

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

吉澤 一家

Experimental Studies on Water Purification using *Iris ensata* var. *ensata*

Kazuya YOSHIKAWA

キーワード：花菖蒲，水耕栽培，水質浄化

河川や湖沼の水質改善のために、植物を利用して直接浄化する事例は数多くみられる。利用する植物は沈水植物、抽水植物など多種にわたっており、浄化方法も浸透流れ方式、水耕方式など様々な方式がある¹⁾。中でも抽水植物としてはヨシが用いられることが多いが、繁殖した植物の有用性を考慮して、クレソン(オランダガラシ)などの食用種や、インパンチェンス等の花卉類が用いられることもしばしば見られる。キショウブも環境順応性が高く、成長させやすいことから浄化試験に用いられることが多い植物であったが^{2)~6)}、環境省により要注意外来生物に選定されたため、取扱いに十分な注意が必要であり、一般河川などへの応用は難しくなった。本実験ではキショウブの代替植物として、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ことを検証することを目的として、都市公園の池で野外実験を行ったので報告する。



図1 実験装置配置図

実験方法

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。各実験施設の配置を図1に示した。

1 水耕式浄化装置を用いた浄化率の測定

池への流入部に4段式の流入水浄化用の水耕栽培装置を設置し、流入水と施設からの流出水を定期的に採水し、研究所に搬入後に分析を行い、除去率を次式により求めた。

$$\text{除去率}(\%) = (\text{流入水質} - \text{流出水質}) / \text{流入水質} \times 100$$

分析は以下の各項目について行った。

浮遊懸濁物質量(以下SSと省略): JIS K0102による

電気伝導度(以下ECと省略): TOADKK CM-60G

pH: TOADKK HM-30R

COD: JIS K0102による

溶存態全窒素濃度(以下DTNと省略): 0.45 μmメンブ

ランフィルター(Millipore HAWP0045)にてろ過後、JIS K0102に定める紫外線吸光度法で測定
全窒素濃度(以下TNと省略): JIS K0102に定める紫外線吸光度法で測定
溶存態全リン濃度(以下DTPと省略): 0.45 μmメンブ
ランフィルター(Millipore HAWP0045)にてろ過後、JIS K0102に定めるモリブデン青法で測定
全リン濃度(以下TPと省略): JIS K0102に定めるモリブデン青法で測定

流入部に設置した水耕栽培施設は、容積約80L(上面911mm×602mm×207mm)の台形型プラスチック船を階段状に4段設置し、順次流下するように塩ビパイプを取付けた(図2)

各段には植栽用土やゼオライト等を敷設せずに、9~21株の花菖蒲を園芸用かごトレーを用いて、根が流入水に直接浸るように植栽した(写真1)。

2 簡易浮島式栽培基を用いた植栽実験

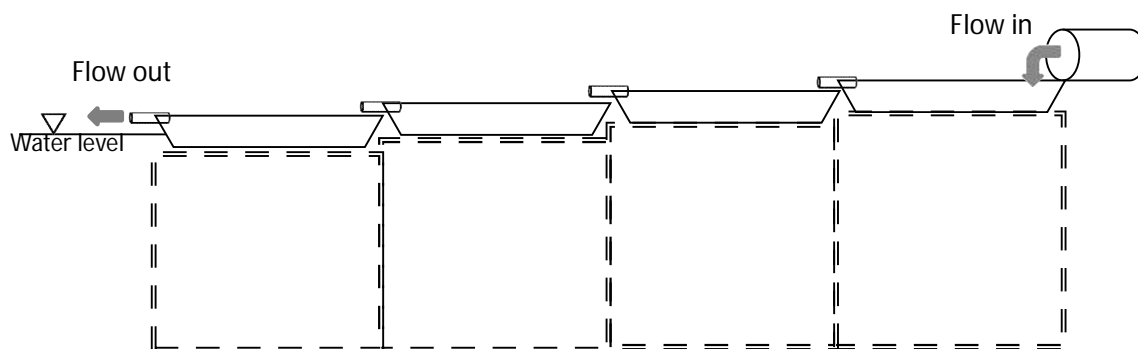


図2 流入部に設置した水耕栽培施設の概略図

池の水でも栽培可能であるかを確認するために、園芸用システムトレイ（320mm×530mm×100mm）に使用済みの2Lペットボトルを4個取付けた簡易浮島を12個作成し、それぞれに花菖蒲6～10株を植栽した（写真2）。これらの浮島については、実験期間中の成長状態を観察した。

