

熱帯性スイレンにおける裏返った浮葉の元戻りに関する研究 その1*

濱谷修一¹⁾・門村逸喜¹⁾Studies on the Recovery of Reversed Floating Leaves in
Tropical Water Lilies (I).*Shuichi Hamatani¹⁾ and Itsuki Kadomura¹⁾

はじめに

熱帯性スイレンとは、スイレン属 (*Nymphaea*) の植物のうち、熱帯あるいは亜熱帯地域を原産地とする野生種およびそれらからつくり出された園芸品種の総称である。これらには、温帯地域原産のものと比べて花色が豊富で華やかである上に、一定以上の温度が保たれれば一年を通じて開花する性質を持つものが多く、植物園における植栽植物として貴重な位置を占めている。

広島市植物公園では、広さ483m²の熱帯スイレン温室内に、熱帯性スイレンおよびオオオニバス属植物の野生種および園芸品種あわせて約50種を栽培・展示している。温室内には一年を通じて水温を28℃以上に維持している池が2つあり、植物は池に沈めた鉢で栽培されている。

温室内におけるスイレンの生育は旺盛で、花や葉の交代が早いので、植物体を常に美しく観賞できるように、古くなった花や葉を定期的に除去する作業を行っているが、作業中に葉(浮葉)が裏返しになることがしばしばある。この際、美観を保つため、裏返った浮葉をできるだけ元に戻すようにしていたが、裏返しになった浮葉をそのまま放置しておいても、数時間～1日後には元通りに上向きの状態に戻っている現象が観察された。

水草の浮葉の動態については、ガガブタ (*Nymphoides indica*) における、水位の変動による葉柄の再伸長(浜島 1962) やヒツジグサ (*Nymphaea tetragona*) およびジュンサイ (*Brasenia schreberi*) の浮葉の寿命と回転率(国井・荒巻 1987) など、いくつかの報告が見られるが、裏返った浮葉の元戻りについて言及した報告は見受けられない。そこで、当園で栽培・展示している熱帯性スイレン数品種を用いて、裏返った浮葉の元戻りについて調査を行った結果、興味深い知見が得られたので報告する。

材料および方法

実験に用いた熱帯性スイレンを Table 1 に示した。これらは、いずれも開花株であった。

植物は池に沈めている鉢に植え付けられており、水面から用土表面までの深さは10～20cmであった。実験には、完全に展開した浮葉を用いた。また、いずれの株の周囲にも葉柄を伸ばすために十分な広さの水面を確保して実験を行った。

実験1 元戻りの確認と季節による元戻りの程度の変化

実験には、'St. Louis Gold' を供試した。

1株当たり10枚ずつ3株、合計で30枚の浮葉を無

* Contribution from The Hiroshima Botanical Garden No. 57.

1) The Hiroshima Botanical Garden.

Bulletin of The Hiroshima Botanical Garden. No. 16 : 31-40

Table 1. Cultivars and their flower colors of tropical waterlily studied

Cultivar	Flower color*
Albert Greenberg	Copper gold
Azurea	Pale blue
Dauben	Blue
Edward D. Uber	Electric purple
Eldorado	Lemon yellow
Enchantment	Deep salmon pink
General Pearsing	Deep pink
Janice C. Wood	Marshmallow white
Leopardess	Cobalt blue
Marian Strawn	Vanilla
Sacred Blue Lotus of the Nile	Blue
St. Louis Gold	Citron yellow
White Pearl	White

* Referred to 'Waterlilies' (Swindells 1983) and 'Water Visions' (Van Ness Water Gardens 1990).

作為に選び、葉柄を180°回転させることにより葉身を裏返しにした。午前9時に実験を開始し、午後5時まで2時間おきに裏返ったままの浮葉の枚数を数えた。実験は1994年の1月から12月にかけて随時行った。

実験2 品種による元戻りの程度の違い

実験には、Table 1に示した13品種のうち、'Azurea'を除く12品種を1株ずつ供試した。1株当たり10枚の浮葉を無作為に選び、実験1と同様に裏返した。1994年の10月から11月にかけて4回行い、1品種当たり合計で40枚とした。午前9時に実験を開始し、午後5時まで2時間おきに裏返ったままの浮葉の枚数を数えた。また、葉身の横径と、葉身基部より約10cmの位置の葉柄の太さを測定した。

