

諸外国の水田における除草剤 抵抗性雑草の発生状況

農業環境技術研究所 植生管理科 伊藤 一 幸

はじめに

機会があって、CRCプレス社から発行予定のS. ポーレスおよびD. L. シャーナー編「世界の穀物栽培における除草剤抵抗性雑草」の第6章『イネ』をデンマークの王立獣医・農業大学のB. E. バルベード博士との共著で書いている。私の分担はアジア地域で、スルホニルウレア系除草剤が中心であるが、バルベードは南米コスタリカにおける研究経験を生かして、世界中から論文を集めた。

この中には私自身が目を通していないものもあり、どれだけ本当かは氏の眼力に負っているところが多い。従って、ここではその原稿を活用して、水田だけに限らず、イネ栽培における抵抗性雑草について述べることにする。その本は本年中に刊行の予定で進んでいるので、詳細

についてはValverde & Itoh, 2000をご参照願いたい。

また、第3回国際雑草学会(IWSC)は本年6月にブラジルのイグアス市で開催された。この会議はもともとJ. グリーセルらの除草剤抵抗性関係の集まりを母体に行っているため、一人では聴ききれないほど非常にたくさんの除草剤抵抗性関係の発表があった。除草剤抵抗性のセッションはプレナリー、除草剤抵抗性の新しい問題と作用機作、抵抗性の遺伝と関連性、新しい防除法と抵抗性出現以前の防除法、抵抗性のリスク分析の5つがあり、招待講演17題、ポスター発表は少なくとも26枚があった。私の口頭報告(Itoh, 2000)もこの中の一つである。さらにモデル化、除草剤抵抗性作物などは別個にあり、これらを合わせてお知らせしたい。



写真-1 ブラジル植調正門前
松本宏筑波大教授(右)、石川枝津子北農試主
研(左)と筆者

1. 水稻栽培区分と対象雑草

I R R I の推計によると、世界中では現在、1億5千300万haの耕地でイネが栽培され、5億6千900万トン収穫されている。耕作面積の89%はアジア諸国であり、収穫量は中国、インドが飛び抜けて多い。この内、かんがい水田が54%、天水田が25%、陸稲(おかぼ)が13%、深水田(浮イネ)が8%である。当然、それぞれの栽培区分は水分環境で分けてあり、発生雑草は異なる。主要雑草はかんがい水田や天水田

ではノビエ類、コナギ、オオサンカクイ、コナギ、などであり、深水地帯では野生稻、多年生のヒエ、浮遊性雑草などである。

2. 水稲用除草剤の使用状況

水田には1960年代にはわずかに2, 4-DとPCPが使われた。70年代になってNIP, CNPが使われはじめた。ノビエ類やキカシグサの減少が見られたが、コナギは増加したようである。80年代には、ブタクロール、プレチラクロールなど酸アミド系化合物も普及し、発生長の長いクログワイやオモダカが残草した。その頃、日本や韓国では初期剤と中期剤の体系処理が普及したが、多くの国ではカーバメート系やプロパニルなどの単独使用が一般的であった。これらによりイヌホタルイ、コウキヤガラなどが残草した。90年代に入り、直播栽培のうねりがあり、ノビエ類が急激に問題化した。このためにフェノキサプロップエチル、シハロホップチルなどのようなホップ剤といわれるACC阻害剤が使われ始めた。また、低薬量・高活性のスルホニルウレア系除草剤（以降SU剤と略す）が水稲用に開発されたのもこの頃であり、全世界の水田に普及している。

3. 除草剤抵抗性水田雑草の出現

現在30種の雑草に除草剤抵抗性が見られている(Heap, 1999)。そのうち20種はスルホニルウレア系除草剤であるが、水田の最も重要な雑草であるノビエ類にはプロパニル、モリネート、ブタクロール、ベンチオカーブ、キンクロラックなどで抵抗性生物型が出現している。

ベンスルフロンメチルなどのSU剤には日本が最も多くの種で抵抗性生物型が出現

しているが、その状況は別稿にゆずる(伊藤1997)。

SU系除草剤に最初に抵抗性が現れたのはカリフォルニアの水田である(Saariら1994)。これはベンスルフロンメチルの単用であったためであろう。タマガヤツリ、カリフォルニアオモダカ(*Sagittaria montevidensis*)、ヒメカンガレイ(*Scirpus mucronatus*)などの単子葉植物で出現し、最近ではホソバヒメミソハギ(*Ammania auriculata*)と*A. coccinea*のミソハギ科の2種でも残草するようである。

