

3つの生物による水質浄化システムの開発

青森県立名久井農業高等学校 TEAM FLORA PHOTONICS

1 序論

世界各地で富栄養化による湖沼の水質汚染が発生している。原因は工場排水や生活排水などの流入により、窒素やリン酸が増えることでアオコなどの藻類が異常発生するからである。特に閉鎖水域で水の流入出が少ない都市公園の修景池では発生すると止められず、水辺が緑に変色し、さらに悪臭を発生することから最も身近な環境汚染といわれている。私たちの住む青森県でも都市周辺部で発生が増えており、私たちの調査では八戸公園などでその発生を確認している。対策のひとつとして機械による浄化があげられるが、大量のエネルギーとランニングコストがかかるため課題となっている。また植物を使った浄化も考えられているが、浄化力の高いホテイアオイは繁殖力が高い要注意外来種であり、イネ科のアシは景観を損ねることからいずれも都市公園には適さない。

そこで私たち植物研究グループTEAM FLORA PHOTONICSは、気孔が多く蒸散量の多い草花サンパチェンスと微生物を組み合わせ自然の力で水質を浄化するシステムの開発を目標に研究に取り組むことにした。

2 研究材料と研究方法

(1) サンパチェンスの水中根発根実験

サンパチェンスはツリフネソウ科の1年草である。陸生植物のため、水に根をつけると呼吸できず根腐れを起こすことが多い。そこで葉で吸収した酸素を根の先に送ることができる特殊な根「水中根」の発生を促す実験を行った。実験は深さ1cmの水を入れた容器にサンパチェンスの苗を並べたものと容器内にエアポンプで空気を送ったものの2つで水中根の発根状況を比較観察した。

(2) 浄化システムTYPE1の浄化試験

私たちは水中根を発生させたサンパチェンスを浄化

システムTYPE1と名付け、まずはアンモニア態窒素とリン酸の浄化力を調査した。方法は水中根を発生させたサンパチェンスを直径21cmの鉢に植える。1L当たり1mlの液肥（ハイポネックス6-10-5）で作った富栄養化水を入れた水槽に鉢底約5cmを浸け、アンモニア態窒素とリン酸濃度の変化を分析した。

(3) 浄化システムTYPE2の浄化試験

植物は同じ窒素でもアンモニア態窒素よりも硝酸態窒素の方を多く吸収する。そこで富栄養化水に含まれているアンモニア態窒素を硝酸態窒素に変える硝化菌を直径30cmの鉢の底に入れ、実験を行うことにした。硝化菌はペット店で市販されているが液体のため、池に入れると流失してしまう。そこで人工イクラの技術を使ってビーズ化（固定化）した。1鉢当りのビーズは、水40mlとアルギン酸ナトリウム1g、硝化菌培養液（BICOM社製）40mlを混ぜ、1.5%塩化カルシウム水溶液にピペットで滴下することで製作した約900粒とし、鉢底に設置した。この浄化システムをTYPE2と名付け、同様に浄化試験を行った。

(4) 浄化システムTYPE3の浄化試験

硝化菌は窒素の浄化に効果はあるがリン酸では期待できない。しかしリン酸も藻類の栄養分であり除去しなければ水質汚染が発生してしまう。そこでTYPE2の鉢内に入れた培養土にアーバスキュラー菌根菌を添加し実験することにした。この菌根菌は多くの植物の根に共生する糸状菌で、植物から糖類をもらう代わりに周囲のリン酸を植物に供給している。共生すると生育が良くなることもあり、農業資材として活用も始まっている。そこで菌根菌の胞子（（BICOM社製））を土1L当たり10g混ぜて入れた鉢にサンパチェンスを植え付けた。水を切らさないようにして2週間管理してから浄化試験を行った。

(5) 植物体の変化と菌根菌との共生

アーバスキュラー菌根菌は多くの植物の根に共生するといわれている。しかし園芸種のサンパチェンスへの共生に関する報告はない。そこで顕微鏡を使って菌根菌がサンパチェンスに共生しているのかを確かめることにした。サンパチェンスの根を1cmに切り、10%水酸化カリウム水溶液の入ったマイクロチューブに入れ、熱湯で10分間湯せんする。その後、マイクロチューブに塩酸を加え中和したら取り出し洗浄する。そこにメチレンブルー染色液を2滴加え1分置く。根を洗浄したら顕微鏡で観察する。

(6) 水質浄化システムの実証試験

毎年藻類が発生する南部町立福地中学校や八戸公園こどもの国にTYPE3を設置し、水質が改善されるか実証試験を7月から10月までの4ヶ月間行った。また都市公園の修景池に設置し、水上花壇による景観向上の実験も行った。

