

# 水生植物を活用した水質浄化実験(第2報) 豊稔池の水質浄化の試み

## Experimental Studies on Water Treatment by Aquatic Plants (2)

岡井 隆                      笹田 康子                      石原 暁  
Takashi OKAI              Yasuko SASADA              Akira ISHIHARA

### 要 旨

昨年度の前報<sup>1)</sup>で豊稔池の流入サイトに設置されている「水生植物を活用した水質浄化施設」にて種々の水生植物を用いた水質浄化実証実験について報告した。今回、同施設において新たにキショウブ、シュロガヤツリについて水質浄化能を調査した結果、キショウブは窒素吸収速度が年間平均0.32(年変動0.20~0.53)g/m<sup>2</sup>/日、リン吸収速度が年間平均0.016(年変動0~0.032)g/m<sup>2</sup>/日となり年間を通じて高い吸収効果が認められた。シュロガヤツリについては窒素吸収速度が年間平均0.22(年変動0.07~0.46)g/m<sup>2</sup>/日、リン吸収速度が年間平均0.006(最大0.017)g/m<sup>2</sup>/日であった。また、越年して2年目のクレソンの窒素吸収速度は年間平均0.34g/m<sup>2</sup>/日となり、昨年度の年間平均0.46g/m<sup>2</sup>/日より若干低い値を示したが8月以降は昨年度と同程度であった。リンの吸収速度も昨年度と同程度であるが、過繁茂等による水質悪化時期にはマイナスの除去率を示した。ヨシの窒素、リンの吸収速度も昨年度と同程度であった。

キーワード：水質浄化，水生植物，除去率，窒素吸収速度，リン吸収速度

## I 緒言(はじめに)

昨年度の前報で富栄養化が懸念されている豊稔池の流入サイトで水生植物を活用した水質浄化施設が設置され、実際の豊稔池に流入する河川水の水質浄化を様々な水生植物を用いて行った実証実験を報告した。

今回は同施設において越年して2年目のヨシ、クレソンの浄化効果や浄化能を維持するための課題および、新たに植え替えたキショウブ、シュロガヤツリの生育状況や浄化機能の評価について報告する。

## II 方法

### 1 施設及び供試植物

本実験には昨年度と同様、豊稔池の上流域の柞田川左岸に位置する「水生植物を活用した水質浄化実験施設」を使用した(図1)。本施設には柞田川から取水した河川水約107m<sup>3</sup>/日が接触酸化処理を経て、4列の植物浄化水路(長さ20m, 幅2m, 深さ

0.3m)に均等に分流し、浄化された後、再び柞田川に放流される。



図1 水生植物を活用した水質浄化実験施設見取り図

各植物浄化水路にはそれぞれ表1に示す植物を供した。ヨシ、クレソン、キショウブは同施設にて越年して2年目を迎えたものを用い、シュロガヤツリに関しては今年度5月下旬に新規に植えつけたものを用いた

浄化の方式はヨシ、クレソン、キショウブともに「表面流れ方式による湿地型浄化法」<sup>2)</sup>の手法を採用した。シュロガヤツリについては「水耕栽培法」<sup>3-5)</sup>の手法を採用し、鉢(内径22cm, 深さ26cm)

の側面に直径約1cmの孔を30箇所程度開けたものに礫を充填し、植物を植え付け水路中に約50cm間隔で計120鉢を木製筏で固定した。

表1 試供植物の特徴

植物名	科	特徴
ヨシ	イネ科	多年草の抽水植物, 野草
クレソン	アブラナ科	多年草の抽水植物, 野菜
キシウブ	アヤメ科	多年草の抽水植物, 花卉
シュロガヤツリ	カヤツリグサ科	多年草の抽水植物, 観葉

2 調査期間および回数

調査期間は平成15年4月から平成16年3月までとし、供試植物の生育調査については平成15年5月から12月までの間で週1回程度、水質については毎月1回の頻度で計12回調査を実施した。

