機 械 的 手 段 に よ る 雑 草 防 除

宮崎大学農学部 古 池 寿 夫

Toshio FURUCHI*: Weed Control by Mechanical Method

1. 期待される総合的除草体系

雑草防除の手段には耕種の防除法、機械的防除法、化学的防除法、生物的防除法、熱等による物理的防除法があることは周知の通りであるが¹³⁾、現在では除草剤を中心とした化学的防除法が雑草防除手段の主流を占め、他の手段は著しくその役割を失っている。

最近の傾向としては、除草剤の利用を必要以上に過重評価し、他の手段を顧みることが少なくなり、それが除草体系を複雑にし、除草効果を不安定にして、栽培技術全体にひずみすら生じていると思われる。

例えば、水稻直播栽培についてみると、現実にはその普及があまり進んでいないが、その技術的な主因としては、出芽が不安定であることと雑草防除を的確かつ能率的に行う手段が明確でないことが挙げられる。技術指導方針として示されている水稻直播栽培の現在の除草体系は、除草剤が主流となっているが、除草剤に偏った除草方法では、農家の圃場の場合は、その時の複雑な制約条件に影響されて期待していた除草効果が得られず、その結果ばくだいな手取りの除草を必要とする例が極めて多い。もともと雑草防除を大きなねらいとして行われてきた田植作業を省いて圃場に直播した場合には、雑草防除には極めて周到な対策が必要である。除草剤のみで完全除草を期待するのはあまりにも安易なやり方と言うべきであり、各種の防除手段を適宜に併用した総合的な除草体系が必要であると考ええる。このようなことは他の作物栽培にも数多くみられよう。

筆者は、今日まで機械的除草手段を基幹とした除草体系の研究に取り組み、化学的除草手段については全くの素人で、除草剤をも含めた総合的除草体系を的確に論ずることのできる立場にはないが、以下、機械的除草の特性や利用上の問題点および機械的手段を取り入れた除草体系について考えを述べ、参考に供したい。

2. 機械的除草手段の種類

機械的除草手段といえ、播種以降に使用される中耕除草機を指す場合が一般的であるが、主な使用目的が除草以外であっても、除草効果を併せもつもののがかなり

多い。ここでは、それらを含めた広義の除草機具＝機械的除草手段を対象とし、その種類を列举する。

1) 耕うん用機具 これは、次に記す碎土均平用機具とともに播種や移植のための圃場の準備作業として使用されるが、主な最終目標は、碎土と均平に加え、前作の刈株や残存雑草を処理すること、すなわち広義の除草である。これには、人力用としては鋤類、鋤類が、歩行用、乗用のトラクタには、牽引耕用としてプラウ、犁などが、駆動耕用としてロータリ耕うん機、ロータリプラウなどがある。作用深さは10～30cmであるが、耕深が大きいほど除草効果は高い。稲作の生産調整による雑草多発の休閑田の除草対策としては、除草剤とか中耕除草機の単用では無理な場合が多く、耕うん用機具が十分見直されるべきであろう。

2) 碎土均平用機具 人力用としては鋤類、レーキ類が、トラクタ用にはまぐわ、ハロー、ディスクハロー、ティラ用の各種ロータ、ロータベータ、ロータリ耕うん機などがある。作用深さは3～5cmである。

3) 中耕除草機具 人力用には鋤類、万能、ホー、3本爪のカルチベータがあるが、今なお根強い需要があり、また機械除草の補助的役割も大きい。動力用には、畦内(株間・株際)用としてウィーダ、ハロー、麦用の跳上式土入機、間引機が、条間用としてティラ用のロータ、ミニカルチ、ロータリ爪、カルチベータなどがある。

最近我が国では、湛水田稲作中耕除草機のミニカルチ(商品名)が急速に普及しつつあるが、これは、国際稲研究所(フィリピン)が我が国在来的人力回転除草機をもとにして動力用に改良したものを、我が国の農機メーカーが逆輸入して改良を加えたものといわれている。この例にみられるように、我が国の在来の除草機具についても、時代の流れであるというようなことで簡単に見捨てることなく、それがもつ機能の長所を現在の機械化に適用する姿勢が欲しいものである。

4) 草刈用機具 人力用として各種の鎌が、動力用としてトラクタ用および携帯用の回転型モア、往復刃型モア、ロータリカッタがある。

5) その他 他の除草手段の補助的役割を果たす機具として、除草剤散布用の噴霧機、散粒機や、マルチ栽培

* Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki.

