水田雑草オモダカの生態と防除に関する研究

伊藤一幸 農林水産省熱帯農業研究センター

Kazuyuki ITOH* : Ecology and Control of an Arrowhead,
Sagittaria trifolia L., a Perennial Paddy Weed

はじめに

オモダカ *Sagittaria trifolia* L.に関する研究を開始した動機は、何よりも近年各地で問題となっている水田多年生難防除雑草の一つであり、この防除法の確立が重要な課題であったこと、また、異形葉の形成やネオテニーなど進化生物学的にみて興味ある一群の植物であること、さらに、オモダカは子供の頃から身近に生育しており、花のきれいな雑草であったことから関心をもっていたからである。

筆者は雑草の防除にとって、回り道ではあるが、それぞれの種の生活史全般の解明がなされる必要があると考えており、とりわけ、オモダカでは水田における塊茎、種子両繁殖体の動態と出芽についての解明が不可欠であると考えてきた。それで、1977年より農事試験場および農業研究センター鴻巣試験地で、圃場試験を中心に、主としてその防除にかかわる生態を解明してきた。

1. 生態的特性の解明

オモダカの生育および繁殖体生産について類縁のオモダカ科雑草であるウリカワ、アギナシ、ヘラオモダカなどと比較検討した²⁻⁵⁾。オモダカではウリカ

ワ、サジオモダカと異なり無遮光条件から75%遮光条件まで遮光程度を変えても、一個体内の瘦果生産と塊茎形成の分配比に変化が少ないことを解明した。また、オモダカの施肥反応では多肥条件での生育がきわめて旺盛で施肥量に応じた生育を示すこと、水深では他の草種が生育できない水深50cmでも塊茎と瘦果の両繁殖体を形成し、水深に対する幅広い適応がみられた。そして、一般的には光が強く、富栄養な条件ほど有性繁殖比率が高まり、3~15cmの水深で生育が良好であったものの、これらの環境条件がある限界を越えると栄養繁殖系のみの生活環を回すことになり、オモダカの難防除性的一端を明らかにした^{10,14)}。

2. 雑草害の解明

普通期作水田で水稻移植直後にオモダカ塊茎の密度を変えて埋込み、その雑草害の様相を検討した¹²⁾。オモダカは低密度で草丈が高く、高密度で低くなったが、最高分け時期以降はいずれも水稻畦間、株間をその葉身で埋めた。9月中旬のオモダカ地上部風乾重が大きいほど群落総重、水稻収量は低下した。また、減収は主として養分競合として現れ、収量構成要素の中で穂数減が最も大きく影響した。さらに、

第1表 オモダカの発生密度別水稻収量とその構成要素¹²⁾

塊茎埋込密度	地上部風乾重*	穂数	一穂粒数	登熟歩合	千粒重	精玄米重
本/m ²	g/m ²	本/m ²	粒	%	g	g/m ²
0	0	387	66.4	89.7	20.1	462.5
本/m ²	g/m ²	%	%	%	%	%
10	102	86.8	100.5	97.9	100.5	84.5
20	165	81.1	100.8	95.8	100.0	77.5
40	147	85.3	94.4	100.4	99.5	80.7
80	148	80.4	94.0	99.3	100.5	77.9
160	243	66.7	95.2	101.2	100.5	64.5

注) 埋込塊茎なし(対照区)は1m²当りの実数で示し、他はそれに対する割合で示した。*: 9月9日調査, オモダカ。

* Tropical Agriculture Research Center, MAFF, Tsukuba, Ibaraki 305

オモダカの高密度条件では一穂粒数減をもまねき、また、草丈の高い低密度のオモダカは登熟歩合を低下させた。タイヌビエなど他の水田雑草と比べ、オモダカの単位重量当りの水稻の減収率は高く、これはオモダカの体内窒素含量の高いことが原因であろうと推定した。そして、年度、発生量、出芽時期などによって9月上、中旬の異なる現存量のオモダカと水稻穂数との間には高い負の相関が認められ、この頃のオモダカ100g/m²の地上部重に対し、12~15%の雑草害が推定された(第1表)。

