ら (1989) 雑草研究 34 : 292-298.
- 20) 小林聖ら (1989) 日草誌 35 : 206-211.
- 21) 栗本省二ら (1974) 広島農試報告 33 : 57-61.
- 22) 牧野富太郎 (1965) 牧野新日本植物図鑑. p112-113. 金羊堂.
- 23) Makuchi, T. and M. Kanda (1980) Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 31 : 11-17.
- 24) 馬久地隆行 (1982) 東北大農研報 33 : 93-98.
- 25) Makuchi, T. and H. Sakai (1984) Weed Res. Japan 29 : 123-130.
- 26) 増田泰久ら (1984) 九大農学芸誌 38 : 181-185.
- 27) 宮本三七郎・大川徳太郎 (1970) 家畜有毒植物学. p394-395. 文永堂.
- 28) Miyazaki, M. (1979) Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 14 : 124-139.
- 29) 向山新一ら (1997) 家畜衛生研究会報 45 : 7-12.
- 30) 村山三郎ら (1976) 雑草研究 21 : 21-26.
- 31) 村山三郎ら (1985) 北海道草研報 19 : 146-151.
- 32) 長田武正 (1972) 日本帰化植物図鑑. p188-189. 北隆館.
- 33) 内藤篤ら (1979) 草地試研報 14 : 117-123.
- 34) 梨木守ら (1984) 雑草研究 29 : 61-70.
- 35) 梨木守ら (1995) 東北農試研報 90 : 93-153.
- 36) 梨木守ら (1998) 雑草研究 43 : 274-276.
- 37) 根本正之ら (1983) 雑草研究 28 : 198-204.
- 38) 根本正之ら (1986) 雑草研究 31 : 244-251.
- 39) 根本正之ら (1992) 雑草研究 37 : 41-50.
- 40) 沼田 真・吉沢長人 (1980) 新版・日本原色雑草図鑑. p48-51. 全国農村教育協会.
- 41) 大井次三郎 (1967) 標準原色図鑑全集/第10巻. p20-21. 保育社.
- 42) 大竹浩二 (1988) 福島畜試季報 71 : 3-5.
- 43) 大竹茂登ら (1974) 広島農試報告 33 : 63-67.
- 44) 大竹茂登ら (1974) 広島農試報告 33 : 69-74.
- 45) 大矢秀三ら (1985) 福井畜試研報 9 : 1-7.
- 46) 酒井博ら (1971) 雑草研究 12 : 40-45.

- 47) 酒井博ら(1975)日作東北支報 17:68-69.
 48) 清水矩宏・田島公一(1974)日草誌 20:138-143.
 49) 清水矩宏・田島公一(1974)日草誌 20:144-150.
 50) 清水矩宏・田島公一(1974)日草誌 20:151-157.
 51) 清水矩宏・田島公一(1975)草地試研報 7:52-63.
 52) 清水矩宏・田島公一(1975)雑草研究 20:165-169.
 53) 鈴木住夫ら(1984)雑草研究 29:51-54.
 54) 高井慎二(1982)東北農研究 31:213-214.
 55) 高崎宏寿ら(1994)玉川大農研報 34:63-70.
 56) 竹松哲夫・一前宣正(1993)世界の雑草Ⅱ. p764-765. 全国農村教育協会.
 57) Terai K. (1991) Weed Res. Japan 36:135-141.
 58) 山田明央ら(1990)関東草飼研誌 14:46-49.
 59) 山名伸樹ら(1999)草飼作成果情報 14:45-46.