用のマルチ用フィルム被覆機がある。

3. 機械的手段による除草機能

おおまかに分けると、基本的な除草作用は次の四つである。

i) プラウや犁のように土塊や壟土を反転し、あるいは培土機や土入機のように土を作物の根際に覆うことにより、雑草種子の出芽を抑制したり雑草の幼苗を枯死させる。雑草種子の発生深度は8cm程度といわれているが、プラウや犁で12~30cmの深さに耕起して地表面を反転すると、地表面や地表近くの雑草種子は発生深度以下に埋没することになり、雑草の発生は著しく少なくなる。一般に土の反転埋没による除草効果は、後記の他の除草作用より大きいと評価されている。

ii) 土を齒杆などで深さ2~5cm 攪拌することにより、雑草の根を土から離したり抜き上げて枯死させる。これの代表例としてはウィーダの齒杆、カルチベータの中耕爪、耕うん機やミニカルチのロータリ爪、ハローの齒杆を挙げることができる。この作用は除草機に広く採用されており、除草効果はかなり高いが、使用前後に降雨があり土壌水分の多い場合には、引き抜かれた雑草が蘇生して除草効果が低下する。

iii) 雑草の茎部を地表下1~2cm で切断して枯死させる。これの代表例としては鋏やカルチベータの除草刃があるが、除草刃は、圃場の凹部では土に作用せず、除草が行われないため、除草効果にやや難点がある。なお、雑草の茎葉部を地表面で切断するものとしては、草刈機の回転刃や往復刃がある。

iv) 刃などで草丈のかなり高い雑草を細かく切りきざむ。これは ii) の作用を伴う場合が多い。筆者は、ロータリ耕うん機(耕うん幅60cm)に耕うん爪を市販機の2~3倍の30~50本取り付け、さらに耕うん軸の回転数を市販機の20~30% 増速し、爪の縦ピッチを最小1.5cm にして碎土性と株処理性を高めることを試みたが、草丈が30~40cm もある雑草でも爪に絡み付くことがなく、長さ3~4cm に裁断されて除草効果を挙げた¹⁻⁴⁾。そのほか乗用トラクタ用のロータリカッタも同様の除草効果がある。これらは休耕田や草生栽培の果樹園の雑草などの処理に効果的である。

なお、除草機具の多くは、以上の作用を二つ以上備えている場合が多い。

4. 作業面および経営面からみた機械的除草手段の得失

作業面および経営面からみた機械的除草手段の一般的

得失を、主として化学的除草手段(除草剤)と比較して検討してみよう。

i) 機械除草は、雑草が幼少の時期には、その種類が異なる場合でも、また草丈、葉数などの生育段階が幾分異なっているとしても、作用部品により画一的に力学的な作用をする結果、大体同程度のかかなり高い除草効果が得られる。すなわち非選択性である。例えば、ロータリ爪で播種後20日目に深さ5cm で中耕すれば、どの種類の雑草も、また草丈が3cm, 6cm, 8cm と異なっているとしても、爪の回転作用によってほとんどの雑草を除去できる。これに対し、除草剤の除草効果は、雑草の種類や生育段階によってかなり異なる。すなわち選択性である。以上のことから、機械除草の利用範囲は融通性に富むと言えよう。

ii) 耕うん・整地・除草機具は、前記3. のような作用をするために、除草効果だけでなく、土壌処理効果も期待できる。除草機具についてその主要例次に列挙する。中耕爪やロータリ爪は、除草効果とともに通気性、透水性の増大といった中耕効果が大きい。最近、湛水田稲作の機械除草用としてミニカルチ(商品名)が急速に普及しているが、これは、湛水状態下の中耕作用で通気性を高めることにより、コンバイン作業時に残存した稲わらの分解を促進する効果が大きい。培土板や土入機による土寄せ、土入れは、雑草を埋める除草効果だけでなく、作物の倒伏と過剰分けつの防止および簡易排水溝の役割も果している。水田稲作における培土作業が再び普及しつつあるが、これは培土機で圃場内に排水溝を作ることにより、2か月後に行われるコンバイン作業が円滑に行えることをねらっている。これに対し、除草剤は単一の除草効果に限られる場合が多い。