3 結果と考察

(1) サンパチェンスの水中根発根試験

水を入れた容器にサンパチェンスの苗を24株並べ、水中根の発根状況を3週間後に調査した。すると無処理のControlは約20%も根腐れをおこしていたが、エアレーションした区は根腐れがなく根も長かった。容

表1 水中根発根試験

試験区	根腐れ発生率 (%)	DO (mg/L)	温度℃
Control	20.8	6.1	12.2
エアレーション	0	8.2	12.3



写真1 発根の違い (左: Control 右: エアレーション)

器内の水の溶存酸素 (DO) を測定したところ、無処理 6.1mg/Lに対してエアレーションすると8.2mg/Lと増えていることがわかった。エアレーションすることで溶存酸素を高め、根腐れを防げることがわかった。

(2) 浄化システムTYPE1の浄化試験

水槽にサンパチェンス1株植えた鉢を底が約5cm浸るよう設置し、アンモニア態窒素とリン酸の濃度を測定した。その結果、3週間経っても浄化効果は見られなかった。これにより浄化が促進されていないことがわかった。

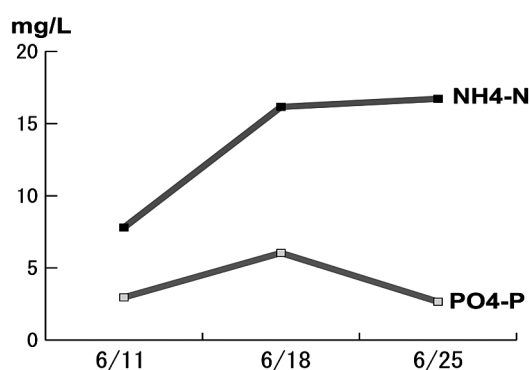


図1 アンモニア態窒素とリン酸濃度の推移



写真2 サンパチェンス

(3) 浄化システムTYPE2の浄化試験

鉢底にビーズ化した硝化菌を入れたTYPE2とTYPE1の浄化比較試験を行った。まずpHの推移を調査したがいずれも中性であり、栽培するうえで問題はなかった。結果はTYPE2のアンモニア態窒素が大幅に減少した。硝化菌がアンモニア態窒素の浄化を促進し

