

水生植物を活用した水質浄化実験(第3報) - 模擬排水による浄化実験 -

Experimental Studies on Water Treatment by Aquatic Plants (3)

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

要 旨

農業集落排水処理施設排水の高度処理に、植物の栄養塩吸収浄化作用を利用するにあたり、生育障害の有無、冬期に浄化能力の高い種類の選定、水温上昇による栄養塩除去機能の向上について検討した。実験は高松東部下水処理場の中水道水を模擬排水とし、小型循環水路を用いる水耕栽培法で行った。

ナバナ、ハボタン、カレンデュラ、イタリアンライグラスは支障なく生育し、有望な冬植物と判った。さらに、除去機能の低下する寒冷期に、水耕液温を15℃に保つと機能は著しく高まり、0.4~0.8g/m²・日の窒素除去速度が得られた。また無加温の簡易ビニールハウス利用で、夏植物のシュロガヤツリは支障なく生育し、0.8g/m²・日の高い窒素除去速度を示した。活性汚泥法による処理水の水温は一般に18℃前後であるので、これを農業集落排水処理施設排水の高度処理に活用すれば、寒冷期に省エネでしかも高能率な排水浄化が可能となる。

キーワード：水質浄化，冬期，排水温度，除去速度，簡易ハウス

I はじめに

豊稔池及びその集水域の水環境改善施策の一環として、水生植物を活用した水質浄化施設が、柞田川左岸に設置された。平成14年度から、同河川水を用いた水質浄化実験が始まり、その有効性が明らかにされている¹⁾。しかし本来の浄化対象となるはずの農業集落排水処理施設(以下、農集排と略称する)からの排水については、同施設の完工と個々の住宅への接続が未完了のため、浄化実験は未だ行われていない。

計画によれば、農集排処理水の水質の目標値は、窒素10、リン1mg/lと、河川水の10倍近く、塩分濃度や残留塩素等が植生に及ぼす影響も懸念される。また年間を通じ、負荷量の変動が小さいので、冬期に高い浄化能力を発揮する植物の選定も急がれる。そこで、模擬排水を用い、小型水路で水耕栽培法による浄化実験を試みた。

植物の生育や、管理上の問題点を把握出来るよう、実験としては期間を長く設定し、模擬排水とした中水道水(以下、中水と略称する)の水質変動は、そのまま受け入れることとした。

栄養塩の除去率、除去速度、有望な冬植物の種類、及び水耕液温がそれらに及ぼす影響などにつき、若干の成果を得たので報告する。

II 実験方法

1 装置

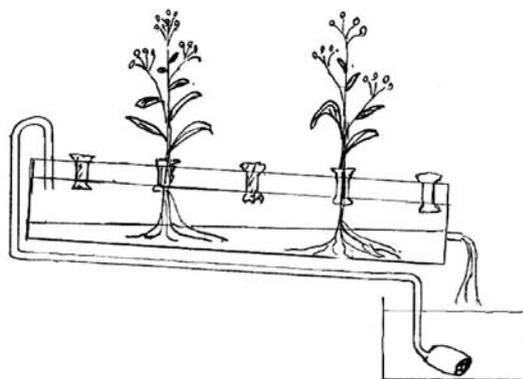


図1 模擬排水による水耕装置概要

図1に装置の概要を示した。底幅12cm、深さ9cm、長さ2.4mの大型塩化ビニール製樋を利用して作成した水路に、個別のタンク(60又は120ℓ)より小型ポンプ(流量約10ℓ/分)で、3分間送液、3分

間休止を繰り返して模擬排水を循環させた。樋中の液深は、送液中6～8cm、休止時2～3cmである。なお、模擬排水は週1回入替えることとした。

樋の上には厚さ2cmの発泡スチロール板を置き、植物の種類により12～20cm間隔で穴をあけ、茎をウレタンフォームで巻いて植物を固定した。なお、クレソン、ヨシ等は、水路底にブラシ状のプラスチックを敷いて流動を防止し、発泡スチロール板は使用しなかった。

2 模擬排水

農集排処理水の目標値は、BOD：10、COD：15、SS：15、窒素：10、リン：1mg/ℓである。それと組成が比較的近い高松東部下水処理場の中水を、模擬排水として使用した。表1に、その組成を示す。窒素は10～15mg/ℓで冬期に高まる傾向にあり、NH₄-Nの冬期の増加が顕著であったが、そのまま使用した。なお実験③では農集排処理水の目標濃度に模擬排水のリン濃度を近づけるため、リン1mg/ℓ相当のKH₂PO₄を添加し、リン1.2mg/ℓ程度とした。また、毎回スタート時点の模擬排水のpHを6.5に補正した。なお模擬排水の量は、豊稔池水質浄化実験施設（以下、実験施設と略称する）におけるクレソンの窒素吸収速度¹⁰0.46g/m²・日より、実験①では60ℓとしたが、実験②、③では120ℓに改めた。

