

植調

JAPR Journal

第50巻
第8号

2,4-Dを分解する細菌の大型プラスミド 酒井 順子

《特集》

野菜の露地栽培における新技術

地下水位制御システムFOEASの野菜栽培への導入について 中野 有加

地下灌漑システムOPSISについて 佐々木 英和

「うね内部分施用技術」について 屋代 幹雄



公益財団法人日本植物調節剤研究協会
JAPAN ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF PHYTO-REGULATORS (JAPR)

明日の「農」を
支える力でありたい。

三井化学アグロの除草剤

アールタイプ®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

シュオイデン®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

アルファプロ®

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

クサトリ-BSX®

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

キクンジャ〜Z®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

イネキング®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

オシオキMX®

1キロ粒剤

フォロ-アップ®

1キロ粒剤

サンバード®

1キロ粒剤30

草枯らしMIC®

●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。



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



ボデーガード®

ボデーガードは頼れる
水稲用一発除草剤。
2成分で、しぶとい雑草にも有効。
白く枯れるから、効果がひと目でわかる。

2成分。
白く枯らして、
稲を守る。



JAグループ
農 協 全 国 経 済 連
登録商標 第4702318号

■ お客様相談室 ☎ 0120-575-078 |

9:00~12:00、13:00~17:00 土・日・祝日を除く

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの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。®はバイエルグループの登録商標

バイエルクロップサイエンス株式会社

クミアイ化学工業株式会社



化学屋は論理性、生物屋は感性？

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 評議員
株式会社エス・ディー・エス バイオテック 取締役技術開発部長
小松原 憲一

生命資源科学・応用生物科学・生物制御科学・生命理工学
・・・最近の新入社員の履歴書にある専攻学科名の一例です。学
問領域の深化・細分化・複合化なのか大学運営上の理由なの
か、近年これら名称だけからは当人の専門技術軸を判別し難
いケースに多々遭遇します。私の学生時代、というより私個
人的には理系といえば大雑把に工学系と理学系、更には化学
系と生物系といった程度の認識だったのですが。(薬学・農学
等出身の皆様ごめんなさい)

さて、今から 40 年近くも昔の大学時代の話ですが、タン
パク質のアミノ酸配列の決定方法に関する授業がありました。
ペプチド断片の N 末端から決定するエドマン分解法や C 末端
アミノ酸決定法である赤堀法等の話なのですが、化学屋は末
端から順番に全てのアミノ酸を決定していかないと気が済ま
ないのに対し、生物屋はいくつかの制限酵素でペプチド断片
に切断して、それら断片の重複をコンピューターで並べ替え
て全体を構築するという部分だけが記憶に残っています。当
時(また少なからず現在に至るまで)は「なるほど、化学屋(因
みに私の出自は化学屋・合成屋である)は論理的で、生物屋
は確率的な現象を感性で捉える人種だな」と一人合点して
いたものです。一方、時を経て 1990 年代後半頃、創薬分野に
おいて、ハイスループットスクリーニング技術と相俟ってコ
ンビナトリアルケミストリーという分野が話題になりました。
化学屋であるはずの私は、リード創製においては感性が大事
で、合理性や確率論ばかりが議論される状況を疎ましく感じ
ていたのもこれまた事実です。技術の進歩(実際、機器分析
やコンピューター技術の寄与は肌身で感じる場所です)は、
「感性」と「論理性」の壁を容易に破壊してしまうようです。

閑話休題、近年、所謂「生物農薬」「化学農薬」という括りで、

その可能性や特徴が論じられることが多いようですが、用語
の使い方(定義)の曖昧さにも由来して、若干の違和感を持っ
ています。化学素材であれ生物素材であれ、農薬は自然環境
中における植物や害虫とのインターアクションで生理活性
を発現する訳で、究極のサイトでのメカニズムもまだまだ未
知の部分が多くあります。生物屋は生物を扱う、化学屋は化
学物質を扱う、あるいは主としてそれぞれの側面から事象を
見るという点は普遍的であるとしても、「生物」と「化学」は様々
な意味でボーダーレスになっていくように感じています。

農業科学が諸々の学問技術の結集であり、今後はあらゆる
防除技術を包含した生物制御科学として位置付けられていく
ことは必然であると思いますし、冒頭の複雑な学科名の出現
は、実はこの裏づけであるのかもしれませんが。

最後に・・・長々と脈絡のないことを書いてしまいましたが、
実は私は合成化学出身者として、合成屋に「益々チャンスは
広がっているぞ、頑張れ!」とエールを送りたいのです。天
敵農薬、微生物農薬、GM 作物、ゲノミクスなど総合技術と
しての生物系領域が多く出現してきているのに対し、機能や
作用性はともかく合成屋にとっては、今も昔も「化学合成農
薬」の一語。一見進化がないように錯覚しがちかも知れませ
んが、周辺領域の進化は、実は合成屋にとっても新たな技術
や新規活性化化合物を発見するチャンスにつながっているはず
です。「確度/accuracy」=宝の山の在処に対する嗅覚や「精
度/precision」=その頂点に確実に近づく論理的アプローチ
(これまた、大学時代の分析化学の講義での用語で、私の物事
の捉え方に影響している)と共に「感度」がますます大事になっ
てきている事は言うまでもありません。

2,4-D を分解する細菌の 大型プラスミド

国立研究開発法人
農研機構 農業環境変動研究センター
物質循環研究領域

酒井 順子

はじめに

農薬は一定期間環境中に滞留し、役目を終えた後は速やかに分解することが望ましい。戦後初期に盛んに用いられた農薬の多くは非常に有効であったが、残留性や環境毒性を理由に、現在では使用が禁止されている。ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT)、 γ -ヘキサクロロシクロヘキサン (γ -HCH, 別名リンデン) やドリノ類がその例としてよく知られる。微生物は農薬の分解に大きな役割を担っており、特に土壌中ではその寄与率が高いと考えられる。土壌中の微生物による農薬の分解しやすさは、農薬の土壌溶液への溶解性が大きな要因ではあるが、微生物の持つ分解能も問題となる (Arias-Estevez *et al.* 2008)。微生物が農薬を分解するためには分解酵素が必要で、その酵素をコードした遺伝子を持たなければ分解できない。よって人類が新規合成した自然界に存在しない物質は、微生物は全く分解できないか分解の効率が悪い場合がある。しかしそのような物質に対しても、時間が経つと分解できる微生物が出現することがある。これは、微生物が自身の持つ遺伝情報を変化させたためと考えられている。生物が遺伝子を変化させる方法の一つとして、突然変異が知られるが、突然変異による遺伝子の変化のスピードはそれほど早くない。また、農薬の完全分解には通常複数の遺伝子が必要とされるが、保有していない遺

伝子を突然変異で新たに作り出すのは難しい。微生物が、自身が保有しない遺伝子を素早く獲得する際に最も貢献しているのは、トランスポゾンやプラスミドといった遺伝子伝達因子と考えられている。本稿では、微生物の農薬分解能の獲得を、2,4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D) 分解菌を通して考察する。

トランスポゾンとプラスミド

トランスポゾンは DNA 鎖に組み込まれている外来性の遺伝子断片で、DNA 鎖の一部を別の場所に移動したり、コピーを作ったりするため「動く遺伝子」とも呼ばれる。プラスミドは、細胞内に染色体とは別に存在する環状 DNA のことで (図-1)、伝達性プラスミドの場合、別の個体へ自身のコピーを受け渡すことができる。プラスミド上に農薬分解遺伝子が存在する場合、このプラスミドを獲得した微生物は農薬分解菌になり得る。なり得ると表現したのは、DNA を持つだけでは農薬を分解することができず、DNA

を鋳型に RNA を合成し (転写)、さらに酵素を作る (発現) 必要があるため、遺伝子と微生物の組み合わせによって発現できる場合とできない場合がある。突然変異やトランスポゾンで生じる遺伝子の変化は細胞内で起こるため、親から子へのみ受け渡される (遺伝子の垂直伝播)。これに対して伝達性プラスミドは別の個体に遺伝子を移すことが可能で、このような遺伝子の動きを「遺伝子の水平伝播」と呼ぶ。トランスポゾンは染色体とプラスミドの間を移動できるため、染色体の遺伝子をプラスミドに移し、水平伝播が可能な状態にできる。院内感染のニュースで多剤耐性菌という単語をよく耳にするが、病原菌がトランスポゾンやプラスミドを介して複数の抗生物質耐性遺伝子を獲得した結果、生じていることが知られる。

2,4-D と遺伝子伝達因子

2,4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D) は有機合成除草剤としては最も古く、1940 年代に開発された。双子葉

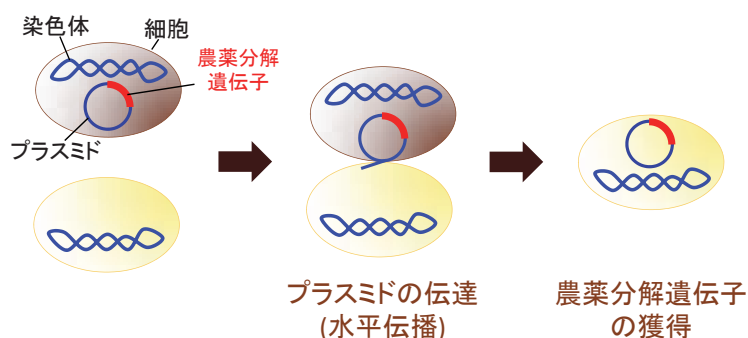
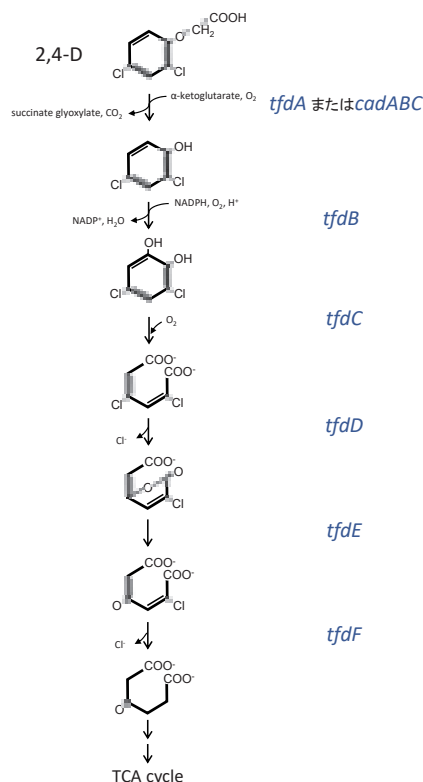
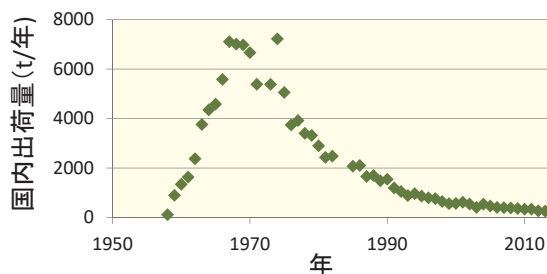


図-1 細菌における伝達性プラスミドを介した遺伝子獲得の一例

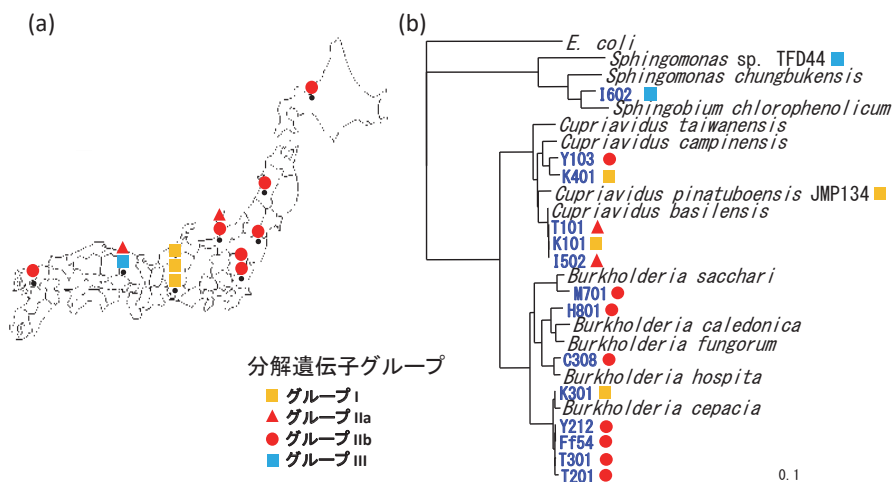


植物のみに作用するホルモン型の除草剤で、主食とされるムギ類、イネ、およびトウモロコシ等に有効なため世界的に大量に使用されてきた（農業ハンドブック 2011）。環境中での使用が始まって数年の後に、土壤中で速やかに分解する現象が見出され、微生物による有機化合物分解能の獲得モデルとして精力的に研究が進められてきた。1950 年には 2,4-D 分解菌の分離が報告され（Audus 1950）、1977 年には 2,4-D 分解遺伝子が伝達性プラスミドに存在することが Nature 誌に掲載された（Pemberton & Fisher 1977）。よく知られる 2,4-D の好気的な分解には複数の遺伝子が必要とされ（Perkins *et al.* 1990）、図 -2 の経路で分解される。これまでに 100 株以上の様々な 2,4-D 分解菌（主に細菌）が世界各地で分離され多くの研究が行われてきたが、その中でも β -プロテオバクテリアの *Cupriavidus pinatuboensis* JMP134



株 (Don & Pemberton 1981) は代表株として有名である。JMP134 株は分解遺伝子群を MOB_p グループの伝達性プラスミド上に保有する。MOB_p グループのプラスミドは宿主範囲が広く伝達頻度も高いため、細菌間の遺伝子伝播に重要な役割を果たすと考えられている。実際、これまでに報告された 2,4-D 分解菌の多くもこのグループのプラスミド上に 2,4-D 分解遺伝子を保有する。

日本では 1950 年代後半から水田除草剤として 2,4-D が大量に使用され (図-3), 戦後の食糧増産に貢献した。2,4-D の現在の使用量は当時に比べれ



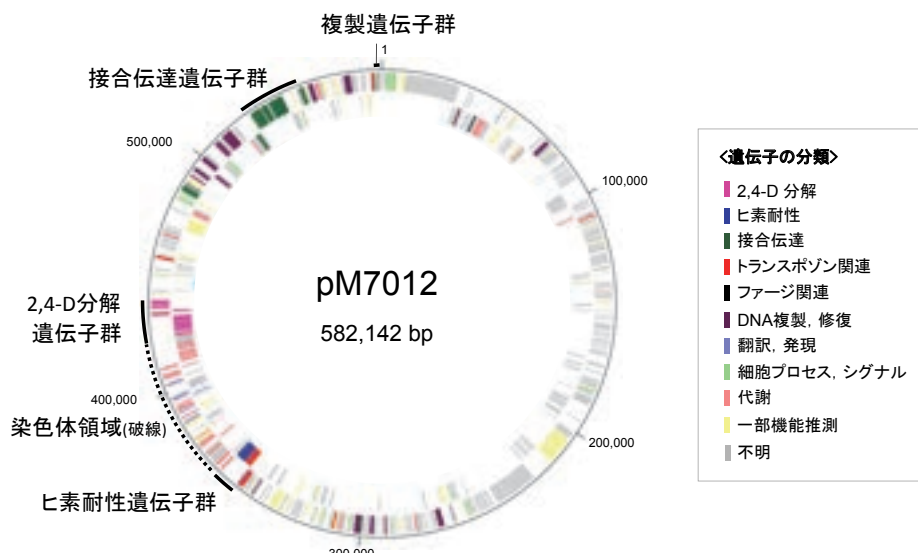


図-5 2,4-D 分解遺伝子保有大型プラスミド pM7012 の全塩基配列の解析結果 (Sakai *et al.* 2014 一部改変)

の分解菌が保有する分解遺伝子の配列を調べたところ、世界各地で見出されている3グループに分類され、国内水田にも世界各地と同様の分解遺伝子の存在することが明らかになった。

興味深いことに、複数種類の *Burkholderia* 属菌と *Cupriavidus* 属菌に分類される8株が、塩基配列が互いに98%以上相同な分解遺伝子(グループIIb)を保有していた(図-4b)。すなわちこのタイプの遺伝子が、細菌間に水平伝播したことが示唆された。グループIとIIaの分解遺伝子はMOB_pグループのプラスミドで水平伝播することが報告されているが(Trefault *et al.* 2004; Vedler *et al.* 2004)、グループIIbの分解遺伝子では詳細な報告はされていなかった。そこで、この分解遺伝子を保有するプラスミドの調査を行った。

2,4-D 分解遺伝子保有大型プラスミドの解析

(1) 全体像

グループIIbの分解遺伝子を持つ *Burkholderia* 属菌 M701 株を用いて、

分解遺伝子保有プラスミド(pM7012)の全塩基配列を解析した(図-5)。プラスミドpM7012は582 kbの大きさで、一般的な伝達性プラスミド(数十kb)や、既知のMOB_pグループの2,4-D分解プラスミド(100 kb前後)に比べて非常に大型であった。pM7012に見出された主要な遺伝子群として、2,4-D分解遺伝子群の他、プラスミド複製遺伝子群、接合伝達遺伝子群、ヒ素耐性遺伝子群、および *Burkholderia* 属菌の染色体の一部を取り込んだと思われる領域が見出された。

(2) 2,4-D 分解遺伝子群

2,4-D分解遺伝子群(図-6)は2,4-Dを分解する各段階の酵素(図-2)で構成されていた。分解を直接担う遺伝

子に加えて、発現を調節する遺伝子 *tfdR* と2,4-Dの膜透過に関与する遺伝子 *tfdK* も存在した。また、一部の分解遺伝子は重複して存在した。このような分解遺伝子の集合は、グループIやIIaの分解遺伝子群でも報告されている(Trefault *et al.* 2004; Vedler *et al.* 2004)。分解遺伝子群の一部のみを保有する微生物も見つかっていることから、別々に存在していた遺伝子が、プラスミドやトランスポゾンの働きで集積し、より効率よく2,4-Dを分解できる微生物が生き残った結果、このような遺伝子群が構築されたと考えられている。

(3) プラスミドの分類

伝達性プラスミドは基本構成要素として、プラスミド複製遺伝子群と伝達遺伝子群を持ち、それ以外に様々な遺伝子群が挿入されている。よって同じ基本構成要素を持つプラスミドでも、挿入されている機能遺伝子が抗生物質耐性遺伝子の場合もあれば農薬分解遺伝子の場合もある。伝達性プラスミドの分類は基本構成要素に基づいて行われ、近年までは培養法で分類されてき

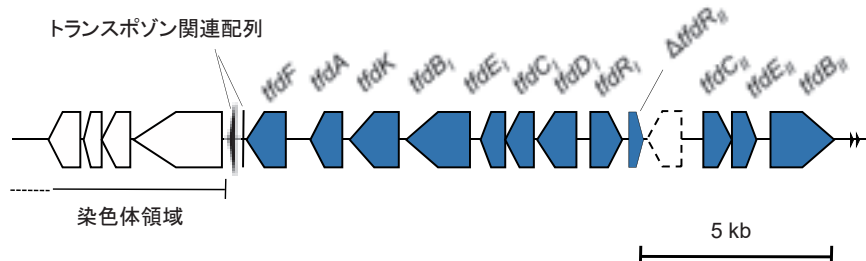


図-6 プラスミド pM7012 の2,4-D 分解遺伝子群 (Sakai *et al.* 2014 一部改変)

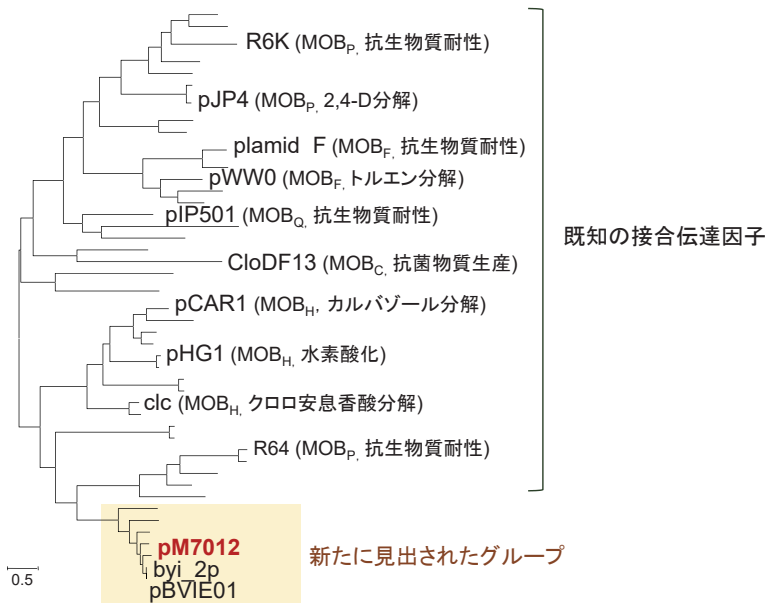


図-7 プラスミドの接合伝達遺伝子のアミノ酸配列に基づいた系統樹
(カッコ内はプラスミドグループと保有する機能遺伝子を表す。Sakai *et al.* 2014 一部改変)

