

水田雑草コナギの生理・生態に関する 研究の現状

農業研究センター 水田雑草研究室 小荒井 晃

1. はじめに

ミズアオイ科 (Pontederiaceae) の植物は、現在日本には3属4種存在し、そのうちの池や水路の雑草として知られるホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) を除くミズアオイ属2種、ミズアオイ (*Monochoria korsakowii*)、コナギ (*Monochoria vaginalis*) およびそして近年外国から帰化したアメリカコナギ (*Heteranthera limosa*) の3種が水田の一年生雑草である。

ミズアオイ属の2種は、古い時代からの水田雑草で特にコナギは東南アジアを原産とし水稻に随伴して渡来した史前帰化植物の一つとされている⁹⁾。またコナギは、ミズナギ、ササナギの別名がある。「ナギ」はミズアオイおよびコナギの古名で、昔は両者の区別は明確ではなかった。万葉集等の古歌にもよく歌われている³⁰⁾。

ひしはす ひるつ か たいねが
醬酢に蒜搗き合てて 鯛願ふ

われにな見せそ 水葱の羹

(万葉集 3829)

このように長い稲作の歴史の中でミズアオイ属雑草、特にコナギは、常に身近なそして強害雑草の一つとして存在し続けていた。このことは除草剤が普及して雑草防除が容易になった現在でも変わっていない。戦後の除草剤の普及によってコナギは容易に防除が出来るようになっ

たとえられているが、1982年の調査で33%の水田で発生し³⁶⁾、また発消生長が長く、除草管理をおろそかにすると水田一面に広がるほど繁殖力が強い。本文では現在までのコナギを中心にしたミズアオイ科水田雑草の生理・生態に関する研究について整理して紹介してみたい。

2. 学名と国内の分布

わが国の文献では、コナギに対して2種類の学名 (*M. vaginalis* Presl と *M. vaginalis* Presl var. *plantaginea* Solms-Laub.) が混同して使用されている。コナギの分類については、SolmsとKunthの体系が代表的なものとして使われている²⁷⁾。これらの学名は、明治期に一般的に使われるようになった。しかし、その後、かなりの見解の変更が見られた。

たとえば松村は、ミズアオイに *M. vaginalis* Presl を、ササナギに *M. plantaginea* Kunth をあてて、コナギをササナギの変種として扱い、*M. plantaginea* Kunth var. *cordifolia* Fr. et Sav. とした²⁰⁾。その後、ミズアオイを *M. vaginalis* Presl var. *korsakowii* Solms に、コナギ、ササナギ、ミズナギをすべて *M. vaginalis* Presl var. *plantaginea* Solms に変更した²¹⁾。さら

に、この後、ミズアオイを *M. korsakowii* Regel et Maack に、コナギを *M. vaginalis* Presl に、ミズナギをコナギの変種として扱い、*M. vaginalis* Presl var. *plantaginea* Solms-Laub. に変更した²²⁾。

矢田部は、松村と同様にコナギに *M. vaginalis* Presl をあてて、ミズナギをコナギの変種として扱い、*M. vaginalis* Presl var. *plantaginea* Solms-Laub. とした⁴⁰⁾。その後、牧野も、ミズナギもコナギとし、学名には矢田部のミズナギの学名を採用した¹⁹⁾。その後、日本産のコナギは変種として扱われ、変種名をつけた学名が採用されてきた。牧野新日本植物図鑑や雑草学用語集を始め主要な文献のほとんどは変種の見解を採用している。しかし、日本産のコナギは母種に含め *M. vaginalis* Presl を採用するのが適当と考える意見が、最近でも提起されている^{27, 38)}。

コナギは、前述のように東南アジア原産で、南方より日本に帰化し、北上を続け、現在では北海道南部から本州、四国、九州および沖縄に分布している^{24, 38)}。ミズアオイは、北海道および本州・四国・九州に分布しているが、産地は限られている^{24, 32, 38)}。またアメリカコナギは、今のところ岡山市および倉敷市周辺のみに分布している²⁸⁾。

