

自然再生プロジェクト I

～水質改善型プランター「水質美花」の開発～

環境建設工学科 2年 大谷, 田辺, 西本, 藤原, 馬淵
指導教員 高野典礼

1. 背景

河北潟は生活排水・工業排水などの影響から水質の汚濁が進行しており、環境基準値を大きく上回っている。平成17年9月の時点で、CODは環境基準値5mg/Lに対して6.5mg/L、全窒素は環境基準値0.6mg/Lに対して1.3mg/Lとなった。¹⁾

河北潟の汚染の主な原因に生活廃水がある。本プロジェクトは直接河北潟をきれいにするものではなく、住民に環境保全への啓蒙を行うものである。そこで、身近な水辺をきれいにすることで、清澄な水の大切さを知ってもらうことを目的とし、水質改善型プランター「水質美花」を製作した。

2. 『水質美花』の設計・製作

「水質美花」製作に当たり、材料の特性やそれに伴う水質浄化性能はもちろんのこと、経済性、デザイン性等を含めて考慮し、社会的に普及可能な水質改善型プランターの設計を行った。その結果、図1のような形状を考案するに至った。その形状の選定には大きく3つの理由がある。第一の理由は、この装置を水に浮かべたとき、安定性を確保した形状が求められたことにある。吃水深の計算により、この装置には、安定性に配慮した設計が行われている。第二の理由は、社会的普及が見込まれるデザイン性と実用性を兼ね備える必要があることにある。水質改善の循環ポンプの役割を果たすチューリップは、日用性を兼ね備え、また、ソーラーパネル搭載のLEDライトの使用により、環境に優しく夜の美観も考えた設計になっている。第三の理由は、経済性・施工性に富んだ設計が求められたことにある。水質浄化性能を考慮しつつも、施工が容易でコスト的にも安価なものを目指した。しかしながら、現段階ではコストに関して、課題が残っている。この試作品が、社会的に需要が見込まれたとき、量産システムの確立によって、その課題は緩和されることであろう。表1に「水質美花」製作にかかった費用を示す。

以上により、本設計は、環境美化に配慮した水質改善型プランターとしての形態として、採用された。

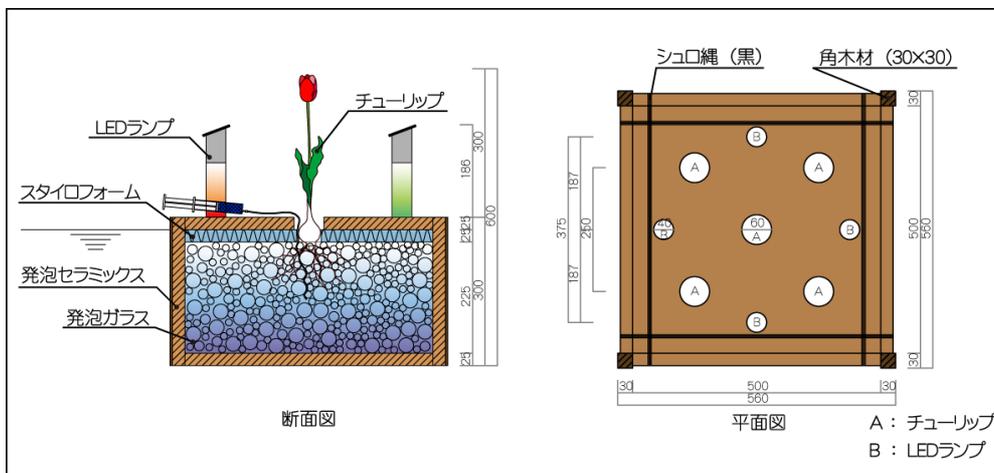


図1. 水質美花の概要

表 1. 「水質美花」の製作にかかった費用

品名または件名	規格または内容	数量および呼称	単価	金額
角木材	30×30×300mm K30-300	4	34円	136円
シュロ縄黒	3mm×37mm	1	115	115
セメンダイン	PM-165R333ML	1	1280	1280
発砲セラミックス	500*500*300 (t =25)	一式	20000	20000
スタイロフォーム	500*500*25	1	250	250
発砲ガラス	50 L/袋	1	1500	1500
LED HK-LED5H	(RG)	1	218	218
LED HK-LED5H	(BL)	1	518	518
スティックソーラーライト 2 本組	LED ライト	2	1980	3960
チューリップ	球根	5	90	450
合計				28427円

3. 「水質美花」の材料

3.1 チューリップ

図 1 に示すように装置の蓋部分に穴を開けてチューリップの球根を植えた。チューリップが生長することにより装置の外観の美しさが得られると共に、チューリップの根から水質汚濁の原因である栄養塩類を吸収することにより水質浄化の効果が得られる。

