

河内産オオアカウキクサの生態*

杉野 守・芦田 馨**

Some Ecological Aspects of the Greater Fairy Moss,
Azolla japonica Fr. et Sav., a Native of Kawachi,
the Eastmost Region of the Osaka Plain*

Mamoru SUGINO and Kaoru ASHIDA**

Synopsis

The greater fairy moss, *Azolla japonica*, a water fern, was found to distribute in the paddy fields of the limited areas in Kawachi, the eastmost region of the Osaka plain.

In the summer season *Azolla* (*A*) grows and multiplies vigorously on the flooded paddy field with the other floating weeds such as *Spirodela* (*S*) and *Lemna* (*L*). An investigation showed that the number of paddy fields and areas of the water surface occupied by the weed species were larger as follows; $S > L > A$. The growth rates of those weeds cultured in the nutrient solution were, however, larger as follows; $L > S > A$, and the dominant order in the competition for occupying the water surface in contact with each other was thought to be as follows; $A > S > L$.

The *Azolla* was well grown in the nitrogen free nutrient solution at relatively acidic PH range. They doubled the fresh weight and the covering area on the water surface in 5 to 6 days in the growing season.

Some possible utilization of the *Azolla* in our country may be for the environmental rather than the agricultural practices. By "cultivation" of the *Azolla* in a flooded fallow paddy field, it may contribute to reducing the water pollution or the eutrophication in the environmental water system.

I 緒 言

水田雑草として、わが国で広くみられる浮草には種子植物のウキクサやシダ植物のアカウキクサを含むいくつかの種が知られている¹⁾。田植後の水田においてこれらの浮草は、葉状体の増加による栄養繁殖によりすみやかに水面を覆い、この結果水温の低下や養分の競合をまねいて水稻の生長に悪影響を与え、強害草として防除の対象となる場合がある²⁾。

これに対して、中国やベトナムなどでは、この地方の水田に多発する水生シダ *Azolla* が共生ラン藻

Anabaena による高い窒素固定能 (約 3 kg N/ha・day) をもつことから、これらを緑肥として積極的に“栽培”利用されている。そしてFAOにおいても、主に熱帯・亜熱帯地方で、*Azolla* を水稻栽培前2回にわたって水面に繁殖させた後すき込み、さらに田植後の水面を密に覆うことにより他雑草の発生を抑制する利用方式が示されている³⁾。

ところで本学の所在する東大阪市は隣接する八尾市、大東市と共に大阪平野の東部を占める河内地方の中北部にあたり、かつては大阪の穀倉地として、

・ 本報告の要旨は昭和56年度日本雑草学会において発表報告した。
・ 農学科植物生理学研究室 (Lab. of Plant Physiology, Dept. of Agriculture, Kinki Univ., Higashiosaka, Osaka, 577, Japan).

その大部分は広大な水田地帯であった。しかし戦後、特に過去20数年間に押し寄せた急激な都市化によりその昔の豊かな田園風景は住宅地、自動車道、工場倉庫群に置き換えられ、今日ではこれらの建築構造物の間に残された水田が辛うじて点在している状態である。さらにこのような水田も休耕や、粗放栽培されるものが多くあり、反面このことは筆者らの雑草の調査や材料採集に便宜を与えてくれている。

筆者らはこのような河内平野の東端、山麓に近接した八尾市内水田でたまたま数年前、オオアカウキクサを採集し、その後この植物について他の浮草と比較培養実験をして、若干の生理生態的特性を調べて来たので、それらの結果の一部を報告する。

II 調査および実験方法と結果

(1) 八尾市教興寺区水田におけるオオアカウキクサの発生状態

わが国においては2種の *Azolla*, すなわちオオアカウキクサ (*A. japonica*) とアカウキクサ (*A. pinnata* var. *inbricata*) の分布が知られている。両者は類似した形態をもつが、相互に比較すると鱗片葉状体の大きさ (前者は1.0~2.0mm, 後者は0.5~1.2mm) や分枝 (前者は密, 後者は粗に互生), その他

全形, 根の形などで区別が容易である。また分布域も前者は、わが国では福島・新潟以西に、後者は東京を北限として四国・九州・沖縄の比較的暖地域に多くみられるという¹⁾。

八尾市内で採集された *Azolla* は、当初アカウキクサと思われたが、その後熊本や沖縄から採集されたアカウキクサとの対比により、オオアカウキクサと同定された。その後、東大阪や、京都府田辺でもオオアカウキクサが数ヶ所で見出されたが、この地域でのアカウキクサの存在は未だ発見するに至っていない。

オオアカウキクサ, *Azolla japonica* (以下 *Azolla* と呼ぶ) は夏季には緑色を呈し他の浮草類と混生して旺な栄養体繁殖を行って水面を覆う。この場合ウキクサ (*Spirodela polyrrhiza*) やアオウキクサ (*Lemna paucicostata*) とは形状や色調がかなり異なるので相互に区別しやすい。そこで、八尾市内教興寺区の *Azolla* 発生水田を含む隣接水田100枚について、3種の浮草, すなわち *Spirodela*, *Lemna* および *Azolla* について1980年7月中旬に発生状態を調査した結果を Table 1 に示した。なおこの場合ヒメウキクサ, *Spirodela punctata* も混生がみられたが調査にあたっては *Spirodela* として一括した。

Table 1. Distribution of the three kinds of the floating weeds, *Spirodela**, *Lemna***, and *Azolla**** in the neighbouring 100 paddy fields on July 17th 1980 in Kyōkōji, Yao city.

a. Percentages of the paddy fields with four categories of the covering area by the weed species

% of the weed coverage on the field surface	<i>Spirodela</i>	<i>Lemna</i>	<i>Azolla</i>
0	24	39	37
0<~<25	16	20	7
25<~<50	28	19	8
50<	32	22	5

b. Percentages of the paddy fields with or without a single or mixed communities of the weed species on the field surface.

