ウリカワの生態と防除

草薙得一 農業研究センター

Tokuichi KUSANAGI*: Ecology and Control of *Sagittaria Pygmaea* Miq.

はじめに

ウリカワ *Sagittaria Pygmaea* Miq. はオモダカ科の多年生沈水雑草である。地上部の生育型はロゼット型で放射状に葉柄のない根出葉だけを出し、花茎には葉をつけない。草丈は8~15cmで、地下茎を走出する根茎植物である³⁴⁾。普通、稲作期間に3~5次に亘って分株を発生して増殖する。地下茎の先端には塊茎を形成し、これが翌年の主たる繁殖源となる。

最近、水田ではウリカワの発生が全国的に多くなり、防除上大きな問題になっている。このような発生の増加については冬期の休閑や休耕田の増加など土地利用の変化、近年における水稻栽培法の変化、とくに水管理、耕起法、除草法などの変化、田植の早期化、特定除草剤の連用など多様な要因があげられている^{15, 28, 58, 77)}。佐竹ら⁶⁹⁾が暖地でウリカワの発生が次第にふえていることをはじめ指摘して以来15年が経過した。この間発生の著しい増加を背景として合理的な防除法を確立するために生態の解明や除草剤の開発が進められ、とくに除草剤の利用を中心にして防除に明るい見通しがえられつつある。しかし、ウリカワの発生面積は1982年の調査では全国でなお83万haに及び、これは水稻作付面積の37%に相当する⁵⁶⁾。しかも発生地域はさらに拡大する傾向がみられる。そこで本稿ではウリカワの生態に関する既往の知見と防除、とくに除草剤の利用技術の現状について述べ、より有効で効率的な防除法の早期確立に寄与したい。

1. 分 布

ウリカワは西日本に発生が多く、北日本に少いとされている^{27, 58)}。笠原²⁷⁾の1942~'43年の調査では北海道には発生がみられないが、三陸および両羽地域(秋田、山形)には点々と少数発生がみられ、北陸および関東以西では広く発生することを認めている。その後野田⁵⁸⁾の1970年の調査でも相対的に西南暖地に多いことが認められた。そしてこの調査ではすでに北海道にも発生していることが明らかにされた。土井ら⁵⁾によると北海道で発生が初めて記録されたのは1966年である。現在では北海

道における水田の主要雑草約20種の中に数えられているが、本州から第2次大戦後北海道へ侵入した草種とみられており、しかもヘラオモダカ、コナギよりもさらにおそく侵入したと考えられている。

最近の調査⁵⁶⁾では北海道、東北にも発生が増加しており、急速に本邦を北上して蔓延している点が特徴的である。なお同一地域内でも土壌、耕種条件によって発生に差のあることが推察されている⁵⁸⁾。またウリカワは同一種の中かで草丈、塊茎の大きさ、増殖株数、種子や塊茎の形成量など形態的あるいは生態的な特性の異なる種内変異の存在が示唆されている。宮原ら^{45, 46, 47)}は九州各地から採集したウリカワについて後述のように生態的諸特性を調査し、産地間差異のある事実を明らかにした。その後高沢ら⁷³⁾はさらに全国各地から採集して同様に変異があることを確認した。これは今後種生態を解明するうえで重要な課題になるものとみられる。

一方、外国における分布については中国²⁶⁾、台湾²⁹⁾、朝鮮半島⁴¹⁾など極東地域⁶⁴⁾で認められている。ラテンアメリカ、ヨーロッパ、ソ連、インドおよび東南アジアの浮稲栽培地帯などには発生の記載がみられず⁷⁴⁾、またその他の地域についても明らかでない。

2. 萌芽と発生

(1) 種子の発芽

ウリカワの種子は室内発芽試験では容易に発芽することが認められており、休眠性がないといわれている⁶⁰⁾。花は雌雄同株で雄花は5~12cmの花茎の上方に4~5個、雌花は無柄で最下方に通常1個、まれに2個着生するが、水稻立毛中では花茎の抽出も少く、開花株比率は20~60%である¹⁸⁾。また水深が25cm以上深くなると稔実種子を形成しない²⁴⁾。水田における種子からの発生実態については不明であるが、種子による繁殖は極めて少ないと考えられ、一般には塊茎による繁殖が主体である。

(2) 塊茎の萌芽

1) 休眠性 佐竹ら⁶⁹⁾および宮原ら⁴⁵⁾は萌芽に対しては休眠性がないが発根には休眠性があるとし、山岸ら⁷⁷⁾は塊茎にも極めて浅い休眠があり、低温処理で覚醒される

*National Agriculture Research Center, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki 305

第1表 ウリカワの代かき後出芽期までの気温、地温の積算値(山岸ら, 1975)

項目	代かき時期 出芽時期		4月10日	4月25日	5月10日	5月25日	6月15日
	始	期					
積算気温(°C)	盛	期	108.1	65.4	88.0	69.2	44.6
	終	期	135.0	99.9	111.8	97.0	71.8
			176.2	143.7	153.6	128.0	88.9
積算地温(°C)	盛期	1 cm	167.8	118.8	131.8	117.4	84.7
		5 cm	158.7	116.1	129.7	112.7	80.4

注) 出芽の始期, 盛期, 終期を出芽率でそれぞれ20%, 50%, 80%の時期とした。

という。一方, 野田⁵⁸⁾は湛水下で20~30°Cの温度条件では容易に発芽, 発根し, 休眠性はないとしている。既往の試験を通覧すると, 掘取時期や塊茎の大小, 温度条件などで萌芽日数に遅速がみられるが, 萌芽には明瞭な自然休眠は存在しないものとみられる。なお塊茎は頂芽のほかに2~5個の側芽をつけており, 萌芽は頂芽優勢性を示すが, 各側芽も萌芽能力をもち, 休眠がみられない。

2) 萌芽および出芽の温度 小島ら³⁰⁾によると萌芽温度は最低10°C, 最高30~35°C, 最適25~30°Cであるとし, 野田⁵⁸⁾は37.5°Cでも萌芽するが, 萌芽, 発根ともに明らかに劣り, 萌芽率および幼芽, 幼根の伸長は30°Cが最も良好で, これ以下の温度でも萌芽, 発根が劣ることを認めた。石原ら¹⁸⁾は温度と萌芽開始までの日数について調査し, 30°Cで8日, 20°Cで9日であったが, 15°Cでは16日を要し, 低温条件で明らかに遅延することを認めた。このように塊茎の萌芽の最適温度は30°C前後, 最低温度は10°C前後でミズガヤツリ塊茎の萌芽温度に類似しているが⁸¹⁾, 萌芽の最高温度は35°C前後で水田雑草としてはやや低い点が注目される。次に出芽温度について山岸ら⁷⁹⁾

は代かき後出芽の各時期における日平均気温および地温の積算値を調べ, 第1表の結果を得た。日平均気温, 地温の積算値は代かき時期の早晚による差が極めて大きく, 代かき時期が早いほど出芽は著しく緩慢となり, ミズガヤツリよりも低温の影響を受けやすい。このためミズガヤツリのように代かき後の積算温度から出芽期を直接推定することはできない。これはウリカワの出芽が後述のように温度以外に塊茎の土中深度や土壌硬度など他の要因に大きく影響されるためと考えられる。

3) 土壌水分と萌芽 山岸ら⁷⁷⁾は沖積壤土(最大容水量73.8%)を用いて土壌水分を最大容水量の40~100%の範囲で調査した結果, 80%以上では出芽が速やかですべて出芽したが, 60%では出芽率が26%となり, 40%では置床後20日でも出芽しなかった。このように60%以下では萌芽しても出芽しないか, 出芽しても生育が停止する。小島ら³⁰⁾は土壌水分(対乾土重量%)と温度条件を組合せて検討した結果, 第1図に示すように土壌水分40~60%, 温度25~30°Cで92~100%の高萌芽率を示し, かつ平均萌芽日数も7~6日と短かった。このように塊茎は乾田状態では出芽しないが, 湿潤な土壌や湛水条件下で出芽が良好な典型的な水生雑草である。

