農業生産における競争の意義

東京大学農学部附属農場 川 延 謹 造

Kin-zo KAWATEI : Meanings of Competition in Agricultural Production

1. 緒 言

一般的に言えば、競争は一つの目的物を二者もしくはそれ以上の者が同時に獲得しようとする場合に生じる現象であるといえよう。これは生物界に広くみられる現象であるが、動物界と植物界とではその様相が著しく異なっている。この競争現象は、動物界では種属間あるいは個体間の闘争という行動的な極めて明確な形で現われてくることが多いが、植物界ではそのような形ではなく、静かに期間をかけてこの現象が進められて行く。

植物界における競争現象は、生態学者間において植物群落の遷移という問題がとり上げられるようになってから注目されるようになったといつてよく、この競争の問題がとり上げられるようになったのは 20 世紀にはいつてからのことである。植物間における競争の概念を明かにしたのは F. E. CLEMENT (1907) であり、それによると、植物間における競争は、植物群落のなかで、ある一つの植物がある環境因子に対して反応を起し、それに伴つて変化した環境条件に他の植物が反応して行く現象であると理解してよいようである。

こうした競争は、作物生産の行なわれている圃場では極めて一般的な現象であり、作物と雑草の間はいうに及ばず、作物の個体間あるいは雑草同志の間においても常に見られる現象である。そして、甚しい場合には、この競争の過程において、一方が枯死してしまうことすら存在するのである。また、この競争は農業生産にも大きな関係をもっており、いわゆる除草作業などはこの競争を回避する一つの手段であるといつて差支えない。

それ故、この競争を単に回避するだけではなく、積極的に利用して農業生産を合理化し、生産性を向上せしめる可能性も存在するわけである。最近では特にこうした積極の利用という観点から競争に関する研究が進められている。作物生産の合理化という点で、この競争現象を役立たせ得る局面は、作物と雑草の競争関係の利用による雑草防除の単純化および作物個体間の競争関係を利用した栽植様式の再検討による土地生産性の向上に見出すことができる。これらは共に農業における生産性向上に役立つことは明かである。そこで、ここでは特に雑草防除の合理化という点からみた競争の意義について述べて

みたいと思う。

2. 雑草防除の理念と競争の意義

古くから作物生産は雑草との闘いであるといわれており、雑草の防除は作物生産上極めて重要なことがらである。この雑草の防除は現実には除草作業という形で行なわれており、この作業に多くの労力が投下されてきた。農業機械の発達や除草剤の開発によつて、この除草作業の能率が高まり、作業自体は著しく軽労働化されてきたが、まだこれだけでは雑草を完全に除去し得るというまでに到つておらず、手労働による除草が併用されているというのが実状である。それ故、除草剤が著しく普及したというものの、依然としてこの作業に多くの労力が投下されているのである。一例をあげると、10 a 当りの除草作業に投下される労力は、水稻では 30 人時強で田植作業に匹敵しており、陸稻では 46 人時、畑小麦では 21 人時強(関東)、裏作小麦では 58 人時強(瀬戸内)などとなっている^(注1)。

この労力をいかにして減少せしめるかということが問題となつてくるわけであるが、それには現行の作業の体系自体を変更することが必要であると同時に、このような多くの労力を投下して雑草を除去しなければならないのかどうかということを検討してみる必要があろう。

そこで、まず「何のために雑草防除を必要とするのか」ということを考えてみなければならない。これに対しては「雑草の作物に及ぼす害作用を排除して、作物のもつ生産能力を最大限に発揮させるため」と答えられるだろう。これは至極明快なことである。

しかし、現実に雑草防除の唯一の手段として行なわれている除草作業のあり方を見ると、大きな疑問を抱かざるを得ないのである。というのは、現実に行なわれている除草作業は常に雑草を完全に除去して、圃場を清潔な状態に保つことに専念されているからである。一体、こうまでしなければ雑草防除の目的が達成されないのだろうか。この点については一体どのように考えられているのだろうか。

