

アゾーラ (オオアカウキクサ) による水稲の雑草抑制

庄籠徹也・吉岡哲也¹⁾

(鉦害試験地)

アゾーラの増殖に及ぼす接種時期や接種量の影響を明らかにするとともに、普通期水稲の移植時に接種したアゾーラが水面を覆うことによる雑草抑制効果について検討した。

- ① アゾーラの増殖速度は、5月中旬の接種では5月下旬から6月下旬の接種に比べて遅かった。
- ② アゾーラの接種量が少ないほど初期の増殖速度は遅く、接種量が少なくなるにしたがって、ポットの全面を覆うに要する日数は長くなった。
- ③ アゾーラによる雑草抑制効果は、年次や雑草の種類によって異なったが、カヤツリグサに対しては65%以上、1年生の広葉雑草に対しては80%以上の抑制効果が得られた。しかし、コナギに対する抑制効果は低く50%程度であった。
- ④ 雑草抑制効果を高めるためには、アゾーラの接種は水稲の移植直後に行い、接種量は10a当たり40kgまたはそれ以上に多くする必要がある。

[キーワード：アゾーラ、雑草抑制、カヤツリグサ、コナギ]

Paddy Weed Control by *Azolla*. SHOUGOMORI Tetsuya and Tetsuya YOSHIOKA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18:21-25(1999)

Paddy weed control by *Azolla* and the effects of inoculation season and weight on relative growth of *Azolla* were investigated. The following results were obtained.

- ① The growth rate of *Azolla* (*A. filiculoides*) inoculated in late May was lower than that of *Azolla* inoculated in June due to low temperature. Relative growth rate decreased to 50% or less of the growth rate under full sunlight.
- ② *Azolla* was inoculated 0.13-2.0g(fresh wt.)/pot. Increased inoculation led to earlier *Azolla* mat development.
- ③ *Azolla*-inoculated plots had 65% less *Cyperus difformis* and 85% less annual weed (*Elatine triandra*, *Lindernia procumbens* etc.), but it was only 50% less for *Monochoria vaginalis*.
- ④ For early development of mat and successful weed suppression, *Azolla* should be inoculated at the rate of 40 g/m² or more.

[Key words: *Azolla*, paddy weed control, *Cyperus difformis*, *Monochoria vaginalis*]

緒 言

近年、多量のエネルギーの投入や化学肥料、農薬などの資材に過度に依存した作物栽培による環境への影響が懸念されている。このため、環境保全型農業の重要性が強調されており、環境保全型農業に対する試みが多くなされている。その一環として、アゾーラによる固定窒素を水稲の穂肥として利用する方法について試験を行い、前報¹⁰⁾で報告した。

環境保全型農業における水稲作では、施肥量を削減することのほかに、除草剤に頼らない雑草防除の方法が大きな問題である。この問題を解決するため、耕種の防除、生物的防除などのほか再生紙マルチ¹¹⁾による方法などが試みられている。

生物的防除の観点からは、アゾーラの利用も考えられる。即ち、アゾーラは大きな窒素固定能を持つばかりでなく、その旺盛な増殖力により水面の全面を覆うことから、雑草の生育を抑制することや層状に重なって増殖するアゾーラのマットが雑草の抽出を阻害することなどによる雑草抑制効果が期待される。アゾーラによる雑草抑

制に関する報告は少ないが、イヌビエ、ウリカワ及びタマガヤツリを抑制することやカヤツリグサに対する抑制効果は、アゾーラの種によって異なる¹¹⁾ことなどが報告されている。また、高林ら^{13,14)}は、タマガヤツリ、コナギ、アブノメ等に対しては抑制効果が高いと報告している。

しかし、アゾーラによる雑草抑制のメカニズムや接種方法については必ずしも明らかではない。

そこで、普通期水稲の移植期である6月上旬から中旬に接種したアゾーラの増殖速度及びアゾーラが水面を覆うことによる雑草抑制効果について検討した。

試験方法

供試したアゾーラは、福岡県三潞郡大木町で採取したオオアカウキクサ (*Azolla japonica*) で、生育ステージを揃えるためポットであらかじめ約3週間培養して増殖させたものを用いた。