3. 種子の休眠性と発芽

雑草は、それぞれの種特有の生活様式を持ち、それに適応した種子の休眠性を持っている。この休眠覚醒過程の解明は、雑草の不斉一な発生や自然条件下での生存状態を解明する上で重要である。

コナギ種子の貯蔵条件の違いによる休眠覚醒

表-1 コナギ種子貯蔵後の発芽率(%)の推移¹⁰⁾

貯蔵条件	発芽試験開始時期				
	1976年		1977年		
	10月 21日	11月 19日	12月 21日	1月 24日	2月 24日
5℃湛水土中	43	97	100	100	100
5℃畑土中	71	97	93	100	99
30℃湛水土中	51	73	41	90	92
30℃畑土中	28	85	66	100	97
戸外湛水土中	10	68	—	99	99
戸外畑土中	37	80	92	100	95
戸外畑地表	0	58	68	90	99
室内風乾	—	16	19	95	98

注) —は未調査。

の差異について、いくつかの報告がある。すなわち、コナギは、他の草種の種子に比べて休眠が浅く、9月下旬採種の種子は、室内風乾貯蔵でも翌年1月には発芽率が高まり、特に5℃湛水土中・畑土中貯蔵では休眠覚醒の進行が最も速やかである(表-1)¹⁰⁾。

また片岡らが発芽試験で用いた¹⁰⁾井水を満たして密栓したチューブ中だけでなく、井水を満たしたシャーレ中でも翌春には貯蔵条件によっては、発芽する¹⁸⁾。すなわち、好氣的条件での発芽率は、種子の貯蔵条件の違いによって変動する。また、発芽時には低酸素条件を要求し、酸素分圧が低いほど発芽率が高くなり、窒素ガスでは最も発芽率が高くなるが、酸素0.5%以下では、発根が見られない¹¹⁾。

エチレンガス(C_2H_4)や炭酸ガス(CO_2)の添加によって、コナギ種子の発芽率は促進される²³⁾。そして、コナギ種子の発芽は、 CO_2 より C_2H_4 で強く促進される。また、外生的に与えた CO_2 濃度の刺激で生成される内生的 C_2H_4 により発芽が増加することが示唆されている。

コナギは古くから水稻との共生植物と考えら

れ、水稻があると、水稻がない所よりも多く生えると言われている¹⁾。実際にイネの幼植物には、コナギ種子の発芽を促進する効果がある³⁶⁾。催芽イネ種子の存在下では湛水・湿潤両条件下でコナギ種子の発芽を促進し、特に暗条件や低温や高温などの発芽に不適な条件で著しい促進効果を示す¹⁴⁾。しかし、既存の植物ホルモ種類によるコナギ種子の発芽促進効果は、明条件のみで、暗条件では効果はなく³⁷⁾、イネ種子およびイネ籾殻中にコナギ種子の発芽を顕著に促進する生理活性物質が存在することが明らかになった¹⁵⁾。この活性物質の構造式はまだ未決定ではあるが、親水性が高く、分子量が150～300前後の低分子化合物のようである。

ミズアオイ種子の休眠は、約30日間密栓脱気水中5℃貯蔵によって覚醒する²⁵⁾。しかし、これ以外の休眠、発芽に関する報告はほとんどない。

アメリカコナギは、コナギとは異なり湛水条件だけでなく土壤水分50%以下で高い発芽率を示したが²⁹⁾、湿潤濾紙上ではコナギと同様に発芽しなかった³⁰⁾。また発芽温度はコナギとは異なり、35℃でも発芽率は良好だった³⁰⁾。

4. 出芽深度と発生長

雑草種子が休眠覚醒して発芽可能な内的変化を行っても、その種子が発芽可能な深度にあることが次の重要な問題である。一般に大きな種子は、より深い位置からの出芽が可能であるが、コナギでは、出芽深度はどのくらいだろうか。前述のようにコナギは空気中では発芽せず、酸素分圧が低下しないと発芽しない。すなわち湛水条件でないと発芽は起こらない。

