植生およびマイクロバブルを用いた水質環境改善に関する実験的研究

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 専攻科 学生会員 ○鍵谷 瑠美
同上 環境都市工学科 喜田 紗知子 ・ 正会員 和田 清

1. はじめに

近年、生態系の保全・再生を目的とした多自然型川づくりが推進され、魚類や水生昆虫などの生息場所を確保するためのビオトープ化が行われている。ここに水生植物を繁茂させ、それらを利用して窒素やリンの栄養塩類等の浄化効果とともに、魚類や水生昆虫等が生息できる生態空間「せせらぎ人工水路」などが創出されている。これらに用いられる植物は、生態系撹乱防止の観点より可能な限り在来種を用いる必要がある。

本研究は、植生による直接水質浄化法の観点から、それらの基本的特性、マイクロバブルを付加した植物・微生物の活性作用の有無を明らかにすることを目的として、これらを複合した水質浄化システムを目指すものである。マイクロバブルは気泡径が 10～数十 μm である微細気泡であり、通常のミリ・センチサイズの気泡とは本質的に異なる物理化学的特性が発揮されるといわれている[1)]。

2. 実験方法

（1）マイクロバブルを用いた微生物活性試験(硝化速度試験)

マイクロバブルによる生物の生理活性作用が注目されており、本実験によって活性汚泥内の微生物(硝化細菌)の生理活性を硝化速度試験によって評価する。この試験は下水道試験法に準じて行い、試料水は本校内合併浄化槽活性汚泥 30ℓ（11 月採取）とする。この活性汚泥を蒸留水で洗浄し、マイクロバブル(以下 MB)、ミリ・センチバブル(以下 B)による曝気混合した水槽内で MB の活性を評価する。試験時の水温は 20、25、30℃である。

（2）植生密度を変化させた夏季止水実験

植生の基本的な浄化能力の評価を行うため、2006 年 8 月 2 日～23 日に止水バッチ実験を行った。実験に使用した水槽は、40×25×28cm、対象とする試料水は水深等を考慮し 8ℓとした。各水槽内に植物を植栽し、1 週間のスパンで繰り返しバッチ実験を行う。対象とする植物は、剪定した在来ヤナギの挿し木をコントロールとし、従来の植生水質浄化法に用いられているホテイアオイ(浮漂性)、イネ(抽水性)、セキショウ(抽水性)などと比較した。同植物を湿潤重量で無次元化した比率 1:2:3 となるよう計量を行って植栽した。試料水として、本校内合併浄化槽処理水を用いた。これらの評価は、全リン(T-P)、リン酸態リン(PO_4-P)、全窒素(T-N)、アンモニア性窒素(NH_4-N)、亜硝酸性窒素(NO_2-N)、硝酸性窒素(NO_3-N)、化学的酸素要求量(COD_{Cr})、溶存酸素(DO)、浮遊物質(SS)の 8 項目を水質分析した。

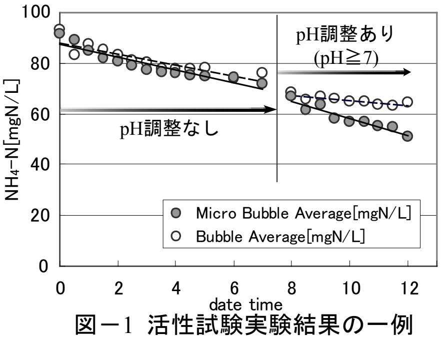
（3）マイクロバブルによる流水連続実験

マイクロバブルによる植物活性作用を期待して、水質浄化の効果を検討する。実験は 2006 年 7 月 11 日～9 月 8 日に、0.2×0.3×1m の透明アクリル水路を 3 本用いて行った。水深は 15cm とし、試料水体積 V=30ℓである。水理学的滞留時間(HRT)の算出にはこの値を用い、12 時間とした。各水路に、対象植物として在来ヤナギを植栽したフロートを設置し、MB、B、バブルなし(以下 Non B)の各水路を通過した水質を比較する。ここで、初期条件として、曝気した水路内を酸素過飽和状態に統一して実験を開始した。試料水は、岐阜工業高等専門学校内合併浄化槽処理水を用い、循環しない通過水路とする。これらの評価項目は、(2)と同様である。

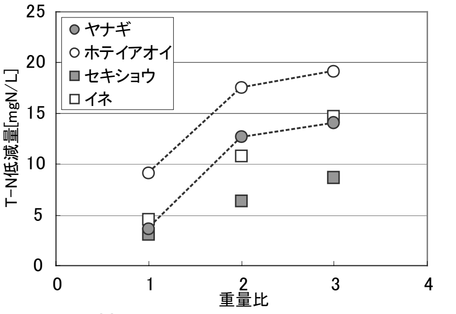
3. 結果および考察

（1）マイクロバブルを用いた微生物活性試験(硝化速度試験)

