

## 下水処理水放流水域における有用植物の水面栽培

九州大学工学部 学生会員 榎木祐太郎 九州大学大学院工学研究院 正会員 久場隆広

九州大学大学院工学研究院 郝 愛民 西日本技術開発株式会社 正会員 井芹 寧

九州大学大学院 学生会員 西村幸明 九州大学大学院 学生会員 朝倉加蓮

### 1. 緒論

下水道および下水処理施設が広く普及した現在においても、閉鎖水域の富栄養化現象は解決に至らず、毎年アオコや赤潮の発生が問題になっている。その原因のひとつとして、下水処理施設での高度処理普及率が約 20%と低いままであり、富栄養化の原因となるリン、窒素化合物等の栄養塩が河川などに流入していることが挙げられる。本研究では、水域に流入する栄養塩を利用して有用植物を水面上で栽培することを目的とし、有用植物の下水処理水放流域での栽培適性を室内実験により検証した。本研究ではカンゾウ、ベチバーの 2 種の有用植物の栽培を試みた。カンゾウはマメ科の多年草で、根を乾燥させたものが甘味料や生薬として用いられている。ベチバーはイネ科の多年草で、根から抽出したオイルは香水や虫よけ、消臭に利用され、海外ではベチバーを用いた廃水処理の研究も行われている。

### 2. 実験方法

#### 2.1 カンゾウおよびベチバーの室内水面栽培(実験 A)

下水処理水が放流される水域を想定し、水道水で 10 倍に希釈した福岡県の C 下水管理センターの放流水を入れた水槽 (水量 20L) に、カンゾウおよびベチバーの苗を固定した発泡スチロール板を浮かべて水面栽培を行った。苗の数は水槽 1 つにつき 3 本とし、水槽は各植物につき 3 つ、さらにコントロールとして希釈した放流水のみを入れたものを 1 つ用意した。各水槽には曝気装置を取り付け、恒温室を利用して温度は 25 度で一定に保ち、光条件は 3400Lux の強度で 12 時間暗、12 時間明とした。水槽の水は 1 週間で新たな試料水に交換しつつ、各週の 1、3、7 日目に栄養塩濃度を測定し、これを 4 週間繰り返した。また、実験開始、実験 2 週間後、終了後に苗の全長、重量を測定した。

#### 2.2 異なる栄養塩濃度におけるベチバーの室内水面栽培 (実験 B)

C 下水管理センターの放流水を 1 倍、2 倍、10 倍で希釈した試料水と水道水、それぞれ 20L 入った水槽を各 2 つずつ用意し、1 つの水槽につきベチバーを 3 株

水面栽培した。使用した放流水の栄養塩濃度を表-1 に示す。温度、光条件は実験 A と同様とし、1、4、7、14、21、28 日目に試料水の栄養塩濃度を測定した。また、実験開始、終了後に苗の全長、重量を測定した。

表-1 使用した放流水の栄養塩濃度 (mg/l)

| $\text{NH}_4^+\text{-N}$ | $\text{NO}_2^-\text{-N}$ | $\text{NO}_3^-\text{-N}$ | TD-N  | $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-----------------------------|
| 17.13                    | 0.25                     | 1.94                     | 19.32 | 0.31                        |

(TD-N は  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$  の合計値)

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 カンゾウの生育状況

図-1 に実験 A で撮影した実験開始時および実験後のカンゾウの写真を示す。苗の初期状態が良くなかったため、元の葉は枯死したが、新芽から茎や葉が大きく発達した。また、カンゾウの根を医薬品として用いる場合は根が太い方が好まれるが、今回の実験期間では主根部の肥大は確認できなかった。



図-1 カンゾウの成長 (左側が実験開始時)

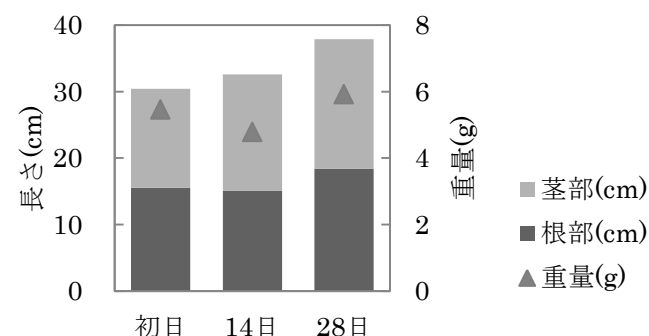


図-2 カンゾウの重量、長さの推移 (実験 A)

表-2 に 4 週間分を平均した、水槽内における溶存態

の栄養塩濃度の推移を示す。水槽内は曝気されて好気状態にあったため、硝化が促進され、初日と比較して7日目では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が減少し $\text{NO}_2^-\text{-N}$ が増加したが、 $\text{T-D-N}$ では減少傾向が見られた。 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ は微増したが、これは苗の根に付着していた土や、下水処理水に含まれる懸濁物質から栄養塩が溶出したためだと考えられる。減少した溶存態窒素の合計値よりカンゾウの1株あたりの窒素除去能を推定すると $0.52\text{mg/日}$ となった。また、 $1\text{m}^2$ に10本のカンゾウを栽培すると仮定すれば窒素除去速度は $5.18\text{mg/m}^2/\text{日}$ となるが、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ と同様に窒素成分が溶出していることを考慮するとこの推算値はさらに大きくなると考えられる。

