

野外実験池における花菖蒲を用いた水質浄化の基礎実験 II

— 簡易浮島での成長量 —

吉澤 一家

Experimental Studies on Water Purification Using *Iris ensata* var. *ensata* II
- Growth of Plants Vegetated on Artificial Floating Islands -

Kazuya YOSHIKAWA

キーワード：花菖蒲、水耕栽培、水質浄化、浮島

昨年度は、河川や湖沼の水質改善のために、園芸品種である花菖蒲が水耕栽培方式の水質浄化に利用可能であるかを、4 段式栽培施設および簡易浮島を用いて野外実験で検証した。その結果浄化効率は低いものの、花菖蒲の成長に問題は見られず、水耕栽培は可能であることを確認した。しかし用いた植物の成長量については未検討であったため、成長量を明らかにすることを目的として、昨年に引き続き都市公園の池で簡易浮島を用いた野外実験を行ったので報告する。

実験方法

昨年と同様に甲府市向町に位置する都市公園である玉諸公園内にある池を用いて、実験を行った。簡易浮島の配置を図 1 に示した。

1 簡易浮島を用いた水耕栽培での成長量の測定

簡易浮島は昨年同様に、数種の園芸用システムトレー（約 380mm×530mm×100mm）に空の 2L ペットボトルを 4 個取付けた 13 個作成し、それぞれに花菖蒲 4 株を植栽した。図 2 にはトレーの一例を示した。植栽に用いた花菖蒲は昨年度の実験で成長した株を用い、根茎が大きな株は分割して用いた。これらの浮島について 2014 年 7 月から 12 月までの間、約 1 月に 1 回の頻度で浮島を取り出して、上皿自動はかり（シンワ株式会社製、D052 型）で湿重量を測定し、植物の成長量を重量変化として測定した。

2 成長量予測式の作成

一般に植物の成長量は、ロジスティック関数で近似できることが知られている^{1,2)}。本実験で測定された湿重量変化に基づき、ロジスティック関数を用いて、簡易な成長量予測式を求めることを試みた。



図 1 簡易浮島配置図

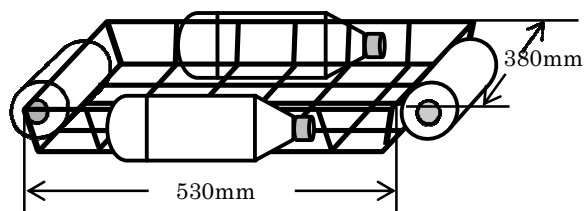


図 2 植栽用簡易浮島の概略図

結果と考察

実験は 2014 年 7 月 4 日から 2014 年 12 月 17 日までの 166 日間行った。

実験池の概要は前報に示したが³⁾、全窒素および全りん濃度が高く富栄養状態で、夏季には植物プランクトンが増殖し透視度が 11cm~16 cm と低い状態であった。

また流入水量は 1L/sec で、実験期間内で安定し、流入水の水質も全窒素濃度が 0.7mg/L、全りん濃度が 1.6mg/L とほぼ一定であった。流入水の水温も、地下水のため 25~26°C でほぼ一定であり、この栄養条件下で花菖蒲が生

育できることは前報で示した。

1 成長量の測定

実験開始から最終日までの成長の様子を写真 1-1 から 2-5 に示した。写真 1-1 から 1-5 は浮島 No. 3 の経月変化であるが、開始から 49 日後にいったん衰退する傾向が見られ (写真 1-2)、その後生育は回復したものの、草体の増加は少なかった。浮島 No. 1, 2~4 および No. 9~12 がこれと同様の変化を示した。一方、写真 2-1 から 2-5 には浮島 No. 6 を示したが、49 日後にも枯れることはなく成長したが、166 日後には枯れる葉が他の浮島よりも多く観察された。これと同じ生育を示したのは No. 5, 7, 8 であった。No. 5~8 の 4 つの浮島に植栽した花菖蒲は、前者と葉の形状が菖蒲に似た直線状の形をしている点で異なっており、品種が異なる可能性があった。このことは、品種により水耕栽培時の成長速度や時期などに差がある可能性があることを示唆していた。また 166 日後の 12 月 17 日には、ほとんどの浮島で葉が枯れ始めており、池の水質浄化のために葉を刈り取る時機は 12 月以前が適切と考えられた。