3 供試植物の生育調査

昨年度と同様の方法(植物帯を10等分し1等分毎の代表植物体の草丈を測定)を用いた。各植物帯とも調査開始時に枯れ株を補植し、正常な状態で測定した。

4 水質調査

(1) 調査地点

以下①~⑦の7箇所(図1参照)にて実施した。

- ① 河川水流入水
- ② 接触酸化処理水
- ③ 植物浄化水路(ヨシ)流出水
- ④ 植物浄化水路(クレソン)流出水
- ⑤ 植物浄化水路(キシウブ)流出水
- ⑥ 植物浄化水路(シュロガヤツリ)流出水
- ⑦ 浄化実験施設放流水

(2) 調査項目

調査項目は12項目(pH, EC, DO, BOD, COD, SS, T N, T P, NO<sub>3</sub> N, NO<sub>2</sub> N, NH<sub>4</sub> N, PO<sub>4</sub> P)をJIS K 0102により分析した。

5 水質浄化能の評価

各植物浄化水路の水質浄化能は、水質調査により得た窒素(T N), リン(T P)の値から次式により「除去率」と「吸収速度」を算出し、比較評価

することとした。

$$\text{除去率(\%)} = (\text{流入濃度} - \text{流出濃度}) / \text{流入濃度} \times 100$$

$$\text{吸収速度(g/m}^2\text{/日)} = (\text{流入濃度} - \text{流出濃度}) \times \text{流量(m}^3\text{/日)} \div \text{植物帯面積(m}^2\text{)}$$

III 結果及び考察

1 供試植物の生育調査

(1) ヨシ

図2に植物草丈の季節変動を示す。ヨシは昨年から越年させたものを用い、観測当初から2m以上に生長して生育状況は良好であった。8月~9月にかけ出穂したのち9月下旬に刈り取った。昨年に比べ地下茎の発育が著しく、水路から流入水がオーバーフローしている状況であった。刈り取り後冬季に発芽はなく休眠状態であったが、越冬後3月頃から再生芽が多くみられた。

(2) クレソン

図2に植物草丈の季節変動を示す。ヨシと同様、昨年から越年させたものを用い5月には良好に生育していたが、過繁茂を防ぐために5月末に全面刈り取りを実施した。その後、水路中央部では順調に生育したが、周辺部での枯死が目立ってきたため、暑さ対策として水路縁に葎を敷き詰めると、徐々に回復した。10月下旬には再度全面刈り取りと地下茎の一部を除去した。

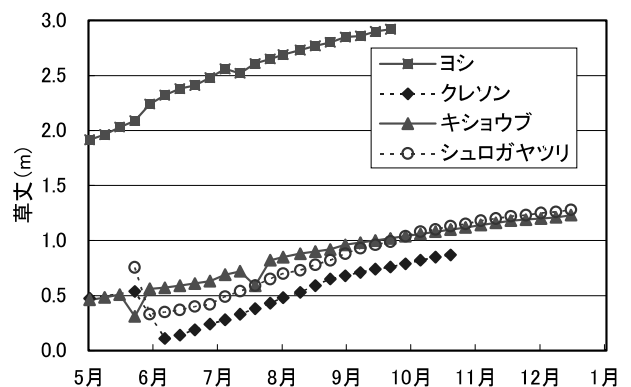


図2 植物体の草丈の季節変動

(3) キシウブ

図2に植物草丈の季節変動を示す。キシウブは平成14年11月に560株が植付けられ、冬季の休眠状態を経た後、4月頃から順調に生育した(写真1)。株も増殖が良好で12月中旬に刈り取りを実施した。



写真1 キショウブ生育状況(平成15年8月)

(4) シュロガヤツリ

図2に植物草丈の季節変動を示す。シュロガヤツリは5月末から鉢に入れて水耕栽培しているが、鉢の側面の孔から水中に根が伸びるなど繁殖力旺盛で、12月中旬に刈り取りを実施するまで生育は概ね順調であった(写真2)。



写真2 シュロガヤツリ生育状況(平成15年12月)

2 水質調査

表2に各項目の水質調査結果(年間平均値)を示す。但し、2月は取水ポンプの故障により施設への導水がなかったため計算から除外した。また、1月でのクレソンの窒素, りんの結果については流入量の約1.7