実験3 夜間における元戻りの確認

実験には'Azurea'および'Eldorado'をそれぞれ1株、'Marian Strawn'を2株、'St. Louis Gold'を3株供試した。

1株当たり10枚の浮葉を無作為に選び、実験1と

同様に裏返した。1994年11月20日の午後6時に実験を開始し、午後10時（4時間後）に裏返ったままの浮葉の数を数えた。対照として、同年11月26日に、同じ株について午前9時より同様の処理を行い、4時間後の午後1時に裏返ったままの浮葉の数を数えた。

実験4 葉柄の回転と元戻りとの関係

浮葉の葉身が裏返った際にはその葉柄は回転した状態になっている。そこで、この回転が元戻りに及ぼす影響を調べるため以下の二通りの実験を行った。

まず、'Leopardess'、'Marian Strawn'および'St. Louis Gold'を1株ずつ供試して次の実験を行った。1株当たり10枚の浮葉を無作為に選び、葉柄が360°回転した状態になるように葉身を1回転させて、葉身の表が上になるようにした。1994年の11月下旬に、'Marian Strawn'については2回、他の2品種については1回実験を行った。午前9時に実験を開始し、午後5時まで30分～1時間おきに表裏の変動を確認

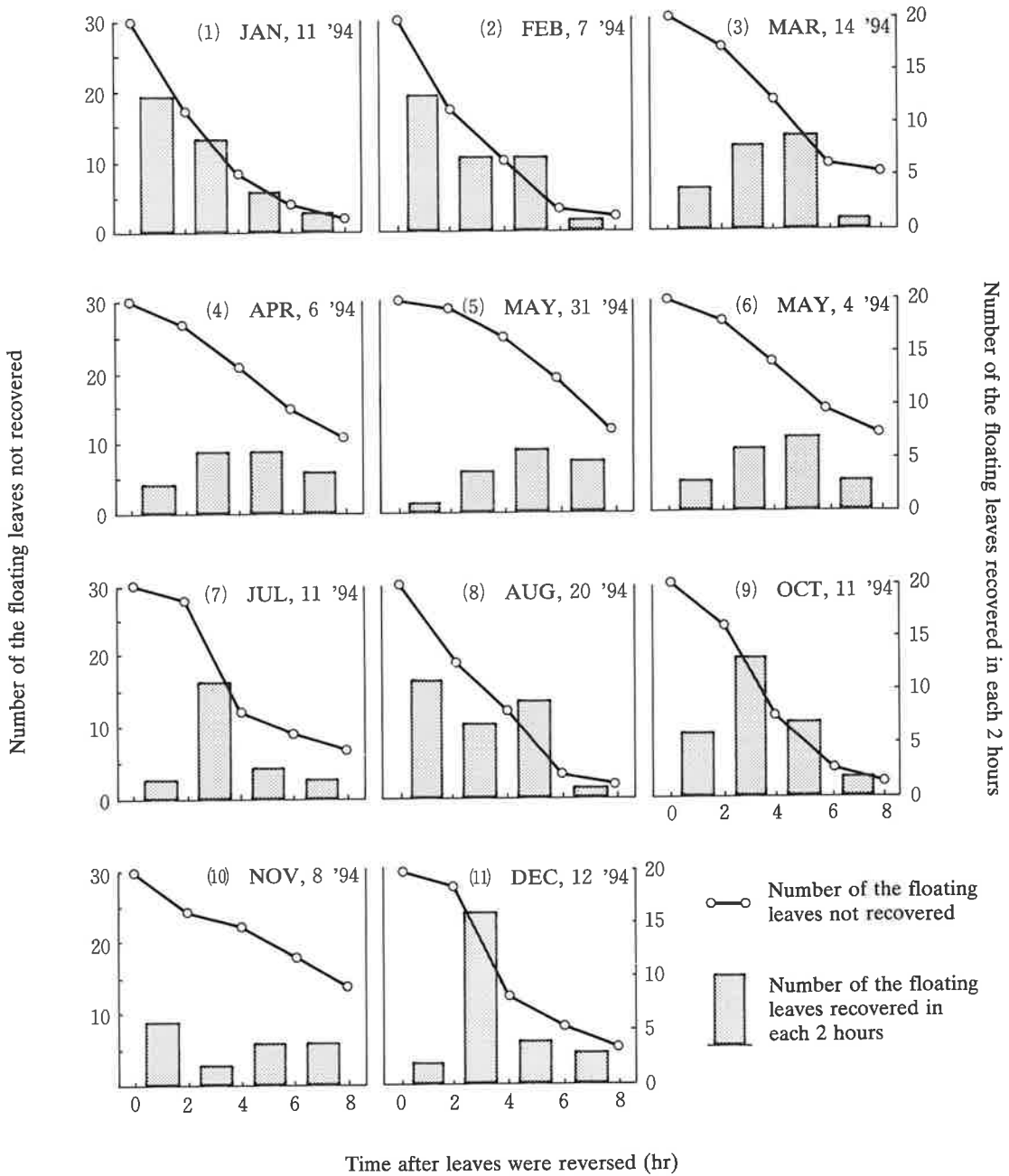


Fig. 1 . Recovery of reversed floating leaves along the time in various seasons ('St. Louis Gold').