この疑問に対しては、少なくとも極く最近までは「雑

注 1) 標準的なものとして、農林大臣官房企画室編「10年後の農業技術」より引用。

草は常に完全に除去しておかなければならない」という考え方が支配的であつたと答えるほかはない。それが現状なのである。これは現在でも圃場に少しでも雑草が存在していると直ちに批判の対象にされることによつても明かである。また、密条播きされた麦畑を見て、未だに「これでは除草ができないではないか」と批判する人があるのを見ても、雑草を除去しなければならないということが、いかに観念的なものとなつていゝかがよく理解できる。

このような考え方は、昔からいい伝えられている「上農は草を見ずして草をとり……」という言葉があるとおり、圃場に存在する雑草によつて勤惰が評価されてきたという精神的な面に由来していることも否定できないだろうが、雑草はいかなる場合にも作物に害を与えており、圃場には雑草が存在してはならない、という観念的な意識から生れてきたものといつてよい。この観念的な意識が、ただ盲目的に雑草の除去に専念するという、非科学的な雑草防除の体形を形成してきたといえよう。最近、除草剤が普及し、科学的な除草が行なわれるようになったといわれるが、このような体系のなかで、いくら除草剤が利用されてみても、それは化学的だとはいへても、科学的な除草とはいへない。というのは、雑草防除の体系自体が学問的な根拠に立脚したものではないからである。

一方、こうした体系のもとでは、もはや雑草防除の本来の目的は見失なわれており、雑草防除の目的を達成するための一つの手段としての雑草の除去が目的となり、目的と手段とが混同されてしまう。それが、この作業に多くの費用と労力を惜みなく投下するということに現われているといえる。というのは、もし雑草防除の目的が明確に意識されておれば、この目的が達成されさえすれば、それ以上の費用や労力を投下する必要がないという考え方が自然に浮んでこなければならぬからである。いいかえると、雑草が完全に除去されていなくとも、その目的さえ達成できればよいのだというような考え方に變つてこなければならぬはずである。こうした考え方が浮んでこないのは、雑草防除の本来の目的を見失なつていゝからだと いわれてもやむを得まい。

そこで、雑草防除を合理化するためには、まずその目的を再確認することが必要となる。そして、その目的を達成する手段を除草という限られた作業にのみ求めるのではなく、もつと広い範囲に方策を求め、新しい体系を確立しなければならない。極端な表現をすれば、作物栽培の目的は最大の収穫量を得ることであるから、これが得られさえすれば、雑草の存在は全く無視してもよく、

除草という作業を含まない雑草防除の体系が考えられるのである。

従来の手労働の体系のもとでは雑草の除去は、雑草の作物に及ぼす害作用を排除するだけではなく、他の作業の実施を容易にするという点でも大きな意味をもつていた。しかし、機械の利用が発達してきた現在では、その他の作業の実施を容易にするということは考える必要はなくなり、むしろ適当な量の雑草が存在していた方が作業上都合がよいという場合すら生じてきているのである。したがつて、雑草防除の目的は、雑草の作物に及ぼす害作用の排除という、本来の目的のみにしぼつて差支えない。

この作物に及ぼす害作用を合理的に排除するためには、この害作用がいかなる機構によつて惹き起こされるのか、ということを知らなければならない。この害作業は作物と雑草の競争の過程において生じてくる現象であるから、この競争の様相が明かにされなければ、合理的な雑草防除の体系を確立することができない。また、科学的な雑草防除の体系というものは、その目的からいつて、作物と雑草との競争に関する学問的根拠に立脚したものでなければならぬのは当然である。このように、作物と雑草の競争は合理的な雑草防除体系の確立に、また非科学的な盲目的な体系から科学的な体系への転換に、大きな役割を果すものなのである。

一方、作物がその生産能力を最大限に発揮し得るか否かは、作物と雑草の競争の過程において、作物が絶体的な優位性を獲得するか否かに かか つていゝといつてよい。したがつて、雑草防除の体系は、単なる除草作業のみに捉われることなく、競争の様相を基礎にして、あらゆる方策を総合し、いかにして作物にこうした優位性を与えるかということから考えて行かねばならない。従来行なわれていた除草作業も、この一つの方策であり、雑草を除去することが目的ではなく、作物にこの優位性を与えることが目的なのである。ここにおいても認識を改める必要があらう。