表1-a 中水道水の成分(mg/ℓ) (H15年8月29日採取)

Na	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	Al	Cl	NO ₃	SO ₄
280	16	52	27	0.1	0.09	0.01	0.05	0.02	390	46	170

表1-b 中水道水成分の時期別平均値(mg/ℓ)

	期間	pH	T N	NO ₃ N	NO ₂ N	NH ₄ N	T P	PO ₄ P
実験①	H15.10.1～11.5	-	11	9.6	0.03	0.19	0.10	0.041
実験②	H15.11.14～12.18	7.3	12	9.6	0.05	0.26	0.11	0.039
実験③	H16.1.27～3.30	7.4	17	9.0	0.33	5.8	0.17	0.056

3 実験期間とねらい

実験に供した植物の種類と特徴を表2にまとめた。
 実験①：平成15年9月下旬～11月中旬、植物が中水で正常に生育できるか、またその栄養塩除去率と除去速度を明らかにする。
 実験②：冬期に適する植物の検討と、夏植物が浄化

効果を持続できる時期の把握。

実験③：冬～早春に適する植物の検討、特に処理水の水温とのかかわりを明らかにする。また無加温の簡易ビニールハウス利用の可能性についても検討する。

表2 実験に供した植物の特徴

植物名	科	特徴	草高(m)
イタリアンライグラス	イネ科	陸生植物、牧草	0.5
ヨシ	イネ科	抽水植物、野草	3
シュロガヤツリ	カヤツリグサ科	抽水植物、野草	2
キショウブ	アヤメ科	抽水植物、野草	1.5
クレソン	アブラナ科	抽水植物、野菜	0.6
ハボタン	アブラナ科	陸生植物、花卉	0.3
ナバナ(ハナナ)	アブラナ科	陸生植物、花卉・野菜	1
ストック	アブラナ科	陸生植物、花卉	0.8
寒咲きジャノメギク	キク科	陸生植物、花卉	1
カレンデュラ	キク科	陸生植物、花卉	0.6
インパチェンス	ツリフネソウ科	陸生植物、花卉	0.5

4 供試植物の前処理

土耕苗を購入したインパチェンス、ハボタン、ストック、寒咲きジャノメギク、カレンデュラは、根を水洗いして土壌を除去した後、水道水のみで2～3週間、次いで山崎処方⁴⁾1/5濃度の培養液で通気水耕して水耕に馴化させて、実験に供した。クレソン、キショウブ、シュロガヤツリ、ヨシは、実験施設から株分け採取し、水道水で水耕に馴化させた後に使用した。ナバナ、イタリアンライグラスは砂耕で播種し、幼苗時から前記培養液で水耕育苗した。

5 水質調査と除去率、除去速度の測定

毎週1回、模擬排水の更新時に液量を測定、同時に採水してpH、EC、T N、T P、NO₃ N、NO₂ N、NH₄ N、PO₄ PをJIS K 0102により測定した。また下記により栄養塩類の除去率、除去速度を算出した。

$$\text{除去率(\%)} = \frac{M_0 \cdot C_0 - M \cdot C}{M_0 \cdot C_0} \times 100$$

$$\text{除去速度(g/m}^2 \cdot \text{日)} = \frac{M_0 \cdot C_0 - M \cdot C}{S \cdot T} \times \frac{1}{1000}$$

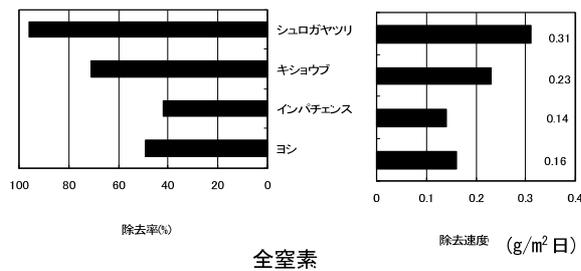
M₀：スタート時の液量(ℓ)

M：終了時の液量(ℓ)