水稻の普通期および早期栽培田で水稻畦間と裸地水田にオモダカ塊茎を時期を変えて埋込み、生育量および繁殖体形成量を調査した¹³⁾。オモダカの葉身は両作期とも水稻群落内で広く、薄くなり遮光に対する葉の形態的適応がみられた。水稻畦間のオモダカの生育は両作期とも埋込み時期が遅れるほど抑制された。水稻収穫時に刈取られたオモダカは早期栽培ではすべての埋込み時期の株基部からの再生がみられた。塊茎形成量は地上部乾物重の最大値に対応していた。普通期の水稻畦間の個体は0~10個、早期の水稻畦間では3~15個/株の塊茎を形成した。普通期の水稻畦間で水稻の根域を制限した場合のオモダカの生育および繁殖体生産量は、7月上~下旬の出芽個体で制限しなかった個体より多くなったが、水稻移植直後および中干し期出芽個体では差異がみられなかった(第1図)。以上の結果から、関東平坦部における普通期栽培田では中干し期までに出土したオモダカを完全に防除すれば、長期的にみて

オモダカの発生量を減少させることができるものと推定した。しかし、早期栽培田では水稻収穫期に出土した個体でも多数の塊茎を形成するので水稻収穫後の管理がとくに重要であることを指摘した。

3. 塊茎の生存状態の把握

オモダカの効率的な防除法を確立するための基礎的知見を得るために、繁殖体の土壌中における生存状態と出芽に関する研究を開始し、その第一歩として、水田における塊茎の生存状態の推移を調査するとともに、塊茎の乾燥や切断が生存状態におよぼす影響を検討した⁹⁾。オモダカの塊茎は耕土層のみでなく心土層にも形成され、耕土層では小型の塊茎が多く、心土層では大きな塊茎が含まれていた。生存塊茎数は主として耕起による損傷および代かき以後の湛水条件での萌芽、出芽によって減少した。中干し期には越冬塊茎の1割程度の完全塊茎(萌芽・未出芽塊茎を含む)がみられたが水稻収穫期以降にはほとんどなくなった。そして、塊茎の頂芽部が細長く、塊茎球部との間で折れやすいという形態的特徴および側芽の形成が悪いという特性が耕起によって損傷を受け、死滅する塊茎を増加させているものと推定した。また、塊茎の乾燥に対する耐性からみて、耕起によって土壌表層に塊茎を分布させても、その死滅効果は低いものと推察された。これらの結果から、水田における塊茎の寿命がほぼ1年以内であるがゆえに、秋耕、春耕、水稻生育期の除草剤による防除等、適切な防除によって塊茎の再生産を完全に

第1図 オモダカの出芽時期と繁殖体生産量との関係¹³⁾

注) △---△: オモダカ単株個体, ○—○: 水稻畦間個体, ●—●: 水稻畦間, 水稻根域制限体, 埋込み塊茎の大きさを込みにした平均値で示した。

第2図 水田の土壤中における前年産オモダカ塊茎の生存状態の推移⁹⁾

注) 腐敗塊茎および出芽株付着塊茎を除く。折線の上段は損傷塊茎，下段は完全（未損傷）塊茎。棒グラフ上段の()は1㎡あたりの塊茎からの出芽数。

防止した翌年には、種子発生のみに注意して、塊茎からの発生を考慮する必要がないものと推定された（第2図）。

4. 塊茎の休眠覚醒と萌芽温度の解明

自然条件におけるオモダカ塊茎の休眠覚醒過程を知る手がかりを得るために、塊茎の休眠性とその覚醒方法を検討し、休眠覚醒塊茎における萌芽速度について調査した¹⁵⁾。塊茎の形成過程における休眠性の獲得を知るために、地下茎伸長期から塊茎の形成終期まで、地下茎の先端部および塊茎を採取し、その萌芽性をみた。塊茎は地下茎が腐敗し、親株から分離・独立するところ（11月）には深い休眠に入っていた。

次に、塊茎の一次休眠の覚醒条件を検討するため、温度（30、15、5℃の定温条件およびガラス室内、戸外の変温条件）、土壌水分（湛水、畑水分）、貯蔵期間を変えた10数種類の条件下で貯蔵した塊茎の30℃、明、水没条件における萌芽状況を調査した。塊茎は貯蔵期間中の温度、土壌水分および貯蔵期間によって異なった萌芽パターンを示し、おおむね高温ほど、貯蔵期間が長くなるほど萌芽率が高まった。そして、30℃畑水分土中に3週間以上貯蔵することにより、貯蔵期間中には萌芽しないで、死滅率は低く、休眠の覚醒のみができることを解明した。15℃

および5℃定温貯蔵では30℃に比較して萌芽が長期にわたった。また、変温貯蔵では、貯蔵期間の長期化にともない萌芽の進行は速まったが、この傾向はガラス室内貯蔵で戸外貯蔵より顕著であった。一方、湛水土中貯蔵塊茎では、30℃定温で急速に死滅が進行した。30℃を除く他の4温度条件の貯蔵は貯蔵温度にあまり関係なく貯蔵期間が長くなるほど萌芽の進行が速まった。そして、オモダカ塊茎には他種の雑草種子でみられるような二次休眠への導入はないものと推察した。