要するに、農業生産における競争の意義はこうしたところに見出されるのであり、農業生産の合理化に無視し得ない存在なのである。

3. 雑草防除の合理化と競争

合理的な雑草防除の体系は、最も低廉な費用で、かつできるだけ労力を用いずに、その目的が達成できるものでなければならない。このような体系は現在のような除草という手段のみに頼つては確立されない。ということ、除草作業を能率化しようとして除草剤を用いれ

ば莫大な費用がかかるし、一方そうしなければ労力がかかる。また、除草剤のみでこれを解決することはむづかしいので、合理化に自ずから限界が生じてくるのである。そこで、この競争現象の利用が必要になってくるのである。それは、競争においては作物が雑草にいためつけられているだけでなく、雑草もまた作物によつていためつけられているのであるから、後者の現象をうまく利用すれば除草作業そのものが不要となり、この工程を省略してしまふことができるからである。

この競争関係を利用して、雑草防除の体系を合理化するということは、理論上は可能であつても、現実の問題として果して可能なかという反論がでるかも知れない。しかし、これはもう麦の栽培などで実証されていることである。畑作麦の栽培において、秋播する場合には、密条播^{注1)}することによつて、特異な雑草の発生する圃場を除いては、完全に除草作業を省略できることが知られている。著者もすでに10年にわたつてこの方法を採用し、無除草という状態で大小麦を問わず1ha当り5トンという収穫量を得ている。この間の経験では、イタリヤンライグラスとときたまヒメジョーンが麦の成熟期頃に急に伸長してくるのを認めただけである。これは麦と発生してきた雑草との競争の過程で、麦が雑草を圧倒して絶対的な優位性を獲得するからにはかならない。このような場合にも防除の体系に除草剤散布を組み入れようという傾向がないではないが、これは全く無駄なことであり、このようになるのは依然として雑草の除去という亡霊にとりつかれているからである。

この明確な事実が示している通り、競争を利用することによつてはじめて雑草防除の体系の合理化が可能となるのである。そして、この合理化に役立てるために、先進国においては種々の角度から作物と雑草の競争に関する研究が進められている^{注2)}。しかし、わが国において、この種の研究がとりあげられたのは1949年頃からであり、1953年に出版された沼田氏の報文^{注3)}が最初のようなものである。その後一部の研究者がこの問題を取り上げてはいるが、先進国にくらべると、内容の点はともかくとして、報文の数は極めて少ない。これは、やはりわが国で

はまだ雑草防除の合理化に関する感覚が先進国ほど高まつていないためといえるだろう。

これらの外国およびわが国で行なわれてきた研究を見ると、とり上げられている問題は大体共通している。そこで、その主なものをまとめて、それと雑草防除の合理化との関連性を明かにしておきたい。

第一に問題にされているのは、圃場における作物と雑草との混合群落における競争の様相である。そして、これによつて作物の雑草に対する競争力や雑草の草種による害作用の強弱などが検討されている。

この競争の様相は存在する作物と雑草種によつて異つてくるのは当然であり、例えばアオビユ類とトウモロコシの群落の場合には放任しておいてもトウモロコシが相対的優位性を保つようになるが、それとオカボの群落の場合はオカボは消滅し、アオビユ類が絶対的優位性を獲得するごとくである。

これで、一般的にいえることは、作物の雑草に対する競争力は生態的特性によつて異なり、初期生育が速かで、開張性で茎葉の広がりが大きく、草丈が高くなるほど競争力が強く、一方雑草も同じような特性をもつ草種ほど大きな害作用を与えるということである。例えば草種についてみると、メシバやエノコログサなどよりアオビユなどの方が作物に大きな害を与えることが明かにされている。

これらは雑草防除の方策が各作物ごとに検討するべきものであることを示唆しているし、また、あとで述べるが、競争の主因子として光因子が大きな役割を果していることを意味しており、これを雑草防除の方策に利用できることを示しているものであるといえる。また、雑草の除去にあたつても、特に注意すべきものとするでないものの区別はこうした研究の結果によつて明かとなつてくるのである。

第二に、競争の過程において、雑草が作物に害を及ぼしはじめる時期や、作物が害を受けやすい時期に関する問題がとりあげられている。これらの結果を経合すると、作物が害を受けはじめる時期は、経験的に知られてるように、生育初期であり、また害を受けやすい時期は生育初期と幼穂形成期～登熟期の間の二つの時期があるという。