湛水条件でコナギ種子は、0.5～2.0 cmの土層中でも発芽するが、出芽はほとんど地表に

限られ、0.2 cmでもほとんど出芽しない¹²⁾。

また、5～10 mmからは発芽可能種子の25%が出芽し、10～15 mmからは発芽可能種子数の7%が出芽した報告もある⁴⁾。これらの2つの異なる結果の要因として、それぞれの供試種子の休眠覚醒程度の違いによる可能性を指摘している¹²⁾。

これらの報告はいずれも無代かきの状態、もしくはそれに近い状態での試験である。それに対して、代かきを行った水田土壌でのコナギの出芽深度の調査では、ごく表層の2.0 mmを中心とする深さからの出芽に局限され、わずかに2.0～5.0 mmで出芽が認められたが5.0 mm以上では出芽は認められない¹⁷⁾。

種子発生する雑草の長い発生長および発生の不斉一性は、防除における最大の問題点の一つである。コナギについてもこの点は重要な問題である。

温度も出芽との関係について寒冷地で検討された結果、コナギの発芽始期温度はミゾハコベ、タイヌビエ、アゼナなど他の一年生雑草に比べて高く、気温で15～16℃で、そして出芽までの日数(y)と平均気温(x)の間に $y = 1596x^{-1.86}$ の曲線回帰式が得られている³²⁾。また出芽期間は、他の草種と同様に播種時の気温が高いほど短縮する傾向にある³³⁾が、他の草種に比べてコナギは遅くまで発生する³⁴⁾。

また代かきの有無は、コナギの出芽率に大きな影響を与え、代かきを行うことで出芽率は増加する⁶⁾。

前項で述べたように、イネ種子中にコナギ種子の発芽を促進する物質が存在することが明らかになったが、実際に水稻があると、水稻がない所よりも多く生えるのだろうか。

様々な葉齢の水稻苗を移植して、コナギの発

生量の変動を調査した結果によると、コナギの発生は、催芽イネ種子および10日苗で増加したが、20日苗および30日苗は効果がなかった¹⁶⁾。すなわち稚苗移植程度では實際上大きな問題にはならないが、乳苗移植栽培もしくは湛水直播栽培では、コナギの発生数が増加する可能性が示唆された。

不耕起直播栽培においては、湛水後のコナギの発生量は不耕起で多発し、耕起に比べて約4倍になることが報告されている⁵⁾。これは前年生産された種子が耕起されないことで出芽可能な表層のみに分布したためと考えられる。

5. 生育と種子生産

水田の主要雑草であるコナギについてその生育と種子生産についての報告はきわめて少ない。

コナギの生育量、種子生産量とも、コナギの発生時期が移植後遅くなるほど減少し、そして早期移植で代かき後約30日、普通期移植で代かき後約20日を過ぎた後に発生したコナギは、種子生産をしない¹³⁾。さらに、種子生産量の構成要素の中で個体の生育の良否によって花基数が最も大きく変動し、これが種子生産量の変動に大きく関与する¹³⁾。また成熟さく果数によって種子生産量を推定できる¹³⁾。

種子生産量は、コナギで約1,300～1,500粒、ミズアオイで約330粒であり、ミズアオイは、コナギとは異なり、花基数以外にさく果数およびさく果あたり種子数の変動が大きく、種子生産量に相当の幅がある^{25, 26)}。

ミズアオイの花は、5個の小さな雄しべ（小雄蕊）と1個の大きな雄しべ（大雄蕊）を持っている。そしてその花には鏡像二型性が見られる。すなわち、大雄蕊が右側、柱頭が左側にあるものと、反対に大雄蕊が左側、柱頭が右側に