結果と考察

実験は2013年4月25日から2014年1月22日までの264日間行った。

1. 実験池の概要

公園池の水深は80cm以下で、池底には浮泥が10～20cm程度堆積しており、常時茶色く濁っており、夏季にはアオコも発生する。表1に池の諸元を示した。

実験池はTNおよびTP濃度が高く富栄養状態であることに加え、総容量に対して流入水量が少ないため、滞留時間が21日程度と長い。そのため内部生産量が多くCODも高い状態であった。こうした状態を改善するには、流入負荷量を少しでも削減すること、あるいは池水の交換率を高めて滞留時間を短くするなどの対応が必要と考えられた。

また流入水量は1L/secで、実験期間内で安定していた。そのため水耕式浄化装置（80L×4）を約6分で流下すると算出された。



写真1 流入部への植栽



写真2 簡易浮島式栽培基

表1 実験地の諸元（2013年6月～2014年1月n=8）

項目	測定・計算値	単位	項目	測定・計算値	単位
表面積	2300	m ²	浮遊懸濁物平均値	16.7	mg/L
周囲	230	m	全窒素平均値	1.1	mg/L
平均水深	0.8	m	全リン平均値	1.2	mg/L
総容量	1840	m ³	COD平均値	10.4	mg/L
流入水量	1	L/sec	pH平均値	8.2	-
流出水量	1	L/sec	総光合成量*	0.72	mg O ₂ /L・hr
交換率	21.3	day	一時生産量*	5.1	kg C/8hr

*2012年10月15日の測定データにより算出

2 水耕式浄化装置を用いた除去率の測定

2013年5月3日に水耕式浄化装置を設置し、表2に示した各品種の花菖蒲を植栽した。植栽後は各品種とも順調に成長し、6月には各品種とも開花した。その後成長を続けバイオマスが増加したが、12月頃より葉が枯れ始め、1月には野鳥の食害も加わりバイオマスは衰退した(写真3-1~6)

表2 浄化装置に植栽した花菖蒲

水耕槽	品 種	品 種
1段目	淡路島 (13株)	七福神 (8株)
2段目	津の花 (8株)	七福神 (7株)
3段目	霧 雨 (5株)	水玉星 (4株)
4段目	稲 妻 (9株)	朝日雪 (8株)

装置の設置後39日後から毎月一回、流入水および装置からの流出水を採水し分析を行った(図3-1~8)。流入水と流出水の測定値で、最も大きな差が見られた項目はSSであった。SSは137日目に3.0mg/Lと高い値となったが、これは流入管内の堆積物や付着物が採水時に剥離して一時的に懸濁物が多くなったものと考えられた。一方で流出水では徐々にSSが上昇しており、各槽内の付着藻類のはくり剥離や、花菖蒲の成長に伴う古い組織の脱離

などによるものと考えられた。一般に水耕式栽培の浄化効果の一つとして、栽培植物の根が張ることによりろ過効果が高まり、SSが減少し透視度が上昇することがあげられている。しかし本実験池では流入水のSSがほとんどないためその効果は認められず、除去率の算出は行わなかった。

pHについても測定値間に差が見られ、植物が生長した7月(69日後)から10月(171日後)にかけては流出水のpHは低下し、それ以降は花菖蒲の衰退に伴い冬にかけて元の値に上昇する傾向が見られた。植物の種によっては、根から分泌される有機物により水耕液のpHが変化することが知られているが、今回の結果がそれによるものかは今後の検討課題として残された。同様にCODも10月から11月にかけて7mg/Lを超える高い値となり、衰退に伴う根からの有機物の溶出が考えられたが、本実験では原因を明らかにすることはできなかった。

栄養塩類ではTNが171日以降に流出水が低い値となったが、それ以外は大きな差は見られなかった。水質の浄化効果を明らかにするために、除去率を図4-1~5に示した。グラフ中の点線は除去率0%を表し、このラインより上方になれば浄化効果があったことを意味する。