た。しかし培養困難な微生物も多く、膨大なゲノム情報が明らかにされている現在は、遺伝子配列（アミノ酸配列）を用いた分類法が提唱されている（Garcillan-Barcia *et al.* 2009）。この分類に基づくと、*Burkholderia* 属菌の保有するいくつかの数百 kb のプラスミドは MOB_H グループに分類されるため、本研究で見出された大型プラスミドも同グループに属すると予想した。ところが、接合伝達遺伝子のアミノ酸配列に基づいた系統解析を行った結果（図-7）、既知の伝達性プラスミドグループのいずれにも属さないことが明らかになった。

(4) 大型プラスミド pM7012 の伝達性

プラスミドの伝達性を示すためには、図-1 で示したようにプラスミドを持つ株と持たない株を混合培養し、プラスミドの伝達を示す必要がある。しかしこれまでのところ、プラスミド pM7012 の伝達性は培養法では確認されていない。その原因として、接合伝達に必要とされる遺伝子の一部が

変異して働かなくなっている可能性や、他の大型プラスミドでよく見られるように、伝達頻度が低く検出限界以下である可能性が考えられた。しかし以下の実験結果より、プラスミド pM7012 は、少なくとも過去には細菌間に伝播したと考えている。

プラスミド pM7012 と同様の、グループ IIb の分解遺伝子を持つ国内水田由来の 7 株（図-4b）とアメリカの

下水汚泥由来 *Burkholderia* 属菌 RASC 株 (Cavalca *et al.* 1999) について、分解遺伝子を保有するプラスミドを調査した (Sakai *et al.* 2014)。パルスフィールド電気泳動法で細胞内の DNA 分子を大きさ別に分離した結果（図-8 上）、それぞれの株で 1 から数個のプラスミドが検出された。このゲル内の DNA をナイロンメンブレンにトランスファーし、特定の配列を光らせ、その光を X 線フィルムで検出した（サザンハイブリダイゼーション法）。図-8 下の写真は 2,4-D 分解遺伝子の部分配列を X 線フィルムで検出した結果を表すが、プラスミド複製開始遺伝子、接合伝達遺伝子、およびヒ素耐性遺伝子の部分配列でも同様の結果が得られた。さらにそれぞれの部分塩基配列をシークエンスした結果、いずれも M701 株の配列に 98% 以上相同で

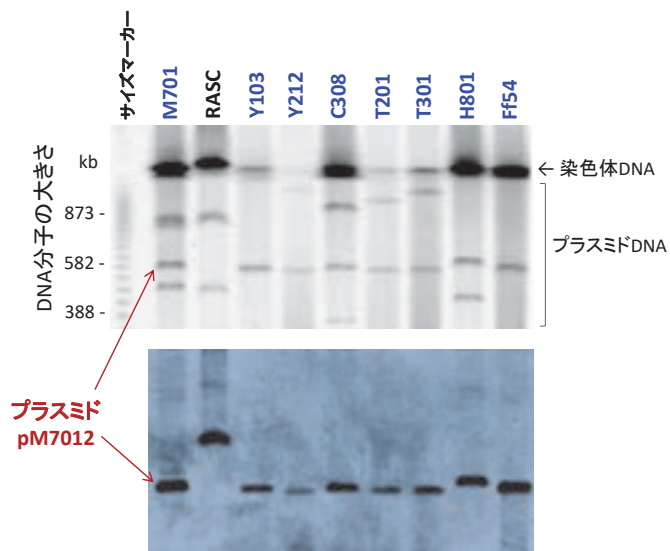


図-8 ゲノム DNA の電気泳動像（上）とサザンハイブリダイゼーション法による 2,4-D 分解遺伝子配列の検出（下）
(青字は国内水田由来株、Sakai *et al.* 2014 一部改変)

あった。よって、これらの細菌の保有する pM7012 様のプラスミドは、同一のプラスミドが起源であることが強く示唆され、過去に細菌間に伝播したと考えられた。

(5) 国境を越える遺伝子

2,4-D 分解大型プラスミド pM7012 のヒ素耐性遺伝子群はトランスポゾンとして挿入されていた。このトランスポゾンは、南アフリカの鉱山で分離されたヒ素耐性菌の持つトランスポゾンと相同性が高く、同じトランスポゾンに由来すると考えられた。両細菌は分類群も大きく異なることから、微生物の地理的な移動と遺伝子の水平伝播の結果を反映していると考えられる。このような遺伝子の移動は、抗生物質耐性遺伝子や各種分解遺伝子でも見出されてきた。微生物は、動物、人や物の移動、あるいは海流や大気の流れに乗って地理的に移動できる。地理的に移動した微生物は、移動先の環境が合わなければ定着しないが、保有される遺伝子は、移動先の微生物に水平伝播することで新たな環境に定着できる。新たな環境がその遺伝子を持つ微生物にとって有利な環境であれば、遺伝子の定着はより確かなものになる。現在は使用が禁止されている有機ヒ素農薬は 2,4-D と同時期に国内で多用されており、そのような環境が、2,4-D 分解遺伝子とヒ素耐性遺伝子を共に水平伝播するプラスミドの構築を促した可能性はある。

おわりに

国内水田の 2,4-D 分解菌を調べた結果、分解遺伝子は世界各地で見出された遺伝子と類似していたが、分解遺伝子を伝達するプラスミドの種類は大きく異なり、見出されたプラスミドは、これまでに報告例のない伝達性プラスミドグループに属すると考えられた。このグループのプラスミドは、水分の多い環境由来の細菌が保有している傾向があり、水田環境の遺伝子伝播に重要な役割を果たしている可能性がある。

これまでに述べたように、微生物は自身の持つ遺伝情報を改変し、新しい能力を獲得することができる。この微生物の能力は、バイオレメディエーションへの活用有望な一方、農薬の過度な分解や、農薬への耐性をもたらす危険性がある。微生物の遺伝情報の伝達にはまだ未解明な部分も多く、さらなる研究が必要とされる。

参考文献

- Arias-Estevez, M. *et al.* 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123, 247-260.
- Audus, L.J. 1950. Biological detoxication of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil: Isolation of an effective organism. *Nature* 166, 356.
- Cavalca, L. *et al.* 1999. Diversity of *tfdC* genes: Distribution and polymorphism among 2,4-dichlorophenoxyacetic

acid degrading soil bacteria. *FEMS Microbiol. Ecol.* 29, 45-58.

Don, R.H. and J.M. Pemberton, 1981. Properties of six pesticide degradation plasmids isolated from *Alcaligenes paradoxus* and *Alcaligenes eutrophus*. *J. Bacteriol.* 145, 681-686.

Garcilla 'n-Barcia, M.P. *et al.* 2009. The diversity of conjugative relaxases and its application in plasmid classification. *FEMS Microbiol. Rev.* 33, 657-687.

日本植物防疫協会 2011.「農業ハンドブック」. 日本植物防疫協会, 東京, 689pp.

Pemberton, J.M. and P.R. Fisher 1977. 2,4-D plasmids and persistence. *Nature* 268, 732-733.

Perkins, E.J. *et al.* 1990. Organization and sequence analysis of the 2,4-dichlorophenol hydroxylase and dichlorocatechol oxidative operons of plasmid pJP4. *J. Bacteriol.* 172, 2351-2359.

Sakai, Y. *et al.* 2007. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid-degrading genes from bacteria isolated from soil in Japan: Spread of Burkholderia cepacia RASC-type degrading genes harbored on large plasmids. *Microbes Environ.* 22, 145-156

Sakai, Y. *et al.* 2014. A 2,4-dichlorophenoxyacetic acid degradation plasmid pM7012 discloses distribution of an unclassified megaplasmid group across bacterial species. *Microbiology*, 160, 525-536

Trefault, N. *et al.* 2004. Genetic organization of the catabolic plasmid pJP4 from *Ralstonia eutropha* JMP134 (pJP4) reveals mechanisms of adaptation to chloroaromatic pollutants and evolution of specialized chloroaromatic degradation pathways. *Environ. Microbiol.* 6, 655-668.

酒井順子 2015. 水田土壌から分離した 2,4-D 分解菌由来の分解遺伝子および大型プラスミドに関する研究. 筑波大学博士論文.

水稲移植時期の温度条件の地域差と ノビエの生育速度の違い

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
研究所

小山 豊

はじめに

米は日本人の主食であり、水稲は農業生産の中でも最も重要な品目である。水稲栽培は北海道から沖縄まで日本全国で行われており、それぞれの地域により品種や栽培法は多様である。水稲の栽培技術体系の中で、雑草防除は非常に重要であり、雑草防除の主体は除草剤である。除草剤の開発においては、新たに開発される除草剤の水稲に対する安全性と実用的な除草効果を、日本全国の様々な環境条件で明らかにすることは重要である。

除草効果の変動要因は、殺草スペクトラム等の除草剤の特性、草種ごとの生態的特性（発生消長、生育ステージ、大きさ等）、処理後の温度、水管理（湛水深、減水深、落水の有無、降雨によるオーバーフロー等）、土壌条件など様々である。一方、除草剤の水稲に対する安全性に及ぼす要因としては、除草効果に及ぼす要因と同様に除草剤そのものの特性をはじめとして処理後の温度、水管理、土壌条件があるが、さらに、移植時の苗の状態（生育程度、充実度等）、植付けの状態（植付け深度、植付け精度）、処理時の水稲の生育等である。

公益財団法人日本植物調節剤研究協会では、環境条件が異なる全国の道府県の試験研究機関及び当協会試験地で試験を行っている。そこでは、除草効果と水稲に対する安全性について、全国各地の異なった水稲の栽培条件において試験を実施し、適用性を明らかにしている。前

述のように除草効果の変動要因としては、移植時期、温度条件の関与が大きいと考えられることから、ここでは、水稲の移植時期と温度条件についての試験場所による地域差とノビエ葉齢の進展速度の差異を明らかにした。

1. とりまとめ方法

試験場所は年度により多少異なるが、平成 24、25、26 年度の 3 年間継続して適 2 試験を行っている 81 カ所の試験場所について、水稲の移植時期、移植後 15 日間の気温、ノビエの葉齢の進展速度としてノビエ 2.5 葉までに要する日数を調査、解析し、全国的な試験条件の違いを明らかにした。ここで移植後 15 日間の気温を取り上げたのは、水稲移植後最も除草剤を使用する時期であるからである。また、ノビエは最も重要な防除対象でありいずれの試験場所でも対象草種としているので、ノビエの葉齢進展速度としておおむね移植後 15 日頃の葉齢である 2.5 葉期までに要する日数を取り上げた。

植調協会の水稲除草剤適 2 試験では、平成 28 年度現在、全国を北海道、東北、北陸、関東東海、近畿中国四国、九州の 6 地域に分けて地域ごとの除草剤の適用性を明らかにしている。地域によっては、地理的に広い範囲を含む場合があるので、ここでは、関東東海地域をさらに関東・東山地域と東海地域に、近畿中国四国地域を近畿地域と中国・四国地域に分け、全部で 8 地域として整理した。また、試験場所に

よっては、早期栽培と普通期栽培について、また、移植栽培と直播栽培について、移植栽培の中でも除草剤の使用場面により、一発処理剤、体系処理の前処理剤、後処理剤など、異なった圃場で複数の試験を行っている場合がある。ここでは、移植栽培の一発処理剤の試験の A-1 区分の試験の条件について、早期栽培、普通期栽培の両方を実施している場合はそれぞれ両方のデータを使用した。

2. 結果及び考察

平成 24 年～26 年度、3 年間の水稲適 2 試験場所の移植時期及びその平均値と、移植後 15 日間の日平均気温の平均値及びノビエ 2.5 葉期まで日数を表 -1 に示した。以下、表 -1 に示したデータをもとに全国的な試験条件の違いについて解析する。

表 -1 に示した各試験場所のデータを地域ごとにまとめたのが表 -2 である。関東・東山地域以西では早期栽培が行われているので、普通期栽培とは別に整理した。普通期栽培においては、北海道はやや遅いが東北地域、北陸地域が最も移植時期が早く、西南の地域に行くほど移植時期が遅くなる傾向である。一方、早期栽培では、九州地域の移植時期が平均で 4 月 7 日と非常に早い、他の地域でははっきりとした差は認められない。移植後 15 日間の平均気温は、普通期栽培では北海道が最も低く東北から西南の地域に行くほど高い傾向であった。それを反映し

表-1 水稲除草剤適2試験場所の移植時期、移植後の気温及びノビエ2.5葉期まで日数

地域	場所	作期	移植時期(月/日)				移植後15日間の平均気温				ノビエ2.5葉期まで日数(移植後、日)			
			平成 24年	平成 25年	平成 26年	3か年 平均	平成 24年	平成 25年	平成 26年	3か年 平均	平成 24年	平成 25年	平成 26年	3か年 平均
北海道	北海道中央	普通期	5月18日	5月17日	5月19日	5月18日	14.0	13.7	14.7	14.1	14.0	17.0	14.0	15.0
	J北海道	普通期	5月23日	5月27日	5月26日	5月25日	13.1	15.0	16.1	14.8	13.0	12.0	12.0	12.3
	北海道上川	普通期	5月16日	5月16日	5月16日	5月16日	13.0	13.8	12.1	13.0	16.0	17.0	18.0	17.0
	J上川	普通期	5月22日	5月21日	5月22日	5月21日	14.8	15.3	17.1	15.7	12.0	14.0	14.0	13.3
	北海道道南	普通期	5月18日	5月17日	5月16日	5月17日	13.0	13.1	13.4	13.2	13.0	13.0	18.0	14.7
東北	青森農林総研	普通期	5月18日	5月16日	5月16日	5月16日	14.4	15.1	16.9	15.5	15.0	15.0	14.0	14.7
	岩手農研セ	普通期	5月10日	5月9日	5月9日	5月9日	14.4	15.3	15.3	15.0	15.0	15.0	13.0	14.3
	岩手農研セ県北	普通期	5月18日	5月17日	5月16日	5月17日	14.6	16.5	15.4	15.5	12.0	12.0	15.0	13.0
	J岩手県南	普通期	5月19日	5月19日	5月17日	5月18日	16.8	17.7	17.4	17.3	11.0	11.0	9.0	10.3
	宮城古川農試	普通期	5月17日	5月16日	5月16日	5月16日	15.8	16.2	16.2	16.1	13.0	12.0	14.0	13.0
	J古川	普通期	5月7日	5月7日	5月7日	5月7日	13.9	13.5	14.8	14.1	14.0	16.0	12.0	14.0
	秋田農試	普通期	5月14日	5月13日	5月12日	5月13日	15.0	14.6	14.4	14.7	10.0	10.0	13.0	11.0
	J秋田	普通期	5月26日	5月30日	5月26日	5月27日	18.1	20.2	21.7	20.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	山形農総研	普通期	5月11日	5月10日	5月9日	5月10日	14.3	16.1	14.6	15.0	13.0	11.0	16.0	13.3
	山形水田農業	普通期	5月14日	5月13日	5月13日	5月13日	16.3	16.8	16.4	16.5	16.0	14.0	13.0	14.3
北陸	福島農総セ	普通期	5月14日	5月13日	5月19日	5月15日	16.3	17.7	19.1	17.7	15.0	11.0	11.0	12.3
	J福島	普通期	5月16日	5月14日	5月12日	5月14日	16.4	18.1	16.3	16.9	16.0	13.0	14.0	14.3
	新潟農総研	普通期	5月17日	5月16日	5月16日	5月16日	17.5	19.5	17.5	18.2	14.0	10.0	13.0	12.3
	J新潟	普通期	5月19日	5月18日	5月17日	5月18日	17.3	17.9	18.1	17.8	10.0	10.0	12.0	10.7
	新潟農総研佐渡	普通期	5月18日	5月17日	5月16日	5月17日	16.8	18.3	18.2	17.8	14.0	13.0	12.0	13.0
	富山農総セ	普通期	5月10日	5月10日	5月12日	5月10日	15.8	18.3	18.2	17.4	12.0	10.0	10.0	10.7
	J富山	普通期	5月6日	5月5日	5月4日	5月5日	14.9	15.7	15.7	15.4	16.0	16.0	13.0	15.0
	石川農試	普通期	5月8日	5月7日	5月7日	5月7日	16.2	17.1	17.2	16.8	9.0	9.0	12.0	10.0
	福井農試	普通期	5月9日	5月9日	5月12日	5月10日	16.5	18.7	18.3	17.8	13.0	13.0	12.0	12.7
	J福井	普通期	5月19日	5月19日	5月23日	5月20日	18.2	20.0	21.6	19.9	13.0	12.0	12.0	12.3
関東・東山	茨城農研	普通期	5月18日	5月22日	5月2日	5月14日	17.7	18.5	16.7	17.6	14.0	10.0	14.0	12.7
	J牛久	早期	4月19日	4月26日	4月17日	4月20日	15.4	14.5	14.1	14.6	16.0	15.0	14.0	15.0
	J牛久	普通期	5月17日	5月16日	5月12日	5月15日	18.2	19.1	18.4	18.6	11.0	9.0	11.0	10.3
	J霞ヶ浦	早期	4月23日	4月23日	4月22日	4月22日	17.2	14.6	16.0	15.9	17.0	19.0	17.0	17.7
	栃木農試	普通期	5月17日	5月20日	5月20日	5月19日	18.4	19.9	21.3	19.9	13.0	11.0	11.0	11.7
	埼玉農総研セ	普通期	6月1日	6月3日	6月2日	6月2日	20.0	22.9	22.4	21.8	10.0	11.0	12.0	11.0
	J青梅	普通期	6月17日	6月15日	6月6日	6月12日	21.4	22.1	21.2	21.5	18.0	11.0	14.0	14.3
	千葉農総研温暖化	早期	4月25日	4月25日	4月25日	4月25日	18.2	15.3	17.0	16.8	15.0	18.0	16.0	16.3
	千葉農総研水田利用	早期	4月13日	4月16日	4月18日	4月15日	12.9	13.5	14.2	13.5	23.0	19.0	15.0	19.0
	神奈川農枝セ	普通期	6月7日	6月10日	6月12日	6月9日	20.4	22.7	23.2	22.1	13.0	10.0	14.0	12.3
東海	山梨農総セ	普通期	5月16日	5月31日	5月30日	5月25日	18.4	16.5	23.3	19.4	13.0	10.0	11.0	11.3
	長野農試	普通期	5月14日	5月14日	5月14日	5月14日	16.9	18.8	16.6	17.4	11.0	12.0	12.0	11.7
	静岡農技研	普通期	5月14日	5月23日	5月20日	5月19日	19.1	20.5	20.2	19.9	11.0	8.0	8.0	9.0
	岐阜農枝セ	普通期	5月31日	5月31日	5月30日	5月30日	22.1	23.7	24.2	23.3	8.0	10.0	7.0	8.3
	三重農研	早期	4月18日	4月18日	5月1日	4月22日	16.1	13.6	18.0	15.9	18.0	18.0	14.0	16.7
	三重農研伊賀	早期	4月25日	4月23日	4月23日	4月23日	16.6	12.8	15.4	14.9	10.0	16.0	15.0	13.7
	滋賀農枝セ	普通期	5月9日	5月14日	5月12日	5月11日	16.1	19.4	17.7	17.8	14.0	11.0	12.0	12.3
	J滋賀	早期	4月30日	4月28日	4月28日	4月28日	15.8	13.5	15.7	15.0	16.0	21.0	16.0	17.7
	京都農林セ	普通期	5月24日	5月16日	5月16日	5月18日	19.9	19.9	18.9	19.5	13.0	10.0	11.0	11.3
	J京都	普通期	5月19日	5月18日	5月17日	5月18日	18.9	20.4	18.8	19.3	12.0	9.0	12.0	11.0
近畿	京都丹後農研	普通期	5月14日	5月8日	5月8日	5月10日	16.8	16.9	16.7	16.8	11.0	14.0	13.0	12.7
	大阪環農水研	普通期	6月21日	6月19日	6月17日	6月19日	23.1	23.1	23.5	23.2	11.0	9.0	10.0	10.0
	兵庫農枝	普通期	5月25日	5月28日	5月29日	5月27日	19.7	21.1	22.4	21.1	10.0	15.0	9.0	11.3
	J兵庫	普通期	6月13日	6月12日	6月13日	6月12日	22.7	23.4	22.0	22.7	10.0	7.0	10.0	9.0
	奈良農研開セ	普通期	6月14日	6月14日	6月13日	6月13日	22.5	23.9	22.9	23.1	11.0	11.0	11.0	11.0
	和歌山農試	普通期	5月25日	5月24日	5月23日	5月24日	20.0	21.0	22.2	21.0	11.0	11.0	12.0	11.3
	鳥取農試	普通期	6月5日	6月7日	6月6日	6月6日	21.9	22.2	21.5	21.9	7.0	6.0	7.0	6.7
	島根農枝セ	普通期	5月18日	5月17日	5月23日	5月19日	17.9	19.5	20.5	19.3	9.0	9.0	7.0	8.3
	J岡山	普通期	6月2日	5月31日	5月29日	5月31日	22.5	24.4	23.7	23.5	11.0	11.0	12.0	11.3
	J岡山倉敷	普通期	6月22日	6月24日	6月20日	6月22日	24.0	25.3	24.6	24.6	9.0	8.0	7.0	8.0
中国・四国	広島農枝セ	早期	4月17日	4月19日	4月18日	4月18日	15.3	11.0	13.9	13.4	12.0	17.0	16.0	15.0
	J広島	普通期	5月28日	5月24日	5月29日	5月27日	20.4	20.9	21.8	21.0	10.0	11.0	7.0	9.3
	山口農総セ	普通期	5月30日	5月31日	5月30日	5月30日	21.8	22.6	22.4	22.3	8.0	8.0	7.0	7.7
	J山口	普通期	5月19日	5月18日	5月17日	5月18日	20.3	20.9	21.1	20.7	10.0	9.0	10.0	9.7
	徳島農総セ	早期	4月12日	4月18日	4月18日	4月16日	15.8	14.4	16.1	15.4	17.0	19.0	17.0	17.7
	香川農試A-1	普通期	6月11日	6月10日	6月9日	6月10日	21.6	24.2	21.7	22.5	9.0	8.0	8.0	8.3
	J愛媛	早期	4月29日	4月28日	4月29日	4月28日	17.8	15.4	16.1	16.4	15.0	17.0	16.0	16.0
	高知農枝セ	早期	4月12日	4月12日	4月15日	4月13日	16.2	14.4	16.5	15.7	15.0	25.0	17.0	19.0
	福岡農林試	普通期	6月15日	6月14日	6月13日	6月14日	22.6	24.1	22.1	22.9	8.0	8.0	12.0	9.3
	J福岡	早期	4月25日	4月18日	4月17日	4月20日	19.4	14.8	17.0	17.1	14.0	18.0	16.0	16.0
九州	J福岡	普通期	6月14日	6月13日	6月12日	6月13日	22.9	24.7	22.7	23.4	12.0	10.0	12.0	11.3
	福岡豊前	普通期	6月15日	6月19日	6月18日	6月17日	22.0	23.2	22.4	22.5	12.0	11.0	10.0	11.0
	佐賀農試本場	普通期	6月14日	6月13日	6月12日	6月13日	23.2	24.7	22.6	23.5	9.0	9.0	10.0	9.3
	佐賀農試三瀬	普通期	5月23日	5月24日	5月28日	5月25日	18.1	19.0	19.2	18.8	11.0	11.0	8.0	10.0
	長崎農枝セ	普通期	6月5日	6月4日	6月4日	6月4日	22.4	24.6	21.5	22.8	14.0	10.0	11.0	11.7
	熊本農研セ	普通期	6月12日	6月12日	6月12日	6月12日	23.1	24.9	24.3	24.1	10.0	6.0	11.0	9.0
	J熊本	普通期	6月30日	6月29日	6月28日	6月29日	25.1	26.8	24.1	25.3	9.0	9.0	9.0	9.0
	熊本農研セ矢部	普通期	5月31日	5月31日	5月30日	5月30日	19.4	20.1	20.1	19.9	10.0	11.0	10.0	10.3
	熊本農研セ高原	普通期	5月29日	5月28日	5月29日	5月28日	18.5	18.7	19.9	19.1	14.0	14.0	15.0	14.3
	大分農研セ	普通期	6月8日	6月13日	6月17日	6月12日	21.7	23.4	21.7	22.3	12.0	10.0	10.0	10.7
	宮崎農総試	早期	4月6日	4月8日	4月8日	4月7日	15.7	14.8	15.9	15.5	16.0	17.0	16.0	16.3
	宮崎農総試	普通期	6月8日	6月7日	6月13日	6月9日	22.8	24.2	21.5	22.8	12.0	9.0	11.0	10.7
	鹿児島農開セ	早期	4月6日	4月5日	4月11日	4月7日	15.5	15.4	19.9	16.9	14.0	14.0	14.0	14.0
	鹿児島農開セ	普通期	6月8日	6月7日	6月6日	6月7日	23.3	15.0	25.2	21.2	12.0	11.0	9.0	10.7
	J鹿児島	普通期	6月22日	6月20日	6月23日	6月21日	25.7	25.5	23.6	24.9	10.0	9.0	8.0	9.0
	鹿児島農総セ熊本	早期	3月29日	3月28日	3月25日	3月27日	15.0	15.8	16.0	15.6	18.0	21.0	21.0	20.0