4) ガス条件と萌芽 萌芽における酸素要求度は一般に水生雑草では小さい。山岸ら⁷⁷⁾は200mlのトルビーカーに塊茎を置床し, 水道水と十分に煮沸した排気水を入れ, 30°Cの定温器内で萌芽試験を行なった結果, 両区ともに置床後7日にはすべて萌芽し, 塊茎は低酸素分圧下で容易に萌芽することを認めた。一方, 菅ら⁷²⁾は塊茎の萌芽には酸素が必ずしも必要ではなく, むしろ炭酸ガスやエチレンによって萌芽が促進されることを明らかにした(第2表)。ウリカワが湛水土中から容易に出芽するのはこのように萌芽における酸素要求度が小さいことに起因する面が大きい。また一般にウリカワやヒルムシロなどの水生多年生雑草は不耕起状態で湛水するよりも耕起, 代かきを行なって湛水状態に保つほうが出芽が揃いやすいことが経験的に知られている。これは耕起後湛水することによって内生エチレンのほかに土壌から発生

第1図 土壌水分および温度と塊茎の萌芽との関係 (小島ら1972)

第2表 ウリカワ塊茎の萌芽に及ぼすエチレンと炭酸ガスの効果 (菅ら, 1975)

処 理 条 件 (暗黒中)	第1節間長 (mm)	芽 長 (mm)	エチレン生成 (ppm)
Sealed control	5.1±0.7	54.0±1.9	0.29
-C ₂ H ₄	0	19.2±1.6	—
-C ₂ H ₄ , -CO ₂	0	11.0±0.6	—
-CO ₂	2.6±0.3	21.8±1.7	0.27
-CO ₂ , +20ppmC ₂ H ₄	3.2±0.2	52.6±2.4	—
Sealed control +20ppmC ₂ H ₄	6.3±0.9	87.6±2.2	—

するエチレン^{40,52)}や炭酸ガスが発生生育に重要な役割を果しているのではないかと考えられる。

(3) 塊茎の出芽深度

出芽深度は発生消長や発生量を左右する要因となる。また出芽に関与する生理的要因としては幼芽の暗所伸長性、土壌貫通力、酸素要求度などがあげられ、これらの要因は温度、光、土壌水分、土壌硬度などの外囲環境の影響を受けて変動する。ウリカワ塊茎は前述のように低温条件下で出芽が遅延するが、萌芽に光を必要とせず、酸素要求度も低いことから外囲環境としては温度のほかに土壌水分や土壌硬度の影響が大きいものとみられる。山岸ら⁷²⁾は塊茎の置床深度を土中1 cm から最高20 cm の深さまで6段階設け、湛水と湿潤状態(最大容水量の80%)で出芽歩合を調査した。その結果、湛水条件下では置床深度が5 cm 以内では80~100%の出芽がみられるが、置床深度が10 cm になると40%以下となる。また15 cm では湿潤状態では出芽せず、20 cm の深さに置床したものでは湛水、湿潤条件ともに出芽しなかった。また小島ら³⁰⁾は土壌水分(対乾土重量%)を乾燥(20~30%)、湿潤(40~50%)および湛水(水深2~3 cm)条件に保ち、塊茎の置床深度を0 cm から最高10 cm まで5段階設けて調査した結果、乾燥条件下では土中深度1 cm でも出芽

しなかった。湿潤、湛水条件下では0~5 cm の深度でいずれも出芽したが土中の置床深度が深くなるほど出芽日数を多く必要とし、置床深度が10 cm になると出芽に至らなかった。そしてこれらの両実験ともに土中深度が深くて出芽しない場合にも塊茎は土中で萌芽して夭折しており、土中深度が深い場合の出芽歩合の低下は幼芽の抽出力と関係があると考えられている。また続ら⁷⁵⁾は湛水状態で同様に置床深度を1 cm から最高20 cm の深さまで6段階にかえて鎮圧区と無鎮圧区を設けて比較した。その結果、出芽は両区ともに置床深度が浅いほど早いが出芽がみられたのは鎮圧区では5 cm まで、無鎮圧区では10 cm までであった。一方、出芽深度は塊茎の大きさによっても異なる。宮原ら⁴⁶⁾が九州各地から採集したウリカワについて調査した結果、塊茎が大きいほど深い覆土下から高い出芽歩合を示すが、例えば20~40 mg の小塊茎では8 cm の深度になるとほとんど出芽がみられなかった(第2図)。このように出芽深度は土壌水分、土壌硬度、塊茎の大きさなど多様な要因によって変動するが、代かきを行った一般的な湛水条件下では出芽の限界深度は10 cm 前後とみられ、遅滞なく出芽する深度は普通、3~5 cm 以内である。実際場面では以上の要因のほかに代かきの粗精や中干し、間断灌漑などの水管理によって変動し、発生消長に影響を及ぼすことが考えられる。

(4) 発生消長

前述のように萌芽や出芽が各種の要因の影響をうけるため、発生期間にも著しい差異がみられる。とくに発生消長は作期や代かき後の温度の影響をうけて変動しやすい。堀¹⁷⁾によると植代時期が早いほど発生が不揃いとなり発生期間が長くなることを認め、しかも特徴的なことは遅発生の多くは地表下6~9 cm の深い位置にある大きな塊茎によるものであった(第3図)。また坪ら²⁾は早期栽培(5月4日代かき)で塊茎の深度および大きさ別

第2図 塊茎の大きさおよび覆土深と出芽歩合との関係 (宮原ら, 1975)

注) 佐賀農試より採集した塊茎(佐賀A)を供試

第3図 ウリカワの発生活長 (堀, 1978)

に発生活長を調査し、塊茎からの発生は代かき後40日以降も続くが、塊茎深度が浅いほど早期に発生する割合が高く、また塊茎が小さいほど土中の浅い層からの発生が多いことを認めている (第4図)。大隈ら⁶⁰⁾の暖地の調査 (6月中旬代かき) でも出芽始期は塊茎の深度が深いほどおくれ、出芽数も減少することを認めているが、発生期間は坪らの早期栽培の場合よりもさらに短くなり、代かき後20日までに約90%の個体が出芽し、発生が揃うことを認めている。

このように発生活長は地域や作期によって異なり、また塊茎の土中垂直分布の違いや大きさなどによって変動しやすいが、とりわけ代かき後の低温は発生活長を緩慢にする大きな要因である。このような発生活長の様相はノビエなど一年生雑草の場合にも認められているが³³⁾、ほかの水田多年生雑草と比較すると、ウリカワはクログワイ、オモダカのような休眠をもつ塊茎よりも発生期間が短く、ミズガヤツリに次いで揃いやすい³⁷⁾。

3. 生 育

(1) 初期生育、とくに葉数の推移

出芽後の出葉速度は代かき時期の温度によって異なる。一般に代かき時期が早い低温の時期には遅延しやすい。山岸ら⁷⁹⁾によると代かき後ウリカワの5葉期までの各葉期に到達する日数とその期間の平均気温との関係を示すと第5図のようである。平均気温が16℃以下では出葉速度は著しく遅く、16℃以上になると気温の上昇に伴い直線的に早まる。例えば1葉進む日数をみると代かき後平均気温が15℃では6～7日を要するが、21℃以上では約3日である。一方、大隈ら⁶⁰⁾は代かき後の平均気温が約25℃では約2.4日ごとに1葉が抽出し、出芽後32日までに11葉が展開したと報告している。そして塊茎の土中深度が1 cm では8日で第1本葉が展開し、土中深度が3 cm および6 cm では1 cm に比べてそれぞれ3日および8日おくらせて第1本葉が展開した。しかし出芽後の出葉