試験1 アゾーラの増殖に及ぼす接種時期、接種量及び日射量の影響

試験は、1992～1996年の5か年間、1/2000aワグネルポットを用いて行った。培養は、微量要素の供給を

1) 八女地域農業改良普及センター

容易にするため、ワグネルポットの底に約5cmの厚さに水田表土を詰め、Watanabeら²⁾の培養液を入れたものを用いた。また、生体重測定時のアゾーラへのダメージを少なくするために、放射状に計33個の穴をあけた直径24.5cmの園芸用植木鉢受け皿を前記のポットに浮かべて接種し、生体重測定時に直接アゾーラに触れないようにした。

アゾーラの接種時期が増殖速度に及ぼす影響は、1992～1994年の5月中旬～6月下旬にポット当たり1.0または2.0gのアゾーラを接種し、1週間ごとに5週間後まで受け皿ごとポットから取り出して底から培養液を流出させた後、生体重を測定した。ただし、1994年5月下旬の接種では1993年5月下旬の接種と同様の傾向を示したこと及び6月下旬の接種ではポットにアオコが多量に発生してアゾーラの増殖が抑制されたため今回の考察からは除外した。

アゾーラの接種量と増殖量との関係は、同様の方法で1995年及び1996年にポット当たり0.13, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0gのアゾーラを接種して調査を行った。しかし、1996年はポットにアオコが多量に発生してアゾーラの増殖が抑制されたため、接種量と増殖量との関係を考察するには至らなかった。また、1995年にはポットの全面を覆うに要する日数をあわせて調査した。

遮光試験は、黒色寒冷紗で一重及び二重被覆による遮光を行ったトンネル内にポットを静置し、1992年7月下旬にポット当たり2.0gのアゾーラを接種して日射量が生育に及ぼす影響を調査した。日射量の測定は、晴天日を選び一日の内で日射量が最大に近いと考えられる12時及びその前後に、簡易型照度計(TOPCON IM-3)を用いて行った。

なお、気温及び遮光試験以外の日射量は、生産環境研究所測定の実験データを用いた。

いずれの試験も、ポットは福岡県農業総合試験場内の草地に静置し、減少した培養液を適宜補充しながら2反復で行った。

試験2 アゾーラによる雑草抑制効果

試験は1993～1996年の4か年間、福岡県農業総合試験場内の1㎡コンクリート枠圃場に水稲を移植し、3反復で行った。供試水稲はヒノヒカリで、20日苗を㎡当たり24株の栽植密度で移植した。

試験区の構成は第1表に示すとおりで、1993年及び1994年はアゾーラの接種量は㎡当たり20g区のみとし、雑草抑制効果の有無を確認した。また、1995年及び1996年は、アゾーラの接種量と雑草抑制効果との関係

第1表 試験区の構成

試験区	処 理 内 容
対 照 区	アゾーラ 無 接 種
アゾーラ10kg区	アゾーラ 10g/㎡ 移植当日接種
アゾーラ20kg区	アゾーラ 20g/㎡ " 接種
アゾーラ40kg区	アゾーラ 40g/㎡ " 接種
+7日 アゾーラ20kg区	アゾーラ 20g/㎡ 移植7日後接種

1) 1993年及び1994年はアゾーラ20kg区のみ、接種は移植6日後

2) +7日アゾーラ20kg区は、1996年のみ

3) 水稲に対する施肥量は、福岡県施肥基準による

を明らかにするため接種量を変えて試験を行った。ただし、アゾーラの接種量は実用場面での散布労力及び本田への接種量の確保に要する面積等を考慮して、㎡当たり10, 20, 40gの3水準とした。