注 1)水稲除草剤適2試験実施場所で、平成24年～26年の3年間試験が実施されている場所について示した。

2) 1 場所複数回の試験を実施している場合はA-1区分の試験圃場のデータを使用した。

3)植調の試験地はJ○○と省略した。

4)各道府県の研究機関名の農業試験場、研究センター等の名称は省略した。

表-2 水稻除草剤適2試験場所における移植期、移植後の気温及びノビエの生育の進捗状況の地域性

作期	地域	調査事例数	移植時期(月/日)				移植後15日間の平均気温				ノビエ2.5葉期まで日数(移植後、日)			
			平成24年	平成25年	平成26年	3力年平均	平成24年	平成25年	平成26年	3力年平均	平成24年	平成25年	平成26年	3力年平均
普通期	北海道	5	5月19日	5月19日	5月19日	5月19日	13.6	14.2	14.7	14.1	13.6	14.6	15.2	14.5
	東北	12	5月15日	5月14日	5月14日	5月14日	15.4	16.5	16.5	16.1	13.3	12.4	12.8	12.8
	北陸	8	5月13日	5月12日	5月13日	5月13日	16.6	18.2	18.1	17.6	12.6	11.6	12.0	12.1
	関東・東山	8	5月25日	5月28日	5月23日	5月25日	18.9	20.0	20.4	19.8	12.9	10.5	12.4	11.9
	東海	2	5月22日	5月27日	5月25日	5月24日	20.6	22.1	22.2	21.6	9.5	9.0	7.5	8.7
	近畿	9	5月28日	5月27日	5月26日	5月27日	20.0	21.0	20.6	20.5	11.4	10.8	11.1	11.1
	中国・四国	8	6月1日	5月31日	6月1日	6月1日	21.3	22.5	22.2	22.0	9.1	8.8	8.1	8.7
	九州	14	6月10日	6月10日	6月10日	6月10日	22.2	22.8	22.2	22.4	11.1	9.9	10.4	10.5
早期	関東・東山	4	4月20日	4月22日	4月20日	4月21日	15.9	14.5	15.3	15.2	17.8	17.8	15.5	17.0
	東海	2	4月21日	4月20日	4月27日	4月23日	16.3	13.2	16.7	15.4	14.0	17.0	14.5	15.2
	近畿	1	4月30日	4月28日	4月28日	4月28日	15.8	13.5	15.7	15.0	16.0	21.0	16.0	17.7
	中国・四国	4	4月17日	4月19日	4月18日	4月18日	16.3	13.8	15.6	15.2	14.8	19.5	16.5	16.9
	九州	4	4月8日	4月7日	4月7日	4月7日	16.4	15.2	17.2	16.3	15.5	17.5	16.8	16.6
全国		81	5月18日	5月19日	5月18日	5月18日	18.3	18.8	19.0	18.7	12.6	12.3	12.2	12.4

3力年試験が行われている主要場所全国81事例について調査した。

て、ノビエ2.5葉期までの日数は、北海道で最も長く、関東・東山地域までは少しずつ短くなった。一方、早期栽培では4月中の早い時期の移植であるため、九州地域を除き移植後15日間の平均気温に大きな違いは見られなかった。全国81カ所の3年間の平均値としては、移植時期は5月18日、移植後15日間の平均気温は18.7℃、ノビエ2.5葉期までの日数は12.4日であった。

表-1に示した水稻除草剤適2試験を行った81カ所の試験場所の3年間の移植時期の平均値を地域ごとに色分けしプロットしたのが図-1である。

北海道や東北の地域では、移植時期がほぼ5月中旬から下旬であり、東北、北陸、関東・東山と西南にいくにしたがって移植時期の幅が広がっている。九州地域では場所による移植時期の幅が最も大きく、早いところでは鹿児島県の3月27日、遅い例では当協会熊本試験地(J熊本、以下「当協会の試験地」は「J」と略す)の6月29日まで約3カ月の幅がある。北海道、東北、北陸地域では、移植時期の早限が移植時の気温に制約され、刈取時期の晩限も気温に制限されることにより、移植時期の適期が決まり、早期栽培は行われていない。

水稻の種子の発芽最低温度は5℃～10℃であると報告されているが、おおむね10℃以下であると言われており(五十嵐ら1990; 姫田1970; 中

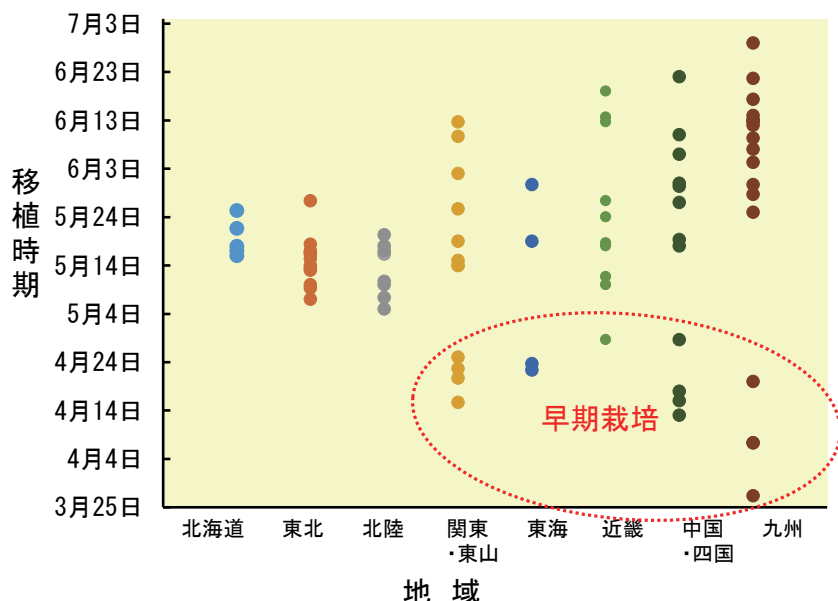


図-1 水稻除草剤適2試験における地域別の移植時期

山1966; 李ら1969), 麦類の0～2℃(中山1966)より高く、イネが温帯の作物であり、特に東北地域では、春には融雪期が遅く温度が上昇せず、秋は早冷に見舞われるため、水稻の栽培時期が限られる。一方、西南暖地では、比較的高温多湿であるため、水稻の作付期間の自由度が高く、他の作物との二毛作などの水田の多面的利用が進んでいる。

関東・東山地域から西南地域に移ると、温度の制約が少なくなるため、水稻の作付期間が広がることが見て取れる。3月下旬から4月に移植される早期栽培は、関東・東山地域の千葉県や茨城県で行われ、それより西南の地域

でも東海地域の三重県、近畿地域の滋賀県、中国・四国地域の広島県、徳島県、愛媛県、高知県、九州の福岡、宮崎、鹿児島県で行われている。その他は、普通期栽培で試験が実施されており、関東・東山以西はおおむね西南地域ほど移植時期が遅くなっている。

植調協会が実施している除草剤の適用性試験は全国各地でそれぞれの地域ごとの栽培条件に準じて実施されている。それによって、試験場所の地域や土壌が異なった条件の結果により適用性を明らかにしている。植調協会が実施しているこれらの水稻適2試験の移植時期が、各県の実際的水稻の移植時期を反映しているかを確かめるため

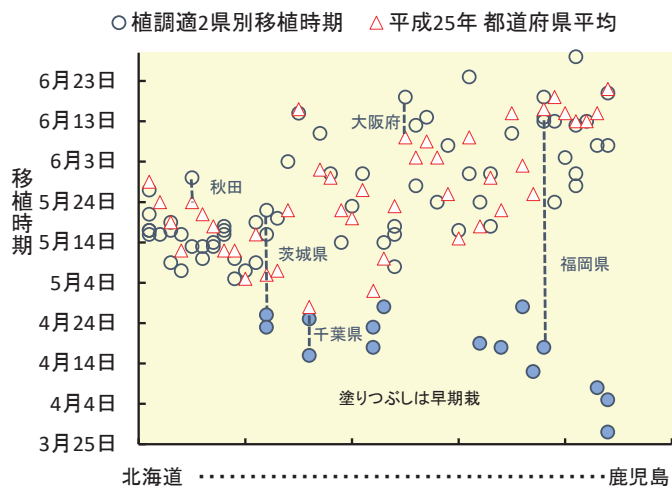


図-2 都道府県別の水稻の移植時期と植調協会適2試験移植時期
注) 平成25年の都道府県平均の移植時期は「作物統計調査作況調査結果」(農林水産省)の数値から加工した。

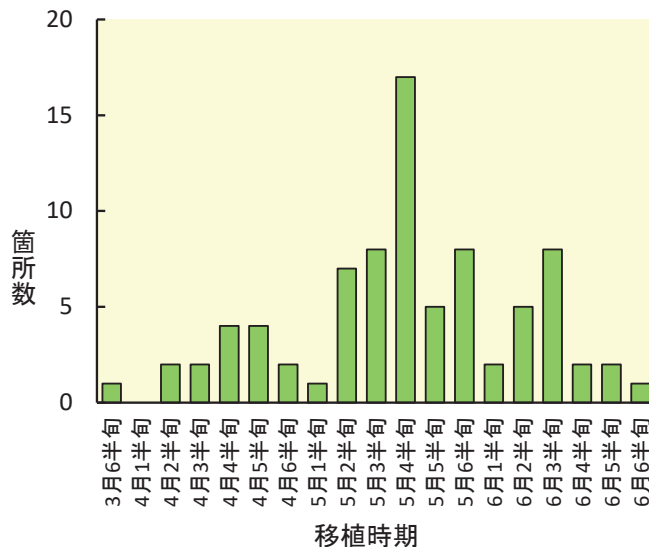


図-3 全国的水稻適2試験圃場の移植時期の分布
注) 全国81カ所の試験場所の移植時期を平成24年度、25年度、26年度の3年間の平均値を半月別に区分し、時期別分布を示した。

図-2を作成した。道府県それぞれの水稲の移植時期は、農林水産省「作物統計調査作況調査結果」のとりまとめ時点での最新データである平成25年度の各道府県の移植最盛期である。植調試験場所のデータは前出表-1及び図-1のデータである。

各県をそれぞれ細かく表示できないが、茨城県と福岡県の事例では、県内で異なる作期で水稻の栽培が行われ、移植時期が異なるため植調試験ではこれに対応して早期栽培と普通期栽培の試験が実施されており、移植時期に幅がある。また、千葉県ではほぼ全域で早期栽培が行われており、植調の試験もこれに対して早期栽培で2カ所の試験が行われている。また、秋田県と大阪府の事例を取り上げると、府県の普通期栽培を代表した移植時期に近い条件で試験が行われている。以上の事例を含め、他の道府県でも、植調の各地の試験では、各道府県の栽培条件の実態に即した移植時期で水稻の栽培が行われており、さらに、異なる作期での栽培が行われている地域では、それに対応した作期の試験が設けられていることが良くわかる。

全国81カ所の試験場所の移植時期

の分布を図-3に示した。移植時期は早いもので3月第6半句から遅いもので6月第6半句までである。表-2において全国81カ所の移植時期の平均値は5月18日と算出されたが、最も移植時期が多いのは5月第4半句であり、5月中に移植される事例が多い。さらに、全国81カ所の水稲除草剤試験の試験場所の移植後15日間の日平均気温の平均値の分布を図-4に示した。14℃以下の場所は北海道や早期栽培を行っている場所である(表-1参照)。一方、25.1℃以上の場所は6月29日移植のJ熊本である。移植期の気温は表-2で算出した全国の平均は18.7℃である。

試験場所すべての水稻の移植時期と移植後15日間の平均気温の平均値との関係を図-5に示した。全体的傾向としては、移植時期が早いほど気温が低く、移植期が遅いほど気温が高い傾向である。しかし、地域による違いも認められる。

例えば、同じ5月16日の移植でも北海道で平均気温が最も低く、次いで東北で低い傾向である。関東・東山以西は地域による差が明瞭でなく混然としているが、移植時期が4月と早い場合には九州等の西南地域では気温が高いことがうかがわれる。

試験場所ごとの水稻の移植時期とノビエ2.5葉まで日数との関係を図-6に示した。全体的な傾向としては、水稻の移植時期が早いほどノビエ2.5葉までに多くの日数を要し、水稻の移植時期が遅いほど日数が少ない傾向があるが、同じ移植時期でも変動が大きい。