あるものである。これらの花は花序の各分枝上に交互につく。これは虫媒によって、より有効に他殖を促進するためと考えられる³⁹⁾。

コナギは、1個の中形の雄しべと5個の小形の雄しべを持っている。しかし、ミズアオイとは違い、他殖の機構は未発達で、かつ訪花昆虫もない。

6. コナギの雑草害

コナギは草高の低い雑草で、水稻への雑草害の要因は主に養分競合によるものと考えられている。また雑草害には草種間差があることが知られている。

タイヌビエとコナギの雑草害について、雑草乾物重が同一なら雑草害の程度はコナギの方が大きい、窒素吸収量に換算すると両雑草の雑草害の程度は同じである³⁾。また雑草風乾重100 g/m²による水稻玄米重の減少はコナギ12%・タイヌビエ8%である³⁾。

柁木らは、雑草の窒素吸収力の評価を行っている⁷⁾。2種類の雑草を混植すると単植に比べて窒素吸収量は減少する。ここで、平均Ⅰは混植によって供試雑草の窒素吸収量がどのくらい減少したかを示している。また平均Ⅱは、混植によって供試雑草が、他の草種の窒素吸収量をどのくらい減少させたかを示している。すなわち平均Ⅰの値が大きいほど混植による他種から受ける影響が小さく、平均Ⅱの値が、小さいほど混植による他種に及ぼす影響が大きいことを示している（表-2）。その結果、コナギが供試雑草のうちで最も他種から受ける影響が小さく、かつ他種に及ぼす影響が大きいこと、すなわち最も窒素吸収力が大きいことが明らかになった。雑草が水稻に及ぼす乾物重の影響については、コナギは少肥区、多肥区ともに雑草害の

表-2 雑草の混植による窒素吸収量変動の種間差⁷⁾

A \ B	タマガ ヤツリ	タイヌ ビエ	イヌホ タルイ	コナギ	オモダカ	ヘラオ モダカ	グログ ワイ	ミズガ ヤツリ	平 均 (I)
タマガヤツリ	(100)	28	46	23	57	56	57	36	43.3
タイヌビエ	79	(100)	70	59	80	62	93	60	71.9
イヌホタルイ	64	31	(100)	38	36	71	73	31	49.1
コナギ	86	53	95	(100)	73	87	102	57	49.0
オモダカ	42	21	50	30	(100)	22	51	25	34.4
ヘラオモダカ	52	44	41	36	72	(100)	51	47	49.0
グログワイ	100	39	59	30	65	67	(100)	47	58.1
ミズガヤツリ	69	50	71	52	61	59	66	(100)	61.1
平 均 (II)	70.3	38.0	61.7	38.3	63.4	60.6	70.4	43.3	

注) 数値は、Bと混植した場合のAの窒素吸収量のA単植区に対する比率(%)。

表-3 雑草との混植によるイネの乾物増加量の変動⁷⁾

	少肥区 (N, P, K成分 1.3 kg/10 a)			多肥区 (N, P, K成分 13 kg/10 a)		
	雑 草	イ ネ	同左対 単植区	雑 草	イ ネ	同左対 単植区
タマガヤツリ	24.6	68.8	79	4.5	256.4	96
タイヌビエ	32.0	71.3	82	162.7	196.7	74
イヌホタルイ	21.3	90.8	105	8.1	283.5	107
コナギ	48.2	32.6	38	76.8	200.4	75
オモダカ	6.8	91.9	106	12.8	264.0	99
ヘラオモダカ	17.4	68.8	79	21.2	240.0	90
グログワイ	38.4	60.6	70	55.7	245.3	92
ミズガヤツリ	43.2	60.6	70	134.8	231.7	87
イネ(単植)		86.8	(100)		266.0	(100)