作物が害を受けはじめる時期は雑草の種類や量および作物によつて異つてくるが、オカボなどでは比較的早く、離乳期～4葉期だといわれているし、またパレイシヨでは塊茎形成期だといわれている。また、大豆ではこの時期は比較的遅いようである。一方、この生育初期の害を受けはじめる時期が、最も害を受けやすい時期でも

注 1) 一般にドリル播といわれているが、ドリルで畦間を広くして播くこともあるので、密条播という方が妥当と考えている。

注 2) 文献は省略するが、先進国ではすでに1940年頃からの種の研究が行なわれており、1955年以後に多くの報文がみられる。

注 3) 沼田 真・新山恒雄(1953): 作物と雑草との競争。第1報オカボの除草期について。植生会報 6: 8~13 参照。

ある。さらに、このほか競争の過程で作物が相対的優位性を保つていても幼穂形成期～登熟期に害を受けやすいから、この時期に絶対的優位性が保たれていなければならないことが知られている。

これらは除草すべき最も効果的な時期を決定する大きな要因になる。同じ費用と労力を投下して雑草を除去しても、その時期によつて効果が異なってくるから、この効果的時期の決定ということは非常に重要なことなのである。

第三に、発生してきた雑草を放任しておいても作物が自力で絶対的優位性を獲得し得る雑草の発生時期、いいかえると、作物に絶対的優位性を獲得させるために、播種後圃場を清潔に保たなければならない期間が検討されている。これは、いつ頃まで除草をすれば作物の収量に影響を与えないか、という合理的な最終除草時期の決定に関する問題である。それは作物のもつ競争力によつて異なるし、また栽植様式によつて左右されることが明かにされている。一般的にいつて、競争力の強い作物ではこの時期は早くなるし、逆に競争力の弱いものでは遅くなる。これは当然のことである。しかし、この時期が早いか遅いかで、必要とする除草の回数がきまってくるというてもよいのである。

大体以上のようなことが検討されて、除草の時期や必要とする回数の決定に用いられている。そして、それらの結果を総合して一般的にいえば、競争力の強い作物、例えばトウモロコシやバレイショなどではある時期に1回圃場が清潔にされておればよいし^{注1)}、競争力の弱い作物でも大体2回圃場が清潔にされると、作物は雑草との競争との過程で絶対的な優位性を保つことができ、収量が低下しないことが明かにされている。そして、1回でよいものは、その時期は生育初期において害を受けはじめる頃が適当であり、2回必要とするものでは、第1回目は前者と同じ頃、第2回目は作物のもつ競争力によつて異なるが、理論上では第1回目の除草後発生してきた雑草が害を与えはじめる時期ということになる。しかし、この2回目の時期は発生してきた雑草を放任しておいても差支えなくなる時期とするのが普通であり、この方が作業が容易になる。

これだけでも従来行なってきた除草回数を減少し得るので、雑草防除の体系は著しく単純化できることになる。こうした研究が行なわれるのは、放任しておいても差支えない雑草は除去する必要があるから、それによ

つて体系を単純化しようとするところから生れてくるのである。

さらに**第四**として、競争の主要因は何かという問題がとり上げられている。この主要因を知ることによつて、除草以外の方法で雑草防除の体系を合理化し得る余地が生じてくるからである。

多くの研究者の結論を総合すると、圃場における雑草と作物との競争の主因子は光であることが指摘されている。筆者もそれを主張する一人である^{注2)}。

植物間における競争の要因となる因子の主要なものは、土地の肥沃度(養分)、水分、光、酸素、炭酸ガスなどである。このほか、専有空間が問題にされることがあるが、これは根菜類で個体が接近しすぎ、根の肥大する空間が制限されるような場合を除いては要因になり得ない。この主要な因子のなかで、光を除く因子については圃場にあつても人工的に調整し、それが競争の要因とならないようにすることが可能である。例えば、競争関係におかれる作物と雑草のそれぞれが十分に生育できるだけの肥料を与えると競争は著しく緩和されることが知られている。しかし、この場合でも競争がなくなるということはない。一般圃場においては、光因子を調整し、競争関係にある作物と雑草が必要とするだけの量を常に与えておくことが困難であり、また生育の極く初期にそれが与えられていても、生育がすすむにつれて草冠の広がりにより、お互に遮蔽し合うようになり、光を制限し合うという現象が生じる。ここに光が主要因となる性格が存在するといつてよい。