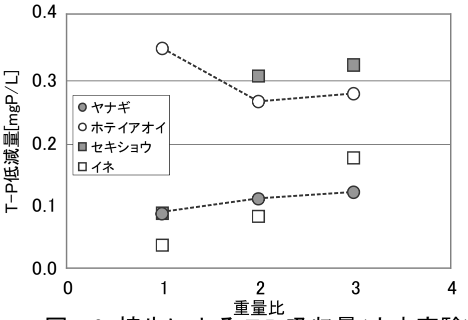
実験は、0～7 時間：pH 調整なし、7～8 時間：pH 調整あり（pH≧7）で行った。pH は硝化反応に大きく影響する要因の一つであり、硝化反応が進行するにつれて低下する。図－1 は 20℃における実験結果の一例を示したものである。同図より、pH 調整の影響によって傾向が異なっていることが確認される。pH 調整を行っていない前半部分では MB、B がほぼ同様の減少傾向が示されるのに対して、pH 調整を行った後半部分では MB の硝化反応が B よりも大



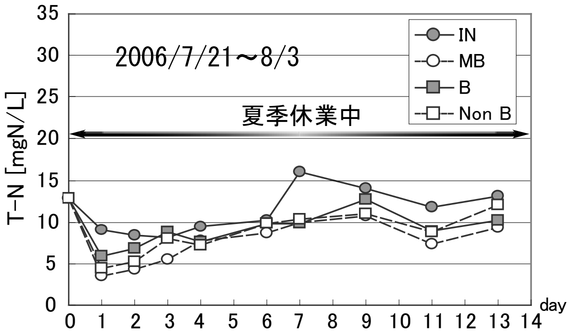
図－1 活性試験実験結果の一例



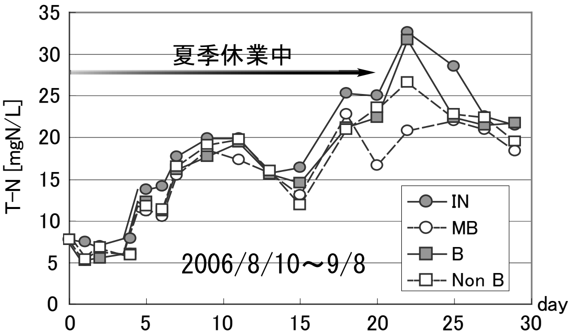
図－2 植生による T-N 吸収量(止水実験)



図－3 植生による T-P 吸収量(止水実験)



図－4 全窒素実験結果(1 回目)



図－5 全窒素実験結果(2 回目)

きくなっていることが確認される。これらのことから、水温 20℃の条件下において、MB は 5 時間程度で通常の約 20％の生理活性作用が期待される。

（2）植生密度を変化させた夏季止水実験

図－2、3 に全窒素、全リンの吸収量と重量比との関係を示す。同図より、従来の水質浄化法によく用いられているホテイアオイは、全窒素、全リンともによく吸収していることが確認できる。在来ヤナギに着目すると、全窒素に対してある程度有効である。一方全リンに対しては、濃度低減は見られるものの、全窒素ほどの吸収能力は確認されなかった。全体としては、全窒素、全リンの吸収量と重量比との相関は、ホテイアオイの全リンを除いては、全ての植物について高いことが確認された。

このように、植物密度によって浄化能力の差が確認されたが、その中で在来ヤナギを挿し木として用いることにより、浄化能力が期待できる植生の一つとして利用できることが確認された。

(3) マイクロバブルによる流水連続実験

実験条件の HRT が長いために、時間の経過とともに植物プランクトンの発生がみられた。各水路システム全体としての水質浄化能力を評価するために、気泡、ヤナギ、植物プランクトンの複合システムの中で植物プランクトンのクロロフィル a を分析したところ、各水路において 1.6~1.1mg/ℓである。図－4 に全窒素実験結果を示す。同図より、植物プランクトンの存在が顕在化した一週間以降について、MB は Non B と比較して 30％程度除去率が高かった。

次に、植物プランクトンの増殖を抑制した状態で実験を行った。図－5 に 2 回目の全窒素実験結果を示す。同図より、流入濃度に着目すると、8 月末の開講(20 日目)以降、廃水量の増加により高い全窒素濃度となっている。この時点の MB 水路の流出水では、34％の低減がみられることがわかる。メカニズム等は不明であるが、流入水中の負荷量が増加したことによって、植生と MB 複合システムによる相乗効果が発揮された可能性を示唆していると考えられる。

4. おわりに

以上に述べたように、水温 20℃の条件下で MB は、活性汚泥の硝化反応において約 20％の生理活性作用が示唆されること、在来ヤナギは高い浄化能力はないものの、持続的な浄化能力を秘めていること、下水処理水を一部放流し、ビオトープ化した水域の植生浄化において植生と MB 複合システムは、処理水の負荷変動にある程度追随して吸収する水質浄化システムとしての効果が期待できることなどが明らかにされた。今後、植物による水質浄化能力が低下する冬季において、植生と MB 複合システムの評価を行うとともに、MB の生理活性作用を、活性汚泥を用いた活性試験のパラメータを変更しそれらを比較することによって、より詳しく評価を行う予定である。

参考文献 1) 大成博文：マイクロ・ナノバブル技術による水環境蘇生に関する研究，2005