iii) 次に土壌水分の条件に対する適用性について比較する。機械的除草手段では、その作用部品が土に直接作用するので、降雨後の過湿な圃場では作用部品への土の付着や車輪のスリップなどにより作業が困難または不能となり、除草効果も低下するが、乾燥圃場では適用性が大きい。これに対し除草剤は、土壌処理、茎葉処理とも、湛水状態では除草効果が高く、むらも少ない。しかし土壌処理で水を媒体とする除草剤では、圃場が乾燥している場合、特に土塊が大きく鎮圧が不十分な場合には除草効果が不安定である。すなわち除草剤を水に溶かした薬液を10a 当たり100 l 散布した場合の散水深はわずか0.1mm であるから、土が乾燥している時には十分な処理層が得られない場合が多い。なお、除草剤散布の場合は、機具除草のように作用部が土に接し作用することがないので、土壌水分がかなり多くても作業には差し

支えない。

iv) 次に作物の損傷や欠損に対する安全性について検討する。歩行用および乗用のトラクタに装着する除草機は、機械の機能から、画一的にまっすぐに進行する作業形態であるため、鋤のような前後自在に融通のきく操作はできない。そのため、操作がまずいと中耕爪やロータリ爪が作物に当たって欠損や損傷を与えることになる。従って、機具の調整と操作にはある程度の習熟が必要であり、気疲れも多く、さらに後記するように栽培様式にも工夫を要する。これに対し、除草剤では機械的作用による作物の損傷や欠損はほとんどない。しかし、散布時期、前後に使用する農薬の種類、降雨等の気象条件などにより、作物に薬害が発生したり除草効果が減退したりすることも多く、この点から利用上の制約をかなり受けることになる。

v) 畦内（株間・株際）の除草は、機具除草では困難な場合が多い。畦内用の除草機具には、人力用として熊手、レーキ、トラクタ用としてウィーダ、土入機があるが、能率面や除草効果からみた適用性は除草剤には到底及ばず、畦内除草では除草剤が圧倒的に主流の座を占めているのが現状である。なお、筆者は、機具除草のこの分野での弱点を克服するため、小型トラクタ用ウィーダの開発研究に取り組み、後記するようにほぼ実用できる段階に至っている。

vi) 次に作業経費の面から検討する。作業経費は機械利用費、消耗品費、労力費から成っている。機械除草の場合には、機械利用費として乗用または歩行用トラクタの本機や除草機具の購入にかなり多額を要するのが難点とされるが、消耗品費は燃料と潤滑油の購入費程度で少ない。労力費は、人力除草の場合は多くかかるが、乗用トラクタでは10a 0.5時間、歩行用トラクタでは10a 0.5~1.0時間の能率であるためわずかの労力費で足りる。機械利用費についてみると、現在の我が国の農家は高価な乗用トラクタや歩行用トラクタを必要以上に導入し、機械化貧乏の様相すら呈している。これを改善する手段として、トラクタの利用を多目的に拡大し利用度を高める必要性が強調されている。従って、現在導入されているトラクタを、除草に主目的をおいた耕うんや機械除草に利用することは農家経済からみて効果的であり、大局的には除草経費の低減となろう。

一方、除草剤の場合には、その購入費は比較的安価であるため消耗品費はそう多くはならない。また機械利用費も、人力噴霧機や動力噴霧機を使えば安価であるが、作業強度が大きく、能率もやや低いため、労力費は幾分高くなろう。また畑での除草剤の散布は、水が容易に得

られぬとか、薬液の補給に手間取るなど、作業上の隘路もある。

除草経費は、栽培期間中の全部の除草に要した経費で比較すべきであることは当然であるが、その場合、特に機具または除草剤による除草作業の不完全さを手取り除草で補完したりすると、ばくだいな労力費を要することになるので、十分留意しなければならない。かかる見地から、機具を用いる場合にも除草剤による場合にも初期除草を完全に行うことが極めて大切であることが首肯されよう。