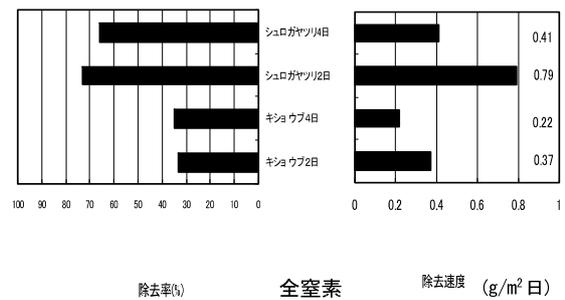
C₀：スタート時の栄養塩濃度(mg/ℓ)

C：終了時の栄養塩濃度(mg/ℓ)

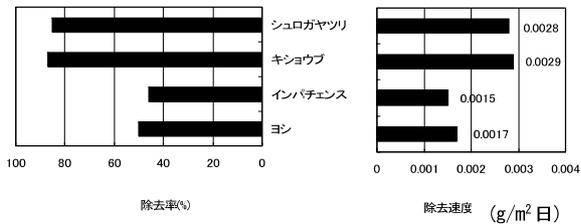
S：水路面積(m²) T：期間(日)



全窒素



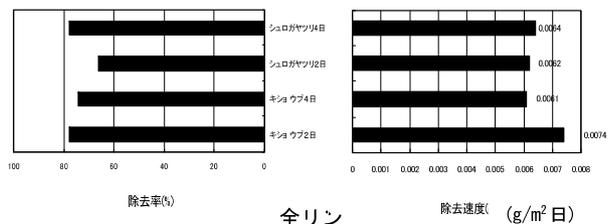
全窒素



全リン

注：計測期間 2003. 10. 1-29

(ヨシは 10. 8-29)



全リン

注：計測期間 4日：2003. 10. 31-11. 4 11. 7-11

2日：2003. 10. 29-31 11. 5-7

図2 実験1の全窒素と全リンの除去率と除去速度

図3 水耕液の更新期間を短縮した場合の除去速度

Ⅲ 結果と考察

1 実験①

平成15年9月26日長さ2.4mの水路あたり、インパチエンス16本、キショウブとシュロガヤツリ各12株及びヨシを植え付けた。インパチエンスは開花を続けて繁茂、キショウブとシュロガヤツリは新芽を伸ばして生育は順調であったが、ヨシは10月下旬に急速に衰えた。

測定結果が安定していた10月1日～29日の4週間について、結果を平均値として図2に示した。

窒素除去速度はシュロガヤツリが最大で0.31g/m²・日、次いでキショウブの0.23g/m²・日で、インパチエンスとヨシは0.14, 0.16g/m²・日であった。平成15年度の実験施設⁵では、年平均でシュロガヤツリ0.22g/m²・日、キショウブ0.32g/m²・日とほぼ同等、インパチエンスについても、平成14年度秋期の値0.2g/m²・日と大差無いことから、模擬排水は植物の生育に支障がないものと考えられた。リンの除去速度は、実験施設の場合より全般に低かったが除去率は高く、限られた液量からの吸収によるためと思われた。

そこで、シュロガヤツリとキショウブにつき、模擬排水の更新期間を4日、2日に短縮して測定した

ところ、図3に見るように、窒素の除去速度は0.41～0.79, 0.22～0.37へと増大したので、本試験は液量不足気味(滞留時間が長すぎ)で成された懸念はあるものの、下水処理水(中水)は供試植物の生育に、支障の無いことが確かめられた。

なお、ヨシは実験期間が生育末期に当たり、活力が低下していたおそれがあるので、4月に掘り取り株分けし、水耕に馴化させたヨシを用い、平成16年6月8日～7月6日まで4週間補足調査を行った。窒素の除去速度は0.32g/m²・日、除去率55%と10月に較べ2倍に増加したが、実験施設での6～7月の除去速度0.83～0.20g/m²・日には及ばなかった。一方リンの除去速度は0.039g/m²・日で、平成14, 15年度ともにほとんど零であった実験施設の結果と異なったのは、土壌からの吸収が無く、根と水耕液の接触が良好であったためと思われ、細見等の測定値窒素0.13g/m²・日、リン0.024g/m²・日に近いものであった。

2 実験②

冬期に生育し、比較的長く鑑賞にたえ得る植物としてハボタン、ナバナ、ストックを、実験施設で平成14年度に冬期も栄養塩除去効果を示したクレソン及び実験①から継続しているシュロガヤツリ、キシ