草地科学実験・調査法

新刊

A4判 611ページ
定価(本体7,000円+税)



「草地」に関わるさまざまな実験・調査法を横断的かつ体系的に集大成した大部。本書では、牧草等の実験・調査法にとどまらず、飼料、家畜、土壌、気象、統計法など草地全般にわたる手法の実際を解説する。さらに近年の機器やソフトウェアの進展に伴い、大きく進化している実験・調査法のすべてを取り込むことにより、研究の基礎から応用まで幅広い分野を網羅。

【目次】

1. 草本類の分子・細胞に関する実験法
2. 草本類の形態・構造に関する調査法
3. 草本類の生理・生態に関する調査法
4. 草本類の栽培に関する調査法
5. 草本類の環境ストレスに関する調査法
6. 草本類の遺伝・育種に関する調査法
7. 草本類の共生微生物に関する調査法
8. 草本類の病虫害に関する調査法
9. 草地植生の組成と構造に関する調査法
10. 植物の競争に関する調査法
11. 草地の埋土種子、糞中種子および草地への侵入種子に関する調査法
12. 粗飼料の収穫、調製、貯蔵および給与に関する調査法
13. 粗飼料の飼料価値に関する調査法
14. 家畜に関する実験・調査法
15. その他の動物に関する調査法
16. 地形・地質に関する調査法
17. 土壌の理化学的性質に関する調査法
18. 土壌生物に関する調査法
19. 土壌有機物および家畜排泄物に関する調査法
20. 気象・気候に関する調査法
21. 草地施設・機械に関する調査法
22. 社会経済学的調査法
23. 草地におけるエネルギー・物質動態のモニタリングと評価に関する調査法
24. 施設における物質動態のモニタリングと評価に関する調査法
25. リモートセンシングおよびGIS
26. 景観などの評価に関する調査法
27. 実験計画法と統計解析
28. モデリングとシミュレーション

全国農村教育協会 ホームページ <http://www.zennokyo.co.jp>

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6

電話(本社)03-3833-1821 (出版部)03-3839-9160 FAX 03-3833-1665

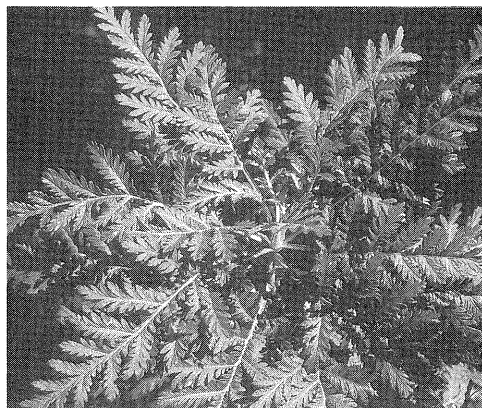
雑草こぼれ話

広がりつつある外国産イワヨモギ

皆さんはこんなヨモギを見たことはありませんか？ 山道などで崩落防止をしてある法面などでよく見られる、本州では珍しいイワヨモギです。

イワヨモギ (*Artemisia gmelinii* Weber) は別名カムイヨモギとも呼ばれ、わが国では北海道の山地に生育していますが、本州以南では分布していませんでした。しかし、最近本州以南の各地で見られるようになりました。イワヨモギはキク科の半低木状の多年生で、茎には稜があり暗紫色，よく分枝して高さ50～100cm，若い茎には蜘蛛糸状の毛がある。葉は楕円形で2回羽状に深裂し，裂片は披針形～線形で鋸歯があり、中軸は櫛の歯状。9月～10月に茎先に球形の頭状花を下向きにつけ，穂状の花序をつくります。

ところで、本州で見られるイワヨモギは東



▲イワヨモギの幼植物

アジア産の種子から生えたもののようです。最近では法面の崩落防止や緑化目的で野草種子の吹き付けが行われていますが，この大量に必要な吹き付け種子の大半は中国や韓国からの輸入品でまかなわれています。本州で見られるイワヨモギはこれら外国産の種子からの発生と見られ，生態系攪乱が心配されています。(廣田伸七)



▲イワヨモギの花期 (掲載写真の2点は山梨県精進湖畔の吹き付け現場で撮影)

新登録薬剤紹介

プロヒドロジャスモン (試験名PDJ)