オーストラリアもかなり早くから問題となった。米穀技術が専門のTaylorは1995年に大曲の東北農試でも話し合ったが、タマガヤツリ、カリフォルニアオモダカ、ヒナガヤツリ(本種は感受性型がみつからないので抵抗性出現種の中にカウントしていない)ではベンスルフロンメチルの効果がないといていた。また、オーストラリアの南ウエールズ州の水田ではオモダカ科の*Damasonium minus*における抵抗性生物型の報告もある(Taylor, 1995)。

ブラジル南部の水田でもカリフォルニアオモダカがベンスルフロンメチルやビスピリバックにおける抵抗性生物型が見られるようである。



写真-2 ブラジル南部で出現したSU剤抵抗性カリフォルニアオモダカ

IWSCではブラジルからのポスター発表に、SU剤抵抗性カリフォルニアオモダカ（写真－2）の結果がきれいに紹介されていた（Noldinら、2000）。これらのプロシーディングは本年中にCD-ROMディスクで出版されることになっている。

ヨーロッパに目を転じてみると、ポルトガル、イタリア、スペインの水田ではオモダカ科のサジオモダカ (*Alisma plantago-aquatica*) で出現している。スペインにはタマガヤツリやヒメカンガレイにも出ている。特記すべきはスペインではコウキヤガラ (*Scirpus maritimus*) も効果が見られないようである。

アジアに戻り、マレーシアではゴマノハグサ科のウキアゼナ (*Bacopa rotundifolia*) とアゼナの1種 (Hoら、1998)、キバナオモダカ (*Limncharis flava*)、ナンゴクオモダカ (*Sagittaria guyanensis*) で見つまっている (伊藤ら、2000)。このうち、キバナオモダカでは2、4-Dとベンスルフロンメチルに対する複合抵抗性を示す生物型も見られている (Nakayamaら、1999)。

最後にお隣、韓国でも昨年からミズアオイ (*Monochoria korsakowii*)、コナギ (*M. vaginalis*) の抵抗性が注目されている (Parkら1999, Leeら2000)。これらの雑草で抵抗性が出現したのは日本の場合メフェナセットが多く使われたのとは異なり、韓国ではモリネートが多用されてきた結果ではないかと考えられる。

これらの草種を日本の水田雑草を含めて分類群別にまとめると、ゴマノハグサ科5～6種1亜種、オモダカ科4種、カヤツリグサ科4種、ミソハギ科3種、ミズアオイ科2種、ミゾハコベ科1種、ハナイ科1種となる。単子葉植物では11種、双子葉植物では9種となる。水田雑草では20種であり、畑作の雑草を加えると50種と

なる。特定の分類群ではないが、水田雑草だけを考えてかなり限られていると思う。いずれにしてもSU剤の抵抗性生物型はさらに増加する可能性が高く、オモダカ科、カヤツリグサ科、ミソハギ科の多数の草種で出現しているので、オモダカ、ヘラオモダカやクログワイをはじめとしたカヤツリグサ科雑草にも注意が必要である。

4. SU剤以外の抵抗性雑草

古くから知られている水田の除草剤抵抗性雑草に2、4-D抵抗性ナガボノウルシ (*Spenoclea zeylanica*) がある。これはフィリピンで1980年代に見つけられ (Mercadoら、1990)、私がマレーシアに滞在した1990年頃には半島マレーシアやタイにもあった (Itoh 1991)。その後、2、4-Dの使用が相対的に低下し、ほとんど問題になっていない。私の後任の渡邊寛明氏らがやはりマレーシアのMuda地域のヒデリコ (*Fimbristylis miliacea*) で抵抗性生物型を見つけた (Watanabeら、1997)。さらにその後任の中山壮一氏はペラ州のセバランペラとセバランペライと称すペナン島対岸の農業試験場の圃場でキバナオモダカの抵抗性生物型をみつけた。特に後者は2、4-Dとベンスルフロンメチルの複合抵抗性がみられている (Nakayamaら、1999)。この2カ所は長年2、4-Dの散布を継続してきた場所である。

日本では出現してなくて、最も驚異な抵抗性の出現はノビエ類に対してであろう。私と共著者のバルベードとは分類に関する考えがあっている訳ではないが、ここは氏の分類に従って、7種のノビエの抵抗性生物型について述べることにする。