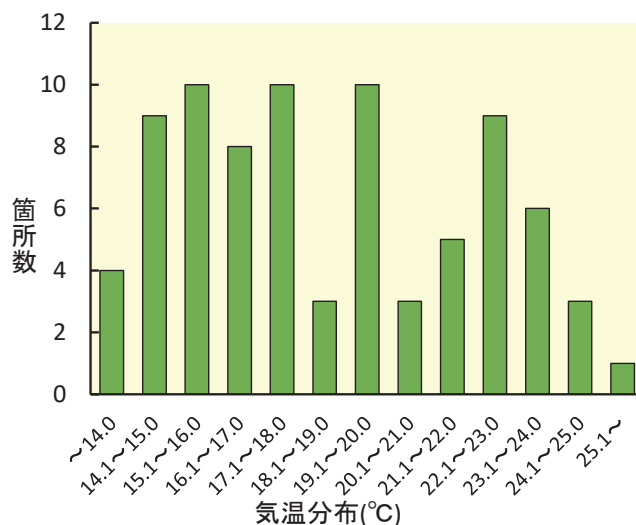


図-4 全国的水稻適2試験圃場の移植後15日間の平均気温の分布

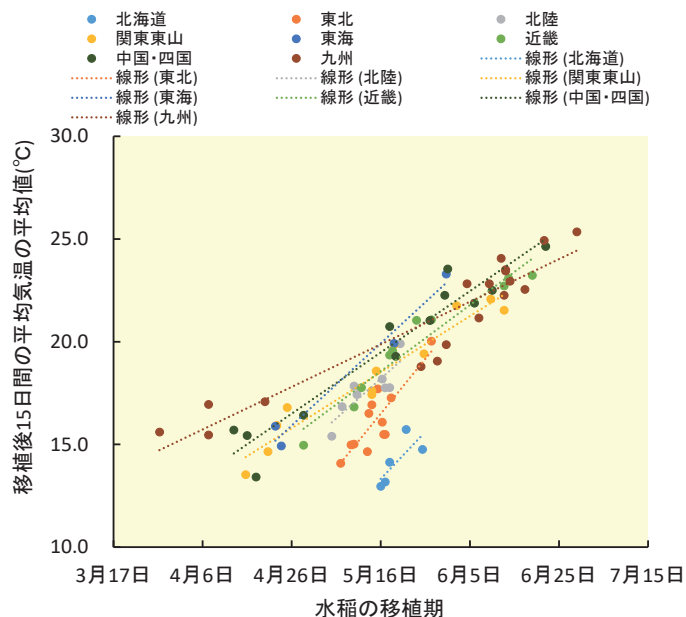


図-5 平成 24～26 年度 3 ヶ年平均の適 2 試験場所における移植後 15 日間の気温

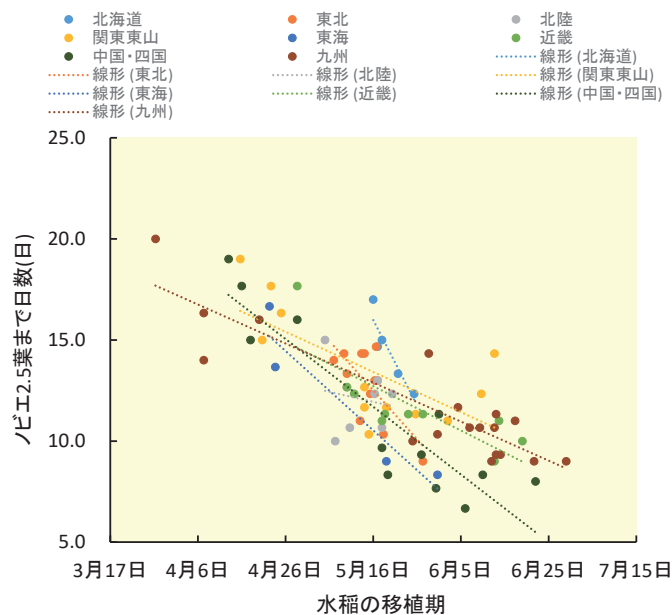


図-6 平成 24～26 年度 3 ヶ年平均の適 2 試験場所におけるノビエ 2.5 葉までに要する期間

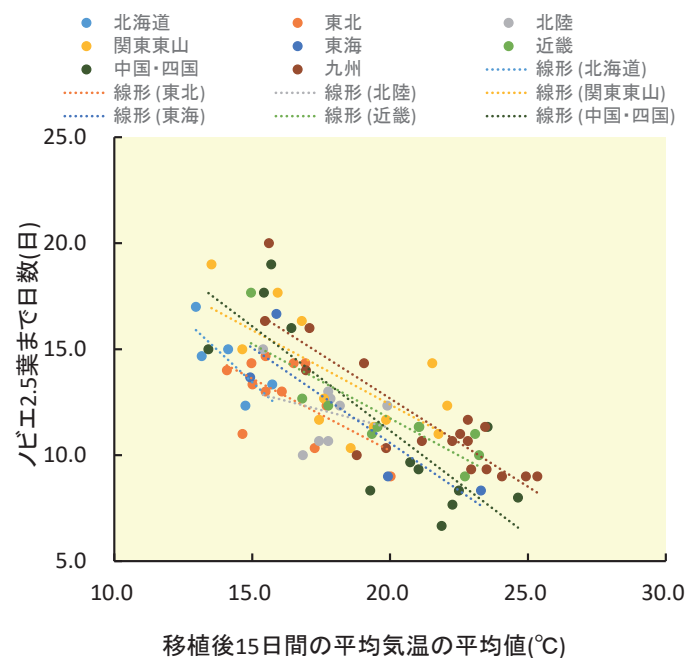


図-7 平成 24～26 年度 3 ヶ年平均の適 2 試験場所における移植後の気温とノビエ 2.5 葉までに要する期間

移植後 15 日間の平均気温の平均値とノビエ 2.5 葉まで日数との関係とに整理したのが図-7 である。全体的傾向として移植後 15 日間の平均気温が低いほどノビエ 2.5 葉まで日数は長く、移植後 15 日間の平均気温が高いほど短い傾向が見られた。しかし、地域による差は明らかではなかった。

図-8, 9 に示した。図-8 で移植期と移植後 15 日間の平均気温との関係を見ると、5 月 16 日から 5 月 18 日の移植時期において、地域による気温の差が見られ、北海道地域の試験場所は同じ移植期の東北地域、北陸地域の試験場所より移植後の気温が低いことにより、ノビエ 2.5 葉まで日数が大きく

図-5, 6, 7 において、各試験場所の水稻移植時期と移植後の気温及びノビエ 2.5 葉までの日数を整理したが、全体として傾向はあるものの、地域による違いについては判然としなかった。そこで、最も移植時期が集中している 5 月第 4 半旬の 5 月 16 日から 5 月 19 日を取り上げてさらに解析を進めた。その結果を

なる傾向であった。また、それを反映して図-9 においては、北海道ではノビエ 2.5 葉まで日数を多く要したことがわかる。

4. まとめ

本報は、水稻除草剤適 2 試験を実施している全国の試験場所の環境条件として、とくに水稻の移植時期と移植後の温度条件及び主要な雑草であるノビエの生育に着目して取りまとめた。

その結果は以下のように取りまとめられる。

(1) 地域ごとの水稻の栽培特性に応じて、試験場所の移植時期に地域性が認められた、北海道から東北、北陸の北東地域では、その気象条件により、移植時期の早限と晩限が制約されており、5 月とくに中旬の移植時期が集中している。関東・東山以西の地域では、温暖な気象条件を生かし、水稻の早期栽培を導入したり、水田の汎用化により移植時期を遅らせるなど地域内でも移植時期は様々となっている。

(2) 植調協会の除草剤試験は、北は北

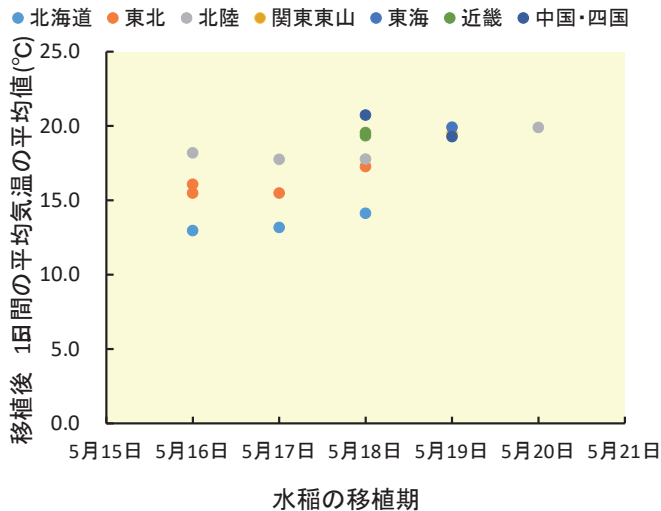


図-8 平成24～26年度3ヶ年の適2試験場所における移植期と移植後15日間の気温との関係（一部）

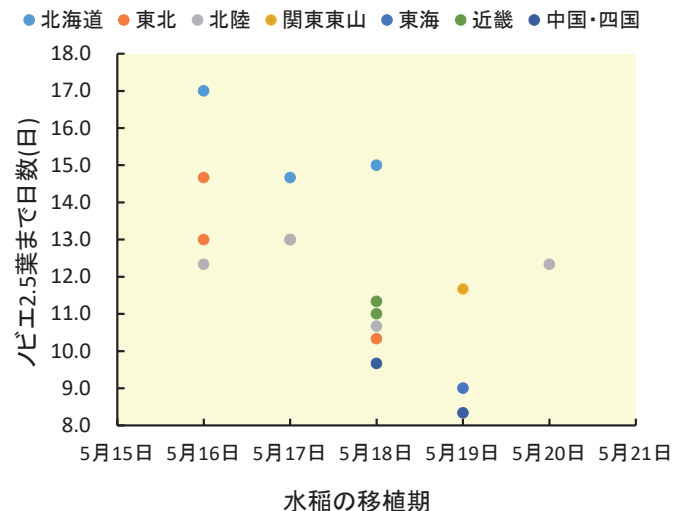


図-9 平成24～26年度3ヶ年の適2試験場所における移植期とノビエ2.5葉までの日数との関係（一部）

海道から南は鹿児島まで、それぞれの道府県の水稲の栽培条件にあった条件で実施されていることが確認された。(3) 全国81カ所の試験場所の移植時期は、早い場所では3月第6半旬から、遅い場合には6月第6半旬まで非常に幅が広い時期となっているが、平均としては5月18日となり、5月中の移植時期が多い。また、移植後15日間の平均気温は14℃以下の場所から25℃以上の場所までであるが、全国81カ所の平均は18.7℃である。(4) 試験場所ごとの移植時期と気温との関係は、おおよそ、移植時期が早いほど気温が低く、遅いほど気温が高い傾向であった。また、それを反映して、移植時期が早いほどノビエ2.5葉期まで日数は多くかかり、早いほど少ない傾向であった。3月27日移植で20日、6月29日移植で9日となっている。なお、移植時期の中心となる5月第4半旬頃の移植時期に注目し同じ移植時期で比較すると、北海道地域で最も気温が低く、ついで東北地域でありさらに北陸地域で気温が低い傾向であり、地域性が認められた。

除草剤は一般に温度が高いほど活力が高まり、水稲への薬害や除草効果が大きくなることはすでに多くの報告で

明らかである（一前ら1991；加持ら1998；野田ら1965；行本1985）。本報で明らかとなった全国的な水稲の栽培条件を反映した除草剤適2試験における移植時期の違いや、それによって変わる除草剤処理時の温度条件が大きく異なることは、これらの除草剤の水稲に対する薬害や除草効果も全国で様々であることの大きな要因であることを改めて認識することができる。また、移植後の温度条件が異なることにより、雑草の生態も異なる。ノビエの生育進展を示すノビエ2.5葉期まで日数は、温度条件の差を反映して、地域の試験場所により大きく異なった。

この例が示すように、雑草の生育の進展は温度条件の影響を受け、温度が高いと葉齢の進展が早いことは多く知られており、また、温度は雑草の発生活長にも影響を及ぼすことも知られている。すなわち、温度条件は除草剤そのものの活性に影響を及ぼす一方で、雑草の発生活態、生育生態及び除草剤の水稲や雑草への吸収移行への影響を通じて、水稲の薬害や除草効果に影響を及ぼす。全国的に異なった温度条件のもとに実施されている植調協会の水稲除草剤適2試験の結果は、除草剤が適用される現場の環境条件に対応す

るために非常に重要である。

本報で取り扱ったデータのもととなった各試験場所では、ノビエの種子を水稲の移植時に播種している場所が多いので、本報では気温やノビエの葉齢は移植後の日数で算出した。しかし調査には自然発生のノビエも含まれていることが考えられ、データのばらつきの一つの要因であると考えられる。ノビエの葉齢の進展と温度との関係については、多くの報告があるが、代かき後日数を基準として水温や気温と高い相関があることが報告されており（加持ら1998；森田2016；村上ら1987；内野ら2002）、本報においてデータがばらついている要因であると考えられる。さらに、ノビエ類の中でも葉齢の進展と温度との関係は、タイヌビエでは有効温度は10℃、イヌビエでは7℃とした場合に最も相関が高いことが報告されており（森田2016）、本報で取り扱ったノビエにはタイヌビエ、イヌビエ、ヒメタイヌビエが混在していることに注意が必要である。

なお、水稲除草剤適2試験において、もう一つ重要な環境条件として土壌条件があるが、それについてはまた別の機会に取りまとめたい。さらに、水稲除草剤適2試験を行っている全国各

地の雑草の生態的特性が異なる可能性も考えられ、今後注目すべきである。

引用文献

古谷勝司・片岡孝義 1970. 数種除草剤の幼苗期の水稻およびノビエに対する殺草力の温度変動. 雑草研究 10. 28-32.
姫田正美 1970. 水稻種子の発芽最低温度に関する一知見. 日作紀 7, 63-71.
五十嵐弘・笹原健夫 1990. 水稻種子の高・低温域における発芽特性の品種・生態種間差異. 山形大学紀要(農学) 11. 205-217.
一前宣正ら 1991. 数種水田除草剤におけるフロアブル剤と粒剤の除草効果に及ぼす土壌の種類、湛水深、漏水および温度の影響. 雑草研究 36. 338-342.

加持集三ら 1998. 暖地水田におけるノビエ(*Echinochloa* spp.) の発生生態とメフェナセットの最適処理時期の関係. 雑草研究 43. 210-222.
片岡孝義・古谷勝司 1972. 水稻稚苗移植栽培における除草剤の除草効果変動要因. 雑草研究 13. 54-58.
中山包 1966. 「農林種子の発芽」内田老鶴園新社, 東京, pp.63-65, 90-91.
野田健兒ら 1965. 除草剤の作用力の温度による変動. 雑草研究 4. 127-131.
農林水産省 2015. 全国農業地域別・都道府県別累年統計表(平成 21 年産～25 年産)(2015 年 2 月 13 日公表) 政府統計の総合窓口(e-Stat) <http://www.e-stat.go.jp/>
森田弘彦 2016. 雑草ヒエの葉齢推定指標と

しての積算有効温度. 植調 49. 310-318.
村上利男ら 1987. 寒地における水田雑草の出芽の温度反応とその地域性. 雑草研究 32. 112-122.
李弘拓・田口啓作 1969. 稲種子の低温発芽性に関する研究. 第 1 報 低温発芽性の品種間差異および親作物の栽培環境の影響. 北海道大学農学部邦文紀要 7, 63-71.
内野彰ら 2002. 水田地温による寒冷地のタイヌビエ(*Echinochloa oryzicola* Vasing.) の葉令進展及び発生終期の推定とその除草剤散布指標としての応用. 東北の雑草 2. 34-42.
行本峰子・浜田虔二 1985. 「作物の葉害」全国農村教育協会, 東京, pp.141-143.

田畑の草種

薄、芒(ススキ)

イネ科ススキ属の多年生草本。野原で生育し、ごく普通に見られる。秋の七草の一つ。関西だと 8 月末頃から穂を出し始める。出穂直後の穂は赤みを帯び、花すすきとも呼ばれ、開花、受精後は芒が白く目立ち、1 茎の花穂がまとまり、動物の尾のように見えるので尾花とも言う。

吉田拓郎が歌う「旅の宿」。浴衣を着た「きみ」が尾花の簪を挿している。頃は秋。この簪は「花すすき」か「尾花」か。歌詞にあるとおり「尾花」の簪なら、9 月も下旬以降だろうか。熱燗徳利を二人の間においていることから、もう涼しくなってきたのだろう。

ところで、ここでの「宿」は、丹後半島や城崎の宿なのか、白浜から那智勝浦の宿なのか。南か北かで薄の出穂の時期も違ってくるが、筆者の思いからは、この「宿」は熊野の湯の峰温泉の宿であって欲しい。山に囲まれた谷筋のこじんまりとした温泉地。その「宿」の 2 階の

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

出窓を開けて「上弦」の月を眺める。その上弦の月は 12 時に上り 18 時に正中し、24 時に沈む。湯の峰温泉の谷筋は南北に開ける。眺められる月は正中時前後の僅かな間。日の入り時刻を考えると、9 月では 18 時はまだまだ明るく、月を眺めるには 10 月以降になる。上弦の月は旧暦で毎月 7 日、これを今年に当てはめると旧暦 9 月 7 日が 10 月 7 日になる。薄の簪はもちろん尾花である。

今年(2016 年)の 10 月 7 日、ところは湯の峰温泉。ときおり雲がかかるが月を眺めるのを邪魔はしない。浴衣姿の「きみ」が出窓に座って、湯上がりの火照った体を川風でさます。目の前の川向こうから採ってきた薄の穂を髪に挿す。川の堤では、上弦の月が微かに浮かび上がらせる薄の群落が、白くなった穂を風に揺らせる。二人の間には熱燗の徳利が・・・

地下水位制御システム FOEAS の野菜栽培への導入について

農研機構 野菜花き研究部門
野菜生産システム研究領域
露地生産ユニット

中野 有加

1. 背景

水田の高度利用、周年雇用や収益性向上のため、野菜作導入の重要性が高まっている。しかし、水田転換畑の多くは、排水性、保水性、砕土性など野菜生産にとって改善すべき土壌条件が多い。露地野菜の収量や品質は、天候不順、特に多雨による日照不足や湿害、少雨による早害の発生によって大きく左右される。近年、豪雨や干ばつなど年平均降水量の年ごとの変動が大きくなっている。連続無降雨が7日から10日以上になると、作物に水ストレスが生じるおそれがある。たとえば茨城県つくば市では、毎年10日以上連続無降雨が10回程度発生し、無降雨日数の最大値は年によっては50日を超える(図-1)。

地下水位制御システム(FOEAS: Farm-Oriented Enhancing Aquatic System)は、従来の暗渠にまさる排

水機能に加え、地下水位を設定することによって灌漑機能をもつ(藤森2007; 農研機構中央農研2014)(図-2, 3)。地下灌漑の際、水位は田面の-30cmから+20cmの間で設定する。用水は地下灌漑時には地下給水孔に流入し、幹線パイプを経由して末端の水位制御器に到達する。水位制御器で設定した水位までパイプに給水され、圃場の地下水位が上昇する。FOEAS普及面積(平成27年11月20日現在)は、全国で226地区、10,140ha(施工予定も含む)である。

FOEASの灌漑機能を活用するためには、いつ、どの程度給水すればよいか、をそれぞれの土壌条件、作目や作型に合わせて明らかにする必要がある。ダイズやムギ類で先行して研究が行われた。Shimadaら(2012)は、重粘土の水田転換畑においてFOEASによる地下水位制御でほぼ設定どおりの水位を保ち、排水性に劣る明渠区と比べてダイズ収量が増大すること、地

下灌漑効果は少雨年で大きいことを示した。野菜作への適用では、いくつかの品目について、湿害および干ばつを回避するためのFOEASの管理法が示されている(農研機構中央農研2014; 細野ら2015; 中野ら2014)。

2. 地下水位制御による灌漑と作物の根系発達

FOEASの地下水位制御を想定し、地下水位を一定に制御した大型ポット栽培で作物の根系を調べた(中野・岡田2012)。対照区(降水量は平年値相当)の作土の体積含水率は低く推移し、少雨条件下でも地下水位制御区では高く推移した。タマネギ根の到達深さおよび根長のいずれも、対照区(平年値相当の降水量)>水位-40cm区>水位-30cm区となった。このとき、収穫時の鱗茎新鮮重にほとんど差はなかった。ブロッコリーの根系は、対照区では根長分布が均一であったのに対し、地下水位制御区では層ごとの分布が偏った(図-4)(中野ら印刷中)。地下水位制御区では根長の6割以上が表層に分布し、設定水位以下の下層にはほとんど伸長しなかった。なお、茎葉や花蕾の新鮮重に差はみられなかった。

したがって、少雨条件下で地下灌漑を行った場合、地下水位からの水分移動によって作土の土壌水分が高く維持され、標準的な降雨の場合に劣らぬ地上部生育を示した。根系がある程度浅くなくても、根域の水分、ガス環境や