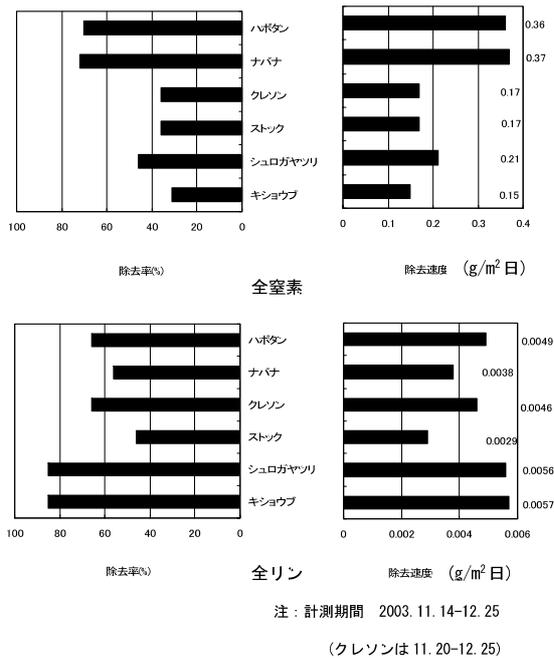


図4 実験2の全窒素と全リンの除去率と除去速度

ヨウブも合わせ比較検討した。2.4mの水路あたりハボタン12本、ナバナとストックは16本を植え付けた。ストックは開花盛期、ナバナは生育盛期から開花へ、ハボタンは観賞初期に相当し、クレソンもともに生育良好であった。

平成15年11月14日～12月25日の6週間の結果を平均値で、図4に示した。

窒素の除去速度はナバナ0.37、ハボタン0.36g/m²・日が大きく、クレソン、ストックは0.17g/m²・日、夏作物はシュロガヤツリが0.21、キショウブ0.15g/m²・日と、なお効果を持続するものの、実験①に較べると、それぞれ60%前後に低下した。リンの除去速度はハボタン、クレソンが0.0049、0.0046g/m²・日と大きく、ナバナ0.0038、ストック0.0029g/m²・日の順であった。しかし、夏作物のシュロガヤツリとキショウブのリン除去速度は0.0056、0.0057と最も大きく、除去率で見るといっそう明確で、85.86%を示し、窒素の除去率シュロガヤツリ46%、キショウブ31%と傾向を異にした。栄養塩濃度と除去率、除去速度をキショウブについて周年調べた森本等は^{7,8)}、秋期、冬期に低い濃度における窒素の除去速度、除去率が著しく低下すること、秋期リンの吸収速度は年間最大となることを報告しており、晩秋～初冬期の今回の実験でも、リンの除去量は低いレベルながら、リンの除去率は高まったものと理解でき

る。

クレソンの窒素、リンの除去速度は、同じ季節に成された雅楽川等¹⁰⁾の値、0.65g/m²・日、0.095g/m²・日より低い、同時期の豊稔池水質浄化実験施設におけるクレソンの窒素除去速度0.2～0.1g/m²・日(平成14,15年度)と同等であり、リンの除去速度では優ることより、中水でのクレソンの生育は差しつかえないものと考えられた。

なお今回の実験では平成14年春・夏期に得られた窒素除去速度1.7～1.1に相当する植物は得られなかったが、景観形成を考慮すれば、ハボタン、ナバナは、一応の候補と考えられる。

図5に窒素の除去速度と日平均気温の旬別平均値を示した。クレソン、ハボタン、ナバナ、の冬期生育植物とは云え、平均気温が12～13以下となると、除去速度の低下が明確に示されている。

3 実験③

1) 温度処理

実験②において、気温が12以下に低下すると、窒素の除去率、除去速度が急低下したことを受けて、植物の種類以外に、水路に循環して流す模擬排水の液温を15に保温する処理(以下、温処理と略称する)と無加温の簡易ビニールハウス内に水路を設置する処理(以下、ハウス処理と略称する)を設けた。保温しない場合循環する液温は、外気温に近い状態にあり、実験中の平成16年1月22日には凍結していた。

温処理では120ℓの液の入る個々のタンクに、300Wの観賞魚水槽用ヒーター1個を配置して、13.5～15.5の定温が維持出来た。ハウス処理には1.6m×2.2m×高さ1.6mの無加温簡易ビニールハウスを用いた。外気温の最低が0～2、最高が8～10の条件下で、ハウス内の最低気温を外気より4、最高気温を19(以上5日間の平均値)程度高く保つことが出来た。なお、ハウスでは液温は温処理としたが、日中ハウス内の気温が上昇した場合には、液温も18～20に上昇した。