Weed species	S*	L**	A***	S+L	S+A	L+A	S+A+L	Weed-free
% of the paddy fields	29	10	0	30	0	0	20	11

* : *Spirodela polyrrhiza* and *S. punctata*

** : *Lemna paucicostata* *** : *Azolla japonica*

当地域の水田では農家毎に除草剤使用を含めた栽培管理に差があり、隣接田でも雑草発生状態に極端な差異のある場合も見られた。また浮草の場合はかんがい水系を通じて上流田から下流田に分布が連続するケースが多いが、その中で（除草剤の使用のため）全く浮草の見られない水田が調査地域ではおよそ10%あった。浮草の種類について調査時点では、ウキクサ（類）*Spirodela* がもっとも多く、次に *Lemna*、および *Azolla* の順であった。特に *Azolla* は限られた範囲（20%）の水田にのみ、かつ他の2種と常に混生していた。また *Azolla* の場合は生駒山系から直接流れる小河川に近接して取水する湿田またはその1部分を発生源として、代かき後の水田に急激に広がり更に下流水田に及ぶようで、調査地域で *Azolla* が全面的に繁茂した水田は5%程度であった。

これらの浮草類は落水や収穫後の耕起で越冬芽や種子を残して消滅するが、*Azolla* は1部の水湿地で残存し、秋から春にかけて赤色のマット状の群落をつくる。しかしながら、このような目につきやすい *Azolla* 群落も年々少なくなり、今後の宅地化や山麓部での造園木や花木栽培における除草剤の使用が進行する中で当地域におけるオオアカウキクサの絶滅も危惧される。

(2) 浮草類の生長の比較

市販液肥のミネラップ（住友化学）の液肥用標準培養液（A液 4 ml, B液 9 ml/7 l）とその1/10希釈

液を作り、5000分の1ワグネルポットにそれぞれ3 lを入れ、前記水田より採集したオオアカウキクサ、ウキクサ（*S. polyrrhiza*）およびアオウキクサの葉状体を約19 cm² ずつその上にそれぞれ浮べた（n=3）。これらのポットを7月8日から8月6日まで戸外においた後、自記面積計を用いて葉状体被覆面積を計り、さらに生重および乾重を計測算出した結果をTable 2に示した。

表より3種の浮草の増殖量を較べると、葉状体増殖面積は、 $L. > S. > A.$ の関係があり相互におよそ3～4倍ずつの違いが見られた。生重および乾重の増加についてもこの順に顕著な差異が見られた。これは葉状体の厚さ（生重/葉状体面積）または乾重/葉状体面積の差を反映していて、例えば *Lemna* は *Azolla* に較べ葉状体増加面積が約16倍多く、逆にその厚さは約1/4である。開放水面に広がる葉状体をもつ浮草では、その厚さが薄いほど光合成効率も高く、また水面を覆う速度も大であることは予想される。

次に *Azolla* と *Lemna* について両者の混合培養における生長をそれぞれの単独培養の場合と比較して見た。

100 ml ビーカーに前述のミネラップ標準溶液に1モルの HCl と KOH で pH を 4.0, 5.0, 6.0 および 7.0 に調節した4種類の液を用意し、それぞれ100 ml ずつビーカーに入れて、その上に両種の浮草をそれぞれ3個体ずつ浮べた。混合培養区は両種計6個体浮べ、各実験区3反覆とした。これらのビーカーは、外気に開放したグリーンハウス内（外光の3/4受光）

Table 2. Growth of the three kinds of floating weeds, *Spirodela* (*S. polyrrhiza*), *Lemna* (*L. paucicostata*) and *Azolla* (*A. japonica*) on the MINERAP nutrient solution. About 19 cm² of the total weed mat of each species was transplanted on 3000 ml of the culture solution in wagner pot and cultured at outdoors from July 8th to Aug. 6th, 1980.

Kinds of the weed	Dilution levels of the nutrient	Areas of the total weed mat (X cm ²)	F. W. of the weed mat (Y mg)	Y/X mg/cm ²	D. W. of the weed mat (mg)
<i>Azolla</i>	1*	76.5	1550	20.3	104.8
	1/10	92.8	1750	18.9	127.2
<i>Spirodela</i>	1	301.8	5000	16.6	286.9
	1/10	304.4	4900	16.1	289.2
<i>Lemna</i>	1	1033.2	6100	5.9	516.1
	1/10	1243.2	7900	6.4	621.6

* : Standard MINERAP solution, a commercial compound fertilizer by SUMITOMO KAGAKU : A : B=4:9 volumes per 7000 volumes of water.