図 3-1~2 には全ての浮島について、成長量の経日変化を湿重量で示した。前述のとおり、浮島 No. 5~8 では植栽後の衰退が見られなかったため、105 日後までは増加し、枯死が見られた 166 日後には減少した。その他の浮島では、49 日後に湿重量は減少し、その後緩やかに増加しており、枯死する葉の割合が少なかった。

表 3 には 166 日後に測定した湿重量から植栽時の湿重量を差引いた純増重量と、刈取りを行い回収した葉の湿重量を示した。表中で灰色に網掛けをした No. 5~8 は、葉の形状が直線状の品種で、植栽直後の衰退が見られなかった群を示している。湿重量の増加は 0.1kg~1.7kg とばらつきが多かった。これは品種が異なることによるものと考えられたが、実験開始時に既に葉が伸長していたため、開始後に衰退する傾向が見られたことで十分な成長を確保できなかったことも一因と考えられた。今後は植物の成長時期を考慮し、葉の刈取り時に株分けと植栽を行い観察を行う予定である。

本実験では植栽時に浮島あたりの株数は 4 株と統一したが、根茎を含めた重量は均一ではなかったため、植栽時の植物 1kg あたりに換算した成長量を図 4 に示した。合わせて刈取りを行い回収した葉の重量の測定結果を用いて、成長量に占める葉と根茎部の割合を示したが、湿重量の増加が少なかった No. 1, No. 3, No. 10 を除くほとんどの浮島では、成長量の 70%以上を根茎部が占めていた。これは葉を刈取った時には、既に葉の枯死が始まっており、葉が乾燥したことにより湿重量が少なくなったことと、この時期には植物が次年の生長のために根茎部に栄養分を蓄える性質があることによるものと考えられた。

表 1 各浮島の植物成長量

	増加重量	回収葉重量	根茎増量	葉成長量
	kg	kg	kg	%
No.1	0.1	0.1	0	100
No.2	0.9	0.3	0.6	35
No.3	0.1	0.1	0.0	60
No.4	0.4	0.1	0.3	25
No.5	1.7	0.3	1.4	18
No.6	1.0	0.1	0.9	10
No.7	0.9	0.2	0.6	27
No.8	0.6	0.2	0.4	32
No.9	0.6	0.3	0.3	50
No.10	0.2	0.2	0	100
No.11	0.4	0.1	0.3	32
No.12	0.8	0.2	0.6	26
No.13	0.7	0.2	0.5	23

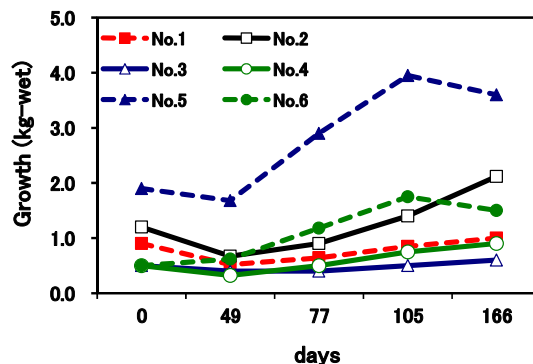


図 3-1 花菖蒲の成長量 (浮島 No. 1~6)

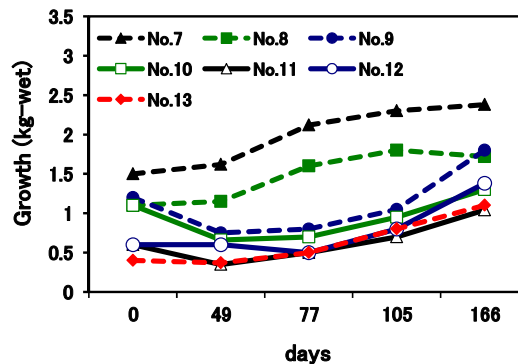


図 3-2 花菖蒲の成長量 (浮島 No. 7~13)