水稲の移植は、1993年が6月11日、1994年が6月10日、1995年が6月16日、1996年が6月18日に行った。また、アゾーラの接種は、1993年及び1994年は基肥窒素由来のアンモニア態窒素の影響を考慮して水稲移植6日後に行ったが、1995年及び1996年は水稲移植直後に行った。なお、1996年には比較のため、水稲移植7日後に接種する区(2反復)を設けるとともに水稲移植後の田面水中のアンモニア態窒素及び水溶性リン濃度の推移を調査した。田面水のアンモニア態窒素はインドフェノール青吸光光度法⁷⁾、水溶性リンはモリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法⁷⁾で測定した。

施肥量は、福岡県施肥基準のとおりで、各区共通とし、基肥には高度粒状化成肥料(16-16-16)を用いて成分量で10a当たり各6kg施用した。

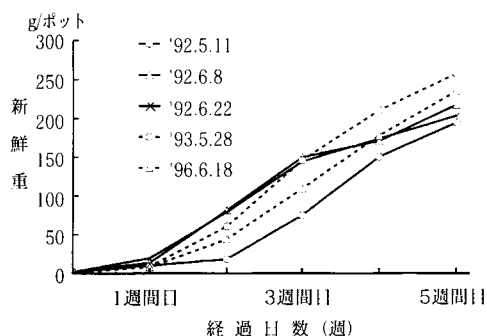
アゾーラの増殖量は、接種後36～40日目に試験区内のアゾーラをすくい取り、生重を測定した。また、1995年及び1996年には、接種2週間後からの水面被覆度を遠視で調査した。

雑草量の調査は、試験区内に自然発生する雑草を水稲の中干し期(アゾーラ接種後36～40日)に抜き取り、草種ごとに本数と風乾重を測定した。

結果及び考察

1 アゾーラの生育と環境条件

第1図に接種時期がアゾーラの生育に及ぼす影響を示した。1992年の試験では、5月11日の接種が6月8日あるいは6月22日接種に比べて増殖速度が遅く、接種後1～2週間目までこの傾向が強く見られた。しかし、6月8日接種と6月22日接種の間では増殖速度に差は見られなかった。*Azolla filiculoides*の生育最適温度は25℃前後である¹⁷⁾とされている。本試験に供試したオオアカウキクサ(*Azolla japonica*)は、*Azolla filiculoides*またはその垂種であり¹⁸⁾、生育最適温度は20℃前後⁴⁾、あるいは27℃である⁹⁾と報告されている。5月11日の接種から2週間後までの平均気温は、17.6℃(生産環境研究所測定の実験データによる。以下同じ)、6月8日及び6月22日の接種から2週間後までの平均気温は、それぞれ



第1図 接種時期が増殖速度に及ぼす影響

19.8℃及び20.5℃であった。これらのことは、アゾーラの生育が20℃以下では劣ることを示している。すなわち、5月11日の接種が、6月8日あるいは6月22日の接種に比べて増殖速度が遅かった原因は、気温の上昇が十分でなかったことによると考えられる。

しかし、1993年の試験では、5月28日及び6月18日の接種から2週間後までの平均気温は、それぞれ19.7℃及び22.3℃と生育に十分な温度条件で、6月18日接種の方が2週間後までの平均気温が高かったにもかかわらず、5月28日接種に比べて、接種1～2週間の増殖速度がやや遅く、初期増殖速度の遅れがその後の生育量の減少に影響した。このことは、温度以外の条件が生育に影響を及ぼしていることを示している。アゾーラの生育には、温度のほかに日射量も影響を及ぼすことが知られている。日射量とアゾーラの生育に関して、人工照明下では *A. filiculoides* の生育は、40kluxから80kluxに光量を増しても変わらない¹⁷⁾という報告や6kluxから15kluxまでは光が強くなるほど増殖速度が早い¹⁸⁾という報告がある。また、自然光の下では、*A. pinnata* は日射量19MJ/m²まで光強度と生育は直線的に比例する¹⁸⁾といった報告も見られる。寒冷紗による遮光試験の結果(第2表、第3表)では、アゾーラ (*Azolla japonica*) の生育は、遮光率42～49% (31～58klux) ではほとんど影響を受けなかったが、65～71% (16～38klux) になると抑制された。生産環境研究所測定的气象データによれば6月18