2) 水質

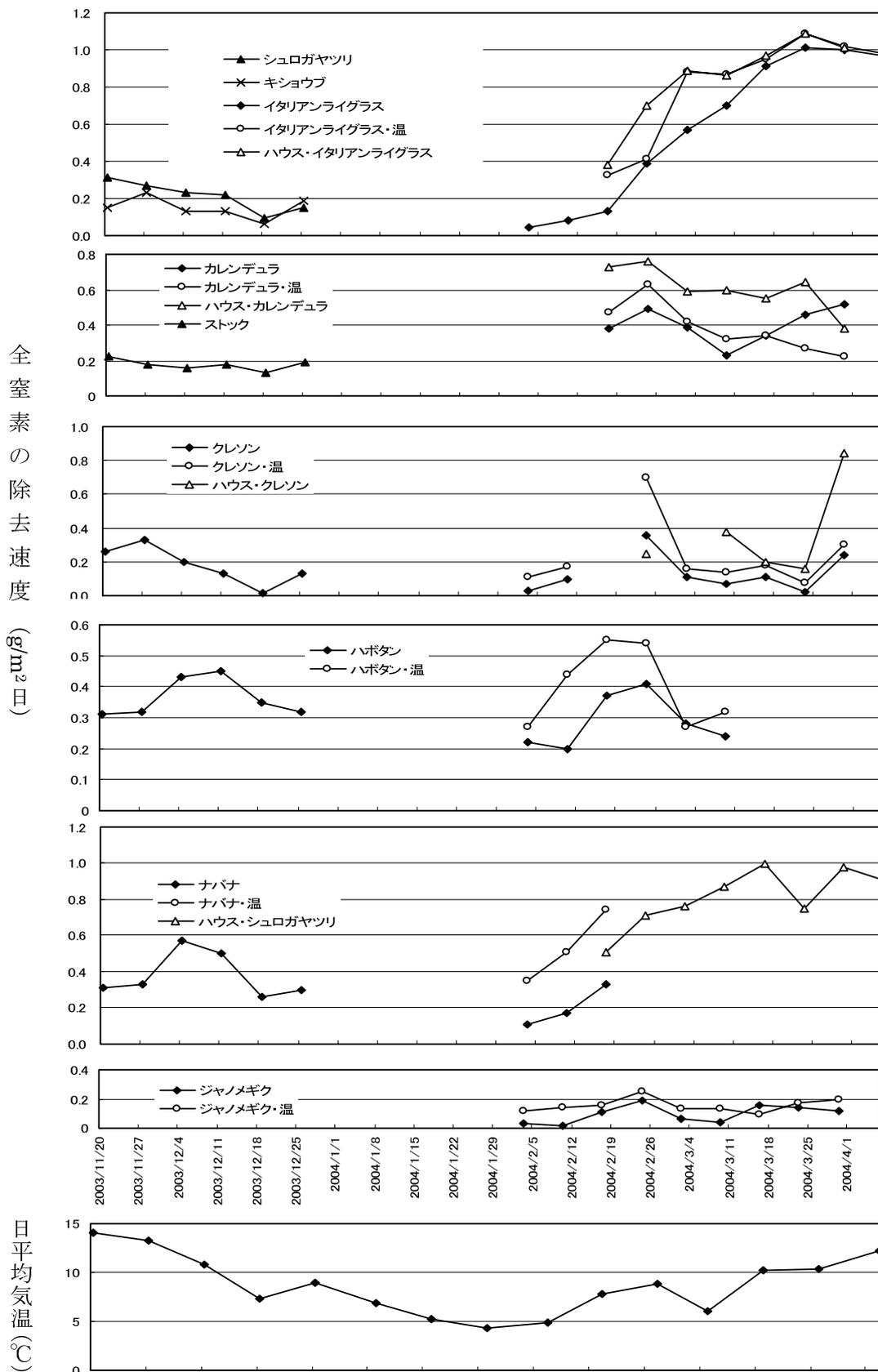


図5 実験②, 実験③の全室素の除去速度と日平均気温の旬別平均値

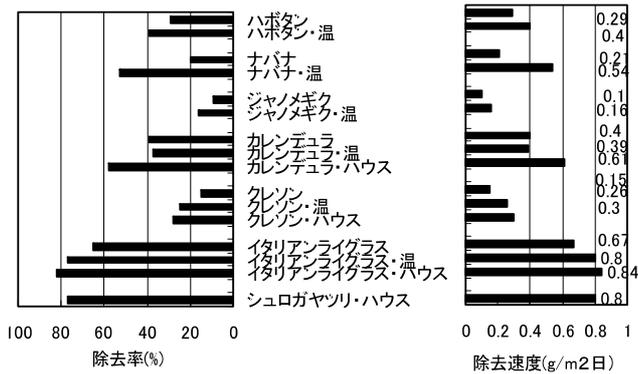


図6 実験③の窒素の除去率と除去速度

実験③に供した模擬排水の水質は、表1に見るように、実験①、②の期間より全窒素濃度が高く、またNH₄-N含量が著しく高く経過した。低温期に生物学的硝化が抑制され窒素除去能力が低下することは、時として生じることなので、実験にはそのまま用いた。但しリン濃度が、農集排に予定される値に較べ低いので、これを補正するために、KH₂PO₄にて1mg/ℓ相当量のリンを添加し、リン含量1.2mg/ℓ程度として用いた。また、実験中に模擬排水のpHが7.5を越え、植物の生育に適する値より高くなりがちであったので、液の更新時に塩酸にて、あらかじめpHを6.5に補正して用いた。

3) 生育

実験②から継続しているハボタン、ナバナ、クレソンに加え、水耕に馴化させてあった開花期の寒咲きジャノメギクとカレンデュラ各16本、イタリアンライグラス40株を、2.4mの水路にそれぞれ植え付けた。なおハウス内の水路は長さが1.5mなので、液量と植物の数は、それぞれ1/1.6とした。なおハウスに植えたシュロガヤツリは、実験②に用いた株の一部を屋内で越冬させたものを調整して用いた。実験はもっとも気温の低下する1月中旬からを予定していたが、水路の凍結に伴うポンプの故障、模擬排水の漏出など事故があり、測定は1月末～2月初旬から3月末まで行った。実験場所が建物の屋上で強風を避ける必要から、防風ネットを幾重にも張りめぐらして行った。ナバナ、カレンデュラ、寒咲きジャノメギクは開花

盛期、ハボタンは盛期～終期、イタリアンライグラスは成長盛期が測定期間に相当した。クレソンも生育盛期を期待したが、生育はやや遅かった。