5. 小型トラクタによる畦内除草

畦内（株間・株際）の除草には、作物は残し雑草は除去する選択性が求められるが、機械除草は概して非選択性であるため、この面では大きな難点となる。

前記のように、筆者らは小型トラクタ用ウィーダによりこの難点を克服できる見通しを得るに至ったので、以下これについて説明する。

小型トラクタ用ウィーダ（試作機）の構造は第1図の通りである。牽引は3~5PSの空冷エンジンを搭載したティラで行う。ウィーダの機幅は50~60cm、長さは50~70cmであり、横桁に取り付けた歯杆は、横間隔、縦間隔とも約10cm、軌跡間隔が1.7cmである。

第1図 小型トラクタ用ウィーダ

作業能率としては、作業幅60cm、作業速度0.7~1.0m/秒であり、10a当たりの所要時間は40~60分となるから、1日（8時間）1haの除草はさほど困難ではない。筆者らの圃場試験の結果、適用性が認められた作物とウィーダの使用時期は、コムギ、ハダカムギは播種直

第2図 ウィーダ歯杆の作用

後～40日⁵⁾、乾田直播水稻、畑水(陸)稲は播種直後～30日⁶⁾、ラッカセイは播種後6～20日⁸⁾、ダイズは播種後10～20日⁸⁾、ナタネは播種後20～40日⁸⁾、カンショは播種後15～20日⁹⁾である。なお、上記の作物以外にイタリアンライグラス、トウモロコシなどにも実用性がある。1回のウィーダ除草による作物の欠損率は2～5%、除草率は80～90%である。

ウィーダ歯杆の除草機構⁹⁾を第2図により簡単に説明する。第2図では、イネは地表下2.0～2.5 cmの部位に播種、覆土されて出芽し、ノビエは地表下1 cmの部位から出芽しているのに対し、歯杆はイネとノビエが共存する畦内(播床)で地表下2.0 cmの深さまで作用するので、イネは残りノビエは除去される。なお、第2図の斜線の部分は歯杆が通過する部分であり、この部分の土層は破碎されるため、雑草は土粒から分離したり切断されたりして枯死するが、黒い部分は歯杆が通過しない部分で、除草作用は一部分を除き行われない。イネは歯杆がほとんど作用しない位置(地表下2.0～2.5 cm)にあるため、歯杆による欠損はほとんどない。

除草効果を高めるには、斜線の部分を増大すればよいが、そのためには、歯杆の幅を大きくすること、歯杆の作用深さを大きくすること、歯杆の軌跡間隔を小さくすることなどが必要である。しかし歯杆の作用部分を過大にすると作物も欠損することになる。一方それを防ぐために作物の種子の播き位置を深くすると出芽不能になる恐れがある。従って、ウィーダの作用深さは、作物の種子が安全に出芽できる覆土深さより深くないことを前提とし、除草効果も期待できることを目標

として決めるべきであるが、普通の場合は2.5 cm、種子を深く播けるダイズ、ラッカセイでは3.0 cmが基準となる。ウィーダ歯杆をどの播床に対しても円滑に、基準の深さ、例えば2.5 cmでむらなく作用させるには、播床の表層は2 cm以下の大きさに砕土され、前作の株処理

や雑草の除去がよく行われ、さらに均平でなくてはならない。そのためには耕うん整地作業は幾分丁寧に行う必要がある。またウィーダ除草後には条間部の中耕を行うことも必要になる。播種深さは規定の深さ(2～3 cm)に均一にし、播条もまっすぐにする。圃場を乾燥させるために畦幅60 cm程度の簡易畦を作り、その上に播種す

作付様式		一畦二条	一畦一条
適用作物		乾田直播水稻、畑水稻、コムギ等	ラッカセイ、ダイズ、ナタネ、サツマイモ等
作付様式(図解)			
作業体系	マーク作り		
	ウィーダ整地		
	播種		
	ウィーダ除草		
系	中耕		

第3図 小型トラクタ用ウィーダを基幹とした作業体系

るのもよい。以上のようにウィーダを円滑に使うためには、前後の作業や栽培様式にも工夫を要する。

第3図は、畦幅を60cmとし、一条播きを行う場合と二条播きを行う場合のウィーダを基幹とした作業体系の標準を示したものである。

筆者らが試作した小型トラクタ用ウィーダは、農家でも自作できる簡単な構造のものであるが、まだ農機メーカーにより市販されるまでには至っていない。一般農家には、ウィーダは雑草とともに作物をも除去してしまうのではないかとといった不安が根強くあるであろうが、事実はそのようなものではなく、今後の開発と普及活動により普及する日が来ることを期待したい。