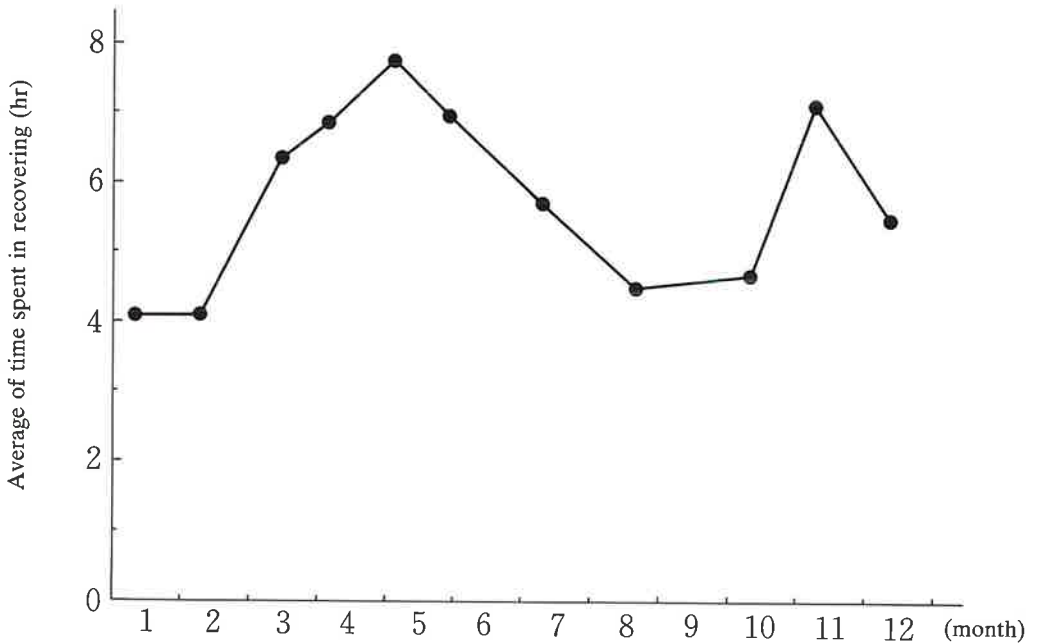


Fig. 2. Changes of time for recovery of reversed floating leaves along the month ('St. Louis Gold').

した。

次に、'General Pearsing'および'Marian Strawn'を供試して以下の実験を行った。両品種共に、5枚の浮葉を無作為に選び、株元から浮葉を切り離して実験に用いた。この浮葉の葉身を裏返した後、葉柄が回転を起こさないように（ねじれないように）気をつけながら、アルミ線を用いて葉柄の基部（切り口側）を用土に固定した。対照として、両品種共に、実験1の方法で5枚の浮葉を裏返し、それぞれの元戻りを観察した。1995年2月22日の午前11時から実験を開始し、同日午後4時まで1時間毎に元戻りを起こしている浮葉の枚数を数えた。浮葉を切り離して葉身を裏返した区（処理区）においては、実験開始時および終了時に葉柄長を測定した。

実験5 葉柄長と元戻りとの関係

実験には、'Marian Strawn'および'St. Louis Gold'を1株ずつ供試した。

1株当たり5枚の浮葉を無作為に選び、1994年の11月に3回実験を行い、各品種合計15枚の浮葉を用いて実験を行った。午前9時に実験1と同様に浮葉を裏返した後、午後5時まで2時間おきに裏返ったままの浮葉の枚数を数えた。また、裏返した浮葉の全てと、裏返さなかった浮葉のうち15枚について、実験開始時と24時間後に葉柄長を測定した。