装置は用水などで水に浮かべて利用するため、水耕栽培できる植物というのが条件である。その点、チューリップは水耕栽培ができ、安価で誰にでも簡単に手に入れることができるためチューリップを選定した。また、水耕栽培ができるものであれば好みの植物を選ぶことができる。

3.2 LED ライト

図 2 に示すように装置の蓋部分に LED ライトを設置した。LED の設置により夜間でも装置の位置がわかる他に、日中はチューリップで夜間では LED の光がイルミネーションとして外観の美しさを得ることができる。図 3 に夜間に LED が光っている様子を示す。

装置は野外で水に浮かべて利用し、質量などを考えるとスペースが限られているため、LED が適していると考えた。さらに、LED は小型で軽量であり衝撃に強く、低消費電力で長寿命であるという特徴がある。



図 2 LED の設置



図 3 夜間の装置の様子

3.3 発泡ガラス

発泡ガラスとは、一般家庭から排出されるガラス瓶を原料とし、作製したガラス材料である。図4に発泡ガラス骨材の写真を示す。珪酸質でできた無数の空隙を有する発泡体であることから、比重が小さく、透水性・保水性に優れている。このことから、水耕栽培に適しており、浮体としても大きな役割を果たす。さらに、多孔質で比表面積が大きいことから、表面に藻や水草が活着し、藻礁や魚礁が形成される。リンを吸着し、アオコを除去するため、河川・湖沼などの赤潮の発生を抑制する。今回用いた発泡ガラスは、(株)石川再資源化研究所にて製品化されたものである。発泡材には、炭酸カルシウム (CaCO_3) を主成分とする貝殻をパウダー状にしたものを用いた。



図4 発泡ガラス骨材

3.4 発泡セラミックス

平成13年度より、鋳物廃砂は、産業廃棄物として処分されている。²⁾ 産業廃棄物である鋳物廃砂から発泡セラミックスが作られることで、価値が付与されて利用が促進されている。

発泡セラミックスとは二酸化珪素および酸化カルシウムを主成分とし内部に扁平状の連続貫通気孔を持つスポンジ状のものである。図5に発泡セラミックスの断面図を示す。発泡セラミックスは、気孔率が高く連続貫通気孔構造なので、透水性・保水性・吸音性・断熱性に優れている。さらに微生物が生息しやすいことから、生物膜を形成しやすい。また一般の建材と同様に切断・孔明け・釘打ち等の加工ができ、軽量で強度が高いため、施工性にも優れている。さらに自然系材料のため、使用後は自然界に戻しても無害である。

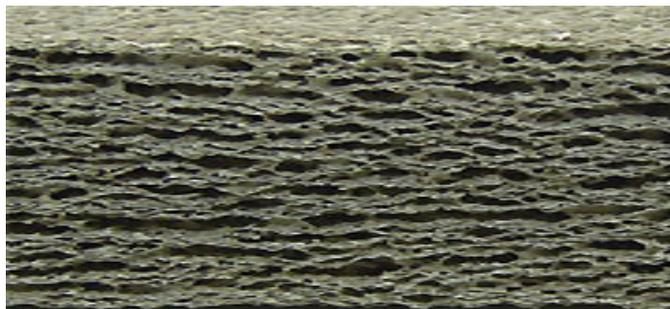


図5 発泡セラミックスの断面構造

4. 装置の安定性の判別

設計した装置が水中で安定して浮かび続けるか確かめるために、浮体の安定性判別を行った。図6に、本演習で作成する浄化装置のモデルを示す。なお、発泡セラミックスの比重 $\gamma_1 = 1.767$ ，発泡ガラスの比重 $\gamma_2 = 0.507$ ，スタイロホムの比重 $\gamma_3 = 0.033$ である。

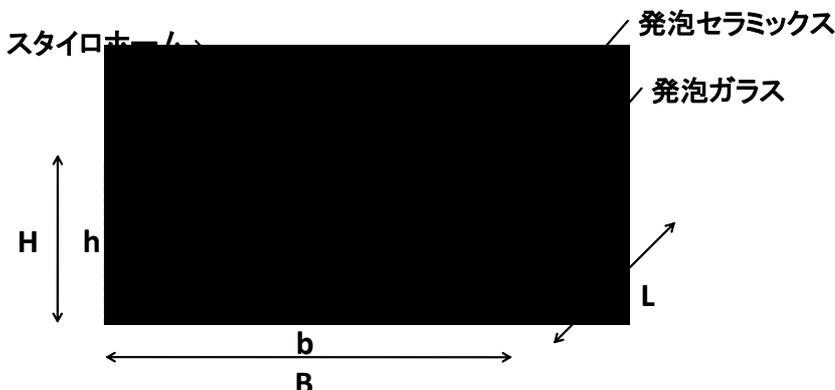


図6 本演習で作成する装置のモデル

まず、各部分の重量および全体の重量を求める。発泡セラミックスの重量 W_1 は

$$W_1 = (BLH - blh)\gamma_1\rho g$$

となり、発泡ガラスの重量 W_2 は

$$W_2 = bl(h-t)\gamma_2\rho g$$

となる。また、スタイロホムの重量 W_3 は

$$W_3 = blt\gamma_3\rho g$$

となるので、装置全体の重量 W は

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

となる。また、重心の位置 G は

$$G = \frac{W_1 \times H/2 + W_2 \times \{t + (h-t)/2\} + W_3 \times \{H-t-t/2\}}{W} = 14.08[\text{cm}]$$

