

1 はじめに

わが国では、高度経済成長、人口の増加にともなって水質の悪化が大きな社会問題になっており、公共の自然水域は生活雑排水、下水道処理水、産業排水からの流出水などによって汚染が急速にひろがり、われわれの生活に直接影響する問題となっている。

この社会的な問題が水域に広がる中、大都市近郊でありながら、木曽川水系は広大で変化に富んだ地形、ヨシ原、干潟・長良背割堤と併せて建設されたケレップ水制群など、多様な水際環境を創出している。

しかし現在、高度成長期の過剰な地下水汲み上げによる地盤沈下や伊勢湾台風後の高潮対策による堤防強化に伴い、かつては木曽川で 100ha 以上分布していたヨシ原は改修工事によって約 20ha、200ha 以上分布していた干潟は約 60ha まで減少し、近年ではヨシゴイ、ヒシクイといった鳥類が確認されなくなった。

国土交通省中部地方整備局木曽川河川事務所では、平成 15 年に自然再生計画を策定し、それに基づき自然再生事業としてヨシ原再生を実施してきた。ヨシは水中の窒素やリンを養分とすることで水質の悪化を防ぎ、さらに植物体表面に生息する微生物によって水の汚れを分解する働きがあり、浄化植物として注目されている。また生物多様性を保全する生物のゆりかごとしての機能も着目されつつある。

現在、ヨシ原は造成後順調に成長しており、ヨシ原の環境に生活の多くを依存しているオオヨシキリの個体数は施工直後と比べ大幅の増加が確認された。しかし、これらのヨシ原回復が他にはどのようなメリットがあるのか、費用対効果はどの程度なのかについては、疑問視されている。これまで水質浄化効果については、ヨシ原が回復した直後に水質浄化の効果が出ることはほとんどなかった。また、生物多様性の維持機構についても大型動物だけの調査となっており、多くの問題点が残っている。そこで本研究では木曽川と長良川のヨシ原再生地について COD, pH, 栄養塩, プランクトンについて定期的に調査・分析を行い、それらの変化を調べることで、ヨシ原再生が環境にどれだけ影響をあたえるか評価を行い、また、その結果に基づいた評価の開発を目的とした。

2 実験方法

2.1 調査材料

今回の調査の対象であるヨシ (図 1, 2) は、イネ科ヨ

シ属ヨシ、学名を *Phragmites australis* といい、北海道～琉球の池沼、河口、海岸などに生える高さ 0.5～3m の多年草である。4 月頃地面から芽を出し、8 月の終わり頃まで成長を続け、8～10 月に穂をつけ枯れる。葉は互生し 20～50cm、幅 2～4cm の線形で先が垂れる。花序は長さ 10cm～40cm の大型の円錐状で淡紫色を帯びた小穂を密につける。小穂には 2～4 の小花があり、長さは 10～17mm である。



図 1 ヨシ

自家不和合性がある。地下茎

による栄養繁殖で大集落を形成する (北村, 1964)。また、ヨシは幅広い深さの浸水と塩分濃度に耐える事が



図 2 ヨシ原

できる。30ppm 程度の塩分濃度で

も成長することが出来る (Wijte・Gallagher, 1996)。

2.2 調査方法

サンプルの採取方法は、木曽川のヨシ再生地 (立田地区 平成 20 年度造成)、長良川のヨシ再生地 (築戸地区 平成 20 年度造成、千倉地区 平成 21 年度造成)、それぞれの川でヨシが生息せず、かつ安全に水を汲める地点を選び、4ヶ所からそれぞれランダムに 4 点で採水を行った。採水はヨシ群落における水質の影響を判断するため、表層 (0～0.5m) で行い、週 1 回の頻度で計 25 回調査を行った。

2.3 測定方法

計測は COD, pH, 栄養塩, プランクトンについて行った。COD はサンプルをよく攪拌した後、紙コップに移し、パケットテスト (株式会社共立理化学研究所) を用いて測定を行った。pH はサンプルを 2 時間以上静置させ、上澄み水を紙コップに移し、pH メータ HM-25R (東亜ディーケーケー株式会社) を用いて測定を行った。栄