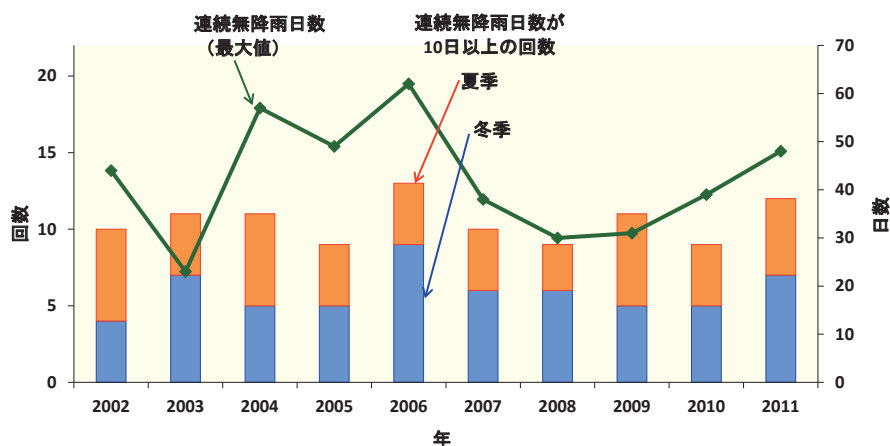


図-1 連続無降雨の発生状況(茨城県つくば市)
気象庁データ、日降水量5mm未満を無降雨とした場合

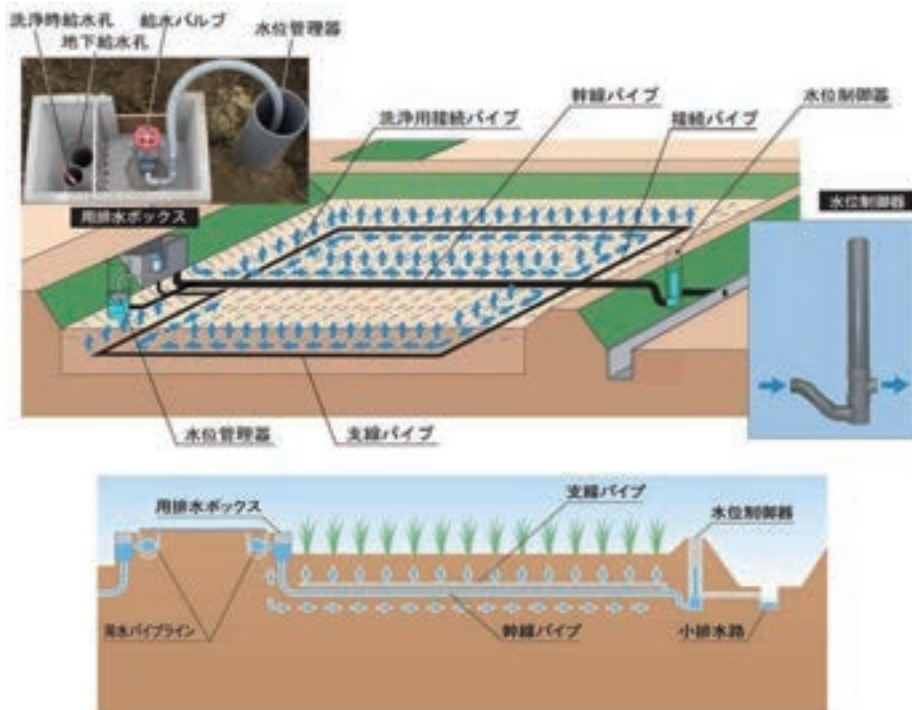


図-2 地下水水位制御システム FOEAS の構造



図-3 FOEAS の施工の様子

温度などの条件が整っていれば問題はない。むしろ根系への光合成産物の分配が減って、その分を地上部へまわせる。ただし、もともと畑作物は水が少ない条件に適応しているため、必ずしも根圏全体を常に湿潤に保つ必要はない。土壌表層が乾いていても、地下水位からの毛管上昇帯に近い土層は湿潤となり、少量の根によって吸水の大部分がまかなわれる、という報告もある。

3. 降水量と灌漑効果

海外の地下灌漑の事例では、高い地下水位を灌漑に利用するといっても、水位が-1m 以下とある程度深い、あるいは降水量の少ない乾燥地であり、水位が栽培期間中に大きく変動したり地表近くまで上昇したりする危険性は小さい (Ayars ら 2006)。一方、日本は降水量が多いため、灌漑効果がない場

合があり、むしろ湿害のおそれがある。

そこで降水量を人為的にコントロールして灌漑効果を調べた。雨よけハウス下の大型ポットで地表灌水量を変えて秋まきタマネギおよび夏まきブロッコリーの栽培試験を行った。栽培年次は異なるが、平年降水量の 25%、50% あるいは 100% 相当の地表灌水量において、地下灌漑の有無で比較すると、タマネギでは「地下灌漑あり」で「地下灌漑なし」を上回る鱗茎重が得られた (図-5)。一方ブロッコリーでは、降水量が少ない場合に地下灌漑効果があったが、多い場合には逆効果であった。

栽培期間中の当地 (茨城県つくば市) の降水量は、特に冬から春にかけて少ないため、12 月～6 月にかけての秋まきタマネギにとっては不足している。一方、8 月～10 月にかけての夏まきブロッコリーにとっては、降水量は平年並で十分であり、少雨条件でなければ地下水位制御による灌漑効果は期待できないと考えられた。

4. 生育時期ごとの灌漑効果

野菜の高品質・多収生産や水利用効率の向上のためには、灌漑効果の高い時期を知る必要がある。そこで、秋まきタマネギおよび夏まきブロッコリーの在圃期間をおよそ 3 分割し、前期、中期、後期の各時期に地下水位を上げて灌漑し、生育時期ごとの灌漑効果を調べた。なお、定植時には全ての地下水位制御区で水位を上げ、活着を促し

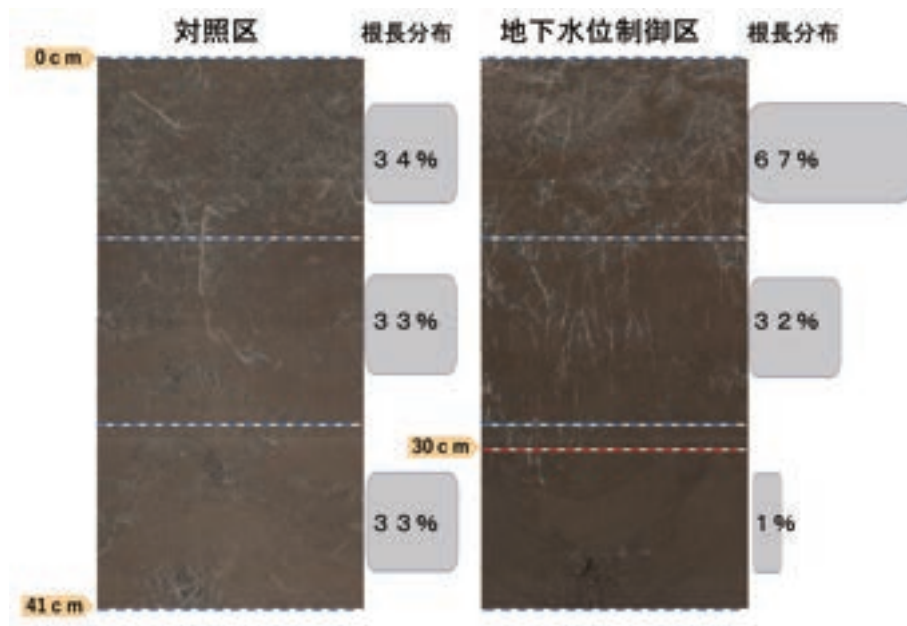


図-4 地下水位制御がブロッコリー根系の発達に及ぼす影響
ミニライゾトロン法（地中に埋設した透明な管の表面に出現する根を観察する方法）により撮影

る生育中期の灌漑が重要と考えられた。

5. FOEAS 施工圃場における排水・灌漑効果の実証

神奈川県平塚市の FOEAS 施工圃場（JA 全農平塚大神試験地）で、地下水位設定の高低（-30cm, -60cm）によるキャベツ生育を調べた（中野ら 2014）。キャベツ栽培期間（11 月末～6 月末）中、初期には高水位区で低水位区よりも表層土壌の水分が高く安定し、キャベツの生育が優れていた。後半になると降水量が増え、高水位区では一時的に地表面まで水位が上昇することがあった。水分過多により土壌中の酸素濃度の低下がみられ、キャベツの生育が阻害された。この圃場では、おおむね 20mm の降雨があると地下水位が 15cm 程度上昇した。したがって、定植時に乾燥している場合は必要に応じて灌漑し、降水量の多い時期には灌漑はしない方がよい。

茨城県稲敷郡河内町の FOEAS 施工圃場において、ブロッコリーの生育ス

た。また、収穫前の一定期間は灌漑を停止した。地表灌水は少雨条件（平年降水量の 25%, 頻度は週 2 回）とした。

タマネギでは、後期区（4～5 月に地下灌漑）が全期間区（12～5 月に地下灌漑）に次いで鱗茎重が大きく、中期、前期と灌漑時期が早いほど鱗茎重は小さかった（中野ら 2012）。後期には、タマネギの葉面積が急激に増大し、蒸散が高まるため、要水量が多いと考えられる。ただし、後期区の球重は全期間区には及ばなかったことから、冬季の灌漑もできれば行うほうが良い。

ブロッコリーでは、花蕾重は全期間区、中期区＞後期区＞前期区の順となり、中期区と全期間区の有意な差はなかった（中野ら 印刷中）。中期区と後期区で

収穫期の茎葉重に違いはみられなかったが、後期区では中期区に比べて花蕾径が小さく、花蕾部のボリュームがなかった。一般に花蕾重は生育中期の葉重と相関が高く、初期の栄養生長を旺盛にすることが必要とされる。一方、花芽分化時から花蕾肥大期にかけてストレスを受けると、花蕾が小さくなるだけでなく、異常花蕾となる。高温あるいは低温、土壌の水不足あるいは過剰、さらにこれらのストレスの変化などさまざまな原因によって、花芽分化や肥大の阻害、花蕾の形の乱れが生じる。したがって、外観品質が重視されるブロッコリーで商品価値の高い花蕾を得るためには、前期（外葉形成期）や後期（出蕾後）に比べて、葉面積増大および花蕾肥大が同時に進行す

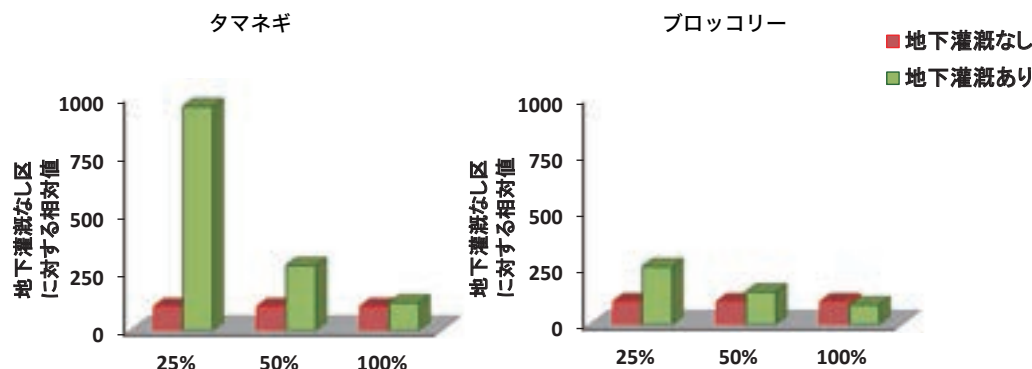


図-5 異なる降水量下におけるタマネギ、ブロッコリーへの地下灌漑効果

テージごとの灌漑効果を調べた。盛夏の定植時には灌漑によって活着が促進されたが、春定植の適度な降雨があった場合の灌漑効果はみられなかった。なお、いずれの作型でも、FOEASの排水効果は明らかであった(図-6)。

以上のことから、野菜作でのFOEASの制御法については、降雨による急激な地下水位上昇を避けるため、排水機能を優先すべきと考えられる。灌漑機能の活用としては、必要な時のみ灌漑のために一時的に地下水位を上昇させて、土壤に水分を供給するのがよいこと、作目や作型ごとに灌漑効果の大きな時期が異なること、が明らかとなった。なお、FOEASに給水しない場合でも、排水水位を設定しておくことで、降雨を有効化して節水できる。

6. 現状の課題と展望

全国各地に普及しているFOEASであるが、導入した水田経営体で、野菜作の導入はまだそれほど進んでいない。経営的視点から、主穀作の経営体が野菜作を導入するのは、栽培技術や機械化、販路の確保などの点で容易ではない。汎用化水田における畑作物生産の可能性が示されてはいるものの、水稲との輪作体系までは解明できていない(松本ら 2013)。FOEASに関する課題としては、地域の水田地帯で一部を畑地化できる環境が必ずしも整っていない、すなわち、灌漑のための水

利や排水路の確保ができない場合がある。また、圃場ごとの条件は異なるため、一律の水位制御が難しい。土壤によっては、透水性が悪く、低い水位設定では作土まで水を浸透できないため、目的の水位以上に上げて給水しなくてはならない。FOEASの維持管理としては、機能が保たれているか、定期的にチェックし、暗渠機能が落ちていたら弾丸暗渠を再施工する必要がある。特に、代かき移植水稲作直後では透水性が低下するため、排水対策が必要となる。多品目に及ぶ野菜作については、作目ごとの適正な制御についての知識が未だ不十分である。

一方、FOEASを十分活用し、野菜作を定着させた事例も多くある。地域全体での計画的な基盤整備と、新たな産地形成への取り組みの成果が出ている。輸入品との競合が多い露地野菜において、国産品のシェアの増加、安定供給につながることが期待される。

引用文献

Ayars, J.E. *et al.* 2006. The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. *Irrig. Sci.* 24, 147-160.

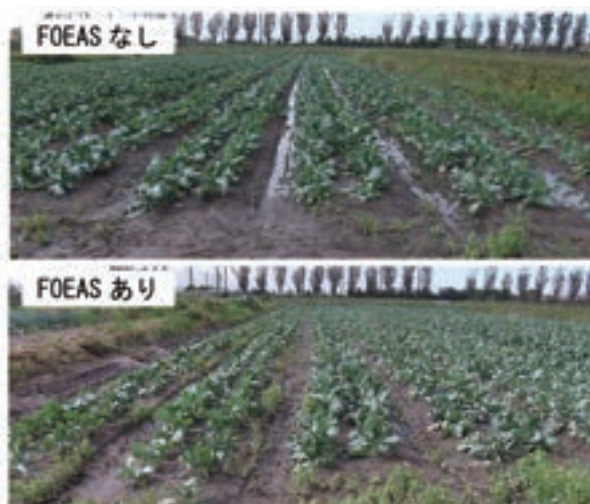


図-6 FOEASの排水効果(台風翌日の圃場)

藤森新作 2007. 転作作物の安定多収をめざす地下水位調節システム—水田リフォーム技術の開発—. 農業および園芸 82(5), 570-576.

細野達夫ら 2015. 重粘土地下水位制御圃場へのネギ・ブロッコリーの適応性. 中央農研研究報告. 23, 1-22.

松本浩一ら 2013. 汎用化水田の導入による水田作経営の展開可能性. 農業経営研究 51(2), 25-30.

中野有加ら 2014. 地下水位制御システム(FOEAS) 設工ほ場における設定水位が秋まきキャベツの生育に及ぼす影響. 園芸学研究 13, 125-133.

中野有加ら 2012. 地下灌漑時期がタマネギの生育および収量に及ぼす影響(大型ポット試験). 園芸学研究 11(別1), 142.

中野有加・岡田邦彦 2012. 地下水位の高低および変化がタマネギの根系発達に及ぼす影響. 根の研究. 21, 63-71.

中野有加ら. ポット試験における生育時期ごとの地下灌漑処理が夏播き秋どりブロッコリーの生育に及ぼす影響. 園芸学研究. 印刷中.

農研機構中央農研 2014. 水田輪作における地下水位制御システム活用マニュアル. pp.70.

Shimada, S. *et al.* 2012. Effects of Water Table Control by Farm-Oriented Enhancing Aquatic System on Photosynthesis, Nodule Nitrogen Fixation, and Yield of Soybeans. *Plant Production Science* 15, 132-143.

地下灌漑システム OPSIS について

農研機構 野菜花き研究部門
野菜生産システム研究領域
露地生産ユニット

佐々木 英和

はじめに

露地野菜の生産では、競争力の強化や収益性の向上、軽労化などが求められるなかで、気象によって野菜の生育が左右され、しばしば干ばつをはじめとする天候不順や異常気象による減収や品質の低下が生じている。年降水量としては平年値以上であったとしても、一部産地における一時的な少雨の発生が、野菜の生育不良を引き起こし、産地の切り替わり時期等を中心に、出荷量不足にともなう市場価格の高騰が少なくない。こうした環境下にある露地野菜の生産は、圃場への定植後に実施可能な栽培管理手段が限られている。水管理については、スプリンクラーなどの散水・定置パイプによる畑地用灌漑があるものの、機械作業の障害となることから、灌漑設備の設置や移動、撤去の労力が必要であり、十分に活用されていない場合も多い。これまでに著者らは、株式会社パディ研究所、クボタシーアイ株式会社（現 株式会社クボタケミックス）と共同で、露地畑圃場に大規模施工できる遮水シート溝式地下灌漑システム（OPSIS: Optimum Subsurface Irrigation System）を開発し、野菜栽培技術での活用を進めてきた。地下灌漑では、耕作部分の地上には土壌を介して野菜へ水を供給するための給水管等がないため、灌漑システムの設置後も機械作業が可能であり、省力化ができる。本稿では、研究開発が進められてい

る OPSIS とそれを活用した野菜栽培技術について、平成 26 年度農研機構シンポジウム「FOEAS・OPSIS を活用した露地野菜安定生産技術」での講演と佐々木ら（2014）の報告を基に、新たな知見を加えて解説する。

1. 畑地用地下灌漑システム OPSIS とは

水田転換畑では地下水位制御システム FOEAS の導入により、地下からの灌漑が可能となるが、傾斜畑や水田として利用しない畑地での灌漑は、従来のスプリンクラーや定置パイプが中心であった。先に述べた通り、地下からの灌漑は地上部の耕作部分に設置物がないという利点があるが、それ以外にも散水灌漑や地表灌漑のように、表土の物理性が劣化し流亡することが少ないこと、表面流出や土壌面蒸発による用水の損失が少ないことなど多くの長所があるとされている（千家 1994）。他にも、植物体への土壌や水滴の付着がないことから、病害や葉焼け、凍結等の軽減も考えられる。

開発された遮水シート溝式地下灌漑システム（OPSIS）は、暗渠灌漑よりも浅い地中に溝状にした遮水シートの上に防根シートを巻いたポリエチレン製有孔管を重ねて地下に埋設したものである（野菜茶業研究所施工時の試作型）。有孔管に通水し、遮水シートの溝から毛管現象で水を移動させることにより、畑全体の地下水位を上昇させる従来の地下灌漑よりも水分の調節が

でき、地中点滴灌漑（SDI）よりも単位面積あたりの配管設置本数を減らすことをねらっている。現在は、ポリエチレン有孔管の管周囲の一部のみに穴が開いている資材を用い、防根シートの巻き付けを省き、施工・資材コストを低減するような改良も加えられている。共同研究先である株式会社パディ研究所、クボタシーアイ株式会社が中心となり、大規模圃場への設置を可能にする施工機械の開発や部材改良、サトウキビでの実証試験にも取り組まれている。施工については、中小規模圃場や雨よけ施設等でも、有孔管と遮水シートの一体施工ではなくなるものの、トレンチャーを用いた施工も可能である。

2. OPSIS からの給水時の水分動態

OPSIS の最適な給水管設置深や設置間隔を解明するために、水分動態の解析を行った。雨よけパイプハウス（間口×長さ 9×20m、つくば市観音台、図-1）内に遮水シート溝式地下灌漑システムを試作し（図-2）、降水による影響を除いて実験した。試験圃場は、淡色黒ボク土であり、土壌物理性を表-1 に示した。異なる埋設深からの給水による水分動態の違いを調査するために、給水管を排水側最深部が 40cm 深（遮水シートの溝上端の位置）となるよう 1/90 傾斜で埋設し、埋設深約 25, 30, 35cm の地点について、それぞれの給水管から直角方向に、50、



図-1 野菜栽培試験用雨よけパイプハウス（現 農研機構野菜花き研究部門）

表-1 試験圃場の土壌物理性

三層分布	気相率	30.4%
	液相率	47.2%
	固相率	22.4%
重力水孔隙率	pF1.5	30.4%
	pF3.0	14.2%
容積重		0.6 g/cm ³
飽和透水係数		5.32*10 ⁻³ cm/s
粒径組成	粗砂	15.9%
	細砂	20.6%
	シルト	43.1%
	粘土	20.4%

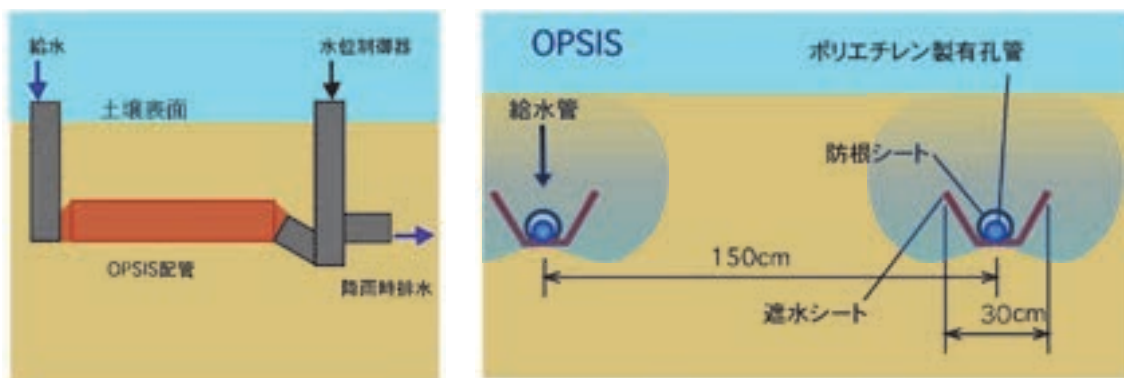


図-2 遮水シート溝式地下灌漑システム（OPSIS）の全体模式図（左）と給水管断面図（右）

70, 90cm 離れた 20cm 深土壌の水
分吸引圧（pF 値）を測定した。灌漑
量は 9 日間で合計 7,295L 給水し、給
水管が傾斜しているために土壌に浸透
しない分は、給水管末端から排水され
た。給水管からの水平距離 50cm 地
点では、給水開始 24 時間後には全て
の埋設深で pF 値が低下した。70cm
地点では、給水開始 48～72 時間後
に pF 値が低下し、その後給水中は埋
設深 30cm で埋設深 25, 35cm より
も低い pF 値が維持された。90cm 地
点では、どの埋設深でも給水開始から
pF 値の低下まで時間がかかり、最も
低下した給水開始 240 時間後に埋設
深 30cm で pF2.2 であった。