これは次のような実験でも明かにされている。まず、小さなポットまたは細長い箱に作物と雑草を別々に植え込み、必要な養分と水を与えて、養分および水が競争の要因にならないようにしておく。これをある間隔をおいてなると両者の間には競争がおこらないが、隣接して交互にならべると両者の生育が進むにつれてはげしい競争がおこってくる。これは生育が進むにつれて、光を制限し合うという現象がおこってくるからにほかならないのである。

また、先に述べた、初期生育が速く、開張性で茎葉の広がりが大きく、草丈が高くなる作物が雑草との競争力が強く、また同様な特性をもつ雑草の害作用が大きいということは、いいかえると遮蔽力の大きいもののほぼ競争力が強いということになり、光が競争の主要因となつていることがよく理解できるのである。

注 1) ある時期に1回圃場が清潔にされておればよいといつても、作業が必ずしも1回ですむとはいえない。

注 2) 川廷謹造(1962):トラクターの利用を前提とした畑作作業体系の確立に関する研究。東京大学附属農場研究報告 No. 1 参照。

一方、競争の相手に完全に遮蔽されてしまったというような状態にあつても、消滅してしまうものとしないうものがある。例えばアオビユとカヤツリグサあるいはメヒシバの群落があると、アオビユが大体遮蔽してしまうようになる。この場合カヤツリグサは消滅してしまうが、メヒシバは消滅しない。これは遮光下における同化能力の大小によるものと考えられるのである。したがつて、遮蔽力の大きいもの、遮光下にあつて強い同化能力を維持し得るものが強い競争力をもつことになるのである。

同化能力を強化するということは、簡単にできることではない。したがつて、作物と雑草の競争の過程で、作物に絶対的優位性を与えるためには、まず作物をしていかに速かに雑草を遮蔽せしめるか、ということが重要な問題になつてくる。これが雑草防除体系の合理化に際しての基本的な考え方にならなければならない。もし、これが容易に行なえるということであれば、除草というような手間のかかる手段は不用となるであろう。このよい例は、先にあげた麦の密条播栽培である。このようなところから、除草以外の方法によつて雑草防除の体系を合理化する道がひらけてくるのである。

第五に、競争力を強化させる方策として栽植様式の再検討が行なわれている。これは栽植様式を変更して遮蔽力を強化し、それによつて競争力を強めて、除草の回数を減らしたり、作業そのものを容易にしようという試みといつてよい。そして、これらの研究の結果からは、密植することにより、競争力を強化できることが明かにされている。また、同一播種量の場合でも条間隔を狭めることにより、競争力が強化されることが知られている。例えば、ダイズでは条間隔を 20 cm にすると、競争力が著しく強化されるし、また、雑草との競争力が最も弱いといわれるオカボでも条間隔を 15 cm までつめると、2~3 葉期に 1 回除草を行なつた後に放任しておいてもよく、それ以後発生してきた雑草はほとんど抑制されてしまうという実験例もある。一方また、こうした密植化や密条化による競争力強化の試験のなかで、このような栽植様式をとつた方が増収することが明かにされており、作業合理化の面および増収面で、こうした方策は一挙両得ということになるのである。

さらに、移植という方式も雑草防除を容易にする一つの手段であることが知られている。これは水田における移植栽培と直播栽培での雑草防除の難易を考えてみればすぐわかることである。また移植栽培の方が時期的にも余裕のある除草作業ができる。それは、移植栽培では競争が開始される頭初より作物と雑草の間に大きな生育差

があり、競争開始頭初にすでに作物が相対的に有利な立場に立っているからである。この生育差がそれ以後絶対的優位性を獲得し得るか否かを決定する一つの要因であつて、先に述べたある時期以後に発生した雑草を放任しておいてもよいというような結果がでてくるのも、この生育差にあるわけである。また、特に生育初期における除草作業が必要といわれるのも、この生育差をできるだけ早く拡大することが、競争における作物の立場を強化し、雑草の害を排除することになるからである。最近、移植栽培が多労働的であるといつて、直播栽培への移行がとりあげられているが、単に移植作業が多労働的であるという点にのみとらわれず、移植栽培全体の長所を考えて、移植作業の合理化を考えることも必要なのである。