注) 乾物増加量は、雑草、イネともにg/ポット、イネ乾物増加量対単植比は%で表示した。

程度は大きく、特に少肥条件下では、最も雑草害が大きかった(表-3)。

金森らは、このコナギの他の植物に及ぼす影響力を利用して、他の雑草の生物的防除に利用できないか検討を行っている⁸⁾。

また BREEN らは、従来コナギでは重要視されていなかった光競合についても、コナギによるイネの分げつ芽に対する遮光の影響を提起している²⁾。

7. お わ り に

以上、ミズアオイ科水田雑草、特にコナギを中心に今までの研究について紹介してきた。

前文でも述べたが、コナギは除草剤が普及する以前の難防除雑草で、近年はそれほど大きく取り上げられることはなく、多年生雑草や帰化雑草などが多く取り上げられてきた。しかし、一発処理除草剤が普及している今でもほとんどの水田でコナギが発生しており、再び問題雑草として取り上げられ始めている。今回本文で紹介した文献は、70年代と90年代の文献が中心である。このうち70年代の文献は、数種水田雑草の一つとして取り上げられたものがほとんどであるのに対して、90年代の文献は、コナギそのものの生理・生態を中心に取り上げられている。ここに近年コナギが問題雑草として再浮上して、

顕在化してきていることがうかがえる。また、北海道を中心に分布しているミズアオイについてはコナギと比較してほとんど研究されていない。コナギを中心としてミズアオイ科水田雑草のさらなる研究が望まれる。

引用文献

- 1) 浅野貞夫 (1995): 原色図鑑 芽ばえとたね. 全国農村教育協会, pp. 190.
- 2) BREEN, JOHN・草薙得一・HILL, JAMES (1994): 湛水直播水稻におけるコナギの雑草害—とくに草冠の生育と水稻の分けつ数の減少について. 雑草研究, 39 (別I): 104-105.
- 3) 千坂英雄 (1966): 水稻と雑草の競争. 雑草研究, 5: 16-22.
- 4) 千坂英雄・片岡孝義 (1977): 水田一年生雑草種子の休眠・発芽・出芽の特性. 雑草研究, 22 (別): 94-96.
- 5) 千坂英雄・草薙得一 (1978): 水稻不耕起直播栽培における雑草の発消長と防除 第1報 雑草の発消長. 雑草研究, 23 (4): 185-190.
- 6) 古谷勝司・千坂英雄・片岡孝義 (1975): 水田一年生雑草の出芽の消長と出芽率. 日本雑草学会第14回講演会講演要旨, 59-61.
- 7) 梶木信幸・中村 拓 (1984): 水田雑草の養分吸収特性の草種間差 第1報 混植による窒素吸収力の推定. 雑草研究, 29 (2): 147-152.
- 8) 金森明美・清水正治 (1977): 水田雑草コナギ (*Monochoria vaginalis*) の生態的研究. 日作東海支部研究梗概, 78: 45-49.
- 9) 笠原安夫 (1968): 日本雑草図説. 養賢堂, pp. 358-359.
- 10) 片岡孝義・金 昭年 (1977): 数種雑草種子の休眠覚醒の貯蔵条件による差異. 雑草研究, 22 (3): 156-158.
- 11) 片岡孝義・金 昭年 (1978): 数種雑草種子の発芽時の酸素要求度. 雑草研究, 23 (1): 9-12.
- 12) 片岡孝義・金 昭年 (1978): 数種雑草種子の出芽深度. 雑草研究, 23 (1): 13-19.
- 13) 片岡孝義・児嶋 清・古谷勝司 (1979): コナギの生育と種子生産. 雑草研究, 24 (2): 86-91.
- 14) 川口 俊・竹内安智・小笠原 勝・近内誠登・竹松哲夫 (1994): コナギ種子の発芽と生長に対するイネの影響. 雑草研究, 39 (別I): 102-103.
- 15) 川口 俊・横田孝雄・竹内安智・米山弘一・小笠原 勝・前田忠信・近内誠登 (1995): イネ種子に含まれるコナギ種子発芽誘導物質. 雑草研究, 40 (別I): 192-193.
- 16) 川口 俊・竹内安智・前田忠信・小笠原 勝・米山弘一・近内誠登 (1995): コナギの発消長におよぼすイネ幼植物の影響. 雑草研究, 40 (別I): 194-195.
- 17) 小荒井 晃・芝山秀次郎 (1991): 水稻移植田における一年生雑草の発消本数と出芽深度. 雑草研究, 36 (別I): 36-37.
- 18) 小荒井 晃・芝山秀次郎 (1991): 異なる条件で貯蔵したコナギ種子の発芽率の推移. 雑草研究, 36 (別I): 38-39.
- 19) 牧野富太郎 (1925): 日本植物図鑑. 北隆館, pp. 718.
- 20) 松村任三 (1884): 日本植物名彙. 丸善, pp. 124.
- 21) 松村任三 (1895): 改正増補 植物名彙. 丸善, pp. 190.
- 22) 松村任三 (1905): 帝国 植物名鑑 下巻 顕花部 前編. 丸善, pp. 181-182.
- 23) MOMONOKI, Y (1994): Effect of Ethylene and Carbon Dioxide on Seed Germination of *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*. Weed Research, Japan, 37 (2): 121-128.
- 24) 森田弘彦・土井康生 (1980): ミズアオイとコナギの分類と北海道における分布について. 雑