倍量の溶出を示す値となったので異常値と判断し、計算から除外した。

表2 水質調査結果(年間平均値)

	①流入水	②処理水	③ヨシ	④クレソン	⑤キショウブ	⑥シュロガヤツリ	⑦放流水
pH	7.2	7.2	7.6	7.3	8.0	8.2	7.8
EC(mS/m)	109	109	108	104	113	105	107
DO(mg/l)	10	9.5	12	8.9	11	14	13
BOD(mg/l)	1.7	1.5	1.5	1.8	1.4	1.3	1.6
COD(mg/l)	3.9	3.4	3.8	4.3	3.9	3.7	3.6
SS(mg/l)	10	5	3	5	4	3	3
T N(mg/l)	2.0	2.0	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
T P(mg/l)	0.116	0.105	0.105	0.108	0.112	0.081	0.105
NO3 N(mg/l)	1.7	1.7	1.5	1.1	1.3	1.3	1.3
NO2 N(mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
NH4 N(mg/l)	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
PO4 P(mg/l)	0.065	0.072	0.079	0.070	0.057	0.077	0.082

3 水質浄化能の評価

(1) 窒素の除去効果

図3に流入水の接触酸化処理後の窒素濃度(TN)の季節変動を示す。今年度のTNは1.6~2.6(年間平均1.9)mg/lで、春季には2.0mg/l以上の値であるが、夏季から冬季にかけて1.8±0.2mg/lの範囲でほぼ横ばいに推移した。また、昨年度の値1.4~3.4(年間平均2.5)mg/lより低めであった。

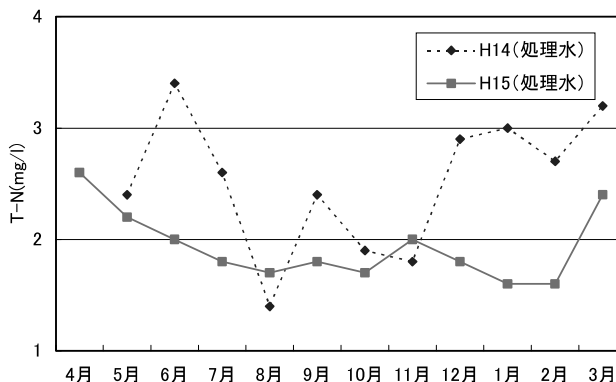


図3 流入水の接触酸化処理後の窒素濃度

平成15年度は降水量が多く、本施設の上流部で測定した河川水の流量(年4回の測定平均値)は約4300m<sup>3</sup>/日あり、昨年度の流量約1700m<sup>3</sup>/日の2.5倍に増加していることが全体的な濃度の低下に寄与したものと推定する。図4に各植物の窒素除去率の季節変動を示す。クレソンが年間平均29(年変動0~69)%の除去率となり、一番高い除去効

果が認められた。昨年度の年間平均33(7~73)% (図5)と同程度の除去率を示した。両者とも6月頃に除去率が低下しているが原因は異なり、昨年度は過繁茂による再負荷が、今年度は全面刈り取りによる無植生状態が浄化能の低下を招いたと考えられる。また、夏季には30%以上の除去率を有するが、植物体を除去した11月以降冬季の除去率は大幅に低下した(年間変動率84%)。