イヌビエ (*Echinochloa crus-galli*) のプロバ

ニル抵抗性生物型はギリシャ、アメリカ、スリランカ、タイなどにみられている。

イヌビエのキンクロラク抵抗性生物型もアメリカ、スペイン、ブラジルの水田で見られるようである。また、キンクロラクの抵抗性生物型はタイヌビエ(*E. oryzicola*)と*E. hispidula*とではスペインで、*E. crus-pavonis*ではブラジルでみられている。

中国のイヌビエにはブタクロールかベンチオカーブに対する抵抗性の生物型もある。タイのイヌビエにはブタクロールやキンクロラク抵抗性生物型もある。カリフォルニアの2種のノビエについては後述する。

コヒメビエ(*E. colona*)にはプロパニル、キンクロラク、フェノキサプロップ(日本では水稻には使われていないイネ科専用の除草剤)の抵抗性生物型が中南米で出現している。

また、南米コロンビアではフェノキサプロップでタイワンアイアシ(*Ischaemum rugosum*)の抵抗性生物型がみられるようである。ヨーロッパの畑作ではオオスズメノテッポウなど多くの草種で抵抗性生物型が出現しているので、水田のイネ科雑草でも出現しやすいものと思うが、この作用性の除草剤はいずれもジャポニカ型的水稻に対する薬害が強いため、ジャポニカの品種には使えない。今後、シハロホップブチルなど同じような作用性の除草剤に対するイネ科雑草の残草については草種別な注意が肝要である。

5. カリフォルニアのノビエ

カリフォルニア大学デイビス校のA.J. フィッシャー博士らは作用性の異なる4種の除草剤に抵抗性を持つノビエについて研究している。イヌビエ*Echinochloa oryzoides*と*E. phyllopogon*はプロパニルを除くモリネート、ベンチオカー

ブ、フェノキサプロップエチル、ビスピリバックNa塩の4種ともにRG₅₀の比較で数倍から400倍効果がない(Fischerら, 2000)。これらの除草剤の作用性は異なるので多剤抵抗性のノビエということになる。これらの抵抗性の獲得要因としてはノビエの解毒機構の発達が疑われている。私たちもこのようなノビエの出現前にアメリカに協力して、対策を立てる必要がある。

まとめ

誌面の関係で多くの報告を紹介することはできなかった。また、本稿では触れなかったが、最近では除草剤耐性の組換え体作物の話題も多い(Gressel, 1999)。最近の除草剤抵抗性雑草の研究報告の傾向は生化学的には作用性の差違、生態学的には遺伝子流動、多剤抵抗性に関する報告が増えてきた。アイソザイム解析や交配などの技術も重要であるが、いずれもDNAの解析やチトクロームP-450などを手段として用いることが増えてきた。除草剤抵抗性雑草の出現の回避と防除についてはより深い基礎研究が必要である。

最後に、筆者らはIWSCの帰りにサンパウロで20時間ほどの乗り継ぎ時間があった。この機会を活用して鴨居社長はじめ現地のスタッフにサンパウロ近郊の農業とブラジル植調をご案内していただいた。サンパウロ空港から高速道路で3時間弱、池の近くの美しい場所に「ブラジル植調」はあった。広大な圃場に恵まれ、日本では見られない数多くの圃場試験を見せていただいた。また、南米産の主要雑草から除草剤抵抗性を持った特殊な種子までたくさんのストックもを見せていただいた。これらは日本にとっても一つの財産であり、有効に活用したいものと思った。記して感謝申し上げたい。