明治製菓株式会社 生物産業事業本部農業資材部 今村圭一

1. はじめに

・開発の経緯

プロヒドロジャスモン (試験名PDJ) は、ジャスモン酸作用物質として世界に先駆けて実用化された植物成長調整剤である。原体は日本ゼオン(株)により製造されており、弊社は共同で用途開発を行ってきた。1996年より (財) 日本植物調節剤研究協会 (以降植調協会と略記) を通じて試験が実施され、2003年4月にジャスモメート液剤 (プロヒドロジャスモン5%含有) が農薬登録された。現在の登録内容はりんご (つがる、ふじ) の着色促進である。本稿では本剤の特長と最近の開発状況について紹介する。

植物に対して様々な生理作用を有していることが報告されており、最近では植物ホルモンとして考えられるようになりつつある。ジャスモン酸は、植物の病害虫抵抗性誘導、二次代謝物質生成、葉の離層形成、バレイショ塊茎形成、葯の形成や開葯等、様々な現象に関わっていることが明らかになってきた。また、ジャスモン酸は果実の成熟・着色、低温耐性の向上等、植物ホルモンであるアブシジン酸と類似の生理作用を示すことが知られている¹⁻⁶⁾。

プロヒドロジャスモンはジャスモン酸メチルに類似した構造を有しており、環境中で安定した効果を示すことを指標に選抜されたものである。

登録内容を表-1に示す。

現在ぶどう (巨峰) の着色促進について適用拡大申請中である。

・ジャスモン酸の作用

ジャスモン酸メチルはジャスミンの花の香気成分として知られており、香水原料や食品のフレーバーとして用いられている。一方で、ジャスモン酸メチルをはじめとするジャスモン酸類は

2. 有効成分の構造・物理化学性・安全性

・名称および化学構造

一般名：プロヒドロジャスモン (prohydrojasmon)

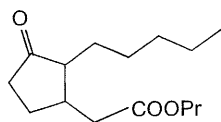
化学名：プロピル = (1RS, 2SR) - (3-オキソ-2-ペンチルシクロペンチル) アセタートを10±2%含む プロピル = (1RS, 2RS) - (3-オキソ-2-ペンチルシクロペンチル) アセタート

表-1 ジャスモメート液剤の登録内容
農林水産省登録：ジャスモメート液剤 第21051号
登録年月日：平成15年4月11日

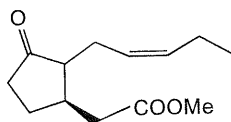
農薬の種類：プロヒドロジャスモン液剤
有効成分含有量：プロヒドロジャスモン…5.0%

〈適用病害の範囲及び使用方法〉

作物名	使用目的	使用時期	使用濃度	使用方法	本剤を使用する場合の使用回数	プロヒドロジャスモンを含む農薬の総使用回数
りんご (つがる、ふじ)	着色促進	収穫開始予定日の 30～25日前 (収穫14日前まで)	500倍	立木全面 散布	1回	1回



プロヒドロジャスモン(PDJ)



ジャスモン酸メチル

・物理化学的性質

分子式 $C_{15}H_{26}O_3$

分子量 254.36

性状 淡黄色透明液体

蒸気圧 0.0167Pa

溶解性 (水) 60.2mg / ℓ (25℃)

(アセトン) >100g / ℓ (25℃)

(酢酸エチル) >100g / ℓ (25℃)

(メタノール) >100g / ℓ (25℃)

オクタノール／水分配係数 $\log P_{ow} = 4.1$

土壌残留性 (半減期)

圃場試験：<12時間～約5日 (埴土, 埴壤土)

容器内試験：約40～50分 (埴土, 埴壤土)

・安全性

人畜毒性 普通物

急性経口毒性 (製剤) ラット: $LD_{50} > 5000\text{mg/kg}$ 急性経皮毒性 (製剤) ラット: $LD_{50} > 2000\text{mg/kg}$ 急性吸入毒性 (製剤) ラット: $LD_{50} > 5\text{mg/kg}$