次に、休眠覚醒塊茎を用いて萌芽温度反応を調査した。明条件における萌芽の低温限界は10℃前後、高温限界は35～40℃の範囲であった。また、好適萌芽温度域は25、30℃の定温および15/30℃変温であった（第3図）。

5. 塊茎の休眠覚醒時期の把握

関東平坦部の普通期水田におけるオモダカ塊茎の休眠覚醒時期を、採取時期を変えて調査した。また、貯蔵期間、貯蔵温度、土壌水分を変えた塊茎の萌芽試験から休眠覚醒時期を解析した¹⁶⁾。乾田で形成された塊茎は冬季の低温（2～5℃）により、休眠が浅くなった。しかし、3月上旬の段階では完全に覚醒されたとはいえなかった。春季の地温上昇（5～17℃）によって、光にさらされた土壤表面露出塊

第3図 オモダカの休眠覚醒塊茎の各種温度における萌芽¹⁵⁾

注) ▲—▲: 10°C, ●—●: 25°C, △—△: 30°C, ○—○: 35°C,: 40°C, ▽: 45°Cの定温, ▼—▼: 15/30°C (12時間切り替え) の変温, ただし, 40°C, 45°C定温は20日目以後25°C定温に変更した。

置床条件: 上記温度, 明, 水没

茎では5月中旬までに, 光に全くさらされたことのない土中埋没塊茎では6月下旬までに休眠の覚醒がみられた。したがって, 初春から初夏にはオモダカ塊茎の休眠覚醒段階の一つとして, 多くの雑草種子と同じような, 光要求段階があるものと推察した(第4図)。また, 塊茎が湿田で形成されたり, 湛水条件で経過した場合, 冬季の低温で徐々に休眠から覚醒した。しかし, 明条件で塊茎が完全に覚醒されるのは乾田条件と同じで5月中旬であった。これらの圃場条件における休眠覚醒時期の検討結果は, 恒温器中での土壤水分や温度を変えた貯蔵実験においても確認された。

6. 塊茎からの発消長の解析

オモダカの塊茎からの出芽消長を普通期作田およびコンクリートポットで作期, 年間の土壤水分を变

第4図 乾田形成オモダカ塊茎の休眠覚醒時期¹⁶⁾

注) 萌芽条件は●—●: 25°C定温, 明, 水没条件, ▲—▲: 25°C定温, 暗, 湛水中条件, △—△: 15/30°C変温, 暗, 湛水土中条件である。暗条件は調査時までまったく露光させていない。萌芽率は置床後10日目までに萌芽した塊茎の全供試塊茎に対する割合

えて調査した¹⁷⁾。また, オモダカ塊茎の出芽がばらつく原因を解明するため, 湛水開始時期, 塊茎の埋没深, 塊茎の大きさを変えて出芽時期を調査するとともに, 土壌の還元程度, 地温を変えた条件における塊茎幼芽の伸長速度を調査した。普通期作田における塊茎からの出芽は代かき直後から中干し期まで, だらだらした発生がみられた。コンクリートポットの湿田条件では早期, 普通期とも5月中旬から8月下旬まで出芽が続き, 6月下旬がピークであった。一方, 乾田条件においては普通期作では6月下旬(代かき直後)と8月下旬(中干し後)の2時期に, 早期作では5月中旬, 6月中・下旬および7月下旬の3時期に出芽のピークがみられ, 普通期作田および湿田と出芽のパターンが異った(第5図)。

塊茎からの出芽時期は湛水開始時期, 埋没深および塊茎の大きさにより変動した。とくに早期作で出芽期間が著しく長くなったが, これは5月上旬の段階では塊茎の休眠覚醒が不十分のためと判断された。暗黒の水中における塊茎幼芽の伸長速度は25°C定温で最も速く, 10°Cおよび40°Cではほとんど伸長しなかった。また, 土中の幼芽の伸長速度は還元の進まない条件ほど速かった。以上の結果より, オモダカの発消消長が長い要因を明らかにし, 防除法との関係について検討した。