に1980年5月24日より8日間置き、さらに培養液を更新した後、6月11日まで計18日間そのまま培養した。培養された両種の浮草の生長測定結果を Fig. 1 に示した。

最初の9日間の培養において、*Azolla* は2.5～5倍、また *Lemna* は5～11倍の生重増加を示した。さ

らに培養液を更新して9日間の培養して計18日間の生長量として *Azolla* は、4～11倍、*Lemna* では18～38倍の増加率を示した。

次に単独培養と混合培養における増殖量を較べると、全体として両種とも単純区の方が混合区より勝ったが、その傾向は *Azolla* では *Lemna* に較べて小

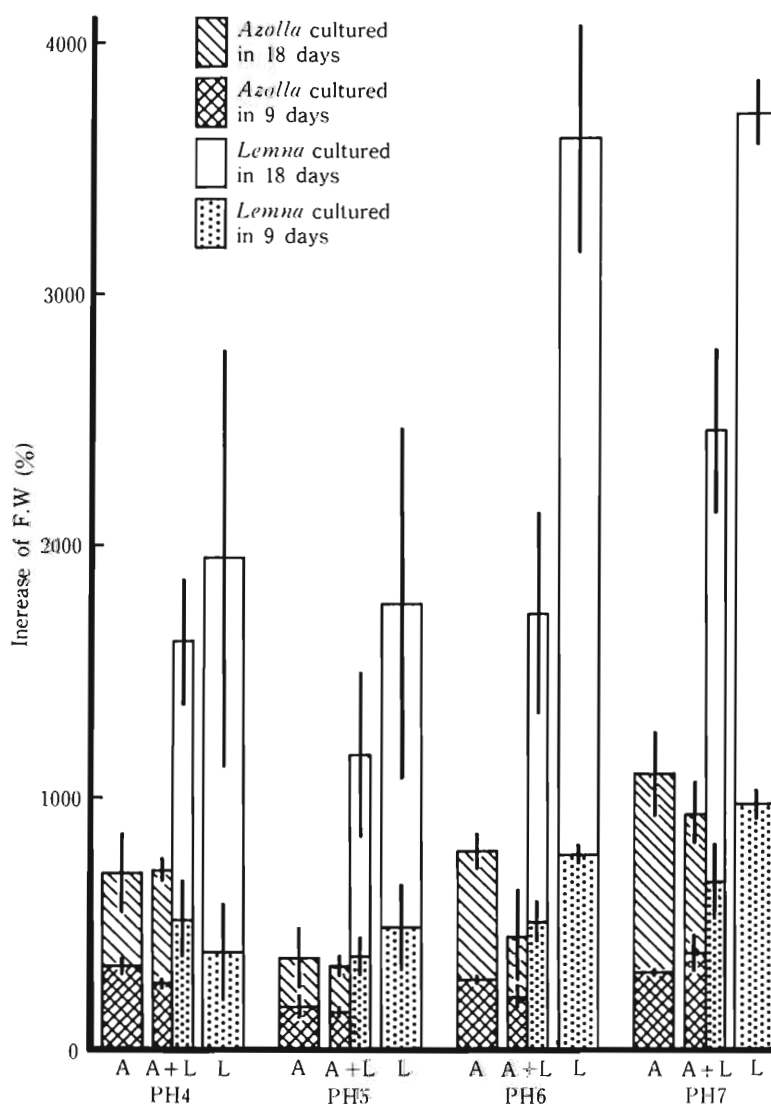


Fig. 1. Growth of *Azolla* (A) and *Lemna* (L) in single (A, L) or mixed (A+L) colonies on the MINERAP nutrient solution (a commercial compound fertilizer by SUMITOMO KAGAKU) with four PH levels. The plants were floated on the culture solution in a beaker and grown for 18 days from May 24th to June 11th, 1980 in a open green house. The culture solutions were once renewed at the 9th day.

さかった。しかし *Lemna* では *Azolla* との混生による増殖量の減少が目立った。また培地の pH と増殖の関係を見ると、pH 4 区におけるやや高い値を除いて、両種とも pH 5 から pH 7 まで、生重増加率が大となる傾向が見られた。

(3) *Azolla* の生長と培養液の pH との関係

前実験において、*Azolla* は培養液の pH により、やや不規則な生長反応を示したのでこのことを更に詳しく調べるために次の実験をした。前と同様にしてミネラル標準液を用い pH3.0~9.0 まで 8 区の pH の異なる培養液を調整した後、それぞれ 100ml ずつビーカーに入れ定量の *Azolla* を浮べた。これらのビーカーを 12 月 3 日~9 日の 6 日間グリーンハウス（無加温、10~25°C、外光の 3/4 受光）に置いた後生長を測定した結果を Fig. 2・A, B に示した。

この結果を生重増加率で見ると pH 4 における値をピークとして pH3.5~6 の酸性域でやや高い値が示された。しかし葉状体被覆面積の増加量では pH 6 をピークとする増殖反応曲線が得られた。本実験の場合は季節的に夏季の生長盛期を過ぎて、気温も低く、生長増加率も全体として低いという異なった事情があった。