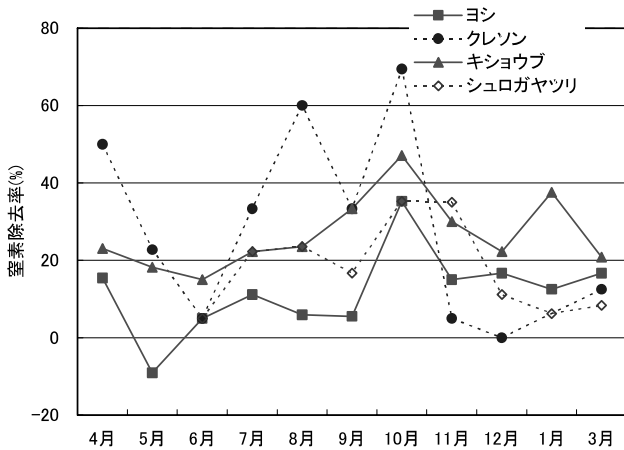


図4 各植物体の窒素除去率

次にキショウブが年間平均27(年変動15~47)%の除去率で、他の植物と比して年間を通じて安定した除去能を有する(年間変動率46%)とことが判明した。次いでシュロガヤツリが年間平均18(年変動5~35)%の除去効果が認められた。本試験後半で、鉢側面に孔を開け、流入水との接触を改善させると生育状況が良くなってきたので、来年度以降のより大きい浄化効果が期待される。

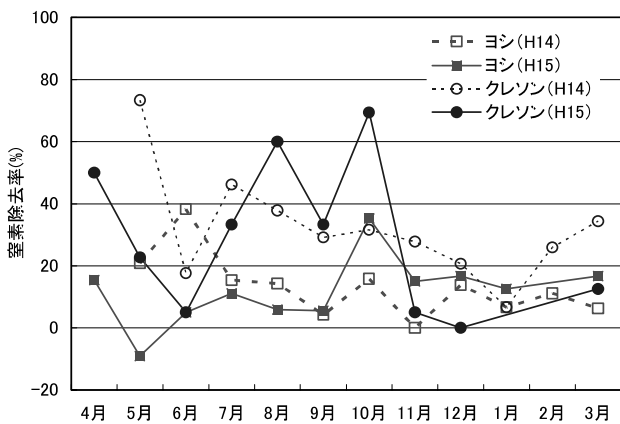


図5 平成14, 15年度のヨシ及びクレソンの窒素除去率

ヨシは年間平均12(最大35)%の除去率を示し、

昨年度の年間平均10(最大38)%の除去率(図5)と同程度の除去率を示したが、5~6月は低い値に留まった。ヨシは夏季生育型植物であり、夏以降に地下部に貯蔵養分を蓄えて翌年の再生発芽に備える性質を有す<sup>6)</sup>。今年度の春季の除去率が低いのは上記性質のため、流入水からの栄養分の吸収が少なかったためと考えられる。また、細い地下茎が増殖し、閉塞状態となり流入水からの吸収を阻害したのも要因と考えられる。

これら植物による水質浄化実験施設全体としては年間平均23(年変動5~51)%の除去効果が認められた。

図6に各植物体の窒素吸収速度を示す。年間平均値で比較するとクレソン0.34(年変動0~0.78)g/m<sup>2</sup>/日、キショウブが0.32(年変動0.20~0.53)g/m<sup>2</sup>/日と高い吸収速度を有し、次いでシュロガヤツリ0.22(年変動0.07~0.46)g/m<sup>2</sup>/日、ヨシは0.14(年変動-0.13~0.40)g/m<sup>2</sup>/日であった。越年した植物体の昨年度の吸収速度の年間平均値は、クレソン0.46(年変動0.08~1.1)g/m<sup>2</sup>/日、ヨシ0.18(年変動-0.35~0.83)g/m<sup>2</sup>/日であり、今年度は昨年度の75%程度であった。但し、表3に示すように8月以降の窒素吸収速度はクレソン、ヨシともに年度間の差は少ない事から、春季の植物体の生長時に費やされる栄養源が異なる事に起因すると推定される。