おわりに

約10年間にわたって, 以上の研究を実施するとともに, 作期や水分が異なった水田環境におけるオモ

第5図 コンクリートポットにおけるオモダカの塊茎からの発生消長¹⁷⁾

注) 7日ごとの出芽数, ー・ー: 湿田, ○··○: 乾田, 1983年

ダカの動態¹¹⁾, 塊茎からの出芽に関する種内の変異性⁸⁾, 除草剤によるオモダカの防除法⁶⁾等について調査し, 水田における一通りの生活史の解明を行った^{7,10,14)}。しかしながら, オモダカ塊茎の休眠覚醒に関する生理学的な検討, 瘦果の休眠性の解析, 生態学的形質の正確な定量化等が残されており, 今後さらに検討する必要がある。そして将来, 田畑輪換¹⁾, 乾田化, 耕起法などを含めてオモダカの具体的な防除法を提案する必要があると考えている。

本研究を遂行するにあたり, 農業研究センター耕地利用部水田雑草研究室で当時の研究室長であった宮原益次博士 (現在, 九州農業試験場 水田利用部長), 農事試験場作物部雑草防除第2研究室で当時の研究室長であった草薙得一博士 (現在, 京都大学農学部 教授) および渡辺 泰博士 (現在, 中国農業試験場 作物開発部長) を始め, 同室の皆さんには絶大なご指導とご援助をいただいた。本稿の終わりにのぞみ, ここに各位に対し衷心より感謝を申し上げる。

発表論文

- 1) 草薙得一・伊藤一幸・服部金次郎(1980): 転換畑における水田多年生雑草の発生と栄養繁殖器官の死滅について, 雑草研究 27(別), 15~16.
- 2) 伊藤一幸(1981): オモダカ科雑草の繁殖特性, 種生物学研究 5, 47~61.
- 3) 伊藤一幸(1981): オモダカ属植物の生活史と繁殖戦略, 河野昭一編「植物の生活史と進化1」培風館, 81~100.
- 4) ITOH, K. and T. KUSANAGI(1981): Growth response of five species of Japanese arrowhead weeds to the levels of light intensity. Proc. 8th

APWSS Conf. Bangalore, India. 307~312.

- 5) 伊藤一幸・渡辺泰(1983): オモダカ科雑草の生育と繁殖体形成に及ぼす水位の影響, 雑草研究 28, 25~31.
- 6) 伊藤一幸・宮原益次(1985): オモダカに対する各種除草剤の効果, 雑草研究 30(別), 39~40.
- 7) 千坂英雄・伊藤一幸・児嶋清・古谷勝司・片岡孝義・宮原益次(1985): 数種水田雑草の埋土種子の寿命, 雑草研究 30(別), 133~134.
- 8) 伊藤一幸・宮原益次(1986): オモダカの繁殖体形成と塊茎からの出芽の種内変異, 雑草研究 31(別), 177~178.
- 9) 伊藤一幸・宮原益次(1987): 水田多年生雑草オモダカ繁殖体の生存状態と出芽に関する生態学的研究 第1報 水田における塊茎の生存状態の推移, 雑草研究 32, 136~143.
- 10) 伊藤一幸(1987): 稲作技術の変遷と雑草の適応戦略, 研究ジャーナル 10(6), 16~22.
- 11) 伊藤一幸・宮原益次(1987): 土壌水湿条件および水稻作期の差異とオモダカの動態, 雑草研究 32(別), 93~94.
- 12) 伊藤一幸・宮原益次(1988): 水田多年生雑草オモダカの水稲に対する雑草害, 雑草研究 33, 49~54.
- 13) 伊藤一幸・宮原益次・渡辺泰(1988): 水田多年生雑草オモダカ繁殖体の生存状態と出芽に関する生態学的研究 第2報 水田における出芽時期と繁殖体形成量との関係, 雑草研究 33, 136~144.
- 14) 伊藤一幸(1988): 除草剤の普及と耕地雑草の変遷, 矢野悟道編「日本の植生」東海大学出版会, 145~158.
- 15) 伊藤一幸・宮原益次(1989): 水田多年生雑草オモダカ繁殖体の生存状態と出芽に関する生態学的研究 第3報 塊茎の休眠覚醒および休眠覚醒塊茎の萌芽温度反応, 雑草研究 34, 19~26.

- 16) 伊藤一幸・宮原益次(1989): 水田多年生雑草オモダカ繁殖体の生存状態と出芽に関する生態学的研究
第4報 水田における塊茎の休眠覚醒時期. 雑草研究 34, 154~162.
- 17) 伊藤一幸・宮原益次(1989): 水田多年生雑草オモダカ繁殖体の生存状態と出芽に関する生態学的研究
第5報 塊茎からの発生消長と出芽に及ぼす要因. 雑草研究 34, (印刷中).
- (1989年6月29日受理)