(4) ロング・アシュトン培養液における *Azolla* の生長

本植物の増殖と培養液の栄養成分との関係を実験的に調べるために、汎用されているロングアシュトンの塩類組成による培養液を用意した。

まず無機窒素化合物に関して、硝酸型 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、アンモニア型 ($\text{NH}_4\text{-N}$) および無窒素 (N-free) の培養液を用意し、pH 5 に調整した後、それぞれ 100ml ずつビーカーに入れ *Azolla* を定量浮べた。これらのビーカーを前実験と同じく無加温グリーンハウスに 10 月 7 日から 6 日間置いた後、それぞれの増殖量を測定した結果を Fig. 3 に示した。また硝酸塩 (KNO_3) のみの成分量を増した溶液を作り、同様にして 10 月 23 日から 7 日間培養した結果を Fig. 4 に示した。これらの実験結果から本植物は、このような培養条件下では無窒素培養液での増殖量がより大であり、硝酸型、アンモニア型窒素の順に、これにつぐ傾向を示した。さらに硝酸型窒素成分量を増すと増殖が抑制され、特にその 3 倍量で著しい抑制が見られた。

次にロングアシュトン培養液組成の無窒素溶液における *Azolla* の生長経過を、培養液量との関係において調べるために、ビーカーにそれぞれ 50ml と 100

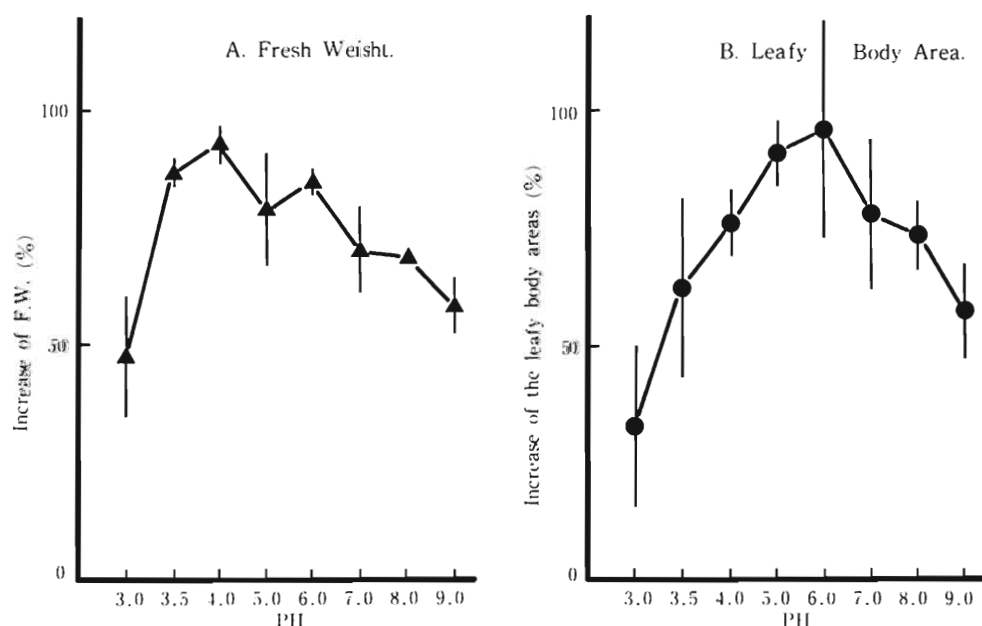


Fig. 2. Growth of *Azolla* colonies on the MINERAP nutrient solutions with different PH levels. The plants were grown for 6 days from Dec. 3rd to 9th, 1980 by the same method as shown in the legend of Fig. 1.

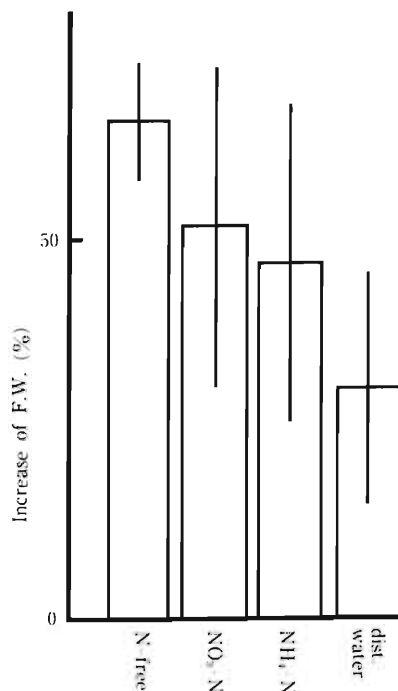


Fig. 3. Effects of the nitrogen sources in the Long-Ashton nutrient solution on the growth of *Azolla* colony. The plants were transplanted in 100 ml of the culture solution in beakers and cultured in a open green house for 6 days from Oct. 7th to 13th, 1980.