写真3-1 2013.6.12



写真3-2 2013.7.11



写真3-3 2013.8.12



写真3-4 2013.10.21



写真3-5 2013.12.12



写真3-6 2014.1.22

写真3 流入部水耕栽培装置での花菖蒲の生育状況

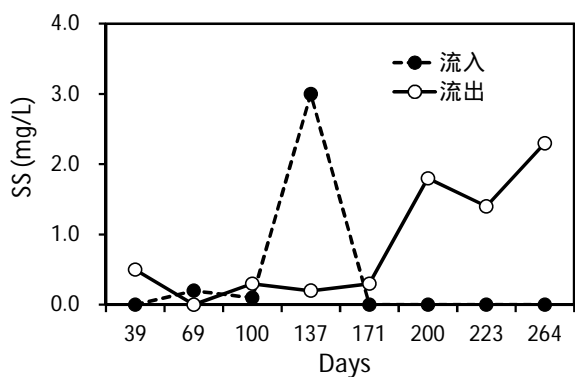


図 3-1 流入・出水の SS 経月変化

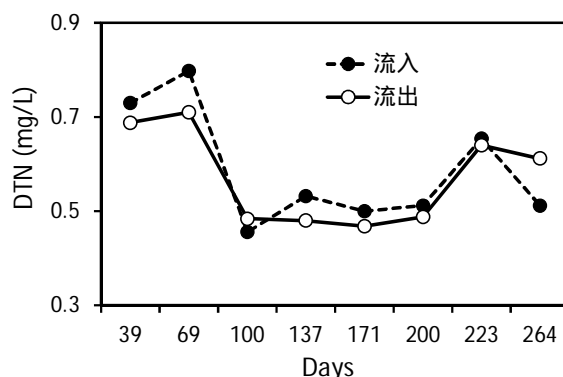


図 3-5 流入・出水の DTN 経月変化

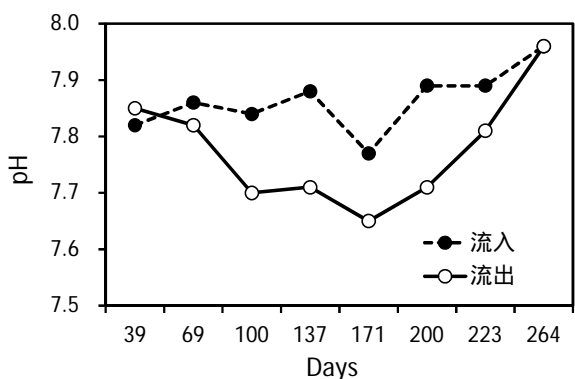


図 3-2 流入・出水の pH 経月変化

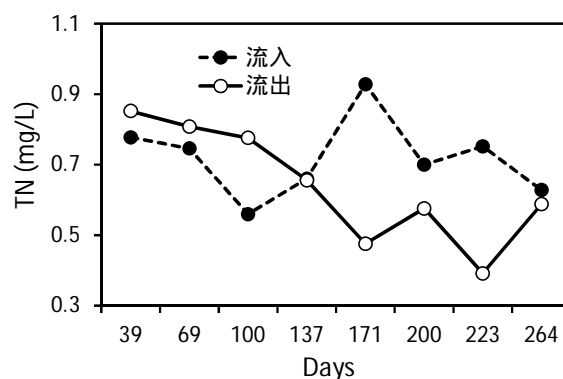


図 3-6 流入・出水の TN 経月変化

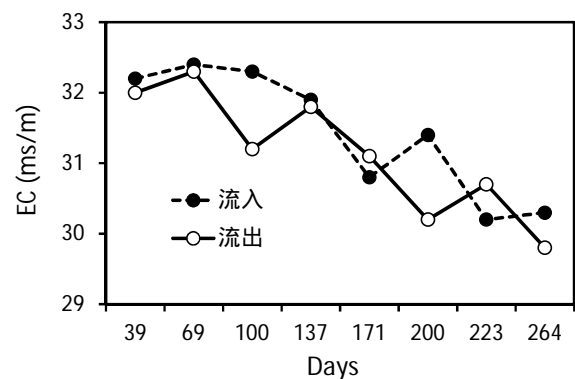


図 3-3 流入・出水の EC 経月変化

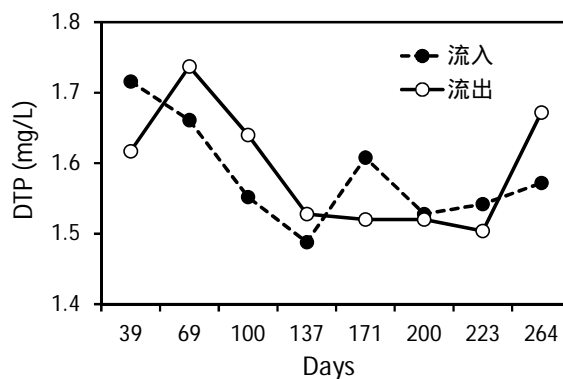


図 3-7 流入・出水の DTP 経月変化

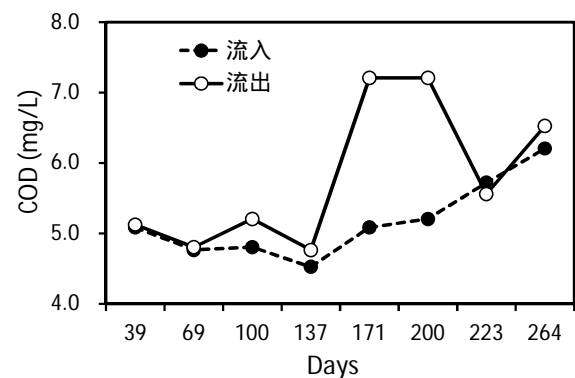


図 3-4 流入・出水の COD 経月変化

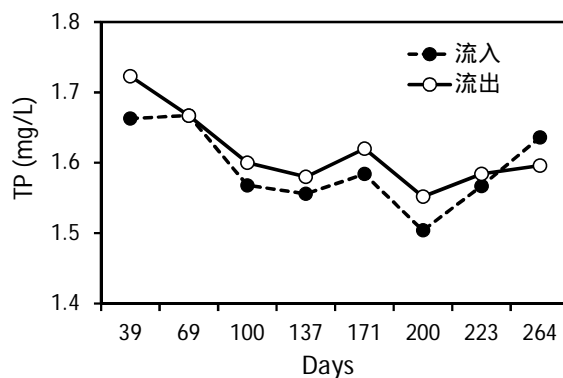


図 3-8 流入・出水の TP 経月変化

図 3-1 ~ 8 水耕栽培装置の流入水および流出水の水質経月変化
(2013.6.11 ~ 2014.1.22)

COD については秋季に濃度が増加したことにより浄化率は大きな負の値となった。最も浄化率が高かったのは、TN で、137 日以後の除去率の平均値は 30%であった。これに対して TP の除去率はほとんど負の値をとっており、除去効果は見られなかった。