- 草研究, 25 (4): 297-299.
- 25) 森田弘彦 (1982): 水田雑草ミズアオイの幼植物形態および開花, 種子生産の特性について—コナギとの比較. 雑草研究, 27 (1): 16-21.
- 26) 森田弘彦 (1992): 水田雑草ミズアオイの発生分布と形態の特徴. 植調, 26 (5): 222-226.
- 27) 中山治彦: 日本産コナギ学名考. 農業技術, 49 (12): 556-559.
- 28) 岡武三郎・富久保男・中野幸彦 (1979): 水田の新しい帰化雑草 *Heteranthera limosa* について. 雑草研究, 24 (2): 113-116.
- 29) 岡武三郎・富久保男・中野幸彦 (1979): 水田雑草 *Heteranthera limosa* の種子発芽について (1). 雑草研究, 24 (別): 103-104.
- 30) 岡武三郎・植木邦和 (1982): 水田一年生数種雑草の発芽に及ぼす諸要因について. 雑草研究, 27 (別): 33-34.
- 31) 芝山秀次郎・森田弘彦 (1994): 雑草の博物誌. 全国農業改良普及協会, pp. 8.
- 32) 鈴木光喜・須藤孝久 (1975): 水田雑草の発生生態 第1報 温度と出芽の関係. 雑草研究, 20 (3): 105-109.
- 33) 鈴木光喜・須藤孝久 (1975): 水田雑草の発生生態 第2報 出芽期間と出芽率. 雑草研究, 20 (3): 109-113.
- 34) 鈴木光喜・須藤孝久 (1975): 水田雑草の発生生態 第3報 水稻稚苗移植における雑草の発生消長と雑草害. 雑草研究, 20 (3): 114-117.
- 35) 日本植物調節剤研究協会編 (1983): 農作物の除草に関する実態調査報告書 水稻編 別刷 農作物の除草に関する実態調査結果のまとめ. pp. 14.
- 36) 竹内安智・米山弘一・横田孝雄・斎藤清美・小笠原 勝・近内誠登・竹松哲夫 (1991): コナギ種子の発芽に対するイネ幼植物の促進作用. 雑草研究, 36 (別I): 132-133.
- 37) 竹内安智・斎藤清美・小笠原 勝・近藤誠登・竹松哲夫 (1992): コナギ種子の発芽に対するイネ種子と植物ホルモンの影響. 雑草研究, 36 (別I): 174-175.
- 38) 汪 光熙・草薙得一 (1994): 日本産ミズアオイとコナギの分布及びコナギの学名について. 雑草研究, 39 (別I): 226-227.
- 39) WANG, GUANGXI, R. MIURA AND T. KUSANAGI (1995): The Enantiostyly and the Pollination Biology of *Monochoria korsakowii* (Pontederiaceae). Acta Phytotax. Geobot, 46 (1): 55-65.
- 40) 矢田部良吉 (1902): 日本植物図解.

水田雑草の生態と防除 — 水稻作の雑草と除草剤解説 —

宮原益次／著

A5判 定価3,090円(税込)

水田雑草の発生特性、雑草害について著者40年の知見を網羅。さらに水田における合理的で省力的・低コストの雑草防除について解説。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館)
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3833-1665