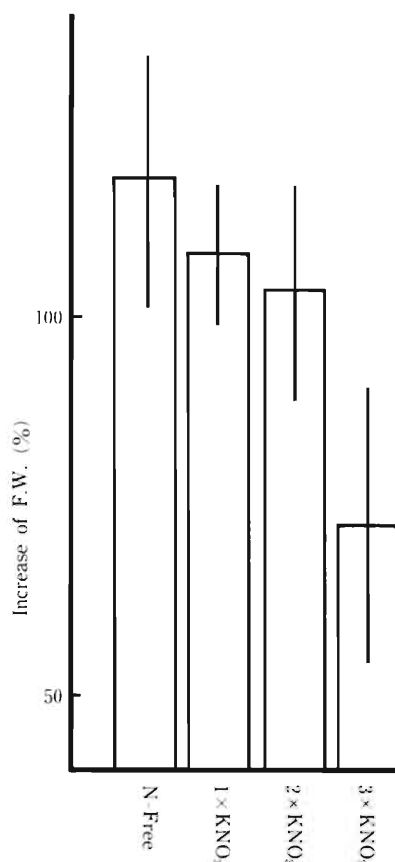


Fig. 4. Effects of the additional nitrate(KNO₃) component in the Long-Ashton nutrient solution on the growth of *Azolla* colony. The plants were grown for 7 days from Oct. 23th to 30th by the same method as shown in the legend of Fig. 3.

ml の培養液を入れて本植物体を定量浮べ、1980年6月17日より26日まで前述のグリーンハウス内において、なおこれらのピーカーの半分は2日間隔で培養液を更新し(更新区)残りはそのままだに(非更新区)として培養して成長量の測定を行った結果を Fig. 5 に、そして9日間の培養による生重増加率、葉状体被覆面積増加率、およびこれより算出した生長速度 k を Table 3 に示した。ただし生長速度 k は、別府ら(1981)による次の計算式⁵⁾にしたがって求めた。

$$k = \frac{\log W_t - \log W_0}{t} \times 1000$$

W_0, W_t : 培養前後の生重
 t : 培養日数

Fig. 5 から明らかなように *Azolla* は50~100ml 培養液上で1週間前後では培養日数に比例してほぼ直線的に生長(増殖)した。ただし少量の培養液で殊に培養液を更新しない場合は生長速度の低下が培

養後期に見られた。また Table 3 に示したように、このような葉状体面積増加率と生重増加率を較べると、両者の数値はほぼ平行した関係が見られ、生長速度値を含め100ml 更新>50ml 更新>100ml 非更新>50ml 非更新の関係が見られた。

次に同様な方法でロングアシュトンの無窒素培養液について、標準濃度、1/2, 1/10, 1/100および蒸留水区を作り、それぞれ75ml ずつピーカーに入れ($n=4$)その上に *Azolla* を浮べ、1980年5月23日から6日間グリーンハウスで培養した結果の生長量を葉状体被覆面積増加率で示した結果を Fig. 6 に示した。この場合標準濃度より希釈するにつれて生長増加率は小となり1/100の希釈区では、生長量が標準区の約60%にとどまった。すなわち *Azolla* の生長は

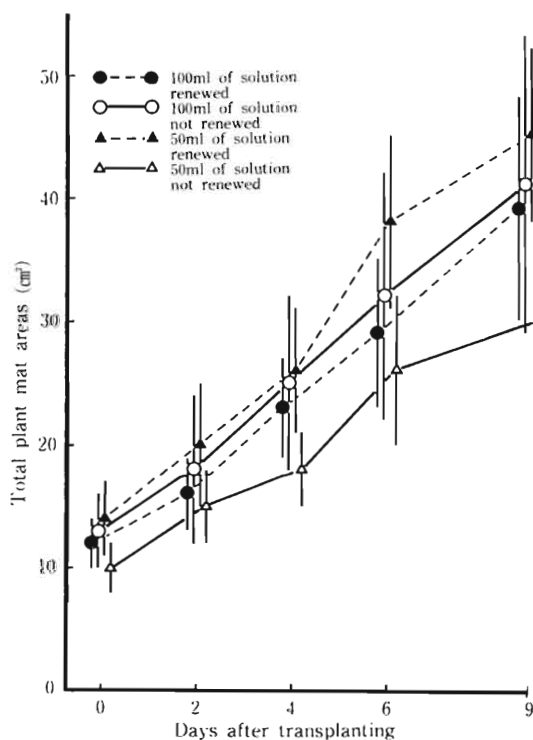


Fig. 5. Effects of the quantity and renewal of the culture solution on the growth of *Azolla* colony. The plants were grown on 100 ml or 50 ml of the Long-Ashton nutrient solution with or without renewal of the solution in every two days from June 17th to 26th, 1980 by the same method as shown in the legend of Fig. 3.

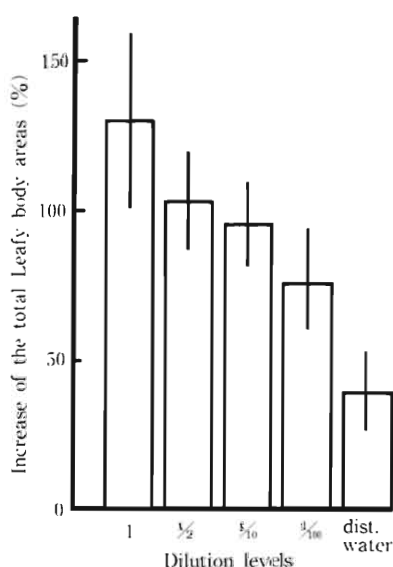


Fig. 6. Growth (increase of the total leafy body areas) of *Azolla* in the Long-Ashton nutrient solution with different dilution levels. The plants were grown on the culture solution for 6 days from May 21st to 29th, 1980 by the same method shown as the legend of Fig. 3.