本試験土壌で水が移動しやすかつ
たと思われる埋設深 30cm について、
給水管を水平に埋設した OPSIS（遮
水シートの上端が 30cm 深）を用いて、
雨よけパイプハウス内で実験を行っ
た。灌漑は 6 日間行い、合計 3,897L
を給水した。その結果、給水開始か
ら 3 時間以内に給水管から水平距離

10cm 地点で pF 値の低下がみられた。
50cm 地点では、給水開始 24 時間後
には pF 値が低下し、速やかな水の移
動が認められた。70cm 地点では pF
値の低下は遅れ、90cm 地点ではさら
に遅れて、給水開始 96 時間後から pF
値が下がり始めた。90cm 地点で pF
値が最も低くなったのは、給水停止か
ら 51 時間後であり、pF2.3 と水は届
くものの、より給水管に近い地点に比
べて pF 値の低下はわずかであった。

3. OPSIS からの給水によ るレタスとホウレンソウの 生育

OPSIS の基本特性が明らかになっ
たところで、OPSIS による給水がレ
タスとホウレンソウの生育に及ぼす影
響について調べた。

レタス品種‘極早生シスコ’を
2012 年 8 月 27 日にセルトレイに播
種し、ガラス室内で育苗した。9 月
19 日に OPSIS を設置した雨よけパイ
プハウスに定植し、マルチ被覆栽培（図

-3）を行った。灌水は、埋設深 30cm
の給水管から毎週 800 ないし 1,600L
を給水した。9 月 25 日から 27 日に
かけて約 900L（降水量約 36.6mm
相当）給水すると、土壌水分は給水管
から水平距離 45cm 地点までは、マ
ルチ被覆なしで行った通水試験と同様
に速やかに pF 値の低下がみられた。
60～75cm 地点は、毎週給水を繰り返
すことで緩やかに pF 値は低下した。
定植 30 日後のレタスの生育は給水管
直上よりも 30cm 地点で最も地上部
重が大きく、さらに給水管から離れる
にしたがって地上部重は小さい傾向
がみられ、75 cm 地点では 30cm 地
点に比べて小さかった。11 月 12 日
の収穫調査では、地上部全体、結球部
ともに 45 cm 地点の株で生育がよい
傾向が認められ、給水管からの距離が
45cm よりも近い 0 cm 地点、または
遠い 60, 75 cm 時点では低下した。

ホウレンソウ品種‘ソロモン’を
2012 年 11 月 29 日に OPSIS を設置
した雨よけパイプハウスに播種し、



図-3 収穫調査前のレタスの生育
(2012年11月9日)



図-4 収穫調査時のハウレンソウの生育
(2013年3月5日)

栽培期間を通じてべたがけ被覆をした。12月4日から18日までは毎週1,600L、12月25日から2月19日までは、隔週で800Lずつを給水した。播種1週間後に約1,600L（降水量約65mm相当）給水すると、土壤水分は水平距離40cm地点までは、速やかにpF1.7以下まで低下した。一方、80cm地点では毎週1,600L給水時はほぼ一定であったが、隔週給水では給水により一時的な低下を繰り返しながら、徐々に2.7まで上昇した。3月5日（図-4）に収穫調査した結果では、草丈は水平距離40cm地点が最も長い傾向がみられ、給水管直上で短かった。地上部重も、40cm地点が大きい傾向にあり、給水管直上は低下し、40cm地点より近くなるほど、あるいは遠くなるほど小さい傾向がみられた。ハウレンソウでは、60、80cm地点は、給水管直上の0cm地点に比べて生育の低下は少なかった。

レタスの生育は、給水管から水平距離45cm地点で最も優れ、給水

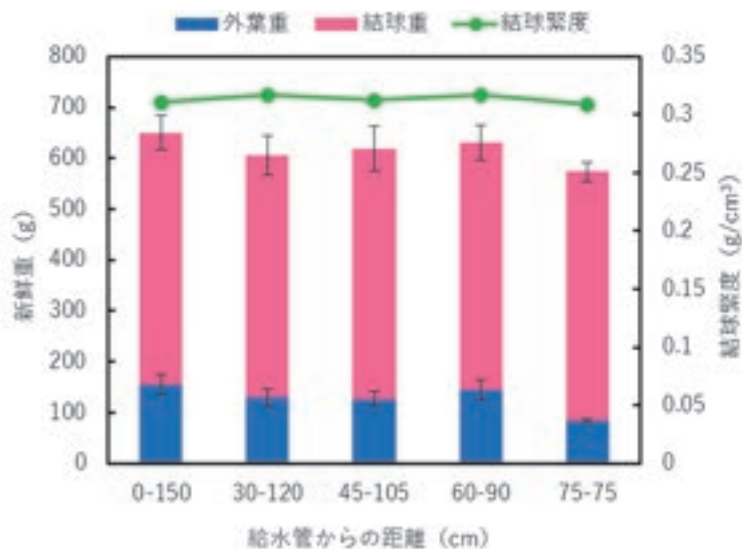


図-5 給水管からの距離別レタスの生育（縦線は標準誤差を示す）

管直上の0cm地点で劣った。これは、リーフレタスでの過剰な灌漑が収量の減少を引き起こすという報告(Thompson and Doerge 1996)と一致した。0cm地点では、特に給水直後にpF値が45cm地点よりも低くなっており、過湿による湿害、あるいは肥料成分の流亡により生育が劣っている可能性が考えられた。一方、45cm地点よりも生育が劣った60、75cm地点では給水後のpF値の低下は少なく、レタスに乾燥ストレスがかかり、生育が低下していることが考えられた。ハウレンソウでは、水平距離40cm地点で生育がよく、やはり給水管直上では劣った。しかし、レタスが水平距離45cmよりも遠い地点で生育が抑制されるのに比べると、ハウレンソウでは給水管から離れてもそれほど抑制されず、栽培する品目にあわせて灌水基準が必要と考えられる。

4. OPSISを用いたレタス栽培とOPIS露地圃場でのハウレンソウ栽培

これまでに得られた試験結果を基に、実際の野菜栽培技術の開発に向けて、複数の給水管から灌水してレタスとOPISを設置した露地圃場でのホ

ウレンソウの栽培試験を行った。

レタス品種‘シーカー’を2013年4月1日にセルトレイに播種し、ガラス室内で育苗した。5月2日にOPISを設置した雨よけパイプハウスに定植し、マルチ被覆栽培を行った。1.5m間隔で設置された給水管から通水することで、中央75cm地点は両側の給水管からの灌水となり、給水管からの距離によるレタスの生育差は小さくなり、6月17日の収穫調査では、最も生育の良かった地点のレタス結球重は最も劣った地点のレタスの約1.04倍におさまリ、結球緊度にも違いはみられなかった（図-5）。

2014年4月9日にハウレンソウ品種‘クロノス’をOPIS設置露地圃場（つくば市観音台）に播種した。給水管の設置深は30cm、配管間隔は1.4mとし、対照区は天水のみ、OPIS区は土壌pF2.5を目安に降水量10～20mm相当を給水した。給水以外は、慣行の業務・加工用ハウレンソウ栽培管理とした。収穫調査は、生食用より遅く5月26日に行った。農研機構野菜花き研究部門（つくば市）では、降雨の影響を避けるために雨よけパイプハウスでの試験をしているが、より実際の生産現場に近い露地圃場において

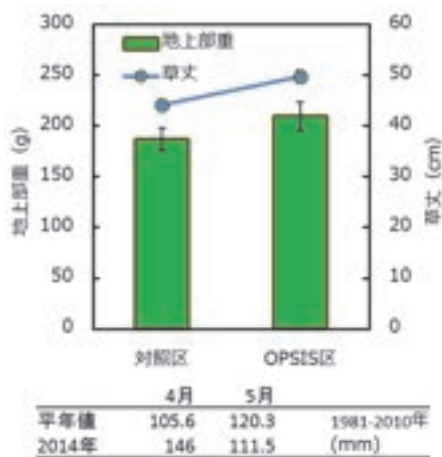


図-6 OPSIS による業務・加工用ホウレンソウの生育と栽培月間の降水量
(縦線は標準誤差を示す)

も試験を進めており、当然ながら降雨の影響を受け、少雨や高温干ばつ時における OPSIS による野菜の減収軽減効果を検証する機会は多くない。しかしながら、本試験時の降水量が平年値の約 1.14 倍であったにも関わらず、OPIS の活用によって 1 割以上の地上部重の増加がみられ (図-6)、少雨、干ばつ時以外でも OPSIS によるホウレンソウの生育促進が明らかとなった。その後、雨よけパイプハウスで繰り返した業務・加工用ホウレンソウの栽培試験では、OPIS による灌水開始基準は、土壌 pH2.2 から 2.3 程度が適当である結果が得られた。

以上のことから、複数の給水管から灌水することでレタスの生育のばらつきが抑えられること、露地栽培のホウレンソウで平年値並降水量下でも OPIS からの給水により生育促進されることが明らかとなった。

おわりに

通水試験での水分動態からは、給水管の埋設深 25, 30, 35cm (遮水シートの上端) で比較すると、本試験土壌では埋設深 30cm が最も優れていると考えられた。この埋設深は、耕耘する

ことを前提とした地下点滴灌漑の配管埋設深 20～70cm (Camp 1989) の範囲内になっているものの、機械作業による土の偏りによっては耕耘により給水管を破損する恐れもあり、30cm よりも深い埋設深が必要とされる場合も考えられる。現在は、雨よけパイプハウス内の OPSIS 給水管を埋設深 40cm に設定し、実験を進めている。

試験結果では、OPIS の給水管から 70～80cm 程度離れた地点までは十分な量の水が供給され、レタスとホウレンソウの栽培が可能であった。したがって、給水管の間隔を 150cm 以下にすると、給水管に挟まれた全ての地点に水が届き、作畝や定植位置を任意に設定できることが明らかとなった。栽培管理を容易にするには、給水間隔を狭くすることで達成できるが、直接導入コストに関わってくる問題でもある。

今回紹介したような研究所内での雨よけパイプハウスや露地圃場での栽培試験以外にも、農林水産省「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」により 2015 年に茨城県東茨城郡茨城町露地圃場でのキャベツ生産で実証試験を行い、平年値並の降水量であったものの約 1～2 割の増収を確認することができた。現在は、農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」による宮城県亘理郡山元町の無加温ハウスでのホウレンソウ栽培に取り組んでいるところである。

OPIS は、設置したまま機械管理作業が可能な灌漑システムであり、少雨・乾燥時にも十分な給水が可能で、

露地野菜生産の安定化が期待されるツールである。設置コストの低減や効率化のために、施工機械の開発と配管資材等の改良を行うとともに、土壌条件や作型にあわせた水分管理法を最適化し、露地野菜の安定生産技術として導入できるよう研究を進めること、露地圃場での少雨・乾燥時における野菜の生育抑制軽減効果を実証する必要がある。また、設置によるメリットを高めるために、新たな排水機能の付与や UECS (Ubiquitous Environment Control System) などを用いたきめ細かな土壌水分管理、生育制御などの可能性を追求していく予定である。

引用・参考文献

- Camp, C.R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASAE 41, 1353-1367.
- 小野寺恒雄・藤森新作 2014. 畑地用節水型地下灌漑システムの構造と機能. 畑地農業 670, 13-20.
- 小野寺恒雄ら 2016. 地下灌漑用部材の敷設装置および敷設方法. 特許第 5929302 号.
- 佐々木英和ら 2014. 遮水シート溝式地下灌漑システムを用いた給水制御方式がレタスとホウレンソウの地上部および根部の生育に及ぼす影響. 根の研究 23, 5-13.
- 佐々木英和ら 2015. 遮水シート溝式地下灌漑システム (OPIS) からの給水によるキャベツの生育. 園芸学研究 14(別 2), 454.
- 千家正照 1994. 地下灌漑. 農業土木学会誌 62, 449.
- Thompson, T.L. and T.A. Doerge 1996. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce: I. Plant response. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 163-168.

「うね内部分施用技術」について

井関農機株式会社
夢ある農業総合研究所

屋代 幹雄

一般的にキャベツ・ハクサイ等土地利用型の露地野菜生産においては、稲・麦・大豆など一般作物と同様にブロードキャスターやライムソーと呼ばれる施肥用機械を用いて肥料を圃場全体に散布し、ロータリー等を用いて土壌と攪拌・混和してうね立て機でうねを立て、そこに野菜苗を定植したり、種子を播種したりしている。この方法は「全面全層施肥法」と呼ばれ、肥料がうね内だけでなくうね間も含む圃場全体に土壌と混和して施用されている。しかし、地上部の広がり大きい露地野菜では、土地全体を使って面的に栽培している一般の畑作物と異なり、どちらかという点的に栽培していると考えられ、このため、面的に圃場全体に撒かれた肥料をすべて利用しているのではなく、うね間など野菜が利用しない部分に施用された肥料成分や過剰に施用され利用されずに残った肥料成分は土壌中に残り、蓄積される。また、うねの表面やうね間に混和されている肥料は降雨等により、圃場周囲や地下に流出する。このように土壌中に蓄積されたり、周囲や地下に流出した肥料成分は、地下水や河川など近隣の水域環境や周囲環境を汚染したりする可能性があり、問題にもなりつつある。また、肥料価格も2008年の高騰以来、高値で推移しており、これにより生産コストが増加し、露地野菜生産者の経営を圧迫している。

これらのことから、生産量と品質を確保しつつ、無駄に施用されている肥料を大幅に減らす低資材投入型かつ環

境負荷低減型生産技術の開発が求められている。

ここで紹介する「うね内部分施用技術」は、露地野菜作において肥料施用量を大幅に削減できる生産技術で、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構で開発され、井関農機（株）が実用化したものである。

1. 従来の肥料等生産資材の施用法とその特徴

現在、一般的に露地野菜作で行われている施用法は、前述したように基肥等の肥料をうね内やうね間も含めて圃場全体に土壌と混和して施用する「全面全層施肥法」である（図-1 左参照）。この方法では定植した苗の根の周辺に肥料が十分にあり、定植直後の苗は順調に生育するが、うね間の肥料は圃場外への流出し地下水や河川等環境を汚染したり、利用されずに蓄積したりして無駄になっている。

これまで、これを解決する方法の一つとして、うね内の局所に資材を施用する「うね内局所施用法」が開発されてきた（図-1 中央参照）。この方法では、定植した苗の根が肥料を求めて伸

長し、施用資材周辺に根を広げて生育するため、うね間やうね表面に肥料を施用する必要がなくなり、施用量を削減できる。しかし、堆肥等で地力が高く維持されていないと定植後の苗の根が肥料に届くまでの間は肥料成分がないので初期生育が遅れる傾向がある。また、定植時にうねがつぶされたり、うね内の施肥位置が安定していないと、定植した苗の根と肥料の距離が変化し、初期生育のばらつきや根と肥料の接触による肥料焼けを起こす危険性がある。また、機械的にも土壌水分が高いと土中に施用する部分に土が詰まる等のトラブルも起こしやすい。また、「うね内局所施用法」による肥料施用量の削減効果は30%程度であり、大幅な削減に結びついていない。

2. 「うね内部分施肥法」の特徴と効果について

「うね内部分施用法」は、前述の手法と異なり、うねの中心部の定植した苗の周辺部だけに肥料・農薬等施用資材を帯状に土壌と混和して施用する方法である（図-1 右参照）。

この手法は、耕うん軸に一つのうね

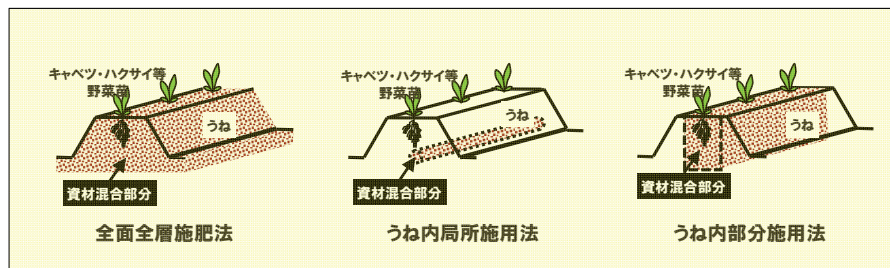


図-1 野菜作における資材施用法

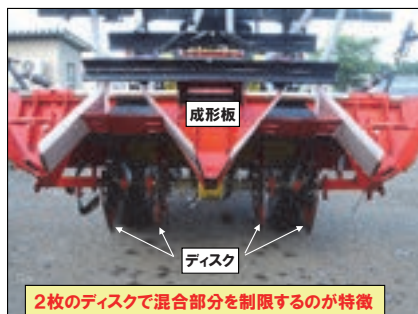


図-2 うね内部分施用法による部分施肥部

あたり2枚のディスクがうねの中心を境に同距離になるように取り付けられているのが特徴である(図-2)。うね立て機の上部に取り付けられている肥料ホッパーと繰出装置から繰り出された肥料は、ホースの中を通り2枚のディスク間の前方に散布され、2枚のディスクとその間の耕うん爪により横方向に逃げることなく土壌と攪拌・混和され、その後成形板でうね立て成形される。これによって、肥料はうねの中央部の設定範囲内に帯状に土壌と混合して施用される(図-3)。

化成肥料を「全面全層施用法」,「うね内局所施用法」,「うね内部分施用法」で施用した場合のキャベツの生育経過を見ると(図-4),「うね内局所施用法」では「全面全層施用法」と同量の肥料を施用しても、定植直後は肥料無施用区と同等の生育を示し、初期生育が大きく遅れた。これは定植直後の根が肥料施用位置まで伸長するまでは定植する土壌の保有肥料により生育していることを示している。しかし,「うね内部分施用法」では肥料施用量を50%削減しても、生育中期まで「全面全層施用法」と同様に順調な初期生育を示した。これは,「うね内部分施用法」で施用した場合には、定植直後の根の周辺に生育に必要な肥料成分が十分に施用されているため、これを定植直後からすぐに吸収することができたためである。

「うね内部分施用法」で肥料施用量



図-3 肥料混合状況と施用範囲

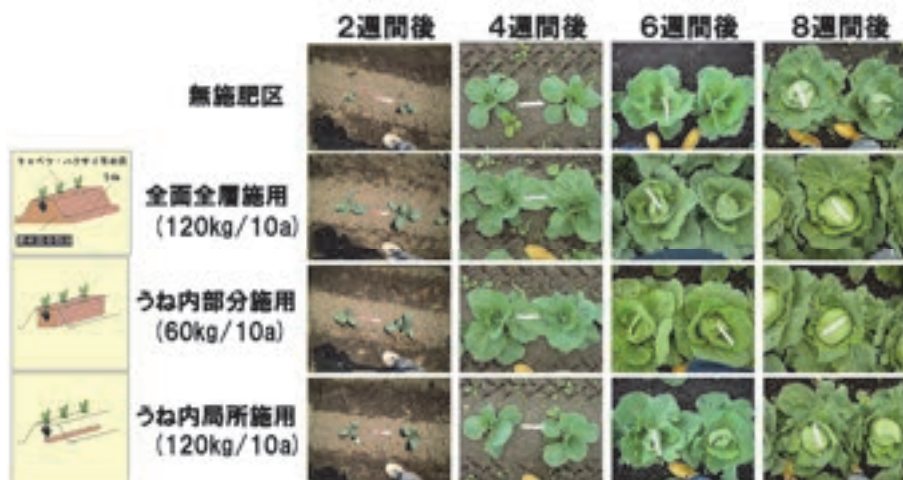


図-4 肥料施用法の違いによる生育経過(キャベツ)