岡井らはキショウブを用いて、流下（滞留）時間が 18 時間で水耕栽培実験を行い、TN の年平均除去率 27%、TP の年平均除去率 13%を得ている⁴⁾。一方、田村らは花菖蒲と同じアヤメ科のカキツバタを用いて、流下時間が約 15 分という短時間での浄化実験を行い、TN で平均 17%、TP で平均 23%の除去率を得ている^{6, 7)}。ただしこの場合の植栽方法は表面流れ方式に近い玉砂利を用いたポット栽培方式で、これは水耕栽培方式よりも短時間での浄化が可能であるとされている¹⁾。本実験は水耕栽培方式であることに加え、流下時間も約 6 分と短いので十分な除去率が得られなかったものと考えられた。

今岡は花菖蒲の窒素、リン吸収についてバッチ式で室内水耕栽培実験を行い、それぞれの吸収を確認し速度式を提示している⁸⁾ことから、十分な滞留時間を確保できれば、花菖蒲も水質浄化に用いることが十分可能であると考えられた。

3 簡易浮島式栽培基を用いた植栽実験

簡易浮島式で植栽を行った花菖蒲 16 種を表 3 に示した。いずれの品種も 6 月には開花し、順調に生育し株の分けつも観察された。しかし 12 月には葉が枯れ始め、それとともに野生のカモによる食害が目立つようになり、多くの株が消失した（写真 4-1~4）。食害を受ける前に葉部を刈取ることにより、株を翌年に残すことができると考えられた。葉を刈取ると同時に有機物、窒素、リンを池の系外に取出すことになり、富栄養化を改善する有効な方法と思われる。

表 3 簡易浮島式栽培基に植栽した花菖蒲

浮島番号	品 種
1	淡路島 (6株)
2	春眠 (7株)
3	舞星々 (7株)
4	松の木陰 (3株) 天女の舞 (3株)
5	霓裳羽衣 (6株)
6	霧雨 (4株) 万里の響 (4株)
7	初紫 (8株)
8	白燈 (6株) 稚児化粧 (4株)
9	五月晴 (4株) 白鷺の星 (4株)
10	不知火 (9株)
11	真珠の海 (9株)
12	新車駐 (9株)

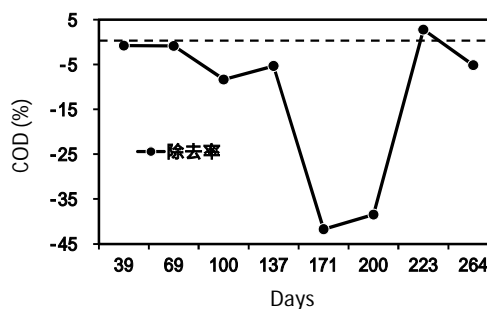


図 4-1 COD 除去率 (平均: -20%)