Table 3 Growth of *Azolla* on the nitrogen-free Long-Ashton nutrient solution in a open green house for 9 days from June 17th to 26th, 1980.

Volumes of the solution	F. W. of the weed colony before culture mg	after culture mg	Growth rate k*	Increase of the F. W. %	Increase of the areas of weed mat %
100 ml, renewed**	43 ± 8.0	141 ± 28	51.6	230.4 ± 11.0	230.5 ± 53.2
100 ml, not renewed	48 ± 15	142 ± 43	47.1	198.4 ± 7.7	215.4 ± 63.0
50 ml, renewed**	54 ± 14	173 ± 36	50.6	227.9 ± 29.8	221.4 ± 34.4
50 ml, not renewed	38 ± 11	100 ± 21	42.0	190.9 ± 101.7	200.0 ± 53.3

* $k = \frac{\log W_t - \log W_0}{t} \times 1000$: F. W. of before (W_0) and after (W_t) the cultivation in t days.

** The culture solution was renewed on every two days.

窒素成分以外の培養液成分含量の低下により影響されて減少することが示された。

III 考 察

浮草類は前述の如く水田農業の有害雑草として防除の対称となる反面、近年ではいくつかの積極的な利用と研究が行われている。まずアオウキクサ類、*Lemna* は被子植物中では極めて小型で取扱いが容易である等の多くの利点から、実験植物として、特に植物生理学上の花成の研究材料としての利用が盛である^{6,7}。また水質、例えば重金属イオンに対する敏感な生長反応を利用して環境評価における生物指標としての利用もある⁷。

次にウキクサ、*Spirodela* は、松本 (1982) によると⁸、その盛んな繁殖による水中の富栄養塩吸収を利用して生活排水の処理を行い、今日問題となっている河川の富栄養化の軽減の可能性があるという。また *Spirodela* の窒素吸収能が高いことから、乾燥ウキクサによる飼料化の可能性も示唆された。

Azolla の農業上の意義については MOORE (1969) により報じられ¹⁰、さらに具体的利用研究が IRRI において進められている^{3,11}。また山口らは本邦産アカウキクサの共生窒素固定の利用について報じた¹²。

河内産 *Azolla* は本邦産 2 種の *Azolla* のうちのオオアカウキクサ (*A. japonica*) に属するが系統的には *A. filiculoides* の 1 変種とされ、アジア、アフリカ産の、IRRI などでも利用が進められているアカウキクサ、*A. pinnata* とは異なるようである。また *A. filiculoides* はヨーロッパ原産で今日では南米南部、北米西部、アラスカ、ヨーロッパ西部、および中国や日本の 1 部に分布するといわれる³。

河内地方の水田では夏季には *Spirodela* や *Lemna* が、混生または単生して広く分布しているが、*Azolla* は 1 部の限られた地区で、かつ、上記の浮草類と混生して発生するのが普通である。しかし冬季には、比較的上流の水湿田に部分的に *Azolla* 群落が残るが、*Spirodela* は消滅し、*Lemna* も殆ど見られない。(しかし、*Lemna* は冬期にも富栄養化した沼地や、放置された肥溜めなどでその密生群落を見ることがある。)

Table 2 に示したように上記 3 種類の浮草は夏季の増殖期には *Lemna* > *Spirodela* > *Azolla* の順に生長速度に大差がある。しかし葉状体の厚さとその重なり程度の程度はこの逆に大であるので、密閉された水面で相互に接触している場合は *Azolla* > *Spirodela* >

Lemna の順に優位に増殖し、通常 *Azolla* はかなりの大きさの広がりをもつマットとして水面を覆う。また *Azolla* の越冬場所に近い水田では、その水面の過半を *Azolla* 群落が占める場合も見られた。

次に *Azolla* の生長は光、温度と共に水中に溶存する無機成分により異なって影響されると考えられる。今回の実験では光、温度に関しては特に制御せず、生育地の条件に近い開放グリーンハウス内で培養した。この結果、例えば Fig. 4 と Fig. 6 の同じ無窒素培養液上の生長増加率を較べると 5 月末と 10 月末では前者が後者よりもおよそ 1.6 倍も (同じ 6 日間) 増加率が大であった。また Table 3 に示したように当地の *Azolla* の増殖盛期にあたる 5 月下旬の培養では、ロングアシュトンの無窒素培養液上の成長速度 ($k=51.6$) から倍量成長期間 (Doubling time) を求めると 5.3 日となる。WATANABE らによるとフィリッピン島の試験水田における *Azolla* (*A. pinnata*) の増殖テストでは、この値は 5.5 日が報告され、また無窒素培養液の培養実験では生重倍増期間として 3~5 日の高い値も得られている¹⁰。河内産 *Azolla* (*A. japonica*) の場合も、最適条件での培養では、なお高い生長速度を持つ可能性も考えられる。