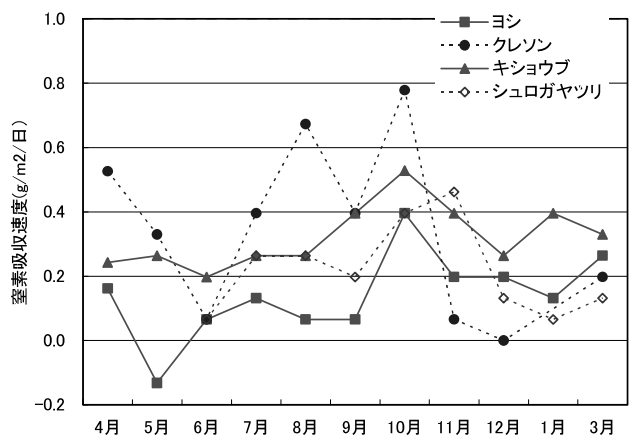


図6 各植物体の窒素吸収速度

表3 年度別の窒素吸収速度の比較

	窒素除去速度 (g/m <sup>2</sup> /日)			
	H14 (年間平均)	H14 (8月以降)	H15 (年間平均)	H15 (8月以降)
ヨシ	0.14	0.13	0.14	0.19
クレソン	0.45	0.35	0.34	0.35

(2) りんの除去効果

図7に流入水の接触酸化処理後のりん濃度(TP)の季節変動を示す。りん濃度は0.046~0.20(年間平均0.10)mg/lであり、昨年度の値0.049~0.36(年間平均0.18)mg/lと比較すると平均で34%、最大で73%も低くなった。このことは窒素濃度の項で述べた事と同様の原因であると推定する。

図8に各植物のりん除去率を示す。キショウブは年間平均27(最大65)%と年間を通じて良好なりん除去率を示した。ヨシが年間平均6(最大14)%、シュロガヤツリが年間平均4(最大13)%、クレソンは年間平均3(最大10)%の除去率でこれらは同程度の除去率であった。クレソンについては昨年度と同様6月と秋冬季はマイナスの除去率となる挙動を示した(図9)。ヨシは昨年度同様りんの除去能力は低いレベルに留まった。水質浄化実験施設全体としては、下半期で13%の除去率であったが、年間平均では相殺される結果となった。