養塩は、硝酸態窒素亜硝酸態窒素アンモニア態窒素リン酸態リン4項目の分析を行った。サンプルをよく攪拌した後、ポータブル簡易全窒素全リン計 TNP-10（東亜ディーケーケー株式会社）を用いて測定を行った。栄養塩は、硝酸態窒素亜硝酸態窒素アンモニア態窒素リン酸態リン4項目の分析を行った。サンプルをよく攪拌した後、ポータブル簡易全窒素全リン計 TNP-10（東亜ディーケーケー株式会社）を用いて測定を行った。プランクトンはサンプルをよく攪拌し、光学顕微鏡（オリンパス株式会社，70倍固定），プランクトン計数板（松浪硝子工業株式会社）を用いて，10mm×10mm×1.0mm，容量 0.1ml 内にあるプランクトンの個体数を数え，種類で分類を行った。そして，求めたデータから3つの種の多様性指数を求めた。以下に計算式を示す。

Shanon-Weiner 指数

$$H = -\sum(p_i)(\ln p_i)$$

p_i : 種 i によって成り立つサンプル数

Simpson の指数

$$D = 1/\sum(p_i)^2$$

p_i : 種 i によって成り立つサンプル数

Margalef の指数

$$I = (S - 1)/\ln N$$

S : 種数, N : 個体数

3 結果

3.1 COD

木曽川のCODの結果を図3，長良川のCODの結果を図4に示す。各値は4サンプルの平均の値を示している。

河川の汚濁はCODやBODに集約されるが，今回，ヨシ再生群落はCODに及ぼす影響はほとんど観察されなかった。ヨシ再生群落は直接的にCODを減少させる役目を果たすことは無い。ヨシ表面に付着する微生物が汚濁物質を分解し減少させる効果については報告があるが（天野，富岡 2002），直接的な効果はほとんど見ることができない。これは，ヨシ群落が生育している地域が潮汐の影響を受け，流動的に水界が移動するからである。このため，CODは他の要因による増減が観察されたと考えられる。5，6月ごろはスプリングブルームの時期と重なり，プランクトンの増殖が観察される時期である。このため，BODやCODの値が上昇する可能性が高い。これが今回の調査でも反映されたと考えられる。

また，木曽川のヨシ群落ではこの値のばらつきが大きく見られた。高い値を示した地点は特にシジミなどのベントスの生育が多く，捕獲する人の影響があると考えら

れる。また，人為的な攪乱によって，BODなどの有機物の溶存物質が浮遊したと考えられる。

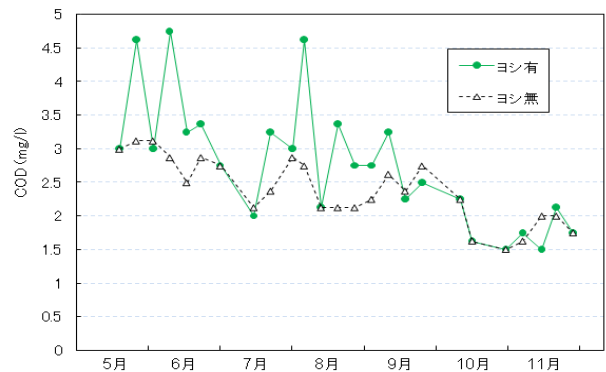


図3 COD (木曽川)

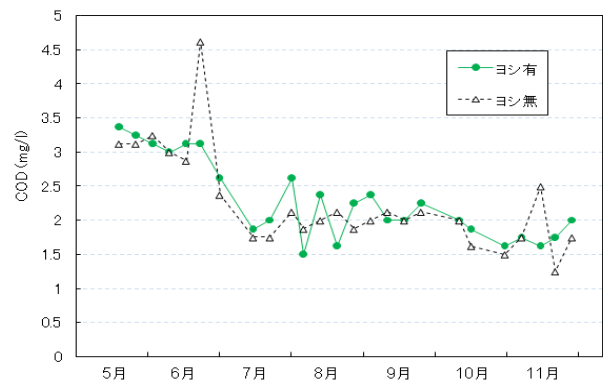


図4 COD (長良川)