眼一次刺激性 (製剤) ウサギ: 刺激性あり

皮膚一次刺激性 (製剤) ウサギ: 刺激性なし

皮膚感作性 (製剤) モルモット: 感作性なし

魚毒性 (原体) B類相当

コイ: $EC_{50} 4.06\text{mg/ℓ}$ (48h)ミジンコ: $EC_{50} 2.13\text{mg/ℓ}$ (48h)

一日摂取許容量 (ADI) 0.14mg / kg / day

プロヒドロジャスモンの人畜毒性は普通物に相当する。製剤は界面活性剤と有機溶剤を含むために眼刺激性がみられる。土壌中半減期は12時間～5日程度と短く、環境負荷は小さいと考えられる。

3. 生物効果

・りんご着色促進効果

りんごの着色適温は品種により異なるが、中生品種の‘スターキング・デリシャス’では10～15℃、晩生品種の‘ふじ’では10℃付近と報告されている⁷⁾。気候が温暖な産地では、特に早生品種で成熟期の高温のために着色がしばしば不良となることが問題となっている。着色を待って収穫すると、果実が過熟となって軟化や食味の低下を生じ、商品価値が大きく損なわれる。

クライマクテリック型果実であるりんごではエチレンが果実の成熟・着色を強く促進する。オーキシシン剤の処理によってもエチレン生合成が促進されその結果着色が進むが、果実は‘ぼけ’やすくなり日持ちが短くなる傾向がある。ジャスモメート液剤処理により、リンゴの紅色色素であるアントシアニン生合成が活性化されて着色が促進されるが、果肉硬度、日持ち性は処理しない果実と殆ど変わらない。

植調協会を通じて各地の公立試験研究機関で1996年度から2002年度にかけて実施された‘つがる’に対する試験結果を表-2に要約して示す。気候条件が冷涼な東北地方での試験や、温度が低く経過した条件では効果が判然としない試験例が認められる。しかしながら処理後1週間の平均気温25℃を境に、気温がそれ以上の条件ではすべての試験例で効果が認められている。

これらの試験結果から、りんごの着色が不良となる高温条件でジャスモメート液剤は着色を向上させる効果を示すことがわかる。一方で、着色が良好な条件で処理してもそれ以上に進ませる効果はあまり期待できない。したがって、着色期に高温となる地域、平年は着色が良好な

地域でも成熟期に高温が続く条件で本剤を処理することにより着色促進効果が期待できる。現在、適用品種の拡大を目指して試験を実施している。近年の気候の温暖化に伴い今後ジャスモメート液剤の使用適地はさらに広がると考えられる。

図-2に最近(2002, 長野県果樹試験場)のジャスモメート液剤の具体的な試験結果を示す。この試験条件では着色時期が非常な高温で推移したために無処理区の着色が遅れたにもかかわ

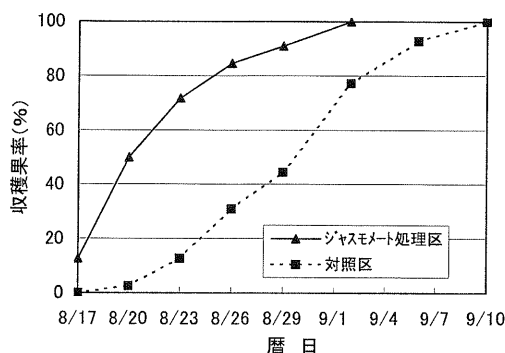


図-2. ジャスモメート液剤処理が「つがる」の収穫進度に及ぼす影響
長野県果樹試験場2002年(処理7月24日)
収穫は着色および地色の抜け程度を判断してすぐりもぎした。