第六に、競争の過程において作物に害を与えない雑草の量の限界に関する検討が行なわれている。これは圃場に存在する雑草の許容限界量ともいうべきもので、これを知ることは除草作業における作業精度の許容限界を決定するために必要なことであり、作業自体の簡易化に大きな役割を果すことになるのである。この許容限界量は作物の種類・雑草の草種・時期によつて異つてくるので、非常に複雑なものである。しかし、これについても、ビート栽培ではビート 1 本にアオビユ 1 本があれば相当の減収になるが、エノコログサの場合はそれほど減収にならないことなどが知られている。

以上、簡単に主要な課題とそれが雑草防除の合理化に果す割合について述べてきたが、要するに、単に雑草を除去するというだけではなく、作物と雑草の競争という観点に立つて、いかなる方策によつて作物に絶対的優位性を与えるのが合理的であるか、ということを検討しなければ、雑草防除の体系を合理化することはできないのである。

4. 結 論

雑草防除ということは農業生産上欠くことのできないことがらであり、また生産性向上のためには、この雑草防除の体系をあらゆる角度から検討して合理化に努めなければならない。その際には、どの範囲で考えるかということが成否の鍵をにぎっている。

わが国では雑草防除は非常に狭い範囲で考えられており、人工的に雑草を除去するという手段、いいかえると除草ということのみが雑草の防除だと考えられている傾向が強い。この点、先進国の考え方はもつと範囲が広く、例えば耕起すら雑草防除の一つの手段とされているくらいである。

この除草という狭い範囲だけ考えていたのでは、自から防除体系の合理化に限界が生じてくるのはいうまでもない。もともと、雑草防除の合理的な体系は最も低廉な費用で、できるだけ労力をかけずに、目的を達成し得るものでなければならない。それ故、除草ということが省略できるならば、それに越したことはないのである。こういうものであるにもかかわらず、除草作業のみを考えていたのでは合理化が妨げられるのは当然のことである。

最近では除草剤の利用が普及して、除草作業自体は簡易化されてきた。しかし、この場合も雑草防除の体系自体の合理化より、むしろ除草作業の簡易化のみに重点がおかれている。それ故、除草に要する時間は短縮されたが、人力に代つて多くの薬剤が消費されており、その費用が馬鹿にならないところから、農業経営という立場からみた場合、必らずしも有利になつたとはいえない面がみられるのである。除草剤の利用は除草手段としては科学的な方法ではあるが、これをむやみに用いることは雑草防除の体系からいえば必らずしも科学的であるとはいえない。これが科学的に見えるのも除草という以外の雑草の防除の方策が考えられていなかったからであり、また真の科学的な雑草防除の体系が確立されていなかったからでもある。

科学的な雑草防除の体系が確立されていないのは、作物と雑草の競争の様相から雑草の作物に及ぼす害作用や

その発現機構というものを把握しようとはせず、入念に雑草を除去さえしておればこの害が防げるところから、この雑草の除去のみに終始していたからであるといつてよい。雑草防除にはその目的があり、その目的を最も合理的に達成しようとするれば、どうしてもこの競争の様相の解明に目を向けなければならない。そして、それによつてはじめて、多角的な方策の併用による合理的な雑草防除の体系が形成されてくるのである。

この競争という現象は常に圃場内で行なわれているものであるだけに、農業生産全般に大きな影響を与えている。本稿では触れなかつたが、栽植密度や様式の決定に際しても、本来はこれが基本とならなければならないのであつて、現在この種の研究も進められている。このような点を併せ考えると、この競争の様相の解明は農業生産の合理化に大きな役割を果し得るものといえるのである。

最後に附言しておきたいのは、このような重要な研究課題であるのに、わが国ではこれに取り組んでいる研究者が極めて少ないということである。これはわが国の農学の分野ではこうした研究があまり高く評価されないために、研究者がこのような研究を敬遠する傾向が強いからである。農業生産の合理化のためにこうした風潮はぜひ是正されなければならない。

(文献省略)