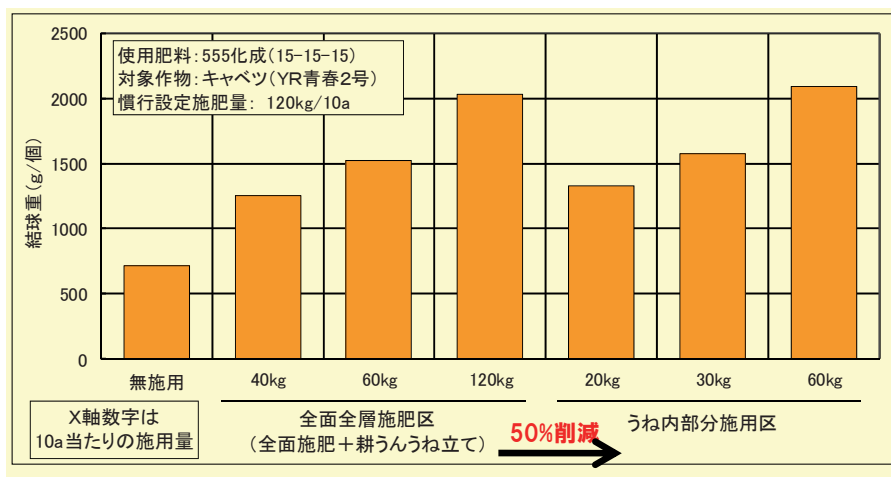


図-5 うね部分施用法による個体結球重(キャベツ)

を50%削減した場合,「全面全層施用法」で100%施用した場合と同等の個体結球重が得られ、収量が減少することはなかった(図-5)。これまでに、化成肥料や緩効成分を含む基肥一発肥料であるならば30~50%,追肥をこれまで通り行うのであれば基肥を50%まで施用量を削減しても生育・収量に影響はなかった。また,「うね内部分施用法」では、定植時にうねが

つぶれても、定植位置が変動しても定植した苗の周辺には十分な肥料があるため、生育が揃う傾向もあった。

移植した苗の周辺には慣行よりも高い濃度の肥料成分が混合して施用されているため、移植直後から作物は順調に生育すると考えられ、このことから、うね内部分施用法は比較的初期生育が遅れがちである寒冷地においても良好な初期生育を確保でき、品質及び収量

の安定化が期待できる施用法である。

その他に、「うね内部分施用法」では肥料をうね内にのみ部分的に施用されており、うねの側面やうね間には施用していないので、「全面全層施用法」と比較してうね側面やうね間の雑草の生育が抑制される効果がある。また、耕うん前に行っていた施肥作業が、うね立て時にこの作業と同時に行うことができ、これまで2～3工程かかる施肥・混合・うね立ての作業工程を1工程で行うことができ、作業能率を向上する効果がある。そのうえ、「うね内部分施用法」では、うね表面や側面ならびにうね間の肥料成分が少ないため、生育期間中の降雨等による表層流出や地下部流出が防止できる。また、収穫後土壌中に残る肥料成分も少なくなるので、土壌中への肥料成分の残留や残留成分の流出が防止でき、環境への負荷を低減させる効果も認められた。

「うね内部分施用法」では単位面積当たりの資材施肥量を大幅に削減することができ、この方法で肥料の施肥量を30～50%削減した場合、2009年度の肥料価格で算定すると、肥料費が5,000～10,000円/10a程度低減できる。うね内部分施用機（3うね用）の購入価格を約100万円とした場合、肥料代だけで2～4haの作付面積があれば、購入機械費を5年間で償却できる。さらに作業能率や作業時間の短縮化により、さらに大幅なコスト低減効果がある。



図-6 うね内部分施用機（市販機）- 井関農機（株）-

3. うね内部分施用機

「うね内部分施用機」は大規模生産者から小規模生産者まで経営面積に応じた2条～4条用のうね内部分施用機と、平うね（同時マルチ可）に対応したうね内部分施用機の4機種ラインアップが完成し、「エコうねまぜ君」という愛称で井関農機（株）から販売されている（図-6）。

うね内の攪拌・混合される幅はディスク間の距離を変えることによって、15cm～30cmの範囲で設定することができる。また、搭載されている肥料・農薬等資材繰出し装置はGPSを利用して作業速度を検出し、その作業速度に連動して繰出し量を変える速度連動式施用装置で、一度設定すれば作業速度を変えても、圃場傾斜で作業速度が変化しても、設定施肥量を正確に施用することができる。また、使用する農家の施用資材により、粒状資材用繰出し装置や粉・粒剤兼用繰出し装置の組み合わせを変えることによって、対応可能である。

なお、3うね・2うね内部分施用機

は、後方に播種機を取り付けることによってダイコンやニンジン等根菜類の栽培に利用することができる。また、平うね内部分施用機は、その後方に付いている成型板の後ろに播種機を取り付けることによりダイコンやエダマメ作等に、成型板を取り外してマルチ張り機を取り付けることによりブロッコリー・レタス等平うねマルチ栽培にも利用することが可能である。

平成17年から、24道県43ヶ所で「うね内部分施用機」を用いた現地実証試験を実施し、葉菜類ではキャベツ・ハクサイ・レタス・ブロッコリー・カリフラワー、根菜類ではダイコン・ニンジン、豆類では大豆・エダマメ、果菜類では露地トマト・露地ナス、花き類では小ギクなど多くの生産現場において汎用的に使用することができるようになった。

4. 今後の方向

「うね内部分施用法」では、定植する苗の周辺に生育に十分な量を施肥するため、定植直後の根は肥料をすぐに

吸収することができ、旺盛な初期生育を示す。また、うね間やうねの側面等利用されない部分には施用しないので、「全面全層施肥法」による面的施用法と比較して「うね内部分施肥法」では施肥量を30～50%削減できるようになり、無駄な施肥量を削減することができる。また、定植時にうねがつぶれても、定植位置が変動しても定植した苗の周辺には十分な肥料があるため、生育が揃う傾向にある。今後、この肥料施用方法は露地野菜における減肥料、低コスト・省力技術として、し

かも環境に優しい技術として生産現場への普及が期待される。

現在、さらなる施肥量削減技術として、緩効性肥料をうまく利用して追肥量も削減する手法も開発されつつある。その一つとし、「うね内部分施肥法」を利用してうね中央部と外側にうねを区分して速効性・緩効性肥料等特徴の異なる別々の肥料を施用したり、「うね内部分施肥法」と「うね内局所施肥法」を組み合わせたりして、生育初期にはうね中央部に施用された速効性肥料成分を利用し、生育後期にはうね外

側部分や局所的に施用された緩効性肥料を利用できるようにする手法の研究が行われており、これまでに基肥、追肥量とも50%程度まで削減できる可能性が見出だされている。

今後は、貴重な肥料を無駄なく効率的に施肥するため、栽培する露地野菜や土壌に応じて、最適な肥料を、最適な位置に、最適な量だけ施用する手法が開発され、生産量を確保しつつ肥料施用量をより大幅に減らすことが可能となると思われる。

統計データから

平成27年度 耕地利用率は91.8%

耕地利用率とは、耕地面積（畦畔を除いた、直接農作物の栽培に供せられる土地）を「100」とした作付（栽培）延べ面積の割合である。

ここでいう**作付面積**は水稻、麦等の播種または植付けをしてからおおむね1年以内に収穫され、複数年にわたる収穫ができない非永年性作物を作付けしている面積である。一方、**栽培面積**は果樹、茶等の播種または植付けの後、複数年にわたって収穫を行うことができる永年性作物を栽培している面積をいう。また、年産区分を同一とする水稻二期作栽培や季節区分別野菜等により、同一圃場に2回以上作付けされた場合を**延べ面積**としている。

平成27（2015）年の耕地利用率は91.8%で、前年並みではあるが、その推移をみると、昭和31（1956）年の138%をピークに、その分母となる農地面積が減少を続ける一方、分子となる作付延べ面積がより大きく減少し、大きく低下している。このことは、国内の食料供給力の低下の現れを示し、同時に食料自給率の低下にも

つながっている。

そのため、「食料・農業・農村基本計画」では、農地の有効利用を進め、耕地利用率を平成37（2025）年までに101%に高め、食料自給率を45%に向上の目標を定めている。それには、農地面積が平成25年の454万haから440万haへと減少傾向を想定し、延べ作付面積を417万haから443万haへ拡大することを目指している。

因みに、耕地利用率が100%を超える都道府県は、佐賀、福岡、宮崎、福井、滋賀の5県に過ぎない。特に、佐賀（131.9%）と福岡（111.7%）は麦類の作付率がそれぞれ29.6%、23%と日本一高く、また滋賀（101.7%）も14.4%、福井（104.2%）も12.7%と高く、水稻や豆類の裏作としての麦類の役割が大きい。また、これらに次ぐ北海道（99.7%）や宮崎（106.3%）は飼肥料作物の作付率がそれぞれ56.9%、47%と高い特徴がある。（K、O）

耕地利用率等の推移

年 度	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2015
作付延べ面積（万ha）	812.9	631.1	570.6	534.9	456.3	438.4	412.7
耕地面積（万ha）	607.1	579.6	546.1	524.3	483	469.2	449.6
耕地利用率（%）	133.9	108.9	104.5	102	97.7	94.5	91.8
食料自給率（%）	79	60	53	48	43	40	39

発がん性物質を含む特定外来生物

ナルトサワギク

農研機構中央農業研究センター

黒川 俊二

Senecio madagascariensis Poir. キク科キオン属 fireweed
一年生または多年生草本

ナルトサワギク(写真-1)は、1976年に徳島県鳴門市で最初に確認された以降急速に分布を拡大しており、在来種との競合のおそれから、特定外来生物に指定されている。周年にわたって開花結実する生態特性を考慮しないと防除に失敗し、逆に優占させてしまう。いったん侵入すると防除が難しいことから、分布拡大を防ぐ対策が急務である。さらに、家畜などに対して肝毒性や発がん性を有するピロリジジンアルカロイドを含んでいるため、放牧地や採草地などへの侵入は特に警戒が必要である。

■分布

アフリカ南東部原産で、1918年頃にオーストラリアに非意図的に導入された。1940年代以降にアルゼンチンでも確認され、現在では日本、ハワイ、ウルグアイでの発生が知られている。日本では1976年に徳島県鳴門市で最初に発見されて以来急速に分布拡大し、環境省の調査によると2009年までに発生が確認された都道府県は、福島県、静岡県、三重県、滋賀県、奈良県、大阪府、和歌山県、兵庫県、岡山県、香川県、徳島県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、鹿児島県となっている。埋立地や宅地造成された場所などでの発生が目立つ。空き地、路傍、河川敷に加え、休耕田や放牧草地など農耕地での発生も見られる。

■形態と見分けるポイント

草丈は50～70cm程度で、直径2.5cmほどの鮮黄色の頭状花をつける。葉の形状は極めて変異が多いとされる。最も大きな特徴としては、周年にわたって開花することである。真冬に黄色い頭状花が多数開花しているのを見つけたら、本種を疑ったほうがいい。

■雑草としての情報

雑草性に係る特徴として最も重要なことは、人や家畜に対して肝毒性や発がん性を有するピロリジジンアルカロイドを含んでいることである。人が間違っただけで直接食べることはないと思われるが、家畜の健康を害する危険性、さらに畜産物を介して人に移行する危険性がある。

周年にわたって開花結実を繰り返すこと、多年草としても存在することから、他の植生に対する競合力が強く、結果として侵略的となる。生活史の周期が、強放牧下で1.5ヵ月、放牧なしで3.7ヵ月と非常に短いため、他の植生を抑制する管理をするとたちまち本種が優占してしまう。



写真-1 グリホサート処理で牧草が衰退したためナルトサワギクが優占した放牧地



写真-2 新興住宅地の公園に侵入

飼料作物として栽培されるセイヨウチャヒキ(*Avena strigosa*)との競合試験によると、本種が1個体/m²でも減収し、5個体/m²になると25%減収するとされる。

■防除に関する情報

除草剤では、一年生広葉雑草に効果がある茎葉処理除草剤ブロモキシニルが幼植物に効果があるとされるが日本では登録がない。グリホサートも同様に有効とされるが、他の植生も枯らしてしまうためその後の再侵入がある。除草剤の効果が最も得られるのは実生や開花初期とされる。しかしながら、周年にわたって発芽を繰り返すため、除草剤処理は高頻度に行う必要があり、逆に本種を優占させてしまう危険性がある。

機械除草においても開花する前に繰り返し行う必要があることから、単独での防除は難しい。

イタリアンライグラスなど競合力の強い牧草がしっかりと生育している環境では新たな侵入を防ぐことができるため、植生を維持した状態での管理が重要となる。選択性除草剤による防除の後には窒素肥料を追肥して牧草の生育を促進することにより本種の生育を抑制できる。

オーストラリアでは天敵による生物防除も試みられているが、その他の*Senecio*属植物との選好性がないため、成功事例は限られている。

いったん侵入すると防除が非常に難しいため、これ以上分布拡大させないよう、国全体、地域全体での戦略的な取り組みが必要である。

参考文献

環境省ホームページ. 日本の外来種対策 特定外来生物の解説 ナルトサワギク (<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-syo-04.html>)

農研機構ホームページ. ナルトサワギクについて (http://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_poisoning/fireweed.html)

CABI Invasive Species Compendium. *Senecio madagascariensis* (fireweed) (<http://www.cabi.org/isc/datasheet/49565>)

メンデル法則の日本への浸透

東京大学・法政大学名誉教授
日本メンデル協会会長

長田 敏行

メンデルの遺伝法則の発見は生物学上の画期的な発見であるということに留まらず、社会にも大きな影響を及ぼしたことは、ダーウィンの進化学説と並んで特異的である。よく知られているように、当初メンデルの発見は人々の理解するところとはならず、人々の認識を得たのは、1900年のメンデル法則再発見以来である。この遺伝法則が日本へどのように伝わり、広がっていったかは興味ある点であるが、知られていない点も多い。

私が代表を務めている（公財）日本メンデル協会の広報誌「メンデル協会通信」の初期の号に、1903～1904年にかけて当時岐阜県師範学校の教員であった白井勝三が「信濃博物学雑誌」に、3回に分けてメンデル法則の紹介をしているのが最初であるとある。白井は、アメリカの育種家スピルマン（W.J. Spillman）の総説をもとに、メンデル法則の紹介を行っているが、雑誌がそもそも理科教員の啓蒙雑誌であることから、新情報の紹介以上のものではない。実は、それより1年以上前に、札幌農学校の星野勇三は「札幌農学会報」にメンデル法則を紹介しており、この報告が日本における最初の紹介であると思われる。星野は実際にこれを契機にメン

デル法則の適用により北海道の作物の品種改良を目指し、アメリカ、ヨーロッパの留学ののちに、札幌農学校から北海道帝国大学へと発展する中で、園芸作物の育種に従った。この伝統にある植物育種の流れを、1980年代に北海道大学農学部のある稲の育種に功績のあった高橋万右衛門教授の特定研究の研

究グループに参加させていただいた時に、実感として体験した。農学部の正面玄関に入ってすぐ左に初代の明峰明夫教授を始めとした歴代教授の名前が並ぶ名誉教授室があり、教授室がその奥であったことは、これが伝統というものの重みであらうかという驚きであった。

この時期、ソテツ精子の発見者池野成一郎（図-1）は、1906年に「植物系統学」を著したが、そこではメンデル遺伝学についても詳しい解説がなされ、学説の流布に大きく貢献した。名著としての声望があり、その後何度も版を重ねており、私も1948年版を入手したが、当時の世相を反映して紙質は粗悪であったが、今日でも有用な内容であった。池野は当初顕微鏡観察を用いて細胞学研究を進めたが、アーク燈を光源とする常として、目を傷めることとなった。そのため、その後は遺伝学方面に研究を展開し、日本育種学会や日本遺伝学会の創設に関わった。

このように遺伝学は札幌農学校他で講じられていたが、東京帝国大学に遺伝学講座が設けられたことは一つのエポックである。1918年に、それまで植物形態学講座の教授であった藤井健次郎（図-2）は遺伝学講座の担任になったが、その経緯は時代を反映している。時は、第一次世界大戦の後で、戦時中は直接戦闘に関わることは少なく、いわば漁夫の利で好景気に沸き、さらに戦後は戦勝国となった。その結果、未曾有の金満の時代を迎え、人々のひんしゅくを買うような行動に走った人々もいたが、後に野村証券を起す野村三兄弟は大学へ寄付することによって遺伝学講座は発足したのであり、有用な用途を見いだせた人もいたということであろう。寄付講座新設に際して、大学へ出された申請文書には、「メンデル法則の再発見以来、遺伝学を用いた科学的品種改良が可能となり、その研究推進を目的とする」とある。ヨハンセン（W. Johannsen）の純系説に触れ、ニルセン・エーレ（H. Nilssen-Ehle）の新育種法に触れ、育種に貢献し、優生学にも貢献する」と述べている。折しも、ヨーロッパではそれに先立って、前稿にも触れたパウアー（E. Baur）が世界最初の遺伝学研究所をベルリン農科大学に創設したのが1914年



図-1 池野成一郎（1866-1943）



図-2 藤井健次郎 (1866-1952)

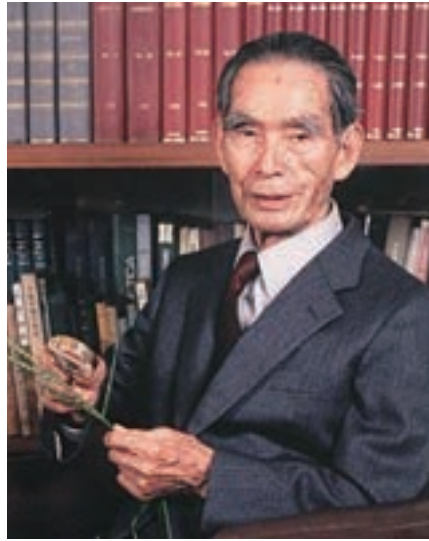


図-3 木原 均 (1893-1986)



図-4 外山亀太郎 (1867-1918)

であった。この新講座の発足に先立ち、藤井研究室には北海道帝国大学より坂村徹が滞在し、コムギの染色体数を定めた。坂村は後に植物生理学に専心するが、坂村の研究を引き継いだ木原均（図-3）は、そのゲノム解析の結果、組成がAABBDDという複三倍体であることを明らかにした。その後、京都大学へ移ってからはコムギの合成へと研究を進め、細胞遺伝学の目覚ましい成果となった。私は、2016年6月には、所用があつてベルリンを訪問したが、ベルリン自由大学応用遺伝学研究所となっている、パウアーゆかりの遺伝学研究所を訪問することができた。そこには、創設以来の建物があり、廊下の掲示板にあつた訪問者の芳名帳には藤井・木原の名前を認めることができたので、日本での動向はヨーロッパのそれと密接に関連していると確認することができた。これに関して、（公財）日本メンデル協会刊行の欧文遺伝学誌 CYTOLOGIA は藤井により1929年に創刊されたが、その第1巻第1号の最初の論文は木原のコムギの遺伝的組成に関する論文であり、その後も10編以上寄稿していることは、この間の学問的状況を良く反映している。その後の分子遺伝学を含む遺伝学の発展と動向は、多く紹介されているので、ここではこれ以上立ち入らない。

ここで、外山亀太郎（図-4）について述べるが、外山の動向は上記の流れとは独立であり、独特である。外山は、1906年に東京帝国大学へ学位論文を提出したが、その内容はカイコ（*Bombyx mori*）の繭の色はメンデル法則にしたがつて後代へ伝わるという内容を含むもので、動物界では最初のメンデル法則記載の例であるとされている。カイコは中国原産で、絹糸は輸入され続けており、江戸時代に、日本から出て行った金銀の代わりに入ってきたのが絹糸であつた。さらに、その後金銀の枯渇により銅が出て行ったが、入ってきたのが絹糸であることには変わらない。しかし、江戸末期に絹