表-2 ジャスモメート液剤のりんご「つがる」着色促進試験結果

試験年次	試験場所	供試樹	効果	処理日	調査日	処理後日数	平均気温℃		考 察
							当日	処理後1週間の平均値	
H 9	宮城園	M.26 15年生	×	8月12日	9月5日	24	23.7	21.4	成熟促進の効果は認められなかった。
			×	8月22日	9月12日	22	22.4	23.3	
H 9	秋田果	CG.24 13年生	△	8月15日	9月10日	26	20.0	22.6	やや着色を促進する傾向がある。
H 9	山形園	マルバ' 23年生	△	8月6日	9月10日	35	25.1	26.0	
H 9	長野果	M.26 12年生	○	8月4日	9月5日	32	24.8	24.6	りんご'つがる'の成熟を促進した。
H10	群馬中山間	マルバ' 28年生	○	8月6日	8月27日	21	25.0	23.3	
H10	長野果	M.26 12年生	○	7月25日	8月18日	25	26.0	26.1	りんご'つがる'の成熟を促進した。
H10	長野南信	芳明 M.9,M.26,マーク 15年	○	7月25日	8月19日	26	24.2	24.2	
H11	広島県立大	M.26 11年生	○	7月19日	8月19日	32	23.3	24.8	各処理は果実の着色を向上させた。処理区はより赤色に近づいた。
H11	長野果	M.26 32年生	○	7月26日	8月19日	25	25.1	23.8	
H11	長野南信	芳明 M.26,マーク 16年生	×	7月15日	8月25日	41	25.1	23.5	一部で飛び球はみられたが、成熟促進効果は認められなかった。
			×	7月21日	8月25日	35	24.3	24.5	
H12	長野果	マルバ'	○	8月3日	8月29日	26	25.8	25.7	りんご'つがる'に対する成熟促進効果がある。
H12	長野南信	芳明 M.26,マーク,M9 17年	×	8月2日	8月31日	29	23.8	23.6	
H14	長野果	M.26 18年生	○	7月24日	8月17日	24	28.2	27.7	大幅に着色促進効果がみられ、収穫盛りで10日間、収穫終わりまで7日間程度収穫が前進した。
H14	長野南信	芳明 M.26,マルバ'	○	7月26日	8月22日	28	26.0	27.0	

凡例 ○:効果が認められた △:弱い効果が認められた ×:効果は判然としなかった

らず、処理区の着色は急速に進み累積収穫率50%に至った日で比較すると10日近く早くなった。市場では早期出荷により高値が期待できるため、生産者のメリットは大きい。

ジャスモン酸がりんごの着色を促進するメカニズムは未だ十分には解明されていないが、近年以下の報告がなされている。

クライマクテリック前期にジャスモン酸メチルを処理することによりエチレン発生量が増加

し、その後のステージに処理すると逆に減少した。また、りんご「つがる」果肉ディスクに、ジャスモン酸メチルを処理して明条件に置くことにより、アントシアニン生合成が促進された。エチレン生合成を阻害するAVG(アミノエトキシビニルグリシン)との混合処理でもアントシアニン生合成は促進された⁸⁾。

現在日本でも果実の貯蔵性向上を目的として開発中の強力なエチレン阻害剤である1-MCP(1

ーメチルシクロプロペン)を処理した未熟な‘ふじ’果実に紫外線を照射しても着色しないが、ジャスモン酸メチルを同時に処理して紫外線を照射すると着色が進んだ⁹⁾。

これらのことは、ジャスモン酸はエチレンとは別の経路で果実を着色させることを示しており興味深い。今後、りんごの日持ちを延長しながら着色を向上させる等、新しい用途が期待される。

・ぶどう着色促進効果

りんごと同様に果実の成熟期が高温となる西南日本の産地では、ぶどうの着色が不良となることが多い。この現象は巨峰等の黒色の品種では‘赤熟れ’として知られている。ベレーゾーン期のジャスモメート液剤処理により、‘巨峰’の着色が促進される。果実肥大への影響は認められていないが、散布条件によっては果粉(ブルーム)の流下等の果面の汚れが生じることがあるので、注意が必要である。