実験6 葉柄が元戻りに果たす役割

実験には、'Marian Strawn'を供試した。

20枚の浮葉を無作為に選び、株元から浮葉を切り離した。切り離した浮葉は5枚ずつ4区に分け、それぞれ葉柄の長さを全長、1/2長、1/4長、無し（葉柄を全て除去）となるように調整して実験に用いた。これらの浮葉を、葉身が裏返しになるように水面に浮かべ、実験4とは異なり、他のものに固定せずに元戻りを起こすかどうかを調べた。1995年3月1日の午後5時に実験を開始し、翌日午前9時終了とし、

実験終了時に元戻りを起こしている浮葉の枚数を数えた。

結 果

実験1 元戻りの確認と、季節による元戻りの程度の変化

実験開始時から8時間後まで、2時間毎の裏返したままの浮葉の数と、各2時間の間に元に戻った浮葉の枚数を、Fig. 1. -(1)~(11)に示した。裏返しになった浮葉は時間の経過と共に元戻りすることが明らかとなった。元戻りに要する時間は浮葉によって異なり、早いものでは2時間以内に元に戻った反面、遅いものでは8時間以内に元に戻らなかった。しかし、8時間以内に元に戻らなかった浮葉も、ほとんどが24時間後には元に戻っていた。元戻りの程度を月別に見てみると、1, 2, 7~10, 12月において、裏返した30枚のうち50%以上が2~4時間以内に元戻りをおこした。一方、それ以外の月では2~4時間以内に元に戻った浮葉は50%以下で、さらに23%以上は8時間後でも元に戻らなかった。

また、実験開始時から2時間後まで、2時間後か

ら4時間後まで、4時間後から6時間後まで、6時間後から8時間後までの間に元に戻った浮葉および8時間後でも元に戻らなかった浮葉について、元戻りにかかった時間をそれぞれ2, 4, 6, 8, 10時間として、元戻りに要した時間の平均を算出し、平均値の1年間の推移の様子をFig. 2. に示した。

元戻りに要した時間の平均を月別に比較すると、12~2月および8~10月で短く、3~7月および11月で長くなる傾向が認められた。

実験2 品種による元戻りの程度の違い

実験開始時から8時間後まで2時間毎の、裏返したままの浮葉の数と、各2時間の間に元に戻った浮葉の枚数を、Fig. 3. -(1)~(12)に示した。

いずれの品種においても、時間の経過と共に、裏返しになった浮葉は元に戻った。元戻りにかかる時間は品種により異なっていた。即ち、'Albert Greenberg', 'Dauben', 'Enchantment', 'Sacred Blue Lotus of the Nile', 'White Pearl'の5品種においては、4時間では半数の浮葉が元に戻らず、6時間後の段階で半数の浮葉が元に戻った。さらに、8時間経過時において元戻りをしていない浮葉が10枚以上あった。一方、その他の7品種においては4時

Table 2. The difference of the recovery of reversed floating leaves between in the daytime and at night

Cultivar	Number of the floating leaves not recovered 4 hours after reversed	
	In the daytime*	At night**
Azurea	7	5
Eldorado	1	7
Marian Strawn (No.1)	0	2
(No.2)	7	8
St. Louis Gold (No.1)	10	8
(No.2)	7	7
(No.3)	6	8
Average of 7 plants	5.43	6.43

* 40 leaves were reversed at 9 am. on Nov. 28, 1994.