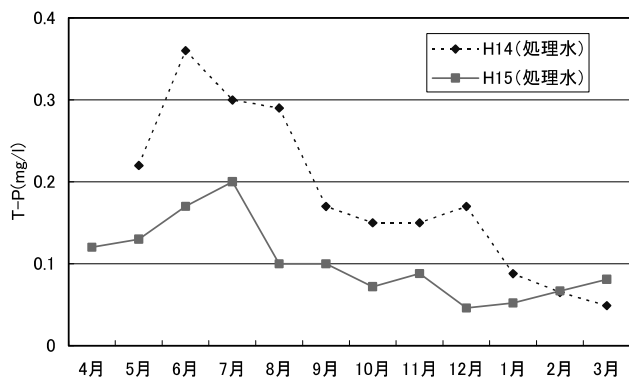


図7 流入水の接触酸化処理後のりん濃度

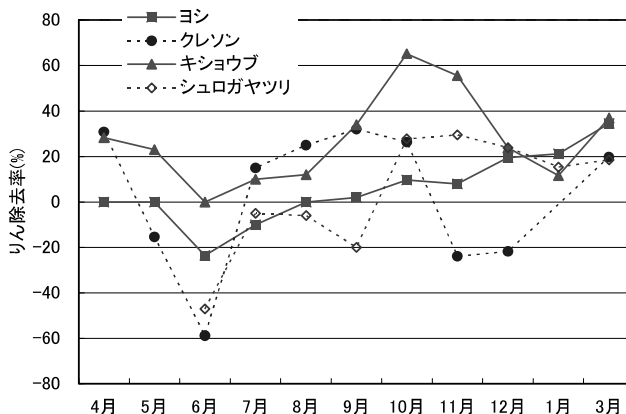


図8 各植物体のりん除去率

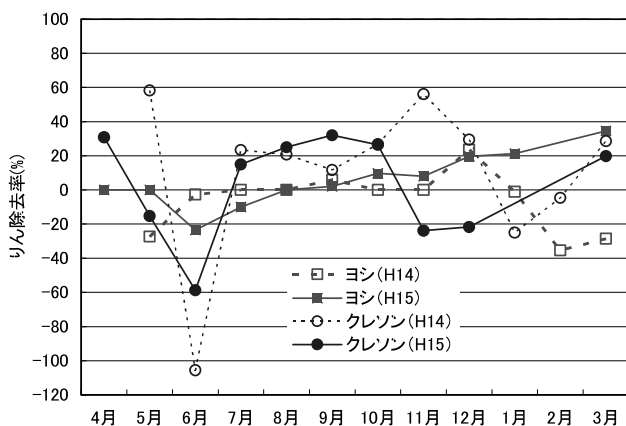


図9 平成14, 15年度のヨシ及びクレソンのりん除去率

図10に各植物体のりん吸収速度を示す。キショウブが一番良好で年間平均0.016(最高0.032)g/m<sup>2</sup>/日であった。他の植物体は6月での負溶出がひびき、年平均ではりんの出入りは殆ど無いが、この月を除けば正味のりん吸収速度が正の値になることから、適切な管理状態ではりん吸収速度が増加することが期待される。

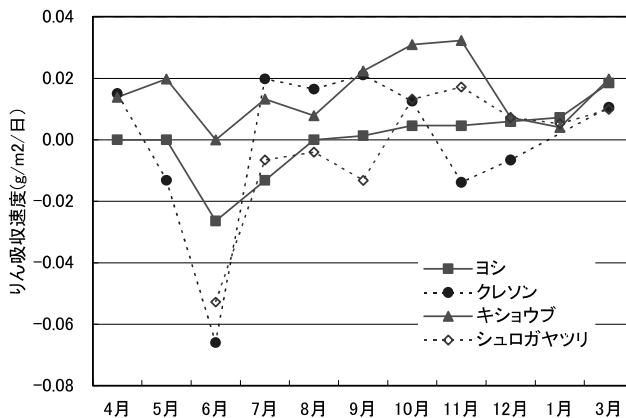


図10 各植物体のりん吸収速度

イエンス社,(1996)

## IV まとめ

「水生植物を活用した水質浄化実験施設」において、2年目の実証実験を行った結果は次のとおりであった。

- 1 キショウブは越冬後も生育が順調であり、水路の窒素吸収速度が年間平均0.32(年変動0.20~0.53)g/m<sup>2</sup>/日、リン吸収速度が年間平均0.016(年変動0~0.032)g/m<sup>2</sup>/日となり年間を通じ高い除去効果が認められた。
- 2 シュロガヤツリについては概ね順調に生育し、窒素除去速度が年間平均0.22(年変動0.07~0.46)g/m<sup>2</sup>/日、りん除去速度が年間平均0.006(最大0.017)g/m<sup>2</sup>/日の除去速度であった。
- 3 越年して2年目のクレソンの窒素除去速度は年間平均0.34(年変動0~0.78)g/m<sup>2</sup>/日となり、昨年度の年間平均0.46g/m<sup>2</sup>/日より若干低い値を示したが、8月以降の除去速度は同程度であった。また、りんの除去速度も昨年度と同程度であるが、刈り取りによる水質悪化時期にはマイナスの除去率を示すことから、浄化能を効率よく維持するための管理手法が課題である。
- 4 ヨシの窒素、りんの除去効果も前年度と同程度であったが、今年度の春季の除去率が低い値に留まったのは地下部の貯蔵養分を再生発芽に使用し、河川水からは殆ど栄養分を吸収しなかったためと考えられる。

## 文献

- 1 笹田 康子等：水生植物を活用した水質浄化実験(第1報) - 豊稔池の水質浄化の試み - , 香川県環境保健研究センター所報, 2, 47 - 56 ,(2003)
- 2) 細見 正明：ヨシ人口湿地による水質浄化法, 用水と排水, 36(1), 40 - 41 ,(1994)
- 3) 神奈川県環境科学センター企画調整部：草花を用いた水質浄化ハンドブック, 24 - 29, 神奈川県環境科学センター ,(1994)
- 4) 平野 浩二：花卉の水耕栽培による団地浄化槽2次処理水中の栄養塩除去, 資源環境対策, 31(12), 49 - 50 ,(1995)
- 5) 縣 和一, 宋祥甫：水質浄化と水辺の修景, 26 - 28, ソフトサイエンス社 ,(2002)
- 6) 浜端 悦治：水質浄化と植物, 171 - 182, ソフトサ