引用文献

- Fischer, A.J., C.M. Ateh, D.E. Bayer and J.E.Hill. 2000. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. Weed Sci., 48, 225-230.
- Fischer, A.J., D.E. Bayer, M.D. Carriere, C.M. Ateh and Kyu-Ock. 2000. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession. Weed Sci., (印刷中)
- Gressel, J.1999. Fulfilling needs for transgenic herbicide-resistant rice while preventing and mitigating introgression into weedy rices. Proc. 17th APWSS Conf. 21-38. Bangkok, Thailand.
- Heap, I. 1999. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.com/>.
- Ho, Nai-Kin. 1998. The use of herbicides and herbicide resistance in Malaysia. Meeting on Herbicide Resistance by FAO and Kyung Pook Univ., pp.16. Taegu, Korea
- Itoh, K. (ed.), 1991. Life Cycles of Rice Field Weeds and Their Management in Malaysia. Tropical Agriculture Research Center, Japan. pp.92.
- 伊藤一幸.1997.スルホニルウレア系除草剤の使用状況と抵抗性水田雑草の発生動向.農業技術. 53, 317-321.
- Itoh, K.2000. Relationship between breeding system and gene dispersal of sulfonylurea resistant paddy weeds. Proc. 3rd IWSC Conf. Iguassu, Brazil. (印刷中)
- 伊藤一幸・高木嘉美・M.E. Blancaver・大段秀記・C.-P. Min. 2000. マレーシアセベランペライの水田におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性のナンゴクオモダカ *Sagittaria guyanensis* H.B.K. Val., 雑草研究45 (別号), 102-103.
- Lee, D.J., O.D. Kwon, H.J. Lee and J.O. Guh, 2000. Control of sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in paddy fields in Chonnam Province, Korea. Proc. International Workshop on Biology and Management of Noxious Weeds for Sustainable and Labor Saving Rice Production.169-176, National Agriculture Research Center, Tsukuba
- Mercado, B.L., S.K.DeDatta, T.R.Migo and A.M. Baltazar, 1990. Growth behaviour and leaf morphology of Philippine strains of *Spenoclea zeylanica* showing differential response to 2,4-D. Weed Res.30, 245-250.
- Nakayama, S., Azmi Man and Ruslan A.G. 1999. *Limnocharis flava*(L.) Buchenau resistant to 2,4-D and bensulfuron-methyl. pp. 129-140. In MARDI, MADA and JIRCAS eds. The

Management of Biotic Agents in Direct Seeded Rice Culture in Malaysia.

Noldin, J.A., D.S. Eberhardt, A.T. Chehade and R.C. Dittrich. 2000. Arrowhead resistant to five ALS inhibitors herbicides in paddy rice in Southern Brazil. Proc. 3rd IWSC. Iguassu, Brazil. (印刷中)

Park, T.S., C.S. Kim, J.P. Park, Y.K. Oh and K.U. Kim 1999. Resistance biotype of *Monochoria korsakowii* against sulfonyleurea herbicides in the reclaimed paddy fields in Korea Proc. 17th APWSS Conf. 251-254, Bangkok.

Saari, L.L., J.C. Cotterman and D.C. Thill, 1994. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. Herbicide Resista

nce in Plants. CRC Press. Inc. 83-139.

Taylor, M. Weed control practices for rice production in New South Wales Australia. Proc. Weed Control under Direct Seeded Rice. TNAES, 121-133.

Valverde, B.E. and K. Itoh. 2000. World rice and herbicide resistance. S. Powles and D. Shaner (Eds.) Herbicide Resistance in World Grain Crops. CRC Press, (印刷中)

Watanabe, H., Mohd. Zuki, I and N.-K. Ho, 1997. Response of 2,4-D resistant biotype of *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl. to 2,4-D dimethylamine and its distribution in the Muda plain, Peninsular Malaysia. J. Weed Sci. & Tech. 42, 240-249.

質問コーナー

●ヒルガオとコヒルガオの見分け方

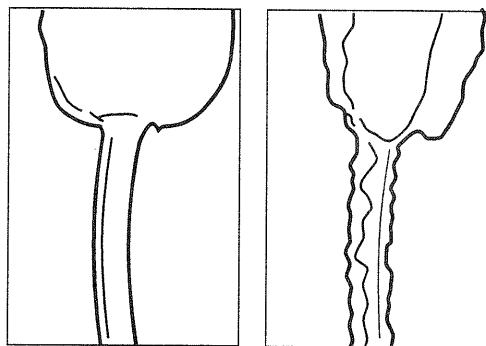
[問] ヒルガオとコヒルガオの見分け方がよく分からなくて困るのですが、判別のポイントを教えて下さい。(神奈川県・富田)

[答] ヒルガオとコヒルガオの一般的な相違点は次のようです。

ヒルガオ：葉は幅広いほこ形で基部の裂片は分裂しない。花柄に翼がない。花は大形。

コヒルガオ：葉は三角状のほこ形で基部の裂片は2裂する。花柄の上部に縮れた翼がある。花はヒルガオより小形。

これが区別点ですが、葉の形や花の大きさなどは生育環境の違いによってかなり変化があり、どちらともつかないようなものもあり



ヒルガオ

コヒルガオ

ます。一番のポイントは花柄にあります。図のようにヒルガオの花柄は円柱状で翼がありませんが、コヒルガオの花柄はやや角ばっていて、縮れた翼があります。これで見分けて下さい。