・低温障害抑制効果

温暖化の影響で、休眠覚醒時期、萌芽や開花時期が早まり、従来と比べて霜害や寒害のリスクが増してきている。一方で産業廃棄物の燃焼等の従来からの霜害対策は環境問題から困難となり、防霜ファンの利用も設置・運転コストのために作物によっては広く普及するには至っていない。こうしたことから、低温耐性を向上させる薬剤を予防的に散布処理することによって被害が軽減できれば、メリットは大きい。

プロヒドロジャスモンをニホンナシ(幸水)花蕾期に散布することにより霜害が軽減された。糖と一部のアミノ酸含量が高まることにより、細胞の凍結を防いで傷害を軽減していると考え

られる^{10,11)}。また、バナナ果実に対してプロヒドロジャスモンを散布すると、不飽和脂肪酸の比率が高まり低温貯蔵による障害が軽減された¹²⁾。

マンゴスティン果実での検討で、プロヒドロジャスモン処理によりポリアミン濃度が高まったことが報告されており、ジャスモン酸はポリアミンを介して低温障害抑制効果を示す可能性が示唆された¹³⁾。現在、植調協会を通じて各種の果樹および茶に対する効果を検討中である。

・カンキツ浮皮軽減に対するジベレリンとの相乗効果

温暖化の影響で、収穫時あるいは貯蔵期間中に温州みかんの浮皮が生じやすくなり、問題となっている。ジベレリン処理により温州ミカンの浮皮は軽減されるが、十分な効果を得るためには高い処理濃度が必要なこと、そのような処理条件では着色が不良となることが問題となり、実用化されていなかった。ジベレリンとプロヒドロジャスモンを同時処理(散布)することにより、低いジベレリン濃度で貯蔵中の浮皮の発生を十分に抑制し、収穫後の高温予措により着色への影響も小さい¹⁴⁻¹⁶⁾。現在、植調協会を通じて試験を実施中である。

・その他の果実に対する成熟・着色促進効果

海外での現地試験で、熱帯果樹のレンブ(蓮霧)、マンゴー、パイナップルの着色・成熟促進効果が認められている(日本ゼオン社内データ)。

4. おわりに

プロヒドロジャスモンは世界に先駆けてジャスモン酸作用を有する植物成長調整剤として実用化されたものであり、多様な用途で使用でき

る大きな可能性を持っている。今後もその特長を活かし新しい用途を開発することにより、様々な農業生産場面に貢献してゆきたいと考えている。

最後にプロヒドロジャスモンの委託試験、農薬登録に際しましてご指導、ご協力を賜りました各地の試験研究機関および(財)日本植物調節剤研究協会の皆様に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 山根久和:「植物ホルモンハンドブック下」, 高橋信孝・増田芳雄共編. 培風館, pp279-297(1994)
- 2) 太田啓之・柴田大輔:「植物ホルモンのシグナル伝達」, 細胞工学別冊 植物細胞工学シリーズ10, 秀潤社, 東京, pp.190-198 (1998)
- 3) 瀬尾茂美, 大橋祐子:植物の化学調節38(1), 84-97(2003)
- 4) 今西俊介 : 植調35(12), 445-453
- 5) 竹内安智, 禿泰雄:植物の化学調節誌 32(1), 74-86(1997)
- 6) 近藤悟 : 植物の化学調節誌 34(2), 273-282(1999)
- 7) 野呂昭司 : 青森リング試報告27, 111-123(1991)
- 8) 近藤悟 : 今月の農業 6月号, 57-62(2004)
- 9) J.P.Mattheis, D.R.Rudell and D.A. Buchanan: Proceeding of 26th International Horticultural Congress pp.374(2002)
- 10) Y. Sekozawa, S. Sugaya, H. Gemma and S. Iwahori: HortScience 38(2): 288-292 (2003)
- 11) 瀬古澤由彦, 弦間洋 : 植物の化学調節誌 : 38(2), 240-248(2003)
- 12) P.Chaiprasart, H.Gemma and S.Iwahori : 熱帯農業 第46巻別冊1, 47-48(2002)
- 13) 近藤悟ら : 園芸学会雑誌第73巻別冊1, 408(2004)
- 14) 牧田好高 : 園芸学会雑誌第72巻別冊2, 498(2003)
- 15) 牧田好高, 山家一哲: 園芸学会雑誌 第73巻別冊2, 106(2004).
- 16) 山家一哲, 牧田好高: 園芸学会雑誌 第73巻別冊2. 107(2004).