3.2 pH

木曽川のpHの結果を図5，長良川のpHの結果を図6に示す。各値は4サンプルの平均の値を示している。

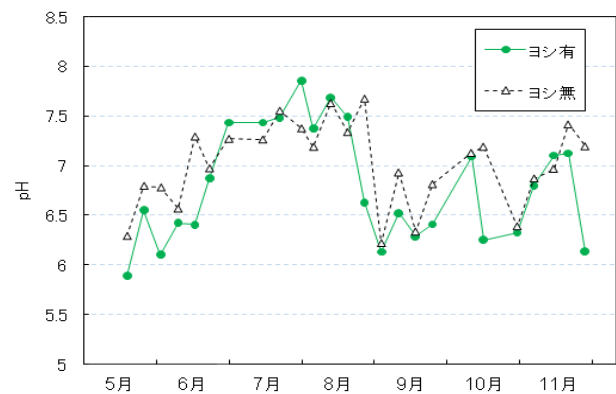


図5 pH (木曽川)

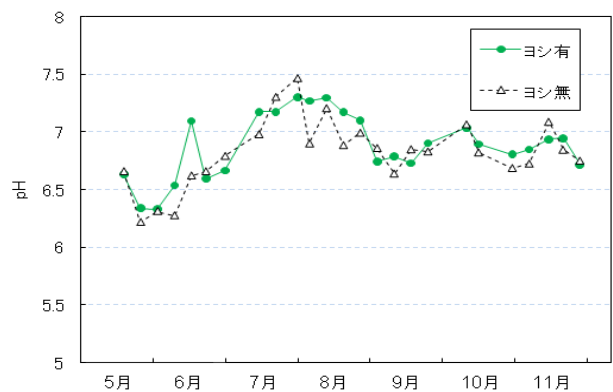


図6 pH (長良川)

pH は両河川ともにヨシの生育の有無による影響は認められなかった。

pH は木曾川では春と秋にかけて、低くなる傾向を示した。これは春、秋にかけては、植物プランクトン、動物プランクトンの増殖時期に当たる。このため、プランクトンの増殖によって、有機物が増加し、分解することによって、酸性に偏る傾向が見られたと考えられる。しかし、これらの値は緩衝作用、肥料などの施肥、排水状況によって大きく左右されるため、原因を特定することは難しい。

一般的にヨシ群落などの自然環境を再生した場合には、緩衝作用が働くことによって、環境の恒常性が保たれると考えられている。しかし、十分な広さが無ければこの効果は発揮されず、まだまだヨシ群落の再生面積が少ないと考えられる。

3・3 栄養塩

栄養塩の値は $\text{NO}_3\text{-N}$ が最も大きな値を示した。そのほかの窒素についてはほとんど観察されず、また、リンの値も非常に低かった。よって $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果を示す。木曾川の $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果を図7、長良川の $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果を図8に示す。各値は4サンプルの平均の値を示している。

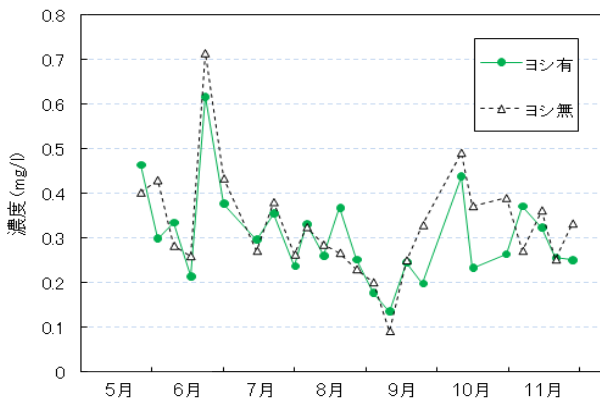


図7 $\text{NO}_3\text{-N}$ (木曾川)

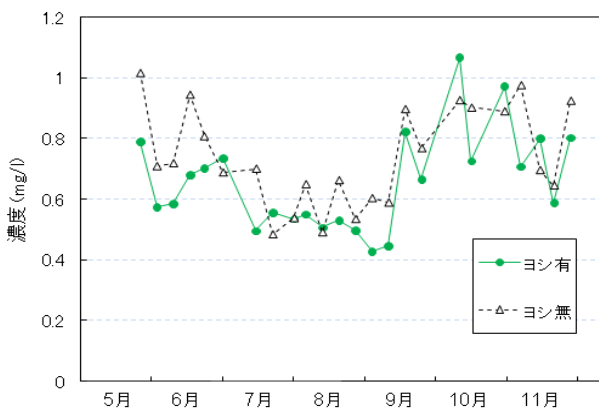


図8 $\text{NO}_3\text{-N}$ (長良川)