** 40 leaves were reversed at 6 pm. on Nov. 20, 1994.

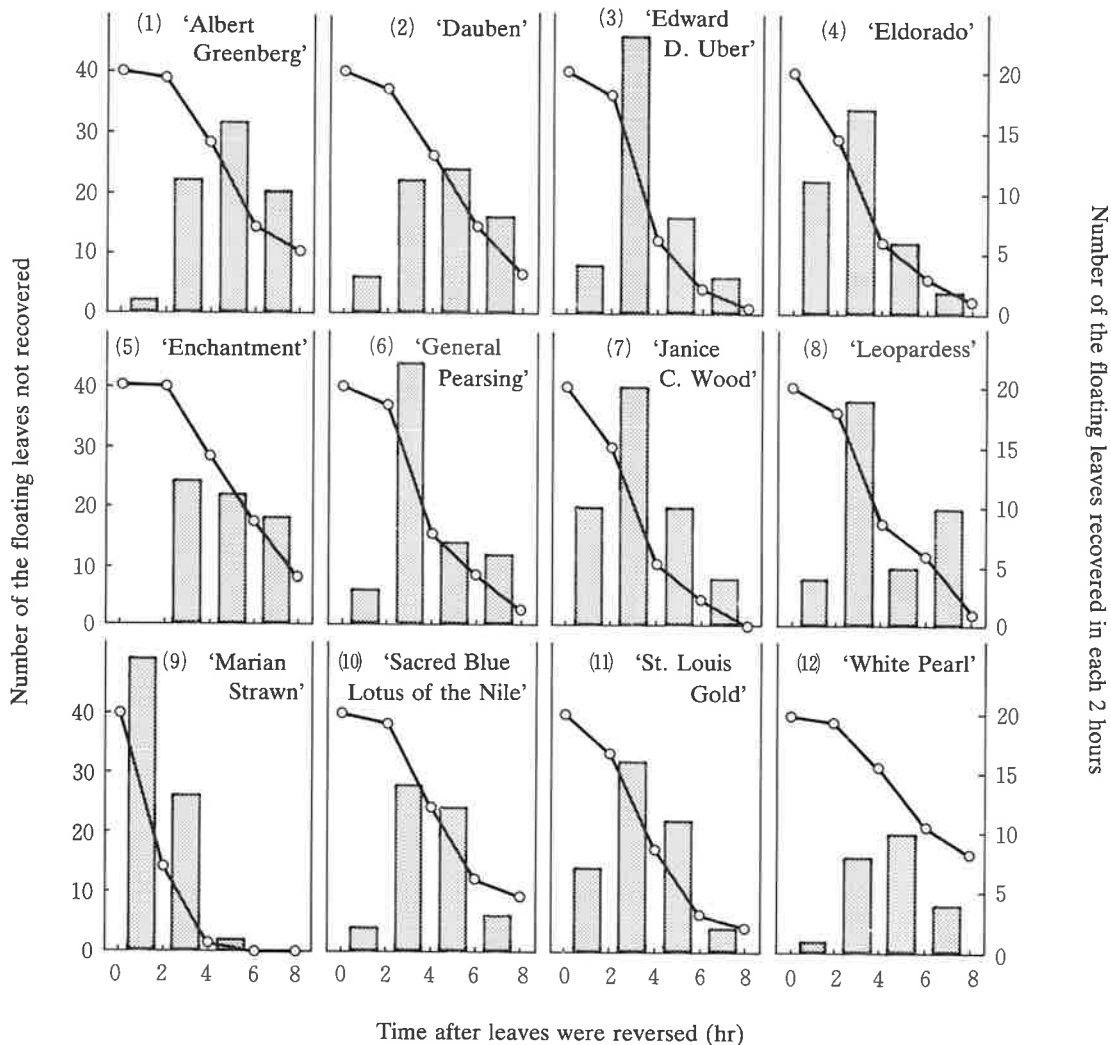


Fig. 3. Recovery of reversed floating leaves along the time in 12 cultivars. Explanatory notes are same to Fig. 1.

間以内に半数以上の浮葉が元戻りを起こし、かつ8時間経過時に元に戻っていない浮葉が2枚以下であった。

また、'Sacred Blue Lotus of the Nile'を除く11品種について元戻りにかかった時間の平均を実験1と同様に算出し、その値と、浮葉の横径の平均(a)、葉柄の太さの平均(b)、および(a/b)との関係をFig. 4. -(1)~(3)に示した。

元戻りに要した時間の平均値は、ほとんどの品種

において4時間から7時間の間であった。浮葉の横径の平均(a)、葉柄の太さの平均(b)、および(a/b)と元戻りに要した時間の平均値との相関を見るために分散分析を行ったところ、それぞれの相関係数は0.3393, 0.1302, 0.4626となり、いずれも有意水準10%で相関が認められなかった。