クレソンとカレンデュラに亜硝酸吸収障害の疑いのある、葉脈間黄化症状が発生し、温処理とハウス処理では顕著であったが、実験には特に支障とならなかった。ハウス内水路のシュロガヤツリは、外気温が零下となる日があったにもかかわらず、新しい芽を次々に出し、全期間生育は良好であった。

4) 窒素の除去

図6に窒素の除去率と除去速度を、測定期間の平均値で示した。植物の種類と比較では、イタリアンライグラスの窒素除去速度0.67g/m²・日が最大で、カレンデュラ0.4g/m²・日、ハボタン0.29g/m²・日、ナバナ0.21g/m²・日、クレソン0.15g/m²・日、ジャノメギク0.1g/m²・日の順で、植物の種類による違いは大きかった。次に液温を15に保った場合には、イタリアンライグラス0.80g/m²・日、ナバナ0.54g/m²・日、ハボタン0.40g/m²・日、カレンデュラ0.39g/m²・日、クレソン0.26g/m²・日となり、これを無加温に対する比で見ると、ナバナ2.6倍、クレソン、ジャノメギク、ハボタンが1.7～1.4倍、イタリアンライグラスとカレンデュラが1.1～1倍であった。

さらにハウス処理が加わると、カレンデュラは0.61g/m²・日へと1.6倍増加するがイタリアンライグラス0.84g/m²・日、クレソン0.30g/m²・日は1.1倍で、温処理ほどの差は無かった。

但し、唯一の夏植物シュロガヤツリの窒素除去速度は0.8g/m²・日で、イタリアンライグラスに匹敵した。

窒素の除去率もまったく同傾向で、イタリアンライグラスの65～82%、カレンデュラ、ハウス処理の58%、ナバナ・温処理53%が大きかった。

これらの値を冬期に成された他の文献と比較すると、雅楽川等¹⁰⁾の窒素除去速度クレソン0.65～0.17g/m²・日、セリ0.35～0.33g/m²・日、シャガ0.32g/m²・日とは同程度であった。また、無加温のピニールハウスの中に設置したパイオジオフィ