6. 機械的手段による除草作業の場合の留意事項

i) トラクタ用の犁やプラウによる反転耕は、3.のi)で記したように雑草の種子や株や茎葉の埋没効果が大きいので、雑草の発生が多い圃場では大いに活用すべきである。特に畑では、反転耕でも砕土はかなりの程度まで行われ、作業上の難点が少ないので積極的に導入すべきである。ロータリ耕は、反転性や埋没性は劣るが砕土性が高く、3.のiii), iv)で記したように砕土と切断による除草効果もかなり期待でき、またプラウのように「中高」になるという作業上の難点もないので、水田では広く用いられ、最近では畑にも普及しつつある。しかしロータリ耕を連用すると雑草が多発化する傾向があるので、1年に1回とか2年に1回は犁耕やプラウ耕を導入する必要がある。すなわち反転耕と駆動耕(ロータリ耕)のサイクルを、圃場条件に応じて適当に実施することが検討されなければならない。

ii) 播種前や移植前の砕土均平作業による除草効果を再評価すべきである。

耕起してから播種するまでの期間(10日～3か月)に、雑草の発生程度を勘案してロータリ爪や齒杆による砕土均平作業を適当回数(2～4回)行くと、雑草は出芽→枯死を繰り返し、それぞれの時期に出芽する可能性のある雑草が播種前かなりの程度除去されて作物の生育初期の雑草が著しく少なくなる。このような例としては、田植前の代掻きを荒代掻き→中代掻き→植代掻きと、5～10日の期間をあけて行う慣行があるが、これは砕土とともに徹底した除草効果をねらったものである。また筆者が試みた3haの階段状水田における水稻機械化直播栽培では、耕起から直播までの2か月間に湛水→代掻き→落水を3回繰り返してから乾田直播したところノビエなどの雑草がほとんど除去された¹⁰⁾。

iii) 播種後に行う機具除草は、初期除草、中期除草、後期除草に分けられる。おおまかな標準としては、初期除草は、夏作では播種後20日まで、冬作では播種後40日まで、中期除草は、夏作では播種後20～40日、冬作では播種後40～60日、後期除草は、夏作では播種後40～60日、冬作では播種後60～90日となろう。一般に雑草防除では、初期除草を徹底的に行うことが省力、低コスト、完全除草を達成するための必要条件であるが、このことは機具除草でも強調すべきことである。初期除草の適期を失し、中期、後期の除草に多大な手労働を必要とした経験を持っている人は少なくないと思われる。筆者らは、ノビエなどの雑草について、引き抜き抵抗等の各種の力学的抵抗値を生育段階ごとに測定調査し、初期の抵抗値は中期、後期のそれに比較して極めて小さく、初期雑草の除去に要するエネルギーが極めて小さいことをあらためて実証した^{12),13)}。

初期除草には、畦内用としてはウィーダ、土入機が、条間用としては中耕爪、ロータリ爪、ミニカルチ等が使用され、中期・後期除草用にはロータリ爪、中耕爪、培土板等が使用される。

iv) 畦内(株間・株際)の機具除草については次の二点を強調したい。

① 小型トラクタ用ウィーダの利用について：ウィーダは、5.で記したように、単独で利用した場合でもかなりの除草効果があるが、雑草の多い圃場では除草剤と併用することにより除草効果が大幅に高まる。筆者らは水稻の乾田直播栽培において、ウィーダのみ、除草剤DCPAのみ、ウィーダとDCPAとの併用の除草試験を行ったが⁷⁾、播種後35日間に「DCPA→ウィーダ→DCPA→ウィーダ」の作業を行うことによって除草率はほぼ100%となり、DCPAのみやウィーダのみ(除草率80%)より高い除草効果が得られた。また3～5葉期のノビエにはDCPA単独の場合は除草効果は期待できないが、DCPAを散布し、その3日後にウィーダを深さ2cmで作用させたと、ノビエは茎や根が切断されたり引き抜かれたりして枯死した。これらは除草機具と除草剤との併用による総合的除草体系の好例といえよう。