実験3 夜間における元戻りの確認

'Eldorado'を除く3品種6株では、夜間および昼間における浮葉の元戻りの早さに明らかな差が認め

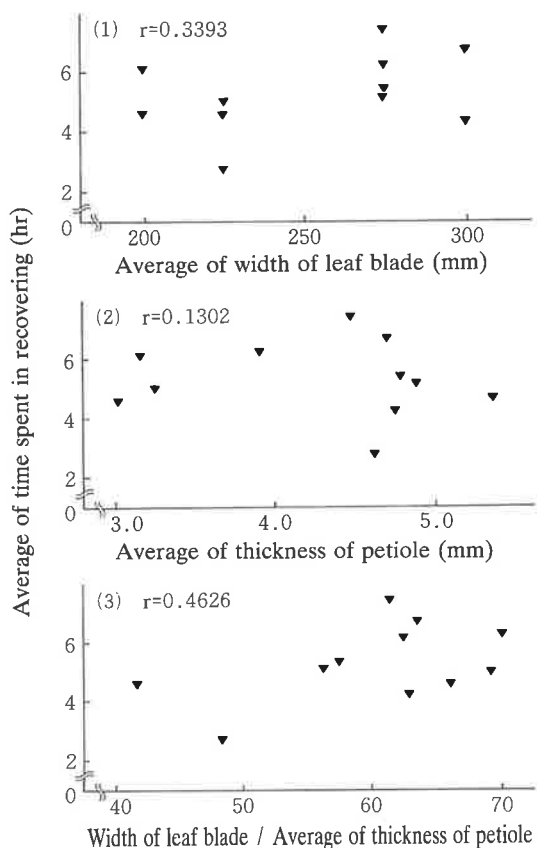


Fig. 4. Relations between the time for recovery of reversed floating leaves and the width of leaf blade, the thickness of petiole and the ratio of the width to the thickness in 11 cultivars.

られなかった (Table 2)。また、7株の平均についても明らかな差が認められなかった。

実験4 葉柄の回転と元戻りとの関係

初めの実験では、供試した3品種のうち、'Marian Strawn'の一部の浮葉は処理を行って5分以内に反転した(180°に戻り、裏返った状態になった)。反転した浮葉は、その後数時間かけてさらに180°に戻り表向きになった。一方、3品種共に、処理後5分以内に反転しなかった葉は、数時間経過しても反転することは無く、葉柄が360°回転したままであった。

後の実験では、両品種共に処理区(葉身を裏返した後葉柄を回転させずに固定した区)、対照区(実験1と同じ方法で葉身を裏返した区)のいずれにおいても、同じように葉身の表裏の元戻りを起こした (Table 3)。両品種共に、処理区においては、実験終了時には実験開始時に比べて葉柄が約1.6cm長くなっていた。

実験5 葉柄長と元戻りとの関係

葉柄長と元戻りにかかった時間との関係には、供試した2品種内で違いが見られた (Fig. 5. -(1)(2))。即ち、分散分析を行ったところ、'Marian Strawn'では有意水準5%で正の相関が認められた ($r=0.5857$)のに対し、'St. Louis Gold'では相関が認められなかった ($r=0.1367$)。24時間の葉柄の伸

Table 3. Effects of the screwing of petiole on the recovery of reversed floating leaves

Cultivar		Number of reversed floating leaves				Average of elongation of petioles during 5 hours (cm)
		After 2 hours	After 3 hours	After 4 hours	After 5 hours	
General Pearsing	Treated*	1	5	5	5	1.56
	Control**	0	2	2	3	—
Marian Strawn	Treated*	0	2	3	4	1.62
	Control**	0	1	1	4	—

* Reversed floating leaves were cut off from the plants and their petioles were not screwed.

** Reversed floating leaves were left attached to the plants and their petioles were screwed.

びについて、裏返し区と対照区とで比較を行ったところ、両品種ともに、裏返し区において対照区よりも葉柄の伸びが大きくなっていった (Table 4)。

実験6 葉柄が元戻りに果たす役割

葉柄全長区で全ての浮葉が、1/2、1/4長区では各2枚 (4割) の浮葉が実験中に元戻りを起こした。しかし、葉柄を全て除去した区では元戻りが起きなかった (Table 5)。

考 察

実験1, 2の結果より、熱帯性スイレンの浮葉は何らかの外的な力により裏返しになった場合に、自らの力によって表裏を元の状態に戻すことが明らかとなった。元戻りに要する時間は季節や品種の違いにより差が見られるものの、概ね4時間以内であった。また、裏返った浮葉の元戻りに要する時間の品種間差異を調査するとともに、浮葉の横径や葉柄の太さと、元戻りに要する時間との関係について若干の検討を行った (実験2)。その結果、早い品種では4時間以内に半分以上の浮葉が元戻りを起こしたが、最も遅い品種では、8時間経過しても4分の1以上の浮葉が元戻りを起こさなかった。一方、浮葉の横径や葉柄の太さは、裏返った浮葉の元戻りに要する時間には影響を与えているとは言えないことがわかった。さらに、実験3の結果より、この運動は昼夜を問わずに行われることが明らかとなった。

次に、元戻りがどのような機構によって行われている

Table 4. Effects of the reversion on the elongation of petiole of the floating leaves

Cultivar	Elongation of petiole in 24 hours(cm)	
	Reversed	Control
Marian Strawn	2.57*	1.77
St. Louis Gold	2.47**	0.87

The value of Reversed is significantly greater than that of Control at 10% (*) or 1% (**) level in a T-test, respectively.