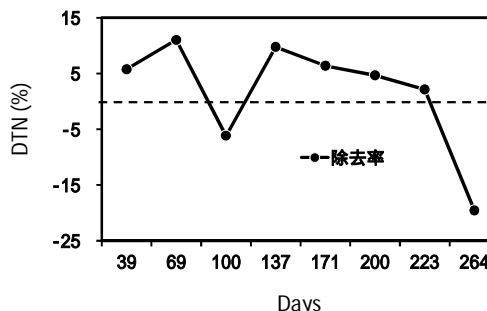


図 4-2 DTN 除去率 (平均: -1.6%)

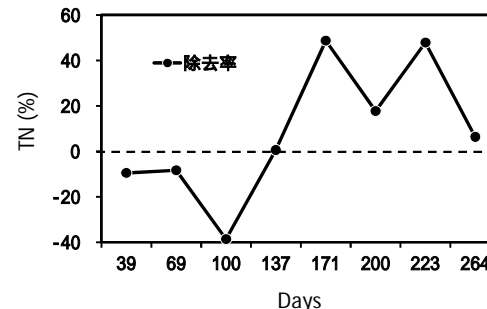


図 4-3 TN 除去率 (平均: 30%)

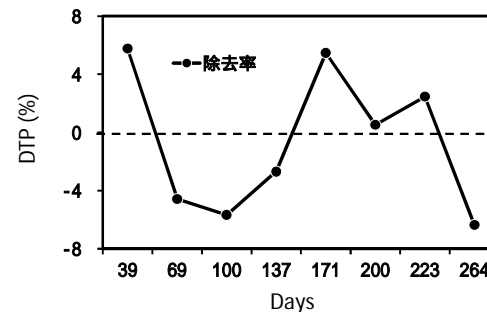


図 4-4 DTP 除去率 (平均: 0.5%)

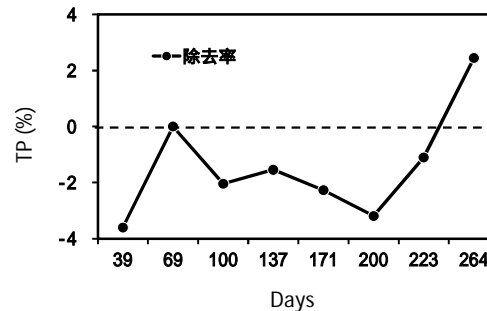


図 4-5 TP 除去率 (平均: -1.0%)

図 4-1~5 水耕栽培装置の除去率

まとめ

公園内の池の水質浄化方法の一つに水耕栽培方式があるが、園芸用植物の花菖蒲がそれに利用可能であるかを検証するために野外実験を行った。その結果、水耕栽培施設での滞留時間が短かったため、窒素やリンの十分な除去はできなかったが、用いた全ての品種で水耕栽培は可能であることが明らかとなった。しかし冬季には野鳥による食害を受けて消失することが観察されたため、その前に葉部を刈取ることが、株の保存と窒素やリンなどの池からの削減に有効であると考えられた。

謝 辞

実験実施に当たり、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) 相崎守弘：水生植物を使った各種水質浄化方法の比較研究，河川美化・緑化調査研究論文集，9，173-187，(2000)
- 2) 横浜市環境科学研究所：キショウブによる水質浄化法 - 実験報告書 - ，環境研資料，111，(1994)
- 3) 笹田康子ら：水生植物を活用した水質浄化実験（第1報），香川県環境保健研究センター所報，2，47-56，(2003)
- 4) 岡井隆ら：水生植物を活用した水質浄化実験（第2報），香川県環境保健研究センター所報，3，58-63，(2004)
- 5) 石原暁ら：水生植物を活用した水質浄化実験（第3報），香川県環境保健研究センター所報，4，64-72，(2005)
- 6) 田村良三ら：植物を利用した水質浄化システム（第2報）- モデル施設での水質浄化 - ，新潟県保健環境研究所年報，15，107-115，(2000)
- 7) 田村良三ら：植物を利用した水質浄化システム（第4報）- 水質浄化に適する植物及び水路の自浄作用 - ，新潟県保健環境研究所年報，17，89-93，(2002)
- 8) 今岡務ら：水生植物（ハナショウブ）の窒素・リン吸収特性，土木学会第 43 回年次学術講演会要旨集，1100-1101，(1988)



写真 4-1 開花した花菖蒲



写真 4-2 開花した花菖蒲



写真 4-3 葉が枯れた浮島植栽株



写真 4-4 水鳥の食害にあった浮島
写真 4 簡易浮島の花菖蒲