第4図 発生塊茎の深度別・大きさ別推移 (坪ら, 1976)

速度は塊茎の土中深度の影響がほとんどみられないという。阪井ら⁶⁰⁾はウリカワの発生期間に幅があり、同一圃場内で葉数の違いが大きいことに着目し、この変化を定量的にとらえるため、移植後の葉齢別分布割合を時期別に追跡した。この結果は第6図のように極めて不均一な分布を示している。これは発生の不揃いと分株発生の遅

第5図 代かき後ウリカワの1～5葉期に至るまでの日数とその期間の平均気温との関係 (山岸ら, 1975)

第6図 ウリカワ葉令別占有率の推移 (阪井ら, 1977)

速によるものとみられ、初期除草剤の防除効果に変動を与え大きな要因になっていると考えられる。

(2) 分株の発生

出芽後3~4葉期になると株基部から地下茎の伸長が開始し、莖化して分株となる。第1次分株は6~8葉期、第2次分株は9~11葉期に発生を始める^{30,34,37)}(第7図)。堀ら¹⁶⁾によると、第1次分株は親株の葉数が1~1.5葉進むごとに1株ずつふえ、親株が13~14葉期になる頃までに6株の1次分株が発生する。また第1次分株から発生する最初の2次分株はそれぞれの分株のほぼ7葉期頃で、以後1次分株の葉数が1~1.5葉進むごとに1個ずつの2次分株を発生し、親株から1次分株の発生する場合と類似しており、規則的な発生推移がみられるという。なお3次分株以後の発生は親株の発生時期の早晩や生育期の温度などによって変化し、1次、2次の分株に比べて発生数は減少するが発生始期は1次、2次分株と同様にもの株の6~7葉期であるという。このように分株の発生は規則性がみられ、葉数の進度に支配されるところが大きい。このため代かき後低温条件では葉数の進度がおそく、分株の発生も遅延する。一方、坪ら²⁾によると第1次分株の発生始期(7葉期前後)は土中深度の3 cm以内から発生する大塊茎の塊茎養分消失時期とほぼ一致し、この時期の地上部摘除は頂芽および側芽の再生を顕著に抑えることを認めている。

(3) 増殖

分株の増殖は水稻の作期や栽培法によって異なる。早

第7図 生育初期の葉数・分株の推移 (草薺, 1976)

注) 1/400 a ポット試験、代かき 1975 年 6 月 11 日、塊茎は代かき直後にポットの中央に 5 cm の深さに 1 個値付ける。代かき後15日間の平均気温 21.4℃

期栽培では早植えや普通期栽培に比べて増殖が著しく、とくに水稻刈取り後も増殖の進む点が注目される(第8図³⁰⁾)。また増殖は同一作期でも作付け品種によって異なる。伊藤ら²²⁾は早植栽培で早生品種を作付けた場合晩生品種よりも増殖が大きく、とくに水稻刈取り後に発生が多いことを認めている。早生品種を早い作期に栽培するとウリカワの生育が旺盛な時期に水稻が登熟期を迎え、光環境がよくなり増殖が進むものとみられる。また早期栽培や早植栽培では早生品種の刈取り後はまだウリカワの増殖に十分な温度条件であり、強度の落水では枯死するが⁷⁷⁾、土壤が湿潤な場合には光競合がないため増殖が著しい。一方、増殖は栽培法によっても異なる。草薺ら³⁶⁾は密植栽培(m^2 当り 50 株)を3カ年継続した結果、発生株数が第1年目の1/9に低下し、標準値(m^2 当り 16.6 株)の1/12に減少したことを認めている(第3表)。また生育期の増殖は作期や栽培法のほか発生量によっても異なるが、草薺ら³⁶⁾の普通期栽培(6月中旬田植)の調査では代かき後75~90日にほぼピークに達し以降漸次減少する。また野田⁶⁸⁾の調査では増殖は発生時期

第8図 水稻作期とウリカワの発生产消長 (小島ら 1972)

第3表 水稻の栽植密度の差異とウリカワの増殖・塊茎形成の年次変化(草薙ら, 1978)

栽植密度	試験年次	発生株数 (m ² 当り)	塊茎形成数 (m ² 当り)
密植	1975	350	1,248
	1976	210	280
	1977	40	124
標準植	1975	550	1,984
	1976	740	1,112
	1977	480	1,168
疎植	1975	750	4,408
	1976	850	2,000
	1977	620	2,164

注) 1) 1974年にウリカワを均一に増殖させ、翌1975年から3ヵ年試験を継続した。ウリカワ以外の雑草は手取りおよびCNP粒剤で防除した。

2) 栽植密度、密植20×10(cm)、標準植30×20(cm)、疎植40×30(cm)

3) 田植時期、各年次とも6月中旬、品種 日本晴

4) 調査 10月下旬

が早いほど進み、高いピークを形成し、S字形増殖曲線を描き、例えば7月下旬に発生した1個体が増殖の停滞期となる9月上旬頃までに70倍程度にふえ、5月下旬発生では250倍にもふえるという。

つぎにウリカワに対する生育期の遮光の影響についてみると75%遮光でも株数の低下は少く、40~55%の遮光ではむしろ株数の増加がみられる場合がある^{12,21,23)}。しかし増殖に及ぼす遮光の影響はウリカワの出芽時期で著しく異なり、出芽がおそくなるほど増殖は顕著に抑えられる。しかも施肥レベルの低下に伴って減少程度はさらに大きくなる^{20,21)}。このようにウリカワの生育期の増殖は強度の落水や遮光で低下するが、とくに光環境についてはミズガヤツリやクログワイなどよりもより弱い光環境に適応しているといわれる¹²⁾。また原田ら¹¹⁾は選光性着色フィルムを用いて光質とウリカワの生育との関係を調査した結果、緑色光域で地上部乾物重の増大を認めた。そして水稻群落内では光強度の減少とともに緑色域の多い光となることからこれがウリカワの生育に利用されていると考えられ、地上部の生育に関する限り、光質の面からも水稻群落内の光環境に適応した植物であることを認めている。以上のほか生育に関与する要因としては水田土壌の理化学的性質、pH、漏水条件などが考えられるが、これらについては不明である。

4. 雑草害

ウリカワの発生が水稻の生育や収量に及ぼす影響は栽

培法やウリカワの発生密度などで異なる。初期発生量が同じ条件では成苗移植栽培よりも稚苗移植栽培で減収率が高い。山岸ら⁷²⁾によると移植直後(5月20日)に塊茎をm²当り16個植付けた場合、稚苗移植では20%、成苗移植では13%の減収がみられた。また稚苗移植栽培について成熟期の発生株数をみるとm²当り200株以上で水稻に対して影響が現われ、500株で10%、600株程度発生すると20%の減収になる。一般に発生を放任した場合の多発生田の減収率は15~25%の範囲のものが多い^{18,63,77)}。また江口ら⁸⁾によると水稻への影響は土中塊茎の増殖に明らかに対応した関係がみられ、水稻刈取り後湛水条件では落水条件に比べて早期、普通期ともに塊茎の増殖が進み、減収が大きい。そして最大限に増殖した場合、20~30%の減収になることを認めている。このように栽培法や水稻刈取り後の圃場管理の差異はウリカワの発生量や塊茎形成量に影響を与え、単年度だけでなく、次年度以降の減収の様相に変化を及ぼすことが認められる。