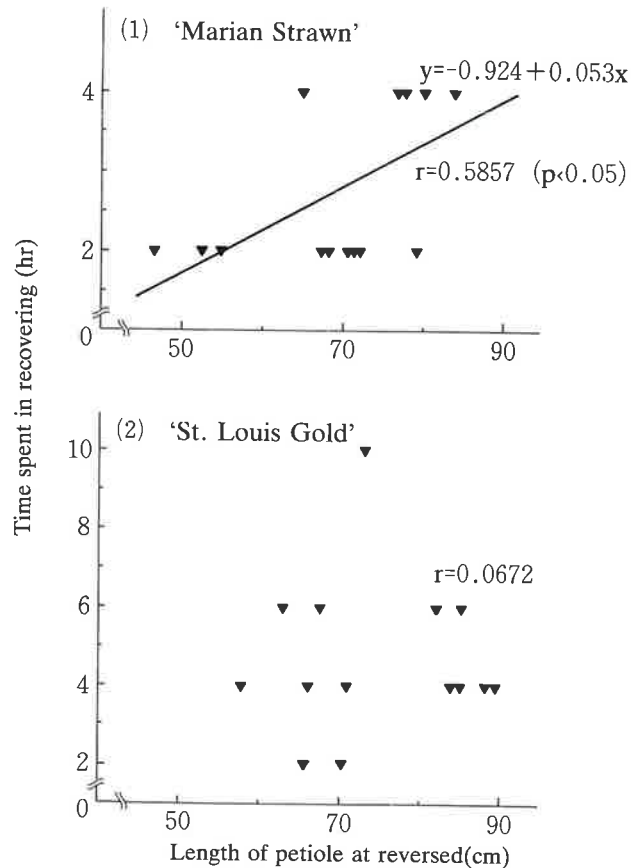


Fig. 5. Relations between time for recovery of reversed floating leaves and the length of petioles.

るのかを考察した。まず、葉柄のねじれ (回転) を機械的に元に戻そうとする力がその原因として考えられたため、実験4を行った。その結果、たとえ葉柄を回転させても、浮葉の表裏を正常な状態にしておけば一部の例外を除き反転や元戻りといった現象は起こらなかった。さらに、葉柄を回転させなくても、葉身の表裏が逆であれば元戻りが起きた。したがって、熱帯性スイレンでは浮葉の表裏が逆になっていることが原因で元戻りを起こしているのであって、葉柄のねじれ (回転) を機械的に元に戻そうとする力が原因で元戻りを起こしているのではないことが明らかとなった。

次に、暗黒下でもこの元戻り現象が確認されたことから (実験3)、熱帯性スイレンが浮葉の表裏を

判断する際には光の影響は受けていないと考えられる。ところでスイレンの浮葉の気孔は表側の面のみ分布し裏側の面には無いことから (Shinobu 1952), 浮葉が裏返しになると呼吸や蒸散などの気孔を利用する活動が妨げられることが推測される。従って、裏返った浮葉の元戻りには、気孔が水によってふさがれる事により呼吸や蒸散に変化が起きることが大きな影響を与えていると考えられる。

葉柄長と元戻り現象との間には次のような興味深い関係が見られた。浮葉の葉柄長と元戻りに要する時間との間の相関は、品種により普遍的なものではなかったが (Fig. 5), 葉柄は元戻り後に伸長していることが明らかとなった (Table 4)。

浜島 (1982, 1983) は、ガガブタの浮葉をポリ塩化ビニリデン膜で覆い、葉と膜との間に水の薄膜をつくることによって、葉身部に水圧の変化を与えずに浮葉表面を水で覆うと、葉柄が急激に伸長し、この伸長には内生エチレンが促進的に作用していることを報告している。本実験は、浮葉が裏返ることによって気孔の存在する表側の面が水に接しているという点で浜島の実験に類似している。従って、浮葉が裏返った場合、ガガブタの場合と同様に、気孔を介在とするガス交換が著しく阻害され、その結果、内生エチレンが蓄積して葉柄の伸長を促進したことが推察される。