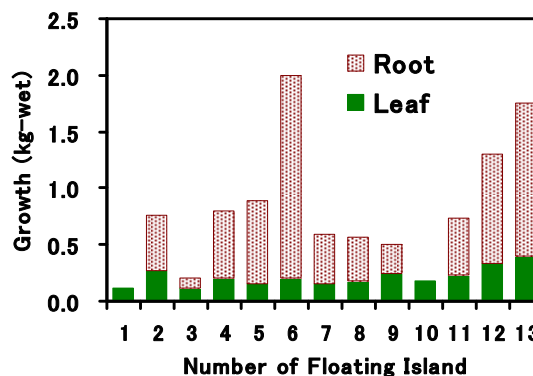


図4 植栽時 1kg 重量あたりの成長量

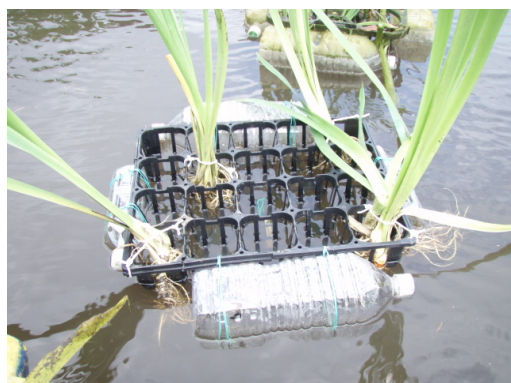


写真 1-1 植栽時 (浮島 No. 3)



写真 2-1 植栽時 (浮島 No. 6)



写真 1-2 49 日後 (浮島 No. 3)



写真 2-2 49 日後 (浮島 No. 6)



写真 1-3 77 日後 (浮島 No. 3)



写真 2-3 77 日後 (浮島 No. 6)



写真 1-4 105 日後 (浮島 No. 3)



写真 2-4 105 日後 (浮島 No. 6)



写真 1-5 166 日後 (浮島 No. 3)



写真 2-5 166 日後 (浮島 No. 6)



写真 1-6 葉刈り取り後 (浮島 No. 3)



写真 2-6 葉刈り取り後 (浮島 No. 6)

2 成長量予測式の作成

植物の成長量を説明する関数として次式で示すロジスティック関数が用いられることが多い。

$$y = a / (1 + b \times (\exp(-cx))) \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

ただし y : $t=x$ における成長量(kg)

x : 植栽後の経過時間(day)

a : 最大成長量(kg)

b, c : 定数

植栽した花菖蒲の成長量に影響を与える因子としては、窒素およびリン濃度、日射量、積算気温が考えられる。窒素、リン濃度については先行実験により、大きな変動がないことが確認されているので、予測式に変数として組み込まないこととした。また積算気温と日照時間については、最近5年間の甲府市での観測地を表2に示したが、いずれの項目も危険率5%でスミルノフ・グラブス検定によりはずれ値とはみなされなかった。したがってこれらの気象条件についてもほぼ一定と考えて、ロジスティック関数に変数として組み込まず、時間(経過日数)のみを変数とし、実測した成長量(kg)に最も近い予測値を算出できるように、最小自乗法を用いて①式の定数 a, b, c を決定した。計算に用いた実測値は、単位重量あたりの成長量が最も大きかった No. 6 の値とした。その結果 $a=3.43, b=4.35, c=0.03$ となり、本実験条件下での花菖

蒲の成長曲線は次式②で表すことができた。

$$y = 3.43 / (1 + 4.35 \times (\exp(-0.03x))) \quad \dots \quad \textcircled{2}$$

図5にはNo. 6の実測地と②式によるロジスティック曲線を示した。

3 葉の刈取りによる窒素・リン除去

水生植物による水質浄化効果の一つとして、植物体を湖水から取り除くことにより、窒素、リンを除去することがあげられる。今回の実験では湿重量の総量で 2.4kg の葉を刈取ることによって、池から窒素、リンを取出すことができた。葉に含まれる窒素、リンについては成長のステージにより含有量が変化することが知られており、葉が枯れはじめる時期には少なくなり、根茎に蓄積されるとされている。