つぎにウリカワの発生による減収の主因はいずれの場合も水稻分げつ期の養分の競合による茎数の減少が穂数減に結びつくものであり、稈実や玄米千粒重への影響は小さい。一般に、ウリカワの早期多発生田では分げつ盛期以降葉色が淡くなる。肥料の吸収量の減少、肥効の低下による生理的障害が茎数抑制に結びついていると考えられる。このことは作期が早く、発生量が多くてもウリカワの繁茂が水稻の生育後半期であれば減収が予想外に少いことからもうなずける。このような減収機構はマツバイの場合と同様な傾向である⁷¹⁾。ウリカワのように光競合がない草種では増殖が早くから始まり、水稻の分げつよりも先行し、水稻の分げつを阻害するような条件になると減収の可能性が極めて増大するが、発生がおそく、水稻の分げつ阻害がなく、茎数が確保されれば穂数以外の収量構成要素への影響は小さいのではないかと考えられる。また多少穂数減を生じてもコナギやマツバイの場合と同様にむしろ穂数減を補償する方向に働いて減収が少ないか、さけられる場合があるものとみられる³⁾。

一方、江口ら⁸⁾によると穂数や収量への影響は土中塊茎の形成数だけでなく、大きさによっても異なることを認めている。すなわちウリカワの塊茎は産地間で大きさに差異がみられ、平均1個重の大きい塊茎では小さい塊茎に比べて塊茎形成数の増加とともに水稻の穂数の低下が大きくなるという。雑草の生態型の変異はミズガヤツリのような光競合を伴う草種では形態的にみて作物被害に差異をもたらす要因として考えられているが⁸⁰⁾、ウリカワについても今後肥料要素の吸収の消長と稲体の生理的機能に及ぼす影響を明らかにする必要がある。またこ

これらの直接的競合要因とは別に地温、水温、土壌硬度の変化などの二次的競合要因の関与度についても説明が残されている。

5. 塊茎の形成と死滅

(1) 塊茎の形成時期と形成量

塊茎の形成時期は水稻の一般的な栽培条件では作期に関係なく、ウリカワの出芽後50～60日を経過したほぼ一定の時期に始り^{18,32,41,77)}、ミズガヤツリやオモダカなど他の水田多年生雑草と異なり、中日植物の性格をもっている^{32,37)}。形成始期の葉齢は12～14葉期である⁷⁷⁾。塊茎の形成時期はこのように日長条件に影響されないが、中干しなど土壌水分の制限によって促進されることが認められている^{59,75)}。塊茎の形成が日長条件とは別に土壌の乾燥によって促進されることはミズガヤツリでもみられており⁸¹⁾、多年生雑草の繁殖特性における多様性の一面を示すものである。

つぎに塊茎の形成数は発生密度、水稻刈取り後の土壌の乾湿、作期などで変動が大きい。発生株数とは正の相関がみられ⁴⁵⁾、平均1株当たり3～4個着生する^{20,45)}。立毛中で一面に発生した場合の形成数は普通、 m^2 当り2,000～4,000個であるが^{2,36,78)}、早期栽培では稲刈り後湛水条件を保つと刈跡で増殖が進み、10,000個前後形成されることがある^{8,70)}。このように水稻の作期については一般に早期>普通期であるが、とくに早期栽培では稲刈り後の土壌の乾湿で著しく異なる⁸⁾。山岸ら⁷⁷⁾によると水稻刈り後強落水させた場合は常時湛水の22%の形成量となり、また落水後再び湛水とした場合には55%の形成量を示し、稲刈り後の落水は塊茎形成量を著しく減少させる。また生育期間の水深の影響も大きい。大西⁶²⁾によると15～20cmの湛水深では0～10cmの湛水深に比べて明らかに塊茎形成数の減少が認められ、塊茎の平均個体重も小さくなった(第4表)。伊藤ら²⁴⁾は15cmの水深では塊茎形成量が多いが3cm以内の浅水条件や25cm以上の深水条件では形成量が明らかに劣る

第4表 湛水深とウリカワの生育量および塊茎形成量
(大西, 1976)

項目 \ 水深	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
地上部株数(本)	25.5	36.0	50.3	23.0	14.5
地上部乾物重(g)	0.39	0.69	0.79	0.48	0.29
塊茎数(個)	141.8	105.0	131.8	67.8	38.8
塊茎(乾物)個体重(mg)	24.5	5.9	5.9	7.1	5.9

注)地上部株数、乾物重、塊茎数は1/5,000aポット当りで示す。

第9図 ウリカワの塊茎形成に及ぼす遮光と施肥の影響
(伊藤ら, 1978)

注) ウリカワの植付 6月18日, 遮光期間 7月9日～10月20日

施肥量, a: N, P, K 各 2 kg/a

b: " 1 kg/a

c: 無施用

試験は縦, 横1m, 深さ0.75mのコンクリート枠に1株植付け, 全期間湛水とした。

ことを認めた。また水稻の栽植密度によっても異なり、とくに密植を2～3年続けると著しく減少する³⁶⁾。

一方、伊藤ら²⁰⁾によると、塊茎形成量は生育期間の遮光程度が強くなるに伴い、前述の分株の増殖と同様に明らかに低下が認められ、しかも特徴的なことは遮光と無施肥を組合せた場合に形成量が顕著に低下した(第9図)。水稻の栽植密度が高い場合の形成量の減少はこのような遮光の影響を受けているものと思われる。なおウリカワ塊茎の平均1個重については宮原ら⁴⁵⁾によると産地間差異があり、形成数と負の相関がみられ、さらに土壌水分による差が大きいことを認めている。すなわち秋期に落水して畑水分状態でおくと、常時湛水状態に比べて塊茎数は減少するが平均1個重の重い塊茎が形成される。

(2) 形成深度

土中の塊茎形成位置は耕土の比較的浅い層に集中しており、地表下5～6cm以内に80～90%が形成され、とくに3～6cmの層に最も多い^{2,18,30,41,62,65,66,69,75,77)}。そして地表下10cmよりも深い層には形成されないか、形成されても極めて僅かである。また土中の深い層には大きい塊茎の分布する割合が高い。一方、塊茎の形成深度は水稻の作期による差はほとんどみられない^{30,75)}。しかし移植水田と乾田直播水田の平均形成深度を比べると、前者が3.5cm、後者が2.9cmで前者がやや深い層まで分布し¹⁸⁾、栽培法の違い、とくに耕深の差異や代かきの影響などがうかがわれる。このほか水田の前歴、土質、土性によっても変動があるものと思われるが不明である。

第10図 ウリカワ塊茎の土中形成分布と耕起・代かきによる変動 (環ら, 1976)

つぎにこのような自然の塊茎の土中分布は翌春、耕起、代かきを行うことによってかなり変動する。相対的には浅い層に占める割合が減少し、作土の10~15cmの深い層へ塊茎の分布が広がる(第10図)²⁾。しかし土中の浅い層の小さい塊茎は代かきの際浮上して水面を浮遊したり、土壌表面に定着しやすい。またウリカワの塊茎形成深度は他の水田多年生雑草に比べて最も浅い³²⁾。このため耕起や代かきによる土中の垂直分布も変動が大きい。そしてこれらの変化は発生活長や伝播と関連をもっており、防除上考慮を要する要因である。

(3) 塊茎の寿命と死滅要因

草薙ら³⁹⁾はウリカワの発生水田を畑に転換して土中塊茎の生存状態を調査した結果、畑水分条件では寿命が3年以内であった。すなわち3カ年の畑期間に塊茎はすべて枯死し、4年目に水田にもどしてもウリカワの発生は全く認められなかった。また宮原ら⁴⁸⁾は出芽個体を毎年除去して年次消長を調査した結果、年次の経過に伴う出芽数の低下はミズガヤツリに次いで早く、3年目には出芽数が著しく減少するか出芽個体がみられなくなったといい、草薙らの調査と符合する結果を示している。塊茎には明瞭な自然休眠がないため萌芽に不適当な条件では環境休眠の状態で生存しており、代かき後ほとんどの塊茎が萌芽するものとみられる。そして土中の深いものは土中で萌芽するが出芽に至らないで死滅し、土中での寿命はほぼ2~3年と推定される。