表-2 カンゾウ水槽における栄養塩濃度の推移（実験 A）

| カンゾウ                               | 初日   | 3日   | 7日   |
|------------------------------------|------|------|------|
| $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/l)    | 1.33 | 0.72 | 0.11 |
| $\text{NO}_2^-\text{-N}$ (mg/l)    | 0.02 | 0.79 | 0.75 |
| $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/l)    | 1.13 | 0.95 | 1.09 |
| $\text{T-D-N}$ (mg/l)              | 2.49 | 2.46 | 1.94 |
| $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (mg/l) | 0.05 | 0.05 | 0.07 |

3.2 ベチバーの生育状況

いずれの実験においてもベチバーは旺盛に成長し、図-4のように草丈が実験開始時の2倍以上になる個体がほとんどであった（図-3は実験Aで撮影）。実験Aでの窒素除去速度はカンゾウより大きく、 $8.21\text{mg/m}^2/\text{日}$ となった。実験Bでは、図-5で示すように希釈倍率が小さい水槽ほど葉の成長が大きく、水道水のみで栽培したベチバーの伸びが初日と比べて平均で $31.0\text{cm}$ であったのに対して、放流水を希釈せずに用いた水槽ベチバーの葉は平均で $44.2\text{cm}$ 成長した。水槽内の栄養塩について実験Aでは、カンゾウと同様に $\text{T-D-N}$ は減少したものの、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ が微増した。実験Bでは懸濁物質からの溶出の影響が大きく、結果は示さないが懸濁物質が多く含まれる希釈倍率1倍と2倍の水槽では栄養塩の減少が確認できなかった。

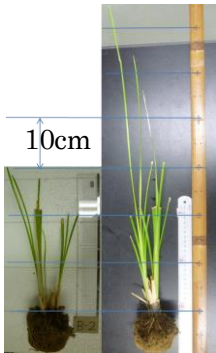


図-3 ベチバーの成長（左側が実験開始時）

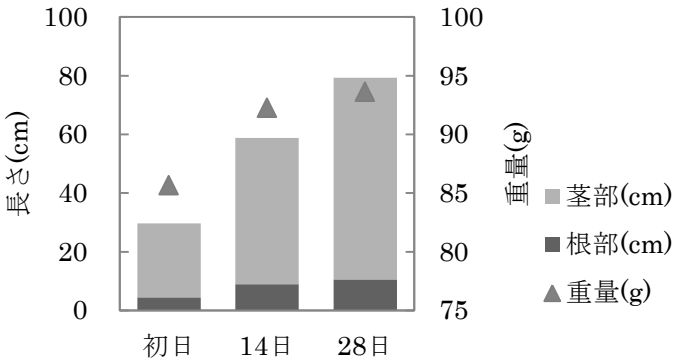


図-4 ベチバーの重量、長さの推移（実験A）

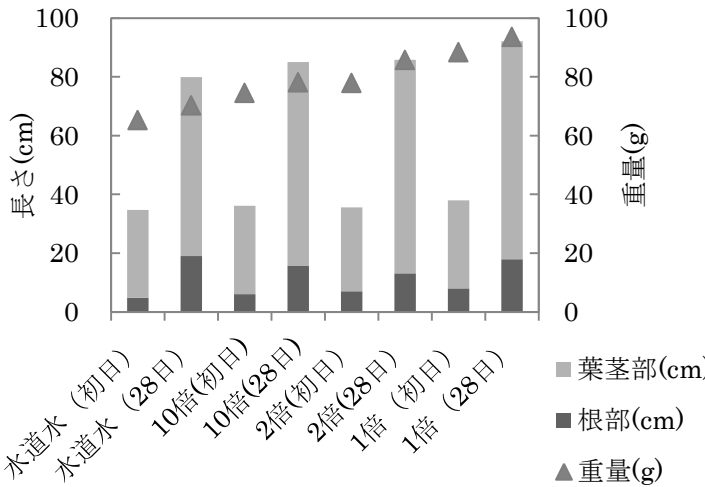


図-5 ベチバーの重量、長さの推移（実験B）

表-3 ベチバー水槽における栄養塩濃度の推移（実験 A）

| ベチバー                               | 初日   | 3日   | 7日   |
|------------------------------------|------|------|------|
| $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/l)    | 1.31 | 0.69 | 0.00 |
| $\text{NO}_2^-\text{-N}$ (mg/l)    | 0.02 | 0.23 | 0.16 |
| $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/l)    | 1.08 | 0.94 | 1.39 |
| $\text{T-D-N}$ (mg/l)              | 2.41 | 1.85 | 1.55 |
| $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (mg/l) | 0.04 | 0.12 | 0.14 |

4.結論

本研究では下水処理場からの放流水に含まれる窒素、リンを利用して有用植物のカンゾウ、ベチバーを室内で栽培した。カンゾウ、ベチバーともによく成長し、下水処理水放流水域の水面を利用してこれらの有用植物を栽培することが可能であることが分かった。特にベチバーは高栄養塩下においても旺盛に成長し、高度に富栄養化した環境でも栽培できると考えられる。