② 作物の栽培様式と土寄せについて：培土板を用い、土による雑草の埋没を的確に行うためには、作物の播幅を2～3cmに狭くする必要があり、播種機の作溝器もそのような構造にする。

なお、ムギの広幅播きのように播幅を広くすると、この部分の機具除草としては土入機のような複雑な作用と構造の機具が必要となったり、手取り除草によらざるをえなくなる。単純な機構の安価な機具によって作業をす

るためには、このように、作物の栽培様式に対する若干の工夫と改善が必要となる。

v) 乗用または歩行用のトラクタに装着する除草機を能率よく使い、しかも高い除草効果を挙げるためには、圃場の排水が良好で、圃場の表層がよく砕土されており、圃場面が均平であることが望ましく、圃場が過湿の時には使用を避ける。また栽培様式では、作物の播条は間隔が均一でまっすぐであること、播条の間隔(条間)の大きさは、作物に対する作用部分や車輪による損傷を少なくするため、やや広目の 30~60 cm とする。なお、条間内に走行車輪を入れる場合は、単輪または超小型の管理用ティラに限られ、条間隔は 40~60 cm が標準となる。乗用トラクタでは播条を跨ぐことになり、その場合の条間隔は 30~40 cm が標準となる。

7. あとがき

作物の各生育段階において いくかなる除草手段(機具、除草剤等)を採用するか、また全体の除草体系や栽培体系からみてどのような除草手段をいかに組み合わせるかについては、除草効果が高く安定していること、所要労力が少ないこと、作業経費が少ないこと、作物・人畜・魚類・土壌環境に対して安全であることを念頭におき、総合的に検討し、決定すべきであろう。

単一の手段、例えば除草剤単独とか機具単独により除草を達成できればそれに越したことはないが、雑草の発

生が激甚であるとか複雑な様相を呈していて単独の手段では期待される除草効果が得られぬ場合には、その難点を補う他の手段を大胆に採用すべきであろう。

ともあれ、地域条件や農家の圃場条件に適した機械的手段、化学的手段を含めた総合的除草体系の研究と普及を望みたい。

引用文献

- 1) 古池寿夫等：ロータリ耕うん機の砕土性能と株処理性能の向上に関する研究(第1報)・農業機械学会誌(農機誌) **35** (2), (1973).
- 2) 古池寿夫等：同 上(第2報)・農機誌 **35** (2), (1973).
- 3) 古池寿夫等：同 上(第3報)・農機誌 **36** (3), (1974).
- 4) 古池寿夫等：同 上(第4報)・農機誌 **36** (3), (1974).
- 5) 古池寿夫等：小型トラクタ用ウィーダに関する研究(第2報)、小麦に対する適用性、農機誌 **35** (2), (1973).
- 6) 古池寿夫等：同 上(第3報)、水稻乾田直播栽培に対する適用性(その1)・農機誌 **36** (1), (1974).
- 7) 古池寿夫等：同 上(第4報)、水稻乾田直播栽培に対する適用性(その2)・農機誌 **36** (2), (1974).
- 8) 古池寿夫等：同 上(第5報)、甘しょ・ラッカセイ・ナタネ・ダイズに対する適用性、農機誌 **37** (2), (1975).
- 9) 古池寿夫等：同 上(第1報)、試作した小型トラクタ用ウィーダの負荷特性と圃場表層に及ぼす影響、農機誌 **31** (1), (1969).
- 10) 古池寿夫：階段状水田における水稻直播機械化作業体系に関する研究、宮大農研究時報 **11**, (1965).
- 11) 御手洗正文・古池寿夫等：作物・雑草の幼苗期における力学的性質について(第2報)、PCPA 除草剤が水稻及び白ヒエ・ノビエの幼苗期の力学的性質に及ぼす影響、宮大農研究報告 **23**, (1977).
- 12) 永田雅輝・古池寿夫等：作物・雑草の幼苗期における力学的性質について(第1報)、稲・麦・ナタネ・落花生・メヒシバの幼苗期における力学的性質について、宮大農研究報告 **23**, (1977).
- 13) 植木邦和・松中昭一：雑草防除大要、養賢堂、東京、74~88 (1972).

(1978年3月22日受理)