つぎに塊茎の死滅に関与する要因としては温度のほかに塊茎の水分含量や土壌水分条件などが重要である。まず低温の致死温度については草薙ら³⁸⁾が土壌を介して湛水条件で行った実験では-7℃前後が凍死温度であった(第11図)。これはハマスゲ塊茎の-5℃⁷⁶⁾、ミズガヤツリ塊茎の-4~-5℃⁴⁹⁾に比べるとやや耐凍性がある。一方、塊茎の水分含量と死滅との関係については、採取時

第11図 低温処理日数と塊茎生存率との関係 (草薙ら, 1979)

注) プラスチック容器(10×13.5×6cm)に風乾土(含水比4%)をつめ、湛水区と無湛水区を設け、土壌表面に塊茎を置床して処理した。

期や処理条件によって異なるが、古城ら³¹⁾は水分含有率が40%程度に低下すると次第に枯死し始め、30~20%まで低下すると枯死するといひ、草薙ら³⁸⁾は室内実験で水分含量が50%程度になると急速に萌芽率が低下し40~45%で萌芽がみられなくなり、漸次枯死することを認めている(第12図)。また塊茎の水分含量の低下は頂芽のやや伸長したものが早く、塊茎も枯死しやすい³¹⁾。従って塊茎の乾燥による枯死はまず塊茎から突出している芽部の水分が奪われ萌芽能力が失われることに基因する面が大きいものと考えられる。

つぎに土壌水分との関係についてみると、草薙ら³⁶⁾は乾燥土壌(乾土比4~5%)に塊茎を土中2.5cmに埋め込んだ場合には徐々にすべての塊茎が枯死したが、土壌水分(乾土比)が17~25%では土壌表面に置床した塊茎のみ枯死し、土壌水分が40%以上では土中埋込み塊茎はもとより、土壌表面に置床した塊茎も枯死しないことを認めた。そして土壌水分が25%以下になると土壌表面に置床した塊茎は低温の致死温度とは関係なく、常温で塊茎の芽部が萎凋し、2~3日で萌芽能力を失うことから明らかに乾燥の影響を受けて枯死したものと考えられる³⁸⁾。このように塊茎は乾燥には極めて弱く、土壌の乾燥は塊茎の死滅を促進する大きな要因であるといえる。

第12図 塊茎の水分含量と萌芽率との関係
(草薺ら, 1979)

注) 実験開始時の塊茎水分含量70.0%

このことはさらに草薺ら³⁵⁾の耕起と土壌水分条件を組合せた実験からも明らかである。すなわち耕起によって塊茎を地表面に露出させた場合、乾燥および湿潤状態では塊茎が死滅したが、耕起後湛水状態に保つと耕起による塊茎の死滅効果は打ち消され、塊茎の死滅がみられなかった。

このように塊茎の主要な死滅要因としては低温、乾燥両要因が考えられるが、低温については塊茎形成位置(地表下3~6cm層)の冬期の地温が-7℃前後に低下する地域まで生存が可能と考えられ、実際的にはかなり高緯度地帯になるものとみられる。一方、土壌水分と塊茎の死滅との関係および塊茎が乾燥に弱いという性格を考え合わせるとウリカワが一般に生息しているところでは耕起作業等が行われるので耕種的にみて、低温よりも乾燥が塊茎の死滅を促進する要因として強く作用しているといえる。

6. 伝 播

石倉ら¹⁹⁾によるとウリカワ塊茎は比重1の清水中で10%程度、1.05の塩水中で50%以上浮上し、萌芽時にはさらに比重が軽くなるため代かきの灌漑水による移動が容易であることを認めている。また種子は扁平で周囲に星状の翼をもち水面に浮遊して運ばれやすい形態であり、

ともに灌漑水によって伝播しやすいと考えられる。とくに代かきの際浮上した小さな塊茎は強い風が吹くと畦畔に打ち寄せられ、田植時の落水とともに水路に排出されたり、田越し灌漑で下方へ伝播する。また塊茎は小さいためトラクタや耕運機などの車輪にくっついて伝播したり、鳥類が運ぶことなどが考えられる。そのほか基盤整備の際、水田や浅い水路に発生しているものが持ち込まれることもある。

ウリカワは田植機の導入による水稻稚苗移植栽培の普及とともに増加してきたともいわれている^{15,77)}。この因果関係の直接的な立証は困難であるが、少くとも浅耕、田植の早期化、田植時の落水、浅水管理など稚苗の栽培条件はすでに述べた生態的な特性からみてウリカワのような発生深度が浅い小型水生雑草の発生生育に適しているといえる。また小型雑草であるため初期の発生を見逃がしやすいことなども伝播や蔓延を助長する一因になっているものとみられる。

7. 防 除

(1) 耕種的防除

水稻刈取り後の耕起、裏作物の導入、田畑輪換などはウリカワの発生抑制効果が大い^{9,14,31,35,39,41,67,68)}。耕起については塊茎の土中分布を変化させ、発生の抑制と塊茎の死滅を促進する。一般に耕起によって塊茎の分布は土中の深い層に多くなる^{14,31,35)}(第13図)。その程度はプラウ耕>ロータリ耕であり³⁵⁾、ロータリ耕では耕起した範囲に塊茎が広がる³¹⁾。プラウ耕では全塊茎の5%

第13図 耕起前および反転耕後の塊茎の土層分布
(平野, 1975)

注) 反転耕の深さ、15~20cm, 調査、12月10日

前後が地表に露出する^{14,35)}。平野¹⁴⁾によると秋季のプラウ耕は不耕起休閑に比べて翌年のウリカワの発生を50%減少させ、さらにウリカワに効果の高い除草剤の処理を組合せることによって除草効果は一層高まることを認めている。LEEら⁴¹⁾も秋季のプラウ耕が翌春の塊茎の萌芽抑制効果が大きいことを認めている。また草薙³⁵⁾は耕起によって地表に露出した塊茎は耕起後湛水状態では前述のように枯死しないが土壌が乾燥状態ではすべて枯死し、またプラウ耕では土壌表面から土中5 cm層までの塊茎の約40%が枯死することを認めた。江口ら⁹⁾も耕起による塊茎の枯死率は塊茎の土中深度が深くなるほど低下することを認めている。このように耕起は土中の深い層に埋没したウリカワ塊茎の萌芽を不可能にすること、土壌表層部の塊茎を冬期の低温や乾燥によって枯死させる両面の効果があり、土壌の乾燥とプラウ耕によって高い死滅効果が期待できる。そして土壌表層部の塊茎の枯死で翌年の初期発生が著しく抑えられ、この間に水稻の生育が先行し、水稻がウリカワとの競争に最も弱く、減収に強く結びつく分げつ最盛期に雑草害から回避できる点で実用的な意義は大きい。

一方、早期栽培では水稻刈取り後も増殖が進むため、強度の落水と早めに耕起することが必要である。また後作物を早めに作付けして地表面の遮光度を高め、さらに高畦栽培を行えばウリカワなど多年生雑草の抑制に有効であることが認められている^{67,68)}。このほか水稻の晩植や乾田直播栽培はウリカワの発生を抑制するといわれている。また田畑輪換については前述のように塊茎の寿命が2~3年であるため、ウリカワの防除面からみると3カ年程度の畑期間が必要である。この場合の生態的防除効果は塊茎の完全死滅が期待できるだけに他の耕種的手段よりもはるかに効果的である。

つぎに代かきについては耕起後灌水してウリカワを出芽させたのち代かきすると防除効果が高いといわれている³¹⁾。しかし代かきによって土中の小塊茎や出芽塊茎はむしろ浮上しやすく、徐々に土壌表面や畦畔際に定着する場合も多い。代かきの方法や時期による変動も大きく、代かきだけでは十分でない。