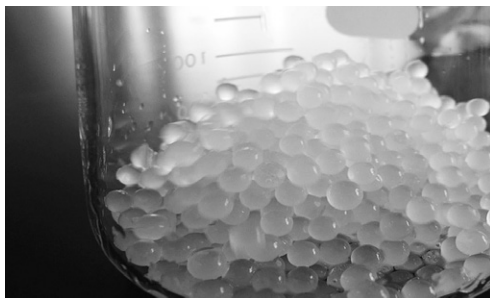


写真3 硝化菌ビーズ

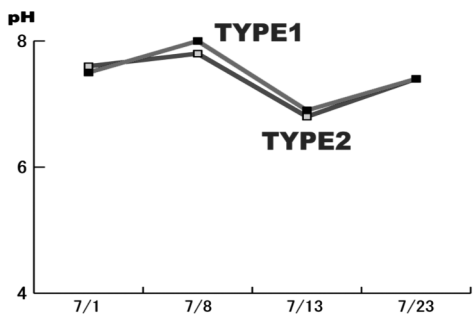


図2 pHの推移

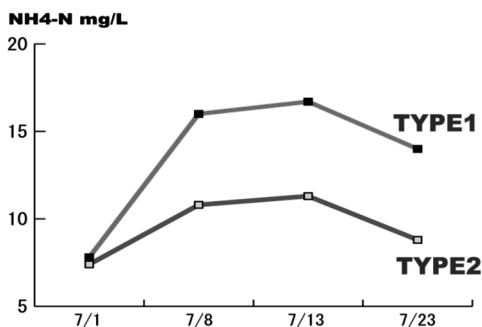


図3 アンモニア態窒素濃度の推移

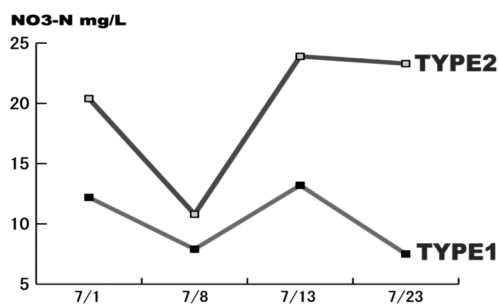


図4 硝酸態窒素濃度の推移

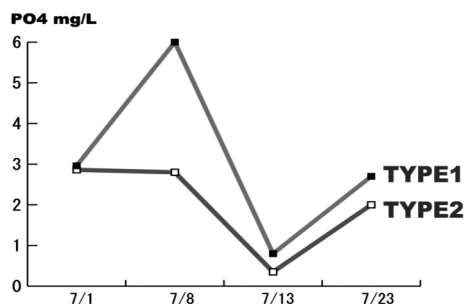


図5 リン酸濃度の推移

ていることがわかった。しかしリン酸はそれほど浄化されなかった。また硝酸態窒素濃度が上昇していた。

硝酸態窒素の増加は硝酸菌によってアンモニア態窒素が酸化されたのが原因と思われるが硝酸態窒素も窒素であり水質汚染の原因となるため課題が残った。

(4) 浄化システムTYPE3の浄化試験

リン酸の浄化力に課題を残したことから、TYPE2に菌根菌を入れたTYPE3を作り、TYPE2と浄化力を比較した。その結果、リン酸濃度が改善されていることがわかった。またアンモニア態窒素の浄化力も大幅に向上していた。さらに課題となっていた硝酸態窒素も浄化されていた。リン酸は植物の細胞を構成する成分で、

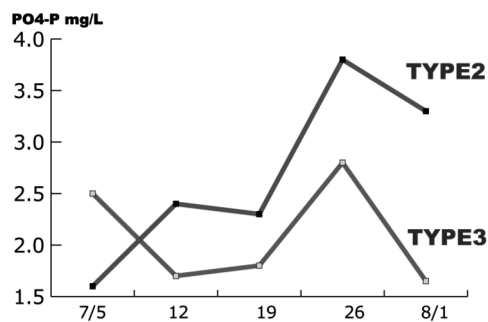


図6 リン酸濃度の推移

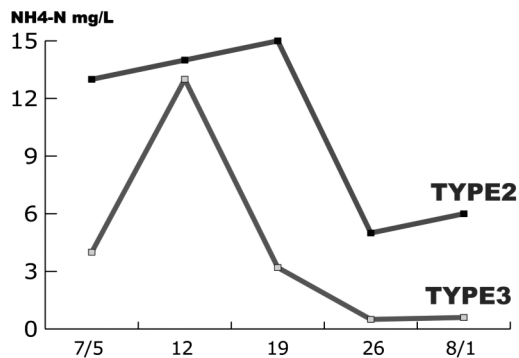


図7 アンモニア態窒素濃度の推移

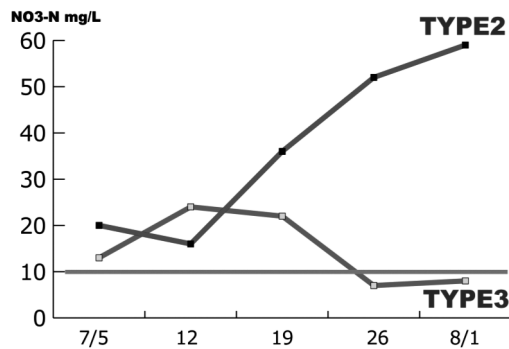


図8 硝酸態窒素濃度の推移

菌根菌により供給されたリン酸によりサンパチェンスの生育が旺盛となり、その結果、アンモニア態窒素の浄化も促進されたと思われる。

(5) 植物体の変化と菌根菌との共生

TYPE3は生育が旺盛となり、その結果、窒素とリン酸の浄化力を高めたと考えられる。そこでまずTYPE2、TYPE3、そして高い浄化力を誇るホテイアオイとのべの蒸散量を比較した。植物は気孔から蒸散することで根の吸収力を生む。したがって蒸散量の多

い植物ほど浄化力に優れていることになる。その結果、TYPE3はホテイアオイとほぼ同様の蒸散量を示した。また7月から10月までの4ヶ月間浄化したサンパチェンスTYPE2とTYPE3の重量及び根の形状を比較した。すると地上部、地下部ともTYPE3が重く、根も長く太くなっていた。これは菌根菌と硝化菌によって栄養分を供給されたサンパチェンスが旺盛に生長したからだと考えられる。

また旺盛な生育が菌根菌の共生であるのか確かめるためにサンパチェンスの根の観察を行った。その結果、根にのう状体という菌根菌特有の器官が見られ、共生を確認できた。サンパチェンスへの共生は今まで報告がなく、これが初めてだと思われる。