栄養塩については、木曾川、長良川ともにヨシ群落の

効果はほとんど観察されなかった。

また、今回の調査ではヨシ群落における水質の影響を判断するため、表層のみの採集を行った。このため、夏季においては表面の水が日光によって暖められることで水温躍層が形成され、表層では植物プランクトンの取り込みによる栄養塩濃度の減少が見られた。そして秋以降、水温の低下が始まると、水温躍層以深で沈降し蓄積された窒素栄養塩が上層に運ばれることによって濃度が上昇していくというこれまでの報告と同様の結果が得られ、ヨシ原の相関とは何ら相関が認められない。

しかし、これらの栄養塩については木曾川と長良川で大きな差がみられた。これは長良川河口堰による塩水遡上の防止が大きな役割をしていると考えられる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の値は窒素濃度のほとんどの部分を占めており、水中に多く存在することは河川の有機物が多かったことを示している。長良川では河口堰によって、締め切りが行われ、栄養塩の流出をさえぎっているため大きな値を示すことになったと考えられる。また、木曾川では、これら有機物が分解された栄養塩についてはプランクトンによる吸収が行われ、流出、または降雨による河川降下の影響が大きく出ている可能性が示唆される。

また、潮汐による影響によって $\text{NO}_3\text{-N}$ 値が異なった値を示している可能性も示唆された。

3.4 プランクトン

木曾川のプランクトンの種数の結果を図9、長良川のプランクトンの種数の結果を図10、種数、shannon 指数、simpson 指数、margalef 指数の結果を図11、木曾川ヨシ有の相関図を図12、木曾川ヨシ無の相関図を図13に示す。

プランクトンは、ヨシ有・ヨシ無間で種数、shannon 指数、simpson 指数、margalef 指数において有意差は確認されなかった。

しかし、どの値もヨシ有の方がヨシ無よりも高い値を示す傾向が認められた。これによってヨシの生育が種多様性に対して、正の効果をもたらす傾向が示されたと考えられた。

また、木曾川・長良川間では長良川の方が種数が高くなる結果となり、shannon 指数 ($P<0.03973$)、simpson 指数 ($P<0.07683$)、margalef 指数 ($P<0.04488$) で有意差が確認された。また、回帰分析の結果から木曾川では種数、shannon 指数、simpson 指数、margalef 指数と $\text{NO}_3\text{-N}$ の間にやや強い相関が見られるが、長良川では相関があまり見られないという結果となった。これも長良川河口堰の閉鎖空間による流れの停滞によって、栄養塩濃度が上昇し、それに伴って植物プランクトンの増殖に影響があったと考えられる。

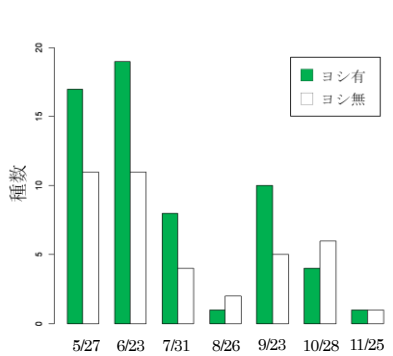


図 9 プランクトンの種数 (木曽川)

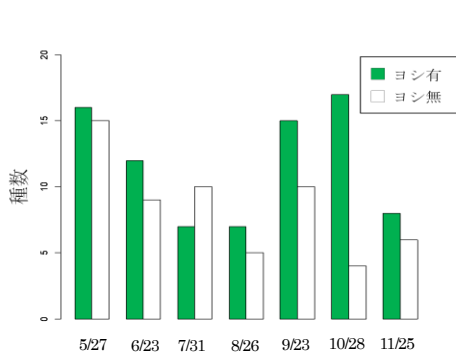


図 10 プランクトンの種数 (長良川)