培養液の pH と *Azolla* の生長の関係については Fig. 1, 2 に示したようにミネラル標準培養液における河内産 *Azolla* の生長の至適 pH は季節によってもやや異なったが、全体としては pH 4~7 の酸性範囲で生長が見られた。アカウキクサ (*A. pinnata*) を用いた実験では、水耕液の至適 pH が 5.5 (WATANABE¹¹) または 6.5 (山口¹²) とされているが、水耕液の成分の差によっても異なった値になると思われる。なお、河内産 *Azolla* の発生田 5 枚について夏季繁殖期に水田の水口と水尻のかんがい用水の pH を測定したところ、それぞれ pH 6.2~6.5、と pH 6.4~6.9 の範囲の値であった。

わが国の水田農業において、*Azolla* を緑肥や水面被覆による他の水生雑草の抑制に積極的に利用することは、今日のように化学肥料や農薬の容易で安定した使用が普及している現状においてこれに代るものとしては、現実的に困難であろう。しかし、化学肥料の多投による水系の富栄養化や農薬公害などの環境問題の面から、例えば休耕田や輪作の中に *Azolla* の“栽培”を組み入れて、地域的な水質浄化をはかることは可能であろう。この場合 *Azolla* は湛水田において、他の浮草と協力して富栄養塩類 (特に *Azolla* はリン酸塩の吸収が大である) の除去に当り、またその葉状体の水面被覆マットは、他の水田

雑草の増殖を抑制することが考えられる。当地（八尾市）において Plate 1 に示したように、かつて冬期湛水田に *Azolla* の大発生を見たが、休耕田の水管理を巧みに行うことにより、増殖した *Azolla* を緑肥として利用すると、次の作での過剰な化学肥料の使用を軽減できるであろう。

しかしながら、*Azolla* のフィールドにおける増殖については、例えば当地域でも観察されるように田植後発生したカブトエビによる被害など含めて、病虫害なども予想されるので、実用化にあたっては、地域の栽培条件に適した生態種の探索や導入および育種なども今後検討が残されている。

IV 要 約

大阪平野の東部に位置する河内地方では生駒山系に接する極く限られた地区の湛水田にオオアカウキクサ、*Azolla japonica* が残存し、夏季その周辺の湛水田に他の浮草類と共に繁殖するのが観察されている。

そこで八尾市東部地区の湛水田において7月中旬 *Azolla* の分布を調べたところ、本植物はウキクサ (*Spirodela*) やアオウキクサ (*Lemna*) と混生しておよそ20%の湛水田に分布していた。またこの地区の湛水田では、これら浮草の中で *Spirodela* がもっとも広面積に、次いで *Lemna*、*Azolla* の順に湛水田表面を覆っていた。

3種の浮草をそれぞれポット内の水耕液（市販ミネラル液）で約1ヶ月培養し、それらの葉状体の生長（増殖）速度を見ると *Lemna* > *Spirodela* > *Azolla* の関係でそれぞれ3～4倍の差があった。このような生長・増殖速度の差は葉状体の厚さの差を反映しているが、反面これらの浮草類が接触して増殖する競り合いにおいては、分厚い葉状体をもち密なマット状群落をつくる *Azolla* がもっとも優位で、次いで *Spirodela* > *Lemna* の順と思われる。

Azolla はロングアシュトンの無窒素培養液で他の窒素源を含む場合よりもその初期増殖速度は大であった。この培養実験での最大成長速度値から倍量増加時間を求めると5.3日となったが、この値はなお培養条件の改善で小となることが予想される。

Azolla はミネラル培養液の pH 4～7 の範囲で盛んに増殖したが、その最適 pH は6前後と思われる。また繁殖期の湛水田の pH は6.5前後であった。

わが国の今日の農業に *Azolla* を直接的に利用することは現実的に期し難い。しかし、本植物の窒素固定能以外に水溶液からの富栄養物質（例えば、リ

ン酸）吸収能、水面被覆能および周年生育性等に基いて、これを休耕田や輪作、転換作付体系の中の湛水田で“栽培”して、化学肥料や農薬多投を軽減し、水系の水質の浄化への利用も考えられる。