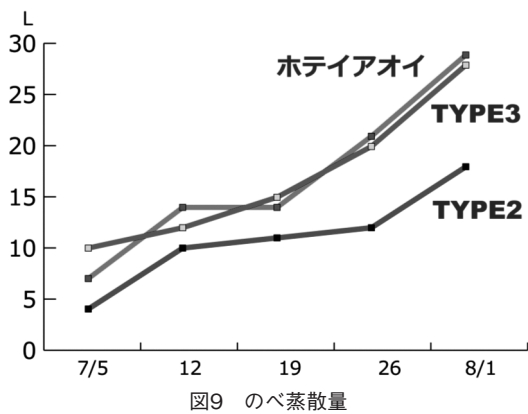


図9 のべ蒸散量



写真4 根の形状の違い
左の細い根はTYPE2、右の太い根はTYPE3

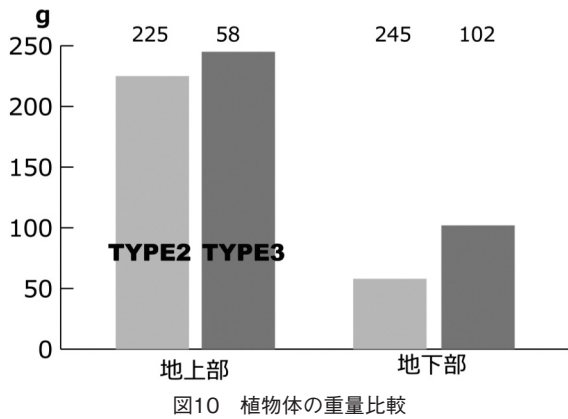


図10 植物体の重量比較

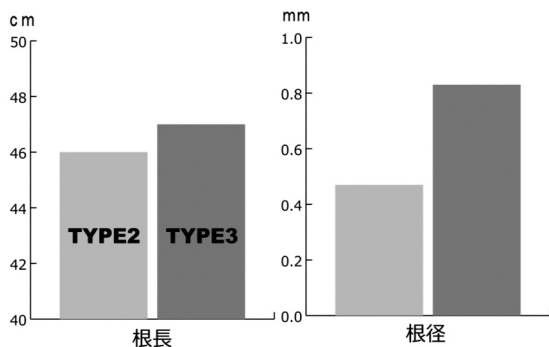


図11 浄化後の根の比較

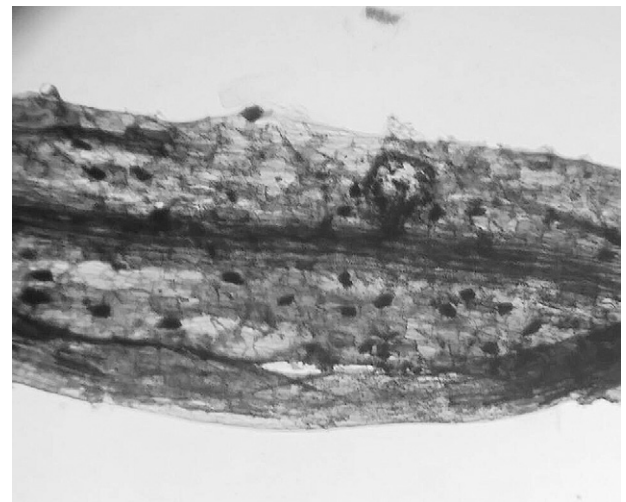


写真5 根の顕微鏡写真 (黒い粒がのうじょう体)

(6) 水質浄化システムの実証試験

生物による浄化システムの浄化試験を水槽で4ヶ月行ったところ、アンモニア態窒素、リン酸とも大幅に減らすことに成功した。特にTYPE3はTYPE2に比べアンモニア態窒素で約8.5倍、リン酸でも約1.8倍も浄化した。

表2 4ヶ月後の測定結果

試験区	アンモニア態窒素	リン酸態リン	濁度	DO	pH	水温 ℃
Control	35.5mg/L	37.0mg/L	23.9	7.2	7.8	18.3
TYPE2	5.0	3.7	10.7	7.7	7.8	19.1
TYPE3	0.59	2.1	10以下	7.9	7.7	19.0