新刊

防除ハンドブックシリーズ

稲の病害虫と雑草

平井一男 本田要八郎／編
根本文宏 平井一男 森田弘彦／著
A5判 64頁 定価(本体1600円+税)

本書は稲作の病害虫・雑草の診断と防除を目的とした実用的な内容です。技術者・農家の方向けに、現場で扱いやすいコンパクトサイズになっています。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6 電話 03-3839-9160 FAX 03-3839-9172
ホームページ <http://www.zennokyo.co.jp> Eメール hon@zennokyo.co.jp

植調協会だより

— 財団法人 日本植物調節剤研究協会 創立四十周年記念行事 —

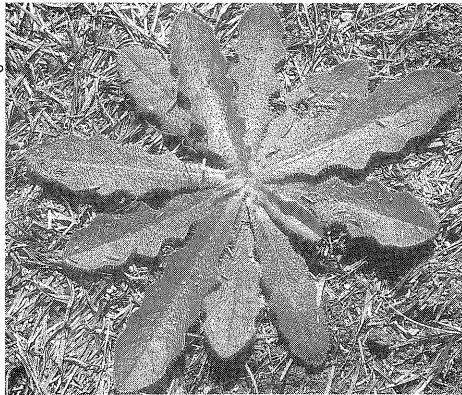
日 時：平成16年12月10日(金)16:00～19:00
場 所：池之端文化センター
東京都台東区池之端1-3
〒110-0008 TEL 03-3822-0151

植物調節剤功労者表彰式：16:00～17:00
懇親会：17:00～19:00

編集後記

猛暑の連続だった今年の夏も、11月の声とともに木枯らしが吹き始めた。農作物の収穫もほぼ終りに近づき農作業も一段落。冬籠りの準備が進められている。古今和歌集に「雪降れば冬籠りせる草も木も」とあるが、科学が進んだ現代では人は冬籠りしても草は冬籠りしないことが分かってきた。

今頃、田畑を歩いて見ると、地面にへばりつくようにして、葉を株元から放射状に広げている雑草の幼植物を多く見ることができる。これをロゼット植物と呼ぶ。ロゼットとはもともとは「バラの花の結び」という組み紐の紋様のことであるが、植物が茎を伸ばさずに株元からバラの花形に葉を放射状に出して、地面に貼りつけて生育するものをロゼット植物と呼んでいる。何故こんな形になるのかというと、これは植物のしたたかな繁殖戦略である。つまり寒さから身を守るためである。茎が立っていると水分や酸素の消費量が多く厳しい寒さで枯れ



▲ブタナのロゼット

てしまう。葉が地面に貼りついていると風や寒さの害を和らげることができるとともに、草食動物の食害からも守れるという利点もある。例えば帰化植物でブタナがあるが、これは「豚が食べる野草」という意味のフランス

語からきたもので、ブタナの葉は地面にぴたりと貼りついたロゼットのため、厚い唇で草をむしり取って食べる牛や馬は食べることができない。したがって牧草地にブタナが残るが豚は鼻を使って掘り起こして食べる性質があるので、牛や馬が食べ残した草(ブタナ)を食べることからこの名がついたといわれる。

植物には厳しい環境を生き抜くために、その植物独特の繁殖戦略が気の遠くなるような長い年月をかけて培われてきた。したたかな繁殖戦略で防備した雑草は冬でも生育する。これをを防除することは容易でないことをあらためて痛感する次第である。⑦