となる。

次に浮心の位置を求める。浮心は浮体の水中に沈んでいる部分を水で置き換えたものの重心であるから吃水深 z_0 を求める必要がある。吃水深 z_0 は、

$$z_0 = \frac{W}{BHL\rho g} = 26.5[\text{cm}]$$

となる。よって浮心の位置 C は

$$C = \frac{z_0}{2} = 13.3[\text{cm}]$$

となるため、重心が浮心より上側にあることがわかる。したがって、安定性の判定のためには傾心高を計算する必要がある。これを計算すると、

$$\frac{LB^3/12}{BHL} - (G - C) = 6.13[\text{cm}]$$

となり、傾心高は正である。よって本装置には復元力が働き、安定することがわかる。

5. 「水質美花」の分析結果

石川高専内にある防火水槽にて「水質美花」に浄化作用がみられるかどうかを調べるために実験を行った。実験期間は2008年1月8日から2月7日である。

4.1 TOC 濃度推移

図7・図8に濁度・TOC濃度推移を示す。実験期間初期は注入水よりも処理水が高い値を示したが、実験装置の安定と共に懸濁態・溶存態の有機物が処理されるようになった。

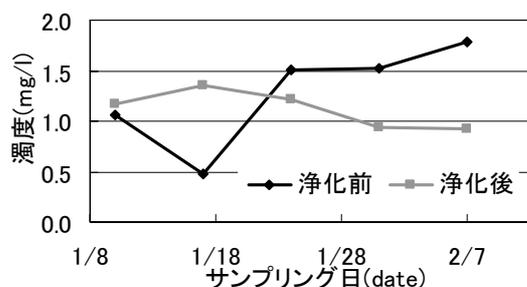


図7. 濁度推移

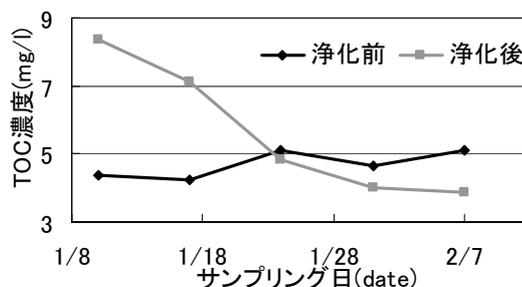


図8. TOC 濃度推移

5.2 T-N 濃度推移

図9にT-N濃度推移を示す。実験期間初期は注入水よりも処理水が高い値を示しており、懸濁態の窒素が溶出し、そのまま流出していたと考えられる。実験開始後2週間を過ぎると装置内で生物膜が形成され、溶存態の窒素も除去されるようになったと考えられる。

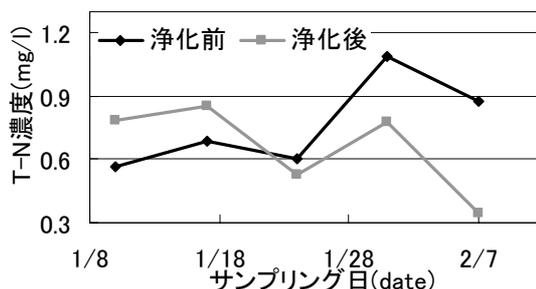


図9. T-N 濃度推移

6. まとめ

本演習にて水質改善装置を製作したことにより、以下のことが達成できた。

- 水質浄化性能・経済性・デザイン性を考慮した形状の実現
 - LEDとチューリップにより景観への配慮をしつつ、装置のデザイン性を高めた
 - 装置の安定性判別を行い、装置が水中で安定して浮かび続けることを確認した
 - 装置は、水質汚濁の原因である有機物・窒素を除去しており、浄化作用がある
- 課題としては、経済性を考慮してより低価格に装置を作成できるように、大きさや材料を選定することが挙げられる。本装置が広く普及することで、水質浄化への関心が高まり、河北潟の浄化につながれば幸いである。

参考文献

- 1) 石川県内灘町ホームページ：
<http://www.town.uchinada.lg.jp/webapps/www/index.jsp>
- 2) 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業成果報告書「鋳物廃砂を活用した新規メソ多孔材料の研究開発」(2003)