ルター水路に数種の資源植物とハーブ或いは花卉等を組み合わせて植え付け行った尾崎等³⁾の窒素除去速度0.32~0.42(シュンギクが主に寄与)g/m²・日, 0.34(シュンギクとカラーが主)g/m²・日, 0.22(カラーが主)g/m²・日, 0.79(カラー・ナバナ)g/m²・日とも同等の効果(規模が違うので一概に比較は無理だが)と評価出来よう。

5) リンの除去

図7に実験③のリンの除去率と除去速度を測定期間の平均値で示した。植物の種類の比較ではイタリアンライグラスのリン除去速度0.056g/m²・日が最大で、カレンデュラ0.044g/m²・日、ハボタン0.039g/m²・日、クレソン0.037g/m²・日、ジャノメギク0.021g/m²・日、ナバナ0.016g/m²・日の順であった。次に液温を15に保った場合には、イタリアンライグラス0.061g/m²・日を最大として、ハボタン0.055g/m²・日、ナバナ0.052g/m²・日、カレンデュラ0.044g/m²・日、クレソン0.036g/m²・日、ジャノメギク0.031g/m²・日の順を示し、無加温に対する比率を較べると、ナバナ3.2倍、ジャノメギク、ハボタンが1.5~1.4倍、イタリアンライグラス、カレンデュラ、クレソンが1.1~1倍であった。ナバナは窒素の場合同様リンでも液温の15保温の効果が最も大きい植物と思われる。次にハウス処理では、イタリアンライグラスのリン除去速度が0.062g/m²・日が最大で、カレンデュラ0.051g/m²・日、クレソン0.016g/m²・日の順序であったが、温処理と較べて著しい増加はなく、むしろクレソンでは低下した。なお夏植物シュロガヤツリのリン除去速度は0.058g/m²・日でイタリアンライグラスに次ぐ大きな値であった。リンの除去率についても除去速度と類似の傾向が見られた。

以上の結果を冬期に成された文献値と比較すると、雅楽川等¹⁰⁾のリン除去速度、クレソン0.096~0.020g/m²・日、セリ0.025~0.029g/m²・日、シャガ0.009~0.017g/m²・日に対しては、11月のクレソンの値0.096g/m²・日以外とは同等であった。また、窒素の所で引用した尾崎等³⁾の文献のリン除去速度は、資源植物・ハーブ水路で0.05~

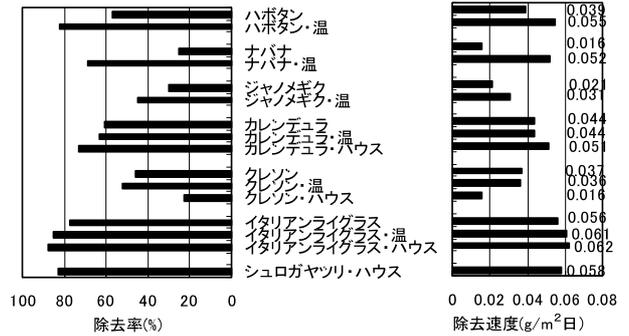


図7 実験③のリン除去率と除去速度

0.08g/m²・日であり、実験③の結果とはほぼ同等であった。

6) 亜硝酸吸収障害類似の症状について

平成16年3月上旬、クレソンとカレンデュラの葉に葉脈間黄化が発生し、温処理とハウス処理で著しかった。当初模擬排水のpH上昇に伴う鉄欠乏を疑い、キレート鉄の葉面散布を、一部で試みたが回復は見られなかった。使用した中水に含まれるNO₂-Nは0.06(2月10日)~0.55(3月23日)mg/lであったが、模擬排水更新時に採取した水耕液のNO₂-Nがハボタン・温処理で2.8~4.0mg/l、クレソン・温処理で1.2~5.0mg/l、同ハウス処理で2.6~6.1mg/l、カレンデュラ・温処理で2.5~3.0mg/lと検出されていた。渡辺⁹⁾よれば、NO₂-N 4me(56mg/l)中性域での水耕栽培で、アブラナ科はほとんど生育障害を受けずに生育するのに対し、キク科、セリ科は3~5割その生育が抑制されると云う。今回検出されたNO₂-N濃度は、渡辺の用いた濃度の1/10であるがNO₃-N、NH₄-N濃度も低いので、NO₂-Nの吸収が、相対的に大きくなったのであろう。アブラナ科であるハボタンに障害が見られなかったのに、キク科のカレンデュラに症状が発生したことも一致する。