細見は抽水植物のアシを用いて、各部位の乾燥重量当たりの窒素、リン濃度を測定している。これによれば10月採取のアシの葉には窒素含有量が 2.8%、リン含有量が 0.21%とされている⁴⁾。一方で枯死が始まると窒素含有量は 0.5%以下、リン含有量は 0.02%との報告がある⁵⁾。本実験では枯死が認められたことから、窒素含有量を 0.5%、リン含有量を 0.02%として計算に用いた。

江成らは抽水植物のマコモについて、成長期ごとに各部位の乾燥重量の割合を求めている⁶⁾。これによれば、

最終期の葉の乾燥重量割合は 53.8% とされている。この結果に基づきここでは乾燥重量割合を 50% とした。

本実験では、葉を刈取り回収した湿重量は 2.4kg であったので、乾燥重量として 1.2kg を回収したことになり、窒素、リンの回収量はそれぞれ 6000mg、240mg と推定された。

まとめ

水質浄化方法の一つに水耕栽培方式があるが、昨年に続き花菖蒲を用いて成長量測定のための野外実験を行った。その結果、品種により植栽後の成長に差が見られること、植物の成長量を確保するためには、葉の刈取り時に合わせて、株分けと植栽を行うことが望ましいことが示唆された。またロジスティック関数を用いて、本実験池における花菖蒲の成長曲線を求め、植栽時の湿重量 1kg 当たり 3.4kg が最大成長量（湿重量）であることが推定された。

謝辞

実験実施に当たり、昨年度に続き施設の設置等で便宜を図っていただきました、甲府市公園緑地課の皆さまに深謝いたします。

参考文献

- 1) 長林久夫ら:富栄養化した都市域の池沼における水生植物の水質浄化機能に関する検討, 水工学論文集, **53**, 1375-1380 (2009)
- 2) 阿南光政ら:ロジスティック曲線を用いた水生植物の栄養塩類除去機能の評価, 九大農学芸誌, **62**, 83-90 (2007)
- 3) 吉澤一家:野外実験地における花菖蒲を用いた水質浄化の基礎実験, 山梨衛環研年報, **57**, 61-66 (2013)
- 4) 細見正明, 須藤隆一:湿地による生活排水の浄化, 水質汚濁研究, **14**, 674-681 (1991)
- 5) 渡辺義人, 桜井善雄:抽水植物の成長過程における植物体内中の N, P 含量とその現存量, 環境科学研究報告書「閉鎖性水域の浄化容量」(沿岸域の生態系の構造と機能ならびに環境保全), 26-37 (1988)
- 6) 江成敬次郎ら:水生植物(マコモ)の植物体中窒素・リン含有量の生育に伴う変動と窒素・リン収支に関する考察, 環境工学研究論文集, **40**, 269-278 (2003)

表2 甲府市の気象データ

観測年	積算気温 (°C)	積算日照 時間(h)	全日射量 平均(MJ/m ²)
2010年	3469	1097	89.4
2011年	3403	1102	82.4
2012年	3363	1210	88.7
2013年	3439	1173	86.4
2014年	3299	1050	81.0

(甲府気象台観測値 各年7月~12月)

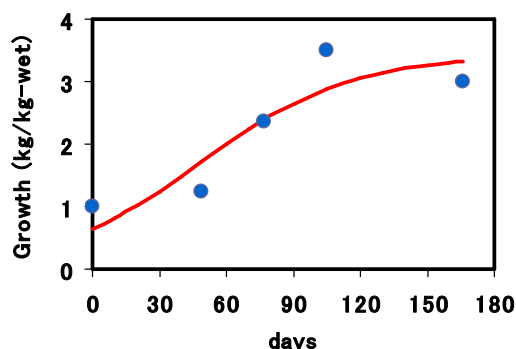


図5 成長量測定値と予測式のロジスティック曲線