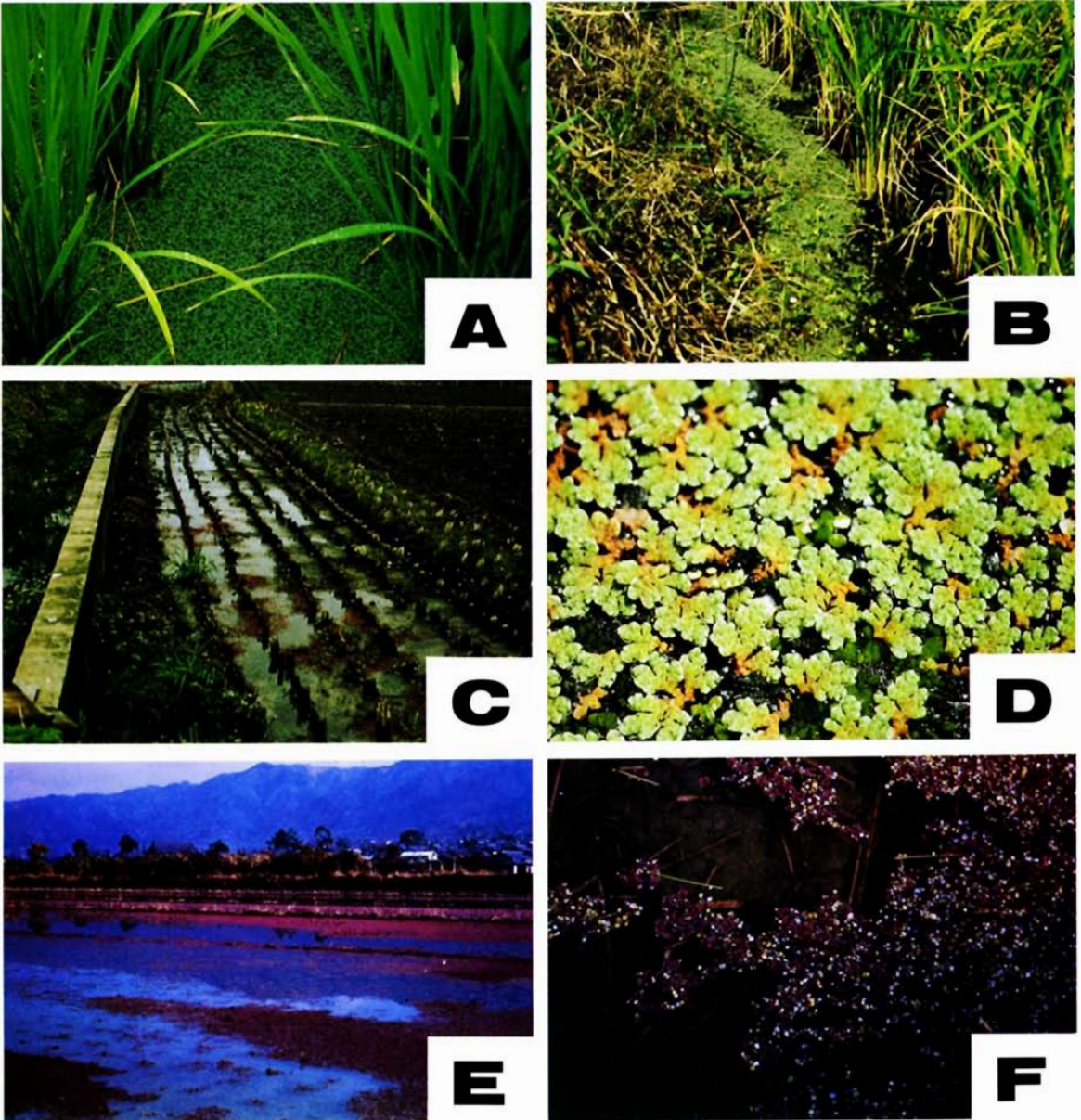
謝 辞

Azolla の研究は田中達義君（昭和54年度卒）の卒業研究テーマとして始めたものであるが、本報はさらに池村宣史君（昭和55年度卒）の協力による実験データを含めてまとめたものである。ここに両君の熱心な御協力に謝意を表するものである。

引用文献

- 1) 大滝末男・石戸忠：日本水生植物図鑑，265，北隆館（1980）
- 2) 竹松哲夫・近内誠登：水田除草の理論と実際，442-444，博友社（1974）
- 3) T.A. LUMPKIN: Biology of *Azolla*, FAO *Azolla* Training course, Oct. (1977)
- 4) E. J. ヒュイット・J. A. スミス（鈴木半三・高橋英一訳）：植物の無機栄養，30～31，理工学社（1979）
- 5) T. BEPPU・A. TAKIMOTO: *Bot. Mag. Tokyo*, 94, 107～114 (1981)
- 6) 佐藤雅志：農業技術，34(9)，11～15 (1979)
- 7) W.S. HILMAN: *Science*, 193, 453～458 (1976)
- 8) 佐藤治雄：レムナテスト，松中昭一編，図説環境汚染と指標植物，22～23，朝倉書店（1979）
- 9) 松本聰：化学と生物，19(9)，594～600 (1981)
- 10) A.W. MOORE: *Bot. Rev.*, 35, 17～34 (1969)
- 11) I. WATANABE・C.R. ESPINAS・N.S. BERJA and B.V. ALIMAGNO: Utilization of the *Azolla*-*Anabaena* complex as an nitrogen fertilizer for rice, IRRI Research Paper Ser., 11 (1977)
- 12) 山口益郎：自然農法における窒素固定，自然農法研究記念特集号，32～38，環境科学総合研究所（1981）

（昭和58年10月15日受理）



Explanation of Plate 1.

- A. A dense mat of "green" *Azolla* in the flooded paddy field in Yao city on the 15th of July, 1980 after the rice transplantation.
- B. *Azolla* colonies in the paddy field on the 19th of Sept., 1980 after heading of the rice plants.
- C. "Red" *Azolla* colonies in a ill-drained paddy field on the 29th of March 1981. They have survived over the winter season.
- D. Some greenish leafy bodies of *Azolla* in the field on the 13th of April, 1981.
- E. A bloom of the "red" *Azolla* on the flooded paddy field in Kawachi (Yao city) in the winter season of 1962, about 21 years ago and before urbanization.
- F. Somewhat magnified pictures of the "red" leafy bodies of *Azolla* shown in E.