糸が入りにくくなってきたことにより、日本でも養蚕が盛んになり、特に、群馬、長野、福島で盛んであつた。幕末に貿易が再開すると、蚕糸は当初はヨーロッパへ出て行ったが、明治になりヨーロッパからアメリカへと変わっていった。ところが、当時外貨獲得の唯一の手段であつた絹糸輸出先のアメリカより多くのクレームが寄せられた。それは、粗悪な絹糸や、品質の不揃いであつたが、これに対し政府も蚕糸試験場等を設立して絹糸の質向上に務めた。これに渾身の力を込めて対応したのが、外山であつた。原因の一つが、多種のカイコの混合飼育にあることを見抜いて、一蛾飼育による交配を行った。これらは、1909年刊の「蠶種論」に見ることができるが、カイコの解剖から生殖細胞の分化の様子が詳細に記載されている。これらの研究は、東京帝国大学農科大学を卒業し、福島県立蚕業学校校長として赴任し、さらに、東京大学助手を経て、シャム政府の養蚕指導特別顧問についている間に行われたわけで、驚異的である。世界中のカイコを知っていた外山は、赴任したシャムで熱帯種のシャムカイコの黄色種と白色種を交配し、黄色種が優性であり、斑紋の有無と繭色の二形質の分離の確認も行っており、これらの内容は彼の学位論文に含まれている。

さらに、異なった系統のカイコ間での交配による雑種強勢に着目し、それをその後の蚕種の基本にしていった。今日雑種強勢はトウモロコシ生産の基本であるが、この雑種強勢は古典的説明があるが、現在遺伝子発現の強化で説明されつつある。この雑種強勢に基づく交配繭による高品質な蚕種の維持が片倉組より展開され、その後身の片倉工業が民営富岡製糸場の維持に関わり、最近のユネスコによる世界文化遺産につながったことは、記憶に新しい。

以上、生物科学の共通の基礎となっている遺伝学の日本への導入の初期の姿を辿ってみた。

平成27年度常緑果樹関係 除草剤・生育調節剤試験判定結果

(公財) 日本植物調節剤研究協会 技術部

平成27年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会は、平成28年6月7日(火)にホテルラングウッドにおいて開催された。

この検討会には、試験場関係者20名、委託関係者18名ほか、計47名の参集を得て、除草剤2薬剤(8点)、生育

調節剤9薬剤(28点)について、試験成績の報告と検討が行われた。

その判定結果および使用基準については、次の判定表に示す通りである。

平成27年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験 判定

A. 除草剤

薬剤名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. HCW-201 フロアブル DCMU:50% [*保土谷UPL 北興化学工業]	カンキツ	一年生雑草(発生前)	継	継) ・効果、葉害の確認
2. NC-360 フロアブル キザロホップエチル :7.0% [日産化学工業]	カンキツ	一年生イネ科, 多年生イネ科	継	継) ・効果、葉害の確認
	カンキツ	葉害試験		

B. 生育調節剤

薬剤名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. AKD-8147 水溶 1-ナフタレン酢酸ナ トリウム:22% [アグロカネショウ]	カンキツ (たみみ)	摘果効果	実・継 (従来 どお り)	実) [カンキツ(温州ミカンを除く);摘果] ・生理落果盛期(満開10~20日後) ・1000倍 十分量 ・立木全面散布あるいは枝別散布 ・効果の確認された品種 天草, 伊予柑, 清見, せとか, はるみ [清見, 湘南ゴールド, 不知火, せとか;摘果] ・生理落果盛期(満開20~50日後) ・1000倍 十分量 ・立木全面散布あるいは枝別散布 継) ・満開20~50日後での効果, 葉害の確認 (甘夏, 伊予柑, はるみ, 天草, ぼんかん) ・1500倍での効果, 葉害の確認 ・満開10~20日後での効果, 葉害の確認 (たみみ(1000倍), 不知火, ぼんかん)

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
2. AMRI-01 液体 P ₂ O ₅ :2.5% K:0.2% Ca:3.7% [甘彩六花]	温州ミカン (早生～晩生)	浮皮軽減効果	継	継) ・効果, 葉害の確認
3. イソプロチオラン 乳 イソプロチオラン :40.0% [日本農薬]	温州ミカン	着色促進効果	実・継 (従来 どお り)	実) [温州ミカン;着色促進] ・収穫20～30日前 ・2000～3000倍 ・立木全面散布あるいは枝別散布 継) ・4000倍での効果, 葉害の確認
4. ジベレリン 水溶 ジベレリン:3.1% [東京都小笠原亜熱帯 農業センター]	レモン	果皮の緑色維持	実・継 (従来 どお り)	実) [カンキツ;果皮の緑色維持] ・収穫予定7～30日前 ・10～50ppm ・散布(果実表面に十分付着するよう) ・効果の確認された品種;カボス, スダチ, 長門ユ ズキチ, ヘベス, レモン [スダチ;果皮の緑色維持] ・収穫予定7日前 ・5～10ppm ・散布(果実表面に十分付着するよう) 継) ・ヘベスに対する効果, 葉害についての年次変動 の確認 ・スダチにおける収穫予定14日前, 30日前での効 果, 葉害の確認(5ppm)
5. ジベレリン 塗布 ジベレリン:2.7% [福岡県農林業総合試 験場]	カンキツ (べにばえ)	新梢伸長促進	実・継 (従来 どお り)	実) [温州ミカン(石地);新梢伸長促進] ・新梢萌芽期 ・100mg/枝 ・新梢基部塗布 継) ・べにばえ, みはや, レモンにおける効果, 葉害 の確認
	カンキツ (みはや)	新梢伸長促進		
6. ジベレリン 塗布 ジベレリン:2.7% [広島県立総合技術研 究所]	レモン	新梢伸長促進		
7. ジベレリン/PDJ 水溶/液 ジベレリン:3.1% プロヒドロジャスモ ン:5.0% [広島県立総合技術研 究所]	レモン	落果防止	実・継 (従来 どお り)	実)[カンキツ;落果防止] ・開花始め～満開10日後 ・ジベレリン10ppm+PDJ25～50ppm 十分量 ・散布 ・効果の確認された品種 温州ミカン, 不知火, 清見, ポンカン 継) ・伊予柑における効果, 葉害の確認 ・満開期～満開20日後における効果, 葉害の確認 (レモン)

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
8. ジベレリン/ホル クロルフェニユロン 水溶/液 ジベレリン:3.1% ホルクロルフェニ ユロン:0.1% [長崎県農林技術開発 センター]	ビワ (麗月)	着果安定, 果実肥大促進	実	実) [ビワ (3倍体品種, 麗月); 着果安定および果 実肥大] ・ 第1回; 花房浸漬または散布, 満開7日前～満開 時 ジベレリン200ppm+ホルクロルフェニユロン 20ppm ・ 第2回; 果房浸漬または散布, 第1回処理後35～ 60日 ジベレリン200ppm+ホルクロルフェニユロン 20ppm
9. ジベレリン/マシン 油 水溶/乳 ジベレリン3.1% マシン油97% [協和発酵バイオ]	温州ミカン	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)	実・継	実) [温州ミカン; 花芽抑制による樹勢の維持] ・ 収穫直後～2ヶ月後(但し, 11～1月) ・ ジベレリン2.5ppm+マシン油60～80倍 十分量 ・ 立木全面または枝別散布 [不知火, はるみ, ぼんかん; 花芽抑制による樹勢の維持] ・ 収穫直後～2ヶ月後(但し, 1～3月) ・ ジベレリン2.5ppm+マシン油60～80倍 十分量 ・ 立木全面または枝別散布 注) ・ マシン油の使用上の注意に準ずる 継) ・ ジベレリン5ppmでの効果, 薬害の確認(温州ミ カン) ・ せとみ, みはや, ゆず, 麗紅での効果, 薬害の確 認
	カンキツ (伊予柑)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (せとみ)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (はるみ)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (ぼんかん)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (ゆず)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (麗紅)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		
	カンキツ (麗紅)	花芽抑制による樹勢維持(マシン油との 混用使用により更なる薬量低減)		

研究会のお知らせ

■農食事業28020C 研究会

雑草イネ・漏生イネ防除研究の現状と課題

1. 日時：平成28年12月14日（水） 14:30～16:30

2. 場所：浅草ビューホテル

〒111-0035 東京都台東区西浅草3-17-1

3. 研究会の内容

(1) 雑草イネ・漏生イネ研究の現状と農食事業における取り組み 内野彰（中央農業研究センター）

(2) 雑草イネ・漏生イネ有効除草剤の作用特性試験 金久保秀輝（日植調研究所）

(3) 国内で発生する雑草イネの多様性 今泉智通（中央農業研究センター）

(4) 総合討論

4. 会議出席申し込み

エクセルファイル（下記からダウンロード）に出席申し込みを記載し、メール添付ファイルで、下記連絡先宛にお送りください。締め切りを12月5日（月）17時とします。

5. 連絡先（事務局）：雑草イネ・漏生イネ研究会
農研機構中央農業研究センター生産体系研究領域
東海輪作体系グループ 内野彰

E-mail：uchino@affrc.go.jp

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

Tel：050-3732-6450, Fax：059-268-1339

開催要領、エクセルファイル等は下記からダウンロードしてください。

<http://cse.naro.affrc.go.jp/uchino/weedyrice/workshop2016.html>

■第1回雑草情報共有システム研究会

（日本雑草学会・学術研究部会）

1. 日時：平成28年12月1日（木）14:00～16:30

2. 場所：浅草ビューホテル

〒111-8765 東京都台東区西浅草3-17-1

Tel 03-3847-1111

3. 参加費：2,000円 但し、学生は無料

4. プログラム：大豆作の難防除雑草対策のための情報共有

(1) 研究会設立の背景－雑草防除技術開発における情報共有 小林 浩幸（中央農業研究センター）

(2) 現場からの情報

茨城県の大豆作における難防除雑草の発生実態と対策について

小山田一郎（茨城県農業総合センター専門技術指導員室）

(3) 除草剤メーカーからの情報

①土壌処理除草剤コダールS水和剤の特徴と難防除雑草に対する効果

大久保 敦史（日本化薬株式会社）

②土壌処理剤プロールプラス乳剤の特徴と開発について 水野 純一（BASF ジャパン株式会社）

③茎葉処理除草剤アタックショット乳剤（登録申請中）の特徴と情報共有のあり方

内海 誠（丸和バイオケミカル株式会社）

(4) 大豆作の難防除雑草の発生実態と除草剤の効果的利用に関する情報共有（総合討論）

5. 連絡先：農研機構 中央農業研究センター

生産体系研究領域雑草制御グループ 澁谷知子

E-mail：tshibuya@affrc.go.jp

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18

Tel：029-838-8953, Fax：029-838-8515

平成28年度より、日本雑草学会学術研究部会・雑草情報共有システム研究会が新設されました（<http://wssj.jp/~weedi/index.html>）。雑草問題の中には、雑草関係の研究者、技術者、行政担当者や農業者それぞれが必要とする情報がマッチングしていないことによって生じている問題もあると考えられます。本研究会ではこれら問題の解決を図るため、情報共有のあり方を検討します。

編集後記

8号は「野菜の露地栽培における新技術」の特集です。露地栽培で問題になる地下水位のコントロール、施肥に関する記事を掲載しています。栽培の多角化、生産性の向上など問題も多くありますが、こうした技術の積み重ねが解決の糸口になっていくものと期待されます。

（編集子）

植調第50巻 第8号

■ 発行 平成28年11月21日

■ 編集・発行 公益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
TEL (03)3832-4188 FAX (03)3833-1807

■ 発行人 宮下 清貴

■ 印刷 (有)ネットワン

© Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR) 2016

頒布価 500円（消費税・送料は含んでおりません）

販売 株式会社全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6（植調会館）

TEL (03)3833-1821

SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

ホットコンビフロアブル(テニルクロール/ベンゾビスクロン)
 ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ナギナタ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ライジンパワー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 オオワザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 テマエース1キロ粒剤/フロアブル(ダイムロン)
 キクトモ1キロ粒剤(カフェンストロール/ベンゾビスクロン/ダイムロン)
 フルイニング/ジャイブ/タンボエース1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤
 (カフェンストロール/ベンゾビスクロン)
 アールタイプ1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 クサトリ-BSX1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ザンデツ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 シリウスエグザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒(ベンゾビスクロン)
 ニトウリュウ/テッケン1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 ビックシュアZ1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 ブルゼータ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 プレキープ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾビスクロン)
 月光1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(カフェンストロール/ダイムロン)
 イネヒーロー1キロ粒剤(ダイムロン)
 銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)
 ツインスター1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)

「ベンゾビスクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に! アシカキ、イボクサ対策にも!

シロノック(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	ハーティ1キロ粒剤
オークス(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	カービー1キロ粒剤
サスケ-ラジカルジャンボ	ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤
トビキリ(1キロ粒剤/ジャンボ/500グラム粒剤)	ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)
イッテツ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)/ボランティアジャンボ	シリウスターボ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)
テラガード(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル/250グラム)	半蔵1キロ粒剤
キチット(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	フォーカード1キロ粒剤
スマート(1キロ粒剤/フロアブル)	イネエース1キロ粒剤
サンシャイン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	ウエスフロアブル
イネキング(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	フォーカスショットジャンボ/プレッサフロアブル
ピラクロエース/カリュード(1キロ粒剤/フロアブル)	クサスイープ1キロ粒剤
忍(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	

A hand is shown holding a rice seedling by its green leaves. The roots of the seedling are visible and are positioned just above a surface of blue water. A single drop of water is falling from the roots, creating a series of concentric ripples on the water's surface. The background is a clear, light blue sky.

根も止める

有効成分「アルテア」は、多年生雑草の地上部を枯らすだけでなく、翌年の発生原因となる塊茎の形成も抑えます。日本の米づくりを根本から進化させる新しい効き目、「アルテア」配合の除草剤シリーズに、どうぞご期待ください。

これからの日本の米づくりに

アルテア®

配合除草剤シリーズ

<http://www.nissan-agro.net/altair/>



水稲用一発処理除草剤

除草効果、安全性、使い勝手で選ぶなら…



皆さまのおかげで
6年連続
普及面積
第1位

※平成28年度 普及面積 1位 153,848ha (平成27年10月～平成28年6月)
平成27年度 普及面積 1位 157,163ha (平成26年10月～平成27年6月)
平成26年度 普及面積 1位 192,668ha (平成25年10月～平成26年6月)
平成25年度 普及面積 1位 190,676ha (平成24年10月～平成25年6月)
平成24年度 普及面積 1位 178,717ha (平成23年10月～平成24年6月)
平成23年度 普及面積 1位 188,191ha (平成22年10月～平成23年6月)
※普及面積はバッチリブランド(バッチリ・バッチリLX・デルタアタック)の合計です。
※バッチリLXとデルタアタックは同じ成分です。



**1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ**

バッチリ効果にノビエへの
持続性をさらに強化!!



LX® **1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ**

®は協友アグリ(株)の登録商標です。



JAグループ
農 協 | 全 農 | 経済連

登録商標 第4702318号



協友アグリ株式会社
東京都中央区日本橋小網町6-1
<http://www.kyoyu-agri.co.jp>

- 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。
- 空容器・空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

**省力タイプの高性能
水稲用初・中期
一発処理除草剤シリーズ**



**問題雑草を
一掃!!**

日農 イッポン®

1キロ粒剤75・フロアブル・ジャンボ



日農 イッポンD®

1キロ粒剤51・フロアブル・ジャンボ





**この一本が
除草を変える!**

田植同時処理可能!
(ジャンボを除く)

<写真はイメージです>

ライジンパワー®

1キロ粒剤 フロアブル ジャンボ



**雷神パワーで
バリツと雑草退治**



<写真はイメージです>

●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。●使用後の空容器・空袋等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。



明日の農業を考える

日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号
ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>



新規ヒ工剤 『フェノキサスルホン』配合除草剤 新発売

◆特長

- ①発生前～2.5葉期までのノビエに優れた除草効果。
- ②コナギやアゼナ類等の一年生広葉雑草にも有効。
- ③残効性に優れ、一年生雑草の後発生を抑制。

3成分で
雑草防除に隙なし

水稲用 初・中期一発処理除草剤

ベンケイ®

1キロ粒剤 ㊟250 ジャンボ



ガンコな雑草
ガンガン枯らす

水稲用 初・中期一発処理除草剤

ガンガン®

1キロ粒剤 ㊟250 ジャンボ



星の女神の
除草剤

水稲用 初・中期一発処理除草剤

グミスター®

1キロ粒剤 75・51 (L) ㊟250
(L)ジャンボ (L)フロアブル



JAグループ

農協

全農

経済連

登録商標 第4702318号



自然に学び 自然を守る

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 TEL03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

㊟クミアイ化学工業(株)の登録商標です。

●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。●防除日誌を記帳しましょう。

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



湛水直播の除草場面で大活躍!

非SU系水稲用除草剤

ブレキープ® 1キロ粒剤 フロアブル

- ・は種時の同時処理も可能!
- ・非SU系の2成分除草剤
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果!

高葉齢のノビエに優れた効き目

新発売

ゼンイチ® MX 1キロ粒剤

フルパワー® MX 1キロ粒剤

スケガチ® 1キロ粒剤

ヒエクッパ® 1キロ粒剤

フルチャージ® 1キロ粒剤 ジャンボ

フルイニング® 1キロ粒剤 ジャンボ

タイズエドル® 1キロ粒剤

そのまま
散布ができる

アンカーマン® DF

乾田直播
専用

ハードパンチ® DF



フルセットスルフロン剤
ラインナップ

ISK 石原産業株式会社

販売 ISK 石原バイオサイエンス株式会社

ホームページ アドレス
<http://ibj.iskweb.co.jp>

私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。

®は登録商標です。

大好評の除草剤ラインナップ

新登場! **ゼータタイガー** 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

新登場! **ゼータハンマー** 1キロ粒剤

ズエモン 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

カットダウン 1キロ粒剤

ゼータワン 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

メガゼータ 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

ゼータファイヤ 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

ブルゼータ 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

オサキニ 1キロ粒剤

ショウリョクS 粒剤

忍 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

イッテツ 1キロ粒剤 ジャンボフロアブル

ショウリョク ジャンボ

ドニチS 1キロ粒剤

クラッシュEX ジャンボ

会員募集中 農業支援サイト **i-農力** <http://www.i-nouryoku.com> お客様相談室 0570-058-669

●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。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋、空容器は農場等に放置せず適切に処理してください。

大地のめぐみ、まっすぐ人へ

sca GROUP



住友化学

「うまい、お米ができた！」

田んぼを守るために、より効果的、より省力的、より環境に配慮した、
雑草や害虫の防除の提案をしています。
デュポン社は生産者や消費者の喜ぶ顔を浮かべながら、日本の米作りを応援します。

DU PONT

The miracles of science™



powered by
RYNAXYPYR®

デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー

Copyright ©2015 DuPont or its affiliates. All rights reserved. デュポンオーバル、The miracles of science TM、RYNAXYPYR®は米国デュポン社の商標および登録商標です。

第50巻 第8号 目次

- 1 巻頭言 化学屋は論理性, 生物屋は感性?
小松原 憲一
- 2 2,4-Dを分解する細菌の大型プラスミド
酒井 順子
- 7 水稻移植時期の温度条件の地域差とノビエの生育速度の違い
小山 豊
- 13〔田畑の草種〕薄^{くさくさ}芒(ススキ)
須藤 健一

《特集》 野菜の露地栽培における新技術

- 14 地下水位制御システムFOEASの野菜栽培への導入について
中野 有加
- 18 地下灌漑システムOPSISについて
佐々木 英和
- 22 「うね内部分施用技術」について
屋代 幹雄
- 25〔統計データから〕平成27年度 耕地利用率は91.8%
- 26〔こんな雑草こんな問題〕ナルトサワギク
黒川 俊二
- 27〔連載〕植物の不思議を訪ねる旅・第7回 メンデル法則の日本への浸透
長田 敏行
- 29 平成27年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験判定結果
(公財)日本植物調節剤研究協会 技術部
- 32 広場

No.20

表紙写真 《ススキ》



イネ科ススキ属。日当たりのよい乾いた空き地や土手、河原、耕地周辺の草地に群生する。秋の七草の一つ。年1~2回の刈り取りがなされる環境で維持される。普通は冬期に地上部が枯れるが、短い根茎が多数分枝し、年々外側に肥大して大きな株となる。(植調雑草大鑑より。写真は©浅井元朗, ©全農教)



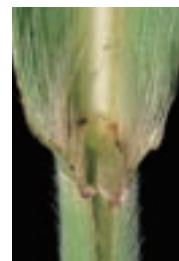
第1葉は線状長楕円形で先がとがる。



越冬芽からの萌芽。



生育中期。葉の縁は著しくざらつく。



葉舌は切形。