日接種の場合、接種後5日から2週間後まで(接種後4日までのデータが欠測のため)の積算日射量は69.3MJで、5月28日接種後の同じ期間の積算日射量(147.4MJ)の47%であった。このため、温度条件が十分であったにもかかわらず増殖速度が遅かったものと考えられる。

第2図にアゾーラの接種量と増殖速度の関係を示した。生育量が多くなるとポットの面積による制限を受けるため、接種4～5週間後の生育量は、アゾーラの接種量がポット当たり0.25～2.0gの間では差が見られなくなった。しかし、接種量が少ないほど初期の増殖速度は遅く、この傾向は接種1～2週間後までの初期に強く現れ、接種量が少ないほど長く続いた。このため、ポット当たり2.0gの接種では13日後にポットの全面を覆ったが、接種量が少なくなるにしたがって、ポットの全面を覆うに要する日数は長くなった。

2 雑草抑制効果

試験区内に自然発生する雑草は、カヤツリグサ、コナギ、キカシグサ、アゼナ及びその他の1年生広葉雑草が優先し、そのほかホタルイ、藻類であった。ただし、ホタルイ及び藻類は、全試験区で発生が少なかったため、今回の考察からは除外した。ホタルイ及び藻類を除く雑草に対する抑制効果を第4表に示した。なお、第4表には、キカシグサ、アゼナ及びその他の1年生広葉雑草の総量を「1年生広葉」として表示している。1993年は、非常に抑制効果が高く、いずれの雑草に対してもほぼ100%の抑制効果が得られた。しかし、アミミドロの発生によりアゾーラの広がりが阻害された1994年は、コナギに対して42%、1年生広葉雑草に対しても44%の抑制率にとどまった。1995年と1996年に検討したアゾーラの接種量と雑草抑制効果との関係では、コナギに対しては接種量が多いほど抑制効果が高かった。また、1996年には全試験区でカヤツリグサの発生が少なかったため、アゾーラの接種量とカヤツリグサの抑制効果の関係は考察できなかったが、1995年の結果は、コナギに対すると同様の傾向を示すことを示唆している。1年生広葉雑草に対しては接種量20gと40gの間では、ほとんど差が見られなかったが、接種量10gでは効果が劣った。以上のように、抑制効果は、カヤツリグサに対して65%以上、1年生広葉雑草に対してm²当たり20g以上の接種で80%以上の効果が見られた。しかし、コナギに対する抑制効果は低く、m²当たり40gの接種でも50%程度であった。

アゾーラによる雑草抑制に関するこれまでの報告では、抑制が可能であるとされる雑草の種類が様々であり、また、抑制のメカニズムも明らかでない。

Talleyらの報告¹¹⁾は、雑草抑制は主としてアゾーラが層状に厚く繁茂することによる物理的な抽出阻害であることを示唆し、Lumpkinらの報告¹⁵⁾は、アゾーラの繁茂による光合成阻害が主要因であることを示唆している。また、雑草の生育に及ぼす日照の影響については、35%遮光すると乾物重は20～40%低下し、65%遮光すると40～80%低下する³⁾という報告や相対照度10%で雑草は生長し得ない¹⁶⁾という報告がある。

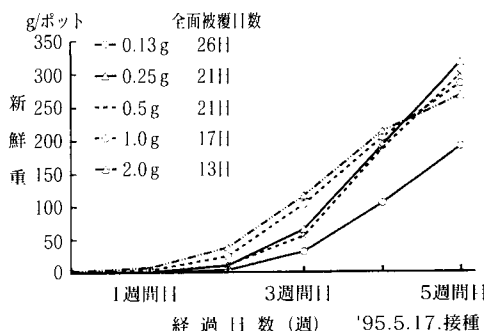
第2表 遮光処理がアゾーラの生育に及ぼす影響 (1992年)