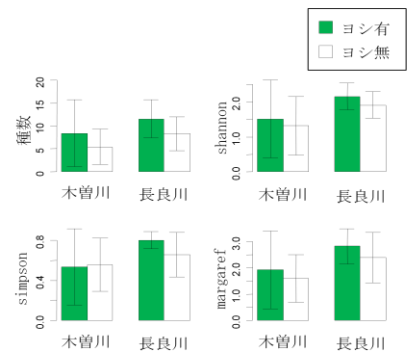


図 11 種数, shannon 指数, simpson 指数, margalef 指数

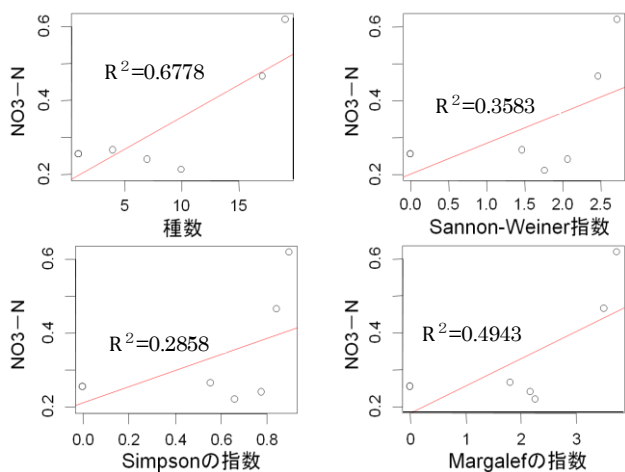


図 12 木曽川ヨシ有の相関図

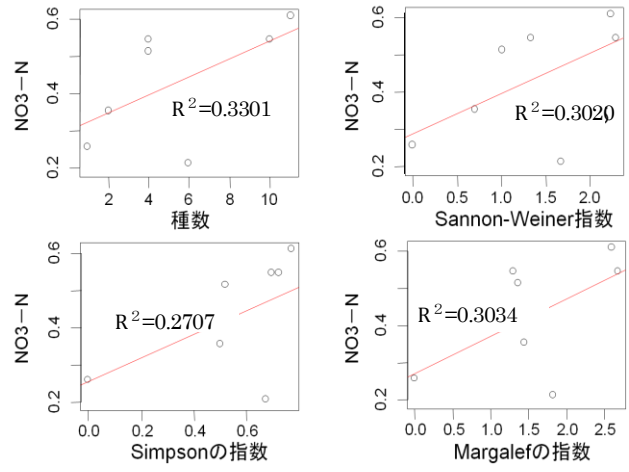


図 13 木曽川ヨシ無の相関図

4 おわりに

本研究では、木曽川、長良川を中心とし、ヨシ原再生による水質浄化の効果についてCOD、pH、栄養塩、プランクトンの分析を行った。その結果、ヨシ原の再生によってプランクトンの種多様性が増加する傾向があるというメリットが確認された。これまでヨシ群落の再生は本当に環境に対して正の効果があるかどうかについては疑問視する声も上がっていた。また、巨額の費用を費やして行く自然再生の評価方法も未定であった。しかし、今回の結果によりプランクトンの種数をβ多様性で測定することにより、これらの効果について検討する方法について示唆することができたと考えられる。今回、指標種についてのみ検証を行ったが、目に見えない種ではより高い種多様性が確認できる可能性も考えられる。ピコプランクトンも含めた遺伝子レベルでの多様性を見ることができれば、さらに指標として精度の高いものとなると考えられる。また、今後の課題としてシジミやサワガニといったベントスにも目を向けることで、さらに生態系ピラミッドの上位への影響を考える必要がある。

また、長良川において、長良川河口堰による環境への悪影響が懸念されている。実際、水質について一般に指標として使用されるBOD75%値が河口堰運用後も環境

基準を満たしているとされている。しかし、今回の結果で、河口堰の閉鎖空間による栄養塩の滞留、それによるプランクトンの増殖が確認され、長良川河口堰が環境に負荷を与えていることが示唆された。栄養塩濃度の上昇は、富栄養化を引き起こし、生態系に影響を与えてしまう。場合によっては赤潮や青潮といった現象を引き起こしてしまう可能性がある。常に状況を把握するためにも、長期的に水質や生態の調査を継続する必要があるといえる。

参考文献

- ・北村四郎 (1964) : 原色日本植物図鑑基本編 (III) 単子葉類, 保育社, pp. 464
- ・Wijte, A.H.B.M. and Gallagher, J.L. (1996) : Effect of oxygen availability and salinity on early life history stages of salt marsh plants. I. Different germination strategies of *Spartina alterniflora* and *Phragmites australis* (Poaecaceae). *Journal of Botany* 83, pp.1337-1342
- ・天野正秋・富岡誠司 (2002) : 『ヨシ原浄化施設の効果 (渡良瀬貯水池を事例として)』財団法人ダム水源地環境整備センター 平成14年度ダム水源地環境技術研究所 所報 調査研究 1-2