中耕除草については一年生雑草に合わせた初期の中耕はウリカワの後発生による増殖で効果が少く、また中耕除草時期がおそくなると発生量がふえ、土壌がしまつて作業精度もおち残しやすく、株間除草も不十分となる¹⁷⁾。中耕除草を1回行う場合にはウリカワの地上部切除による再生力が最も弱くなる田植後20~30日に行い、中期除草剤を併用すると防除効果が安定するといわれている¹⁷⁾。除草機の導入に当ってはさらに機種を選定、除草

回数の検討のほか作業面や除草剤の使用時期との関連などを検討して合理的に行うことが必要である。

(2) 除草剤による防除

1) 除草剤の作用性と適用性

多年生雑草は一般に発生深度が深く、生長点が土中にあるものが多いため、吸収移行性が大きく、しかも複数の吸収部位と作用点をもつ除草剤が有効とされている。また明瞭な選択殺草性を有することも重要な特性である。既存の有効除草剤はいずれもこのような作用性を有しており、開発の着眼点になっているといってもよい。ウリカワに対してもこのような観点からこれまでに有効な除草剤が数多く開発され、日本植物調節剤研究協会の委託試験等を通して適用性が見出され、単剤または混合剤として農薬登録を受け普及に移されている^{53,55)}。代表的な単剤としては2,4P Aエチル, MCP B, MCP エチル, MCP アリル, フェノチオール, ナプロアニリドのような移行型除草剤で生体内のホルモン作用を攪乱し、生体制御機構を破壊するもの、また非ホルモン系除草剤であっても吸収移行性が大きく、生長点の機能を阻害するものや葉緑素の形成、光合成作用を阻害するACN, シメトリン, ジメタメトリン, ベンタゾン, ピラゾレートなどがあげられ、これらはいずれもウリカワに対して強い殺草作用が認められている⁴²⁾。

つぎにウリカワに対する除草剤の開発と適用の経過を若干ふり返ってみたい⁵⁴⁾。これは水田除草剤の変遷を知るうえからも興味深いものがある。1950年にわが国で最初に普及に移された2,4P Aとそれに続くMCPはともに広葉雑草に卓効を示すことからウリカワの防除に一定の役割を果たしてきた。すなわち繁殖源である塊茎の形成や肥大の阻害だけでなく、翌年の塊茎の出芽率や再生力を低下させる作用が認められている⁶¹⁾。その後1960年代にはこれらフェノキシ系除草剤の使用と同時に土壌処理剤の開発普及が進んできた。しかしこの時期に開発されたNIP, CNPなどのいわゆる初期剤はウリカワに対しては殺草作用が弱く、短期間の抑制効果が期待できる程度である⁴⁾。このほか初期剤としては水生雑草に顕著な効果を発揮するACNが適用された。本剤は殺草反応が速効的で温度の高低による処理効果の変動も小さいが、ウリカワの2~3葉期が処理適期で処理期幅が狭く、しかも発生深度が深く後発生するものに効果が劣ることが難点である^{15,60,65,77)}。

一方、1970年代になって多年生雑草の増加が顕著になってくるとともに他方では兼業化が進み、労力の配分や防除の省力化という面から処理適期幅や殺草スペクトルの広い除草剤が要望されるようになり、いわゆる中期剤

と呼ばれる各種混合剤が開発された。これによって除草体系は初期剤と中期剤との組合せ処理が中心となり、水田除草はほとんど除草剤だけに依存することになった。ウリカワの優占化は2,4P A, MCP 等のいわゆる後期剤の使用の減少やこうした除草体系への偏重が一因となって助長されたともいわれている¹⁵⁾。他方、この時期から機械移植栽培が急速な増加を示すに至っている。さらに1970年代の後半以降、一年生雑草と多年生雑草の同時防除に対する期待が著しく大きくなった。前述のシメトリン、ジメタメトリンなどのトリアジン系除草剤や、MCP B, ペンタゾンなどを含む混合剤が開発され、なかでも同時防除に照準を合わせた代表的なものとしてSM 剤と称されるシメトリンとMCP Bを含む混合剤が注目を引いた。同時に多年生雑草が優占する圃場への適用や発生状態によっては処理時期の規制が少く、スポット処理ができるなどの利点をもつ多年生雑草専用剤に対する期待も大きくなり、ペンタゾンはその代表的な除草剤として登場した。

このようにウリカワの防除は2,4P A, MCP などフェノキシ系除草剤の使用に始まり、同時防除剤や専用剤の単用または組合せ処理によって成果をあげてきたが、最近、ナプロアニリドやピラゾレートなどウリカワに卓効を示す初期剤が開発され、除草体系の策定に明るい見通しがえられてきた。また従来、初期剤は主として水稻に対する安全性の面から単剤が中心であったが、選択性のある除草剤の開発が進み、効果の持続性を高め、適用草種の拡大をはかると同時に除草体系の単純化と防除の省力化を狙って初期剤にも混合剤化の時代がやってきた。ピラゾレートやナプロアニリドとブタクロール、ベンチオカーブなどとの混合剤はこうした狙いで最近開発されたものであり、今後の使用の動向が注目されている。

以上、水稻移植栽培におけるウリカワ対象除草剤について述べてきたが、直播栽培では湛水直播栽培でウリカワの発生が問題になる。最近、湛水土中直播栽培が注目

を浴びているが¹⁶⁾、ピラゾレートの開発によって従来難点とされていた初期除草対策が確立され、しかもウリカワの防除も本剤の適用によって解決できるものと期待されている。

2) 除草効果に及ぼす変動要因

除草効果の変動に關与する要因は多岐に亘り、雑草の発生活長、処理時期、除草剤散布前後の気象条件、土壌条件、剤型の差異などがあるが、ここでは主要な除草剤のウリカワに対する直接的な変動要因に限定して述べることにする。まず除草剤の処理時期については一年生雑草との同時防除剤で問題になりやすいが、同時防除剤ではノビエの葉期によって処理時期が制約されることを念頭に入れてウリカワの防除最適葉期の時期をうまく合致させるように散布時期を決めることが効果の変動をさけるうえで重要である。またウリカワに対する最適処理時期は除草剤によってかなり異なる。ペンタゾンのような光合成阻害型除草剤は発生始期よりも塊茎の貯蔵養分の消耗が進んだ増殖初期で効果が安定する。またMCP Bを含む混合剤では本剤がウリカワに対する殺草作用の主導的な役割を果たしており、とくにシメトリンとの混合剤の場合には発生が揃い光合成作用が強くなった4～5葉期が処理期の早限とみられている。また多年生雑草の混生田では中期剤の散布時期にできるだけ処理適期の異なる草種をもち込まないように多年生雑草に有効な初期剤を組合せることも必要である。

つぎに除草効果と温度との関係についてはウリカワに有効な除草剤には温度反応の大きいフェノキシ系やトリアジン系の除草剤が含まれているものが多い。一般にこれらの除草剤の除草活性は高温条件で高く、低温条件で不安定になりやすい。そして多くの除草剤で作期による除草効果の変動は作期の早晩によるウリカワの発生活長の差異に影響される面が大きいとみられている⁷⁾。すなわち早期栽培では代かき後低温条件に見舞われることが多く、ウリカワの発生活長が緩慢となりやすく、除草効