試験区	1週間後	2週間後	3週間後
	g/ポット	g/ポット	g/ポット
対照区	20.8	73.1	129.6
寒冷紗一重被覆区	21.5	72.9	111.3
寒冷紗二重被覆区	15.2	52.7	86.3

1)アゾーラの接種は、1992年7月20日(2g/ポット)

第3表 寒冷紗による遮光率(1992年)

試験区	10時		12時		14時		16時	
	照度	遮光	照度	遮光	照度	遮光	照度	遮光
	klux	%	klux	%	klux	%	klux	%
対象区	88	-	113	-	97	-	56	-
寒冷紗一重被覆区	51	42	58	49	52	46	31	45
寒冷紗二重被覆区	31	65	38	66	32	67	16	71



第2図 接種量が増殖速度に及ぼす影響

第4表 雑草抑制効果

年次	試験区名	カヤツリグサ		コナギ		1年生広葉		アゾーラ生育量 kg/m ²	
		風乾重 g/m ²	抑制率 %	風乾重 g/m ²	抑制率 %	風乾重 g/m ²	抑制率 %		
1993年	対照区	5.43	—	8.68	—	6.86	—	—	
	20kg区	0.00	100	0.01	100	0.02	97	2.34	
1994年	対照区	10.03	—	3.97	—	10.05	—	—	
	20kg区	3.03	70	2.29	42	5.66	44	1.50	
1995年	対照区	7.50	—	2.01	—	31.49	—	—	
	10kg区	1.42	81	1.85	8	15.18	52	1.46	
	20kg区	1.08	86	1.56	23	2.03	94	2.14	
	40kg区	0.65	91	1.03	49	3.59	89	2.56	
1996年	対照区	0.43	—	2.00	—	10.30	—	—	
	10kg区	0.04	91	1.73	14	2.59	75	1.77	
	20kg区	0.06	86	0.76	62	1.62	84	1.97	
	40kg区	0.15	65	0.86	57	1.87	82	2.19	
	+7日	20kg区	0.14	67	1.85	8	2.97	71	1.45

1) キカシグサ、アゼナ、その他の1年生広葉雑草の総量を1年生広葉として表示した

2) 抑制率: (対照区の風乾重 - 試験区の風乾重) / 対照区の風乾重 × 100

3) 1994年は、アミミドロの発生により、アゾーラの増殖が抑制された

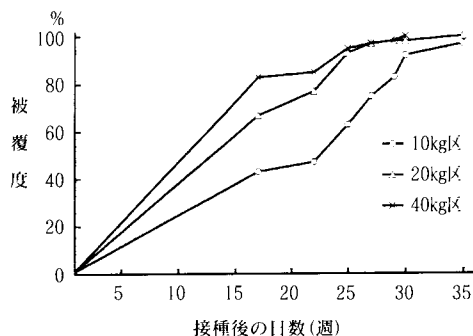
本試験の場合、アゾーラが水面の全面を覆うに要する日数は、年次によって異なった(第3図、第4図)が、アゾーラによる水面被覆度が90~95%に達する早さは、96年40kg区 > 96年20kg区 > 95年40kg区 ≒ 95年20kg区 ≒ 96年+7日20kg区 ≒ 96年10kg区 ≧ 95年10kg区 の順で、雑草抑制効果もほぼこの順になっている。雑草抑制効果が非常に高かった1993年は、アゾーラによる水面被覆度の推移は調査しなかったが、接種後1週間ごとに撮影した写真の記録からは接種後2週間で水面の全面を覆っていたことが判り、控えめに見てもアゾーラ接種15~16日後、すなわち水稲移植後21~22日目には水面の全面を覆っていたことになる。1996年の40kg区でアゾーラの全面被覆に要した日数は水稲移植後24日目であることから、アゾーラによる雑草抑制効果は水面の全面被覆日数が短いほど高いことが窺われる。これらのことから、アゾーラによる雑草抑制は、主としてアゾーラの繁茂が日光の透過を妨げて、雑草の光合成を阻害することによると考えられる。