7) 活性汚泥処理水温の活用

活性汚泥法による処理水の水温は18程度⁸⁾である。香川県下の農集排の平成9~14年度の、計72カ所の平均水温は21.1であった。

地下1mの地温は、その地域の年平均気温に近

いとされ、高松の年平均気温は15.1 なのので、地下タンクに貯留される処理水は、冬期にも15 以上を保ち得るはずである。この温度を大切に保って利用すれば、栄養塩の除去効果を高めることが出来る。

模擬排水温を15 に保つ処理は無加温ビニールハウスに近い栄養塩除去効果を発現することが明らかになったので、今後、農集排処理水を実際に用いた実証が成されることが望まれる。

VI まとめ

下水処理場の中水を模擬排水として用い、小型循環水路による水耕栽培法で生育障害発生の有無、冬期に浄化能力の高い植物の種類の選定、水耕液水温の上昇による栄養塩除去機能の向上、及び無加温簡易ハウスの効果を検討した。

- 1 9月下～10月中旬、窒素除去速度はシュロガヤツリが最大で0.31g/m²・日、次いでキショウブ0.23, インパチエンスとヨシは0.14, 0.16g/m²・日で、豊稔池水質浄化実験施設の結果と同等で、生育障害は認められなかった。
- 2 11月中～12月下旬、窒素除去速度はナバナ、ハボタン0.37～0.36g/m²・日が大きく、有望品目だが、平均気温12～13 以下では各植物ともに、急低下した。
- 3 1月下～3月下旬、窒素除去速度はイタリアンライグラス0.67g/m²・日が最大で、カレンデュラ0.40, ハボタン0.29, ナバナ0.21g/m²・日であるが、模擬排水温を15 に保つとイタリアンライグラス0.80, ナバナ0.54, ハボタン0.40へと増大した。
- 4 無加温簡易ハウスは、外気より最低気温を4 , 最高気温を約20 上げ、夏植物シュロガヤツリは寒冷期にも旺盛に生育し、窒素除去速度0.80g/m²・日を示した。
- 5 栄養塩除去機能が最大のイタリアンライグラスは、草丈が適当、栽培が容易、生育期間が長く、刈取り再生力旺盛、飼料として利用出来る点からも冬期に最適の水質浄化植物である。カレンデュラ、ナバナ、ハボタンは、景観形成の視点も含め、有望と思われる。
- 6 活性汚泥法の処理水は一般に18 程度の水温を有するので、これを活用すれば、寒冷期に省エネ高効率な排水浄化が可能と思われる。
- 7 夏植物と冬植物の交代時期は、11月初旬が適当と考えられるが、水路中に夏・冬植物を複数組み込むか、あらかじめ別施設で、ただちに機能する植物を用意することが必要となる。

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, 47～55 (2003)
- 2) 尾崎保夫等：植物を活用した資源循環型水質浄化技術の課題と展望 - 潤いのある農村景観の創出を目指して - , 用水と廃水, 35 (9), 5～17 (1993)
- 3) 尾崎保夫：資源植物・花卉等を利用した生活排水の高度処理 - 潤いのある水質浄化システムの開発を目指して - , 用水と排水, 37 (2), 13～20 (1995)
- 4) 武川満夫編：水耕栽培の教科書, 40, 富民協会 (1990)
- 5) 岡井隆等：水生植物を活用した水質浄化実験（第2報）- 豊稔池水質浄化の試み - , 香川県環境保健研究センター所報, 3 (2004)
- 6) 森田敏昭等：キショウブ (*Iris pseudo corus* L,) による窒素・リンの除去速度と原水濃度 (第2報), 横浜市環境科学研究所報, 21, 67～74
- 7) 森田敏昭等：キショウブ (*Iris pseudo corus* L,) による窒素・リンの濃度と除去速度 (第3報), 横浜市環境科学研究所報, 22, 36～42 (1998)
- 8) 須藤隆一：小規模下水処理施設ハンドブック, 産業用水調査会 p109 (1975)
- 9) 渡辺和彦監修：野菜の要素欠乏と過剰症, 53, タキイ種苗株式会社 (1983)
- 10) 雅楽川等：植物を利用した水質浄化システム - 新潟県に適した水辺植物の選定, 新潟県環境保健環境科学研究所年報, 14, 79～87 (1998)



ナバナ(左)とストック 2003.12.25



ハウスのシュロガヤツリ(左)とクレソン 2004.3.30



イタリアンライグラス・温処理 2004.3.8



カレンデュラ 2004.3.23



クレソンとタンクの中のポンプ
2004.3.30



イタリアンライグラス
2004.3.18



ハボタン(左)と
ハボタン・温処理(右) 2004.3.5