第5表 ウリカワ対象主要除草剤の処理適期および要因別変動性（江口ら，1975）

除草剤 要因	MCPアリル粒剤	ペンタゾン粒剤	ナプロアニリド・ ベンチオカーブ 粒剤	ジメタメトリン・ ビペロホス・ ペンタゾン粒剤	ACN粒剤	MCPB・シメ トリン・モリ ネート粒剤	ナプロアニリ ド粒剤
処 理 適 期	本葉抽出始 ～増殖始期	本葉抽出始 ～増殖始期	出芽前 ～本葉抽出始	本葉抽出始 ～増殖始期	本葉3～4葉期	本葉抽出始 ～増殖始期	出芽前 ～増殖始期
作 季	早＝普(大)	早<普	早<普	早<普	早<普	早<普	早<普
漏 水	D=N	D<N	—	D<N	D<N	D<N	—
降 雨	大	大	—	小	小	小	小

注) (1) —は変動し不確定、降雨欄の大小は降雨による効果の減少程度を示す。

(2) D：漏水条件、N：無漏水条件、早：早期栽培、普：普通期栽培で効果の程度を示す。

第14図 ベンタゾンがウリカワの殺草効果に及ぼす水深の影響 (嶺ら, 1974)

果が変動しやすい。一方、除草効果は水管理や降雨などの条件によっても変動しやすいが、これは江口ら⁶⁾の報告にみられるように除草剤の種類によってもかなり異なる(第5表)。ベンタゾンやベンタゾンを含む混合剤では漏水による効果の低下が大きい^{6,13,18,25,43)}。またベンタゾンは処理後の降雨によっても効果の低下が大きい⁶⁾。とくに田面水が溢流するような降雨で著しく、しかもその低下度は時期が早いほど大きい。湛水深については深水よりも水が土壌表面をわずかに覆う状態の浅水がよいといわれ^{13,18,43)}、水深が浅い場合には蒸散作用が高まり葉身への薬剤の移行量が多くなり、効果が高い(第14図)⁴³⁾。またベンタゾン粒剤では落水処理が湛水処理よりも害徴の発現が早く、枯死に至る期間も短い¹³⁾。このよう

第6表 除草剤による水田雑草の除草体系とウリカワ対象主要除草剤^{53,55)}

除草剤区分 処理法	初期剤	中期剤	後期剤
単用処理	■	■	■
体系的処理 (組合せ処理)	■	■	■
(開発年代)			
1950			2,4PAエチル(G) MCPエチル(G)
1960		MCPアリル(G) ACN(G)	MCPB(WP,G)
1970		シメトリン・MCPB(G) シメトリン・フェノチオール(G) MCC・MCPB(G) MCPB・シメトリン・モリネート(G) ベンタゾン(WP,G) (後期剤としても使える) ジメタメトリン・ピペロホス・ベンタゾン(G) ベンチオカーブ・シメトリン・ベンタゾン(G)	2,4PAエチル・ベンタゾン(WP,G) MCPエチル・ベンタゾン(WP,G)
1975	ナプロアニリド(G) ピラゾレート(G)	MCPB・シメトリン・ベンチオカーブ(G) MCPB・シメトリン・ベンタゾン(G)	
1980	オキサジアゾン・ナプロアニリド(G) ナプロアニリド・ベンチオカーブ(G) ナプロアニリド・アタクロール(G) ピラゾレート・アタクロール(G) ピラゾレート・ベンチオカーブ(G)	MCPB・シメトリン・ベンチオカーブ・メトキシフェノン(G) MCPB・シメトリン・SAP(G) ジメタメトリン・ピペロホス・MCPB(G) シメトリン・ACN・MCPB(G)	(WP: 水和剤) (G: 粒剤)

注) (1) 初期剤は田植前～田植後8～10日頃(ノビエ1.0～1.5葉)までに使用するもの、中期剤は単用処理では田植後8日～20日頃(ノビエ1.0～3.5葉)、体系的処理では田植後15日～30日頃までに使用するものをそれぞれ目安として類別した。

(2) A*: 雑草の少ない水田、発生の揃う温暖地、暖地で適用されることが多い。

B**: 雑草の多い水田、発生の揃いになりやすい寒地、寒冷地、早期栽培地帯および多年生雑草対策として適用されることが多い。

に漏水や水管理による効果の変動はベンタゾンが水溶解度が高く、土壤移行性が大いことに基因するものとみられる⁴⁴⁾。このほか最近、宮原ら⁴⁷⁾および高沢ら⁷³⁾は産地の異なるウリカワに対する除草剤感受性の差異について報告している。これによるとナプロアニリド、ベンタゾン、ピラゾレートなど現在の代表的なウリカワ防除剤では産地および塊茎の大小による感受性の差異はみられないが、ACNでは感受性が異なった。しかしACNの感受性の差異は生育程度による効果差が大いいため、塊茎の大小による生育速度の差によるのではないかと考えられている⁴⁷⁾。

3) 除草体系

現在、ウリカワの防除は除草剤の利用に重点がおかれ、機械除草や除草剤と機械除草との組合せは極めて少ない。また早期栽培では稲刈取り後の秋季防除も効果が認められているが^{57), 69)}、処理時期と収穫作業との競合などの制約があること、さらに有効な生育期処理剤が開発されたことなどによって現在ではほとんど行われていない。

水稻生育期の除草剤による除草体系としては、①初期剤または②中期剤による一年生雑草との同時防除、③初期剤と中期剤の組合せによる一年生雑草との同時防除、④初期剤または⑤中期剤と後期剤との組合せによる防除に大別できる(第6表)^{37), 56)}。除草体系としていずれを選択するかはウリカワの発生量、発消長だけでなく、一年生雑草やその他の多年生雑草の発生状態によっても異なる。一般に田植時期が低温で雑草の発生が緩慢な寒地、寒冷地や温暖地以西でも早期栽培地帯などではウリカワの発生期間が長く、除草剤の組合せ処理が必要な場合が多い^{1), 15), 30), 56)}。除草体系の策定に当っては前述のように水稻の茎数の抑制から穂数減に結びつく分げつ盛期におけるウリカワの増殖を抑えることと、翌年の繁殖源となる塊茎の形成を抑えることに重点をおく必要がある。とくにウリカワの塊茎形成は他の多年生雑草と異なって早いので、後期剤の使用については処理適期を失しないように留意する必要がある。

おわりに

以上、ウリカワの生態の特性と除草剤による防除技術の現状について述べたが、生態については今後さらに合理的な防除体系を確立するうえで解明を要する多くの課題が残されている。とりわけ種内変異の実態解明、土壤の種類や理化学的性質など土壤条件と増殖との関係、塊茎の増殖率や年次的発消長と防除水準との関係などは重要な課題である。一方、本稿では個々の除草剤の開発の経過や作用特性については省略したが、薬剤面では塊

茎の形成阻害や新塊茎に対して萌芽防止効果のある浸透移行性の大きい中期剤または後期剤の開発などが期待される。さらに今後防除の省力化や低コスト化などの視点から除草剤と耕種の防除や機械的防除との組合せ効果を明らかにするなど除草剤の効率的利用をはかることが一層重要になってくるものと考えられる。