一方、雑草の生育の面からは、コナギの出芽はカヤツリグサに比べて早い²⁰⁾ことが知られている。1994~1996年のアゾーラ接種量が少なく、水面の被覆が遅かった区ではコナギに対する抑制効果が劣ったことや、雑草抑制効果が非常に高かった1993年にも初期に雑草の出芽は見られたが、アゾーラが水面の全面を覆った後、2

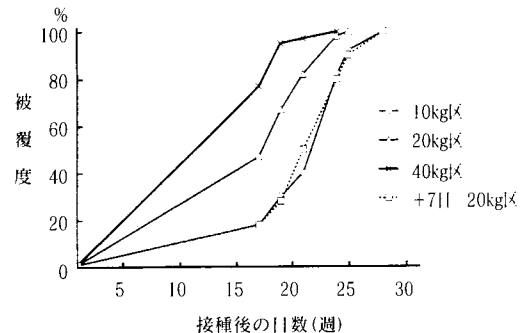
~3週間後には枯死しているのが観察されたことなどもこれらのことを裏付けている。

逆に、雑草抑制効果と雑草調査時(アゾーラ接種後36~40日目)におけるアゾーラの生育量との間に一定の傾向が見られない(第4表)ことは、これらの雑草に対する抑制効果の主要因が物理的な抽出阻害ではないことを示唆している。

西南暖地における普通期水稲栽培の場合、コナギ1葉の発生は代掻き後6~10日、80%以上が出芽する発生揃いは20~25日後である²⁰⁾ことが報告されている。また、コナギは、6~7葉期頃から葉柄が伸びて水面に抽出する²¹⁾ことや平均出葉積算温度²²⁾から推定される水面への抽出時期は、1葉の発生から17~19日後であることから、コナギを抑制するためには、代掻き後23~29日以内にアゾーラが水面の全面を覆う必要がある。一方、水稲移植7日後にm²当たり20g接種した区のアゾーラの水面被覆度は、水稲移植直後にm²当たり10g接種した区と同様に推移した(第4図)。このことは、雑草抑制には水稲移植直後にアゾーラを接種することが望ましいことを示している。しかし、水稲移植直後の田面水中には、多量の肥料成分が存在する。高濃度のアンモニア態窒素はアゾーラの生育を抑制する²³⁾ことが知られており、その限界濃度については、2.5mM²⁴⁾と言う報告や100ppm²⁵⁾と言う報告がある。このほか、アンモニア態窒素による



第3図 アゾーラによる水面被覆度の推移(1995年)



第4図 アゾーラによる水面被覆度の推移(1996年)

第5表 田面水中のアンモニア態窒素及びリン濃度 (1995年)

項目	移植2日後 (ppm)			移植4日後 (ppm)			移植8日後 (ppm)		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
アンモニア態窒素	21.6	11.7	15.1	3.43	0.76	1.66	0.20	0.16	0.17
水溶性リン	0.53	0.20	0.39	0.10	0.22	0.17	0.06	0.17	0.12

1) n=3

アゾーラの生育抑制はリンの存在によって軽減される⁵⁾ことも報告されている。

第5表に水稲移植後の田面水中のアンモニア態窒素及び水溶性リン濃度を示した。アンモニア態窒素濃度には大きな変動が見られるが、2日後にはすでにアゾーラの生育には影響がないと考えられる濃度にまで低下した。したがって、水稲移植直後でも接種が可能であり、雑草を抑制するためには、アゾーラの接種は水稲移植後できるだけ早く行うことが望ましい。

以上のように、普通期水稲の移植時にアゾーラを接種することにより、アゾーラによる固定窒素を利用できるばかりでなく、雑草抑制効果も得られることが明らかになった。この場合、アゾーラの生育適温との関連からオオアカウキクサ (*A. japonica*) を利用する場合には、西南暖地では6月上旬～中旬に移植する普通期の水稲への利用が適当である。また、増殖速度がその年の気象条件によって左右されることから、安定した効果を得るためには、接種量は10a当たり40kgまたはそれ以上に多くする必要がある。