水位の上昇等によって水没した浮葉の葉柄が再び伸長する場合、葉柄の細胞が膨大して葉柄の著しい

伸長が起きていることがアサザ (*Nymphoides peltata*) をはじめいくつかの水草で報告されている (Ridge 1987)。そこで、裏返った浮葉の元戻りのメカニズムとして、ガス交換が阻害されることにより葉柄の細胞が膨大し、細胞内の膨圧が高まることによって、葉柄の回転 (ねじれ) に起因する細胞のひずみが矯正され、その結果として葉柄の回転の元戻り、すなわち葉身の表裏の元戻りが起きているということが考えられた。しかし実験4では、葉柄を回転させなくても元戻りが起き、しかもこの時葉柄は伸長し自ら細胞にひずみを起こす方向に回転したことになる。従って、先に提案した仮説は棄却された。さらに、実験6では葉柄を短く切って元戻りを調べたところ、葉柄が1/4以上の長さを持っている場合には元戻りが起こり、葉柄が全く無い場合には起こらなかった。これらのことから、葉柄の伸長は、水没した葉身を水面に出す際には重要な働きをするが、裏返った浮葉の元戻りには、葉柄はバランスをとる程度の役割を果たしているにすぎず、葉身が大きな働きをしていると考えられる。

以上のように、熱帯性スイレンは、気孔の働きを阻害されたことによって生じる何らかの情報により葉身が裏返っていることを認識し、昼夜、品種の違い、葉身の大きさ (横径)、葉柄の太さや長さとは無関係に、葉身が積極的に回転して、裏返った浮葉の元戻りがひきおこされると考えられる。今後は、浮葉が裏返っていることを認識する機構や、具体的

Table 5. Effects of the length of the petiole on the recovery of reversed floating leaves in 'Marian Strawn'

Length of petiole	Number of recovered floating leaves among 5 reversed leaves*
full	5
1/2	2
1/4	2
without petiole	0

* Counted 16 hours after reversed at 5 pm. on March 1, 1995.

な葉身の運動について明らかにしていくことが必要である。

摘 要

外的な要因により裏返しになった熱帯性スイレンの浮葉の元戻りについて、調査を行った。裏返された浮葉は、表裏が逆になっていることを認識し、それが原因となって自らの力で元戻りを起こしていることが確認された。元戻りには、昼夜、品種、葉身の横径、葉柄の太さの違いによる影響は認められなかった。元戻りの際には、主に葉身が中心となって回転運動を行っており、葉柄はバランスをとる働きをしていることが示唆された。

Summary

We studied on the recovery of the floating leaves on tropical waterlilies which were reversed artificially. It was confirmed that reversed floating leaves recognized the reversion of their leaf blades and recovered by themselves. It was found that the light, differences of cultivar, width of leaf blades and thickness of petioles did not influence the recovery of reversed floating leaves. It was suggested that the important actions were occurred not in the petiole but in the leaf blade at the recovery.

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、貴重な情報を提供してくださいました、島根大学汽水域研究室の国井秀伸助教授、東和科学(株)生物研究室長の下田路子博士、愛知県名古屋市の浜島繁隆先生に深く感謝の意を表します。また、広島市植物公園の橋本清美園長、同園栽培課の世羅徹哉主任技師、尾崎健司技師には多くの助言、援助を受けました。合わせてお礼申し上げます。

参考および引用文献

- 国井秀伸・荒巻稔 1987. ヒツジグサとジュンサイの浮葉の動態(予報). 水草研究会会報29: 24-26.
- 浜島繁隆 1982. ガガブタの浮葉にみられる葉柄の伸長. 水草研究会会報7: 2-3.
- 浜島繁隆 1983. ガガブタの葉柄の伸長とエチレン. 水草研究会会報11: 13-14.
- Swindells, P. 1983. *Waterlilies*. Timber Press, Beaverton, USA.
- Ridge, I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. p. 53-76. In *Special Publication of the British Ecological Society No. 5, Plant Life in Aquatic and Amphibious Habitat*.
- Shinobu, R. 1952. Studies on the stomata of *Potamogeton*. 植物学雑誌65: 56-60.
- Van Ness Water Gardens(ed.) 1990. *Water Visions 1990*. California.