引用文献

- 1) 坪 存・島田裕之：雑草防除研究会第14回講演要旨，40～42 (1975)
- 2) 坪 存・佐藤 修・島田裕之：雑草研究21(別)，138～140 (1976)
- 3) 千坂英雄：雑草研究 5，16～22 (1966)
- 4) 張映熙・服部金次郎・草薙得一：雑草研究 24 (別)，87～88 (1979)
- 5) 土井康生・森田弘彦：北海道農試研究資料 14，1～15 (1978)
- 6) 江口末馬・宮原益次：雑草防除研究会第14回講演要旨，37～39 (1975)
- 7) 江口末馬・宮原益次：雑草研究 21(別)，136～137 (1976)
- 8) 江口末馬・高林 実・芝山秀次郎・雑草研究 27 (別)，17～18 (1982)
- 9) 江口末馬・高林 実・芝山秀次郎・宮原益次：雑草研究 28 (別)，163～164 (1983)
- 10) 江口末馬・高林 実・芝山秀次郎・宮原益次：雑草研究 28 (別)，165～166 (1983)
- 11) HARADA, J., T. ITO and T. TANAKA: Proc. 7th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf. 363～365 (1979)
- 12) 原田二郎・伊藤十四英・小山懸雄・田中孝幸：北陸農試報 23，81～86 (1981)
- 13) 服部金次郎・草薙得一：雑草研究 22 (別)83～85 (1977)
- 14) 平野隆二：和歌山農試研報 5，7～10 (1975)
- 15) 堀 親郎：雑草研究 19，51～57 (1975)
- 16) 堀 親郎・齊藤 稔・芦部守彦：雑草研究 22 (別)，108～110 (1977)
- 17) 堀 親郎：雑草とその防除 15，37～40 (1978)
- 18) 石原信一郎：富山農試研報 7，27～35 (1976)
- 19) 石倉教光・曾我義雄・森田林逸・池上 亘・高村 堯：日作四国支報 12，34～36 (1975)
- 20) 伊藤一幸・草薙得一：雑草研究 23(別)，171～173 (1978)
- 21) 伊藤一幸・草薙得一：雑草研究 24(別)，77～78 (1979)
- 22) 伊藤一幸・張 映熙・草薙得一：雑草研究 24 (3)，170～175 (1979)
- 23) 伊藤一幸・草薙得一：雑草研究 25 (別)，93～94 (1980)
- 24) 伊藤一幸・渡辺 泰：雑草研究 26 (別)，55～56 (1981)
- 25) 岩崎桂三・吉川治利・綿島朝次：雑草防除研究会第13回講演要旨，71～73 (1974)
- 26) 広東省植物研究所編：海南植物誌 4，科学出版社(北京) (1977)
- 27) 笠原安夫：農学研究 42，97～113 (1954)
- 28) 片岡一男：農及園 53 (5) 63～67 (1978)
- 29) 洪亮吉・呂理榮：台湾農地雑草，中華民國雜草学会(1980)

- 30) 小島 元・朱宮昭男・福永雅一・井上隆雄・江坂正二：愛知農経試研報A4, 83~93 (1972)
- 31) 古城斉一・大隈光善・今村惣一郎：雑草防除研究会第14回講演要旨, 31~33 (1975)
- 32) 草薙得一・高村堯夫：雑草防除研究会第14回講演要旨, 79~81 (1975)
- 33) 草薙得一：雑草害, 農業技術大系作物篇, 第1巻イネ基礎編, 農山漁村文化協会, 380~382 (1975)
- 34) 草薙得一：水田の多年生雑草, 全国農村教育協会, 4~5 (1976)
- 35) 草薙得一・服部金次郎：雑草研究 22 (別), 120~121 (1977)
- 36) 草薙得一・服部金次郎：雑草研究 23 (別), 179~180 (1978)
- 37) 草薙得一：日本農薬学会誌 3 (特別号), 485~497 (1978)
- 38) KUSANAGI, T. and Y. H. CHANG: Proc. of 7th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf. 317~320 (1979)
- 39) 草薙得一・伊藤一幸・服部金次郎：雑草研究 25 (別), 99~100 (1980)
- 40) 鍛塚昭三・中野るり子：日土肥雑誌 49 (3), 210~216 (1978)
- 41) LEE, H. K. and C. I. CHO: Res. Rep. of the Office of Rudal Dev., Res. Bureau Office Rudal Dev., Suweon, Korea, 22, 70~75 (1980)
- 42) 松中昭一：除草剤の作用機構概説, 山本出・深見順一編 農薬—デザインと開発指針, ソフトサイエンス社, 329~358 (1979)
- 43) 嶺 昭彦・日野修徳・上田 実：雑草研究 17, 64~70 (1974)
- 44) 嶺 昭彦・日野修徳・上田 実・松中昭一：雑草研究 18, 5~10 (1974)
- 45) 宮原益次・江口末馬：雑草防除研究会第13回講演要旨, 30~32 (1974)
- 46) 宮原益次・江口末馬：雑草防除研究会第14回講演要旨, 28~30 (1975)
- 47) 宮原益次・江口末馬：雑草研究 21 (別), 97~99 (1976)
- 48) 宮原益次・高林 実：雑草研究 27 (別), 15~16 (1982)
- 49) 中川恭二郎：農学研究 56, 15~31 (1977)
- 50) 中川恭二郎：農学研究 58, 51~78 (1979)
- 51) 中村喜彰：低コスト増収の米作り—湛水土壤中直播栽培, 家の光協会 (1983)
- 52) 中野るり子・鍛塚昭三：日土肥雑誌 49 (6), 501~506 (1978)
- 53) 日本植物防疫協会：昭和58年度主要病害虫 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬一覧表 (1983)
- 54) 日本植物調節剤研究協会：除草剤25年のあゆみ, 3~11 (1974)
- 55) 日本植物調節剤研究協会編：除草剤・生育調節剤使用基準 (1982)
- 56) 日本植物調節剤研究協会：農作物の除草に関する実態調査報告書, 水稻編, 全国農業改良普及協会 (1983)
- 57) 西尾伸一：中国雑草防除研究 2, 28~30 (1971)
- 58) 野田健児：雑草研究 14, 19~23 (1972)
- 59) 大隈光善・古城斉一・今林惣一郎：雑草防除研究会第14回講演要旨, 34~36 (1975)
- 60) 大隈光善・古城斉一・今林惣一郎：雑草研究 21 (4), 186~188 (1976)
- 61) 大隈光善・宇根 豊・古城斉一・今林惣一郎：雑草研究 22 (4), 208~210 (1977)
- 62) 大西功男：滋賀農試研報 18, 7~8 (1976)
- 63) 大西功男：近畿作物育種談話会報 22, 15~19 (1977)
- 64) SCULTHORPE, C. D.: The Biology of Aquatic Vascular Plants, Edward Arnold Ltd. London (1967)
- 65) 酒井勇夫：徳島農試研報 14, 1~3 (1975)
- 66) 阪井靖治・片岡一男・辻 久男：三重農技センター研報 5, 18~22 (1977)
- 67) 坂本真一・江藤博六・梅木佳良・村社久米夫・梶本 明：雑草研究 27 (4), 259~263 (1982)
- 68) 坂本真一・江藤博六・梅木佳良・村社久米夫・梶本 明：雑草研究 27 (4), 264~271 (1982)
- 69) 佐竹治男・桑野正信：雑草研究 9, 25~28 (1969)
- 70) 芝山秀次郎・宮原益次・江口末馬・高林 実：雑草研究 26 (別), 99~100 (1981)
- 71) 下島久雄：滋賀農試特別報告 (1967)
- 72) SUGE, H. and T. KUSANAGI: Plant & Cell Physiol. 16, 65~72 (1975)
- 73) 高沢良夫・田中俊実・南保俊夫：雑草研究 26 (別), 25~26 (1981)
- 74) 竹松哲夫・竹内安智：世界の農耕地雑草とその制御, 全国農村教育協会, 1~187 (1983)
- 75) 続 栄治・藤原帝見・陣野久好：日作九州支部会報 38, 25~26 (1973)
- 76) 植木邦和・中村 弘・小野 宏：雑草研究 4, 61~67 (1965)
- 77) 山岸 淳・橋爪 厚：雑草研究 14, 24~29 (1972)
- 78) 山岸 淳・橋爪 厚：千葉農試研報 14, 125~134 (1974)
- 79) 山岸 淳・武市義雄・草薙得一：雑草研究 20 (4), 160~165 (1975)
- 80) 山岸 淳：雑草とその防除 13, 29~36 (1976)
- 81) 山岸 淳：千葉農試特別報告 8, 1~94 (1979)

(1984年2月20日受理)