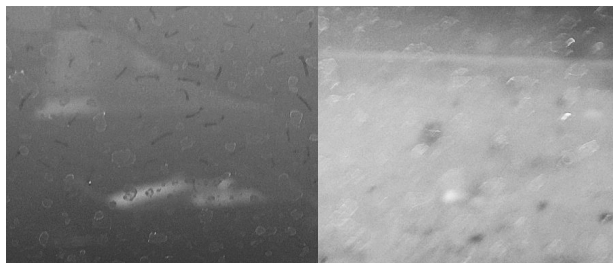


写真6 水の色比較
水の色 左: Control 右: TYPE3

そこで南部町立福地中学校の池で7月から10月までTYPE3を5基設置して実証試験を行った。設置2ヶ月後にアンモニア態窒素、リン酸、CODを測定したところ数値は低かった。そのため毎年発生していた藻類は発生せず抑制効果を確認できた。またこの実証試験から水質などにも影響されるが1鉢の当り約200Lの浄化ができると考えられる。

表3 水質分析 (mg/L)

調査項目	7月9日	9月6日
アンモニア態窒素	0.94	0.2以下
リン酸態リン	0.29	0.14
COD	7.4	2.0以下
水温℃	17.9	18.3

4 結論

2013年から生物による水質浄化研究の開発に取り組んできた。この研究によってサカタのタネ株式会社が作出した草花のサンパチェンスが高い蒸散力を有し、環境浄化に役立つことがわかった。また細菌である硝化菌、糸状菌である菌根菌を鉢内で共生させることでそれぞれの営みが歯車のように連動し、水質浄化の原因である窒素とリン酸を効率よく浄化できることもわかった。現在、公園における機械による浄化はリース代が高いばかりか大量のエネルギーを使うため課題が多い。サンパチェンスは現在、アジアや欧米などでも手に入れられるポピュラーな草花であり、活用した微生物も世界中にいる。このサンパチェンスと2つの微生物の力で浄化するシステムはこの問題を解決できるもので

あり、日本はもちろん、水質汚染が問題となっている世界の国々での活用が期待できる。なかでも電源のとれない地域では大いに力になると考えている。さらに現在は、環境問題だけでなく食料問題の解決に貢献しようと、植物をサンパチェンスから主食となる食用作物に



写真7 八戸公園こどもの国



写真8 五戸町立図書館



写真9 八戸市三八城公園

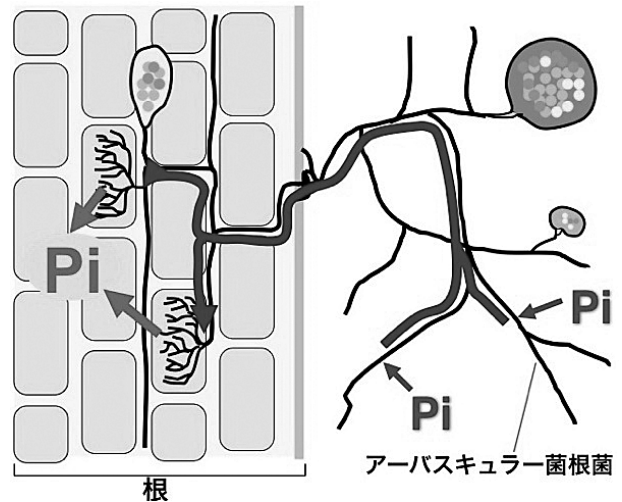
変えてさらに新しい研究にも取り組んでいる。

サンパチェンスは、北国の青森県においても5月から10月まできれいな花を咲かせることから水辺の景観向上にも貢献できる。このシステムはJR八戸駅など今まで一市二町の8ヶ所にのべ100基以上設置され、地域の環境保全に貢献している。また2017年4月にはパシフィコ横浜で開催された日本最大の園芸イベント「日本フラワー&ガーデンショウ」で高校生初の参加を果たし、6万人もの来場者にプレゼンテーションを行った。海外の方の興味関心も高く驚いている。またこの美しい浄化システムは都市公園だけでなく、ゴルフ場やテーマパークなどさまざまな場所での活用ができる。将来は美しい花で彩られた水上浄化公園を作り、新興国の人々や子どもたちの環境教育の場や教材として活用できればと考えている。「水上に咲く花束」はこれからも社会に貢献していこう。

5 参考文献

- (1) 図解でよくわかる土壌微生物のきほん (横山和成 著: 誠文堂新光社)
- (2) 水しらべの基礎知識 (山田一裕: オーム社)
- (3) 池・水槽浄化の仕方 (村上光正: パワー社)
- (4) 北海道大学大学院農学研究院ホームページ
<http://lab.agr.hokudai.ac.jp/botagr/rhizo/RhizoCont/index.html>

6 追補



北海道大学大学院農学研究院ホームページより
図12 菌根菌の働き

青森県立名久井農業高等学校
TEAM FLORA PHOTONICS