なお、本報告の一部は第60回九州農業研究会で発表した。

引用文献

- 1) D.W.RAINS and S.N.TALLEY (1975) Uses of *azolla* in North America. in Nitrogen and Rice. IRRI, Los Baños, p419-431.
- 2) I.WATANABE, P.A. ROGER, J.K. LADHA and C.VAN HOVE (1992) Biofertilizer Germplasm Collection at IRRI. ed. IRRI, International Rice Research Institute. Los Baños, pp8-9.
- 3) 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2報 生育経過及び光・温度に対する反応. 雑草研究 **29**:59-64.
- 4) 甲斐秀昭・河口定生・境雅夫・平石重次郎・小林泉・瀬戸泰裕・鈴木仁 (1989) 生物的窒素固定の細胞工学的研究. -アゾラ及びラン藻を中心に-.九州大学農学部農芸化学科土壌微生物学研究報告. **2**.
- 5) 鬼頭俊而・汐見信行 (1984) アカウキクサによる合成無機培養液及び二次処理水からの栄養塩除去. 水処

理技術 **25**(8): 19-25.

- 6) 小林勝志・湯谷一也・伊藤邦夫 (1995) 農用再生紙の水田マルチングによる雑草抑制と水稲栽培. 農業技術 **50**(4):24-29.
- 7) 日本工業規格 (1993) 工場排水試験法 JIS K 0102 日本規格協会.
- 8) N. Shiommi and S. Kitoh (1993) Effect of mineral nutrients and combined nitrogen on the growth and nitrogen fixation of *Azolla-anabaena* symbiosis. ed. P.J. Randall et al., Genetic aspects of plant mineral nutrition, 289-294.
- 9) 沼田真・吉永長人編 (1975) 新版日本原色雑草図鑑. 全国農村教育協会, pp266.
- 10) 庄籠徹也・吉岡哲也 (1997) アゾーラによる固定窒素の水稲穂肥としての利用. 福岡農総試研報 **16**:9-12.
- 11) S.N. TALLEY, B.J. TALLEY and D.W. RAINS (1977) Nitrogen Fixation by *Azolla* in Rice Fields. in Genetic Engineering for Nitrogen Fixation, ed. A. Hollander et al., Plenum Press, New York. p259-281.
- 12) 鈴木光喜・須藤孝久 (1975) 水田雑草の発生生態. -第1報 温度と出芽との関係-. 雑草研究 **20**:9-13.
- 13) 高林実・蘭道生 (1981) 水田におけるアゾーラの生態とその利用. 第2報 田面被覆による雑草防除効果と水稲の生育・収量の及ぼす影響. 雑草研究 **52**(別);115-116.
- 14) 高林実 (1983) 水田におけるアゾーラの生態とその利用. 第3報 オオアカウキクサの生態的特性. 雑草研究 **33**(別);81-82.
- 15) T.A. LUMPKIN, and D.L. PLUCKNETT (1980) *Azolla*: Botany, Physuology, and Use as a Green Manure. Economic Botany. **34**(2):111-153.
- 16) 津野幸人・山口武視・中野淳一・河上英俊 (1993) 水稲の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用研究. 日作紀 **62** (別1):28-29.
- 17) 渡辺巖 (1981) アカウキクサーラン藻の共生による生物的窒素固定とその利用. 土肥誌 **52**: 455-464.
- 18) 渡辺巖 (1989) 生物窒素固定研究における最近の成果 [18] アカウキクサと藍藻の共生による窒素固定. 農業及び園芸 **64**:1318-1326.
- 19) 渡辺巖 (1992) ラン藻とアゾラの共生. -共生的窒素固定の機構とその利用-. 化学と生物 **30**(12):820-829.
- 20) 山岸淳 (1985) 水稲作の雑草防除の現状と問題点-暖地-. 雑草研究 **30**:12-18.