財団法人 日本植物調節剤研究協会
東京都台東区台東1丁目26番6号
電話 (03)3832-4188 (代)
FAX (03)3833-1807

編集人 日本植物調節剤研究協会 会長 小林 仁
発行人 植調編集印刷事務所 広田 伸七

東京都台東区台東1-26-6 全国農村教育協会
発行人 植調編集印刷事務所
電話 (03)3833-1821 (代)
FAX (03)3833-1665
E-mail: hon@zennokyo.co.jp

平成16年11月発行 定価525円(本体500円+消費税25円)
植調第38巻第8号 (送料 270円)

印刷所 新成印刷(有)

難防除雑草
対策の新製品

サラブレッド®
RX フロアブル

イッテツ®
フロアブル

期待の新製品

使いやすさの大本命

サラブレッド® フロアブル

ノビエ3葉期
まで使える

アピロイーグル®
フロアブル

ボ〜んと手軽に

クラッシュ® EX ジャンボ

安定した効果の
初中期一発剤

ドニチ1® 粒剤

大好評の既存剤

ザ・ワン® フロアブル
1kg粒剤

キックバイ1® キロ粒剤

アワード® フロアブル

ロンゲット® フロアブル

シェリフ1® 粒剤

リーディング®
(ジャンボ)

クラッシュ1® 粒剤

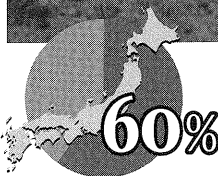
バトル® 粒剤

住化武田農業株式会社
〒104-0033 東京都中央区新川一丁目16番3号

DUPONT

The miracles of science™

デュポン社が開発した
ベンスルフロンメチル「ロンダックス®」は、
日本の美味しい米作りと食の安全を支えています。



「ロンダックス®」は低薬量かつ1回の処理で除草ができる自然に
やさしい環境負荷低減型除草剤。

様々な有効成分と混合し、使いやすい薬剤として、日本における
水稲面積の約60%※の除草作業をお手伝いしています。

※平成15年度出荷実績



上記のマークがついている除草剤には
ロンダックス® (DPX-84) が含まれています。

デュポン株式会社 農業製品事業部 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー 電話 03-5521-8410 Fax.03-5521-2470 ®は米国デュポン社の登録商標です。

豆つぶ® 除草剤 パットフルエース®

新発売

やや深めの
水深で散布!!

250グラム・L250グラム
水稻用初・中期一発処理剤



実物大写真(製剤)

豆まき感覚カンタン除草
しつこい草にも
エースの効き目!



®はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

大型圃場では動力散布機をご利用ください!

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。

JAグループ
農 協 | 全農 | 経済連

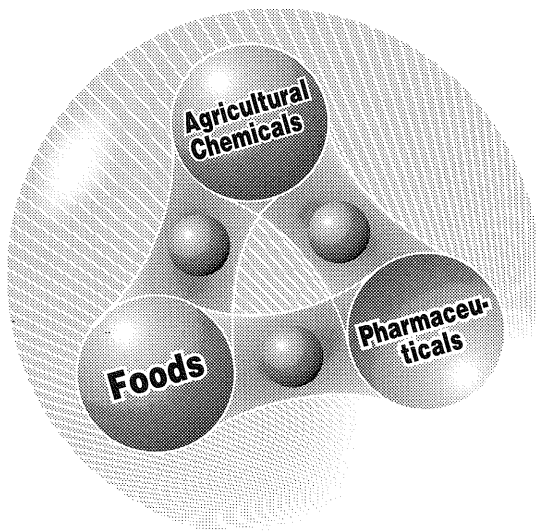
クミアイ化学工業株式会社
本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5131



平成
廿
年
十
月
発
行

いのちの輝きを見つめる
Meiji

私たちは、夢と楽しさ、いのちの輝きを大切にし、
世界の人々の心豊かな暮らしに、貢献します。



天然物で確実除草

ハービー® 液剤



明治製菓株式会社
104-8002 東京都中央区京橋2-4-16
<http://www.meiji.co.jp/nouyaku>