

炭素繊維藻場を用いた湖水直接浄化システムについて
Direct Treatment System for lake using Artificial algal bed made from Carbon Fiber

田中 孝*
Takashi TANAKA

1. はじめに

湖沼の水環境保全及び水質改善を図ることは重要な課題であり、環境に配慮した経済的な水質浄化システムが求められている。北海道の渡島大沼は毎年 170 万人近い観光客が訪れているが富栄養化が進みアオコ発生が常態化しており、97 年に北海道の水質改善に関する重点対策湖沼に指定されている。このことから、湖水浄化の手法として炭素繊維に着目した。そして、炭素繊維の懸濁物質除去機能や水生生物の人工的なエサ場を活かした炭素繊維藻場の運用と水質浄化効果について検証した。

2. 研究方法

2.1 対象水域概要

渡島大沼は大沼 (5.12km²)、小沼 (3.80km²)、蓴菜沼 (0.66km²) からなる湖沼群である。富栄養化した大沼・小沼は公共用水域 (AⅢ類型) として環境基準未達成である。蓴菜沼は貧栄養湖であり、開発以前の渡島大沼の水環境を示している。各湖沼から、水質の違い、波の影響のある開水面と入江など異なる水環境にある水域を選定した。

2.2 炭素繊維藻場の工夫と水質調査

炭素繊維藻 (以下、CF 藻) は PAN 系ストランド状炭素繊維を水質浄化用に編織したムカデ形 (長さ 60cm、CF 質量 15g、繊維長 15cm、繊維径 7 μ m) を基本とした。手作業、船外機付小型船による運搬性、さらに、地元の要望による間伐材使用などを考慮し、三角型 (一辺 90cm) の筏形式とし、CF 藻を各 6 本吊り下げた。組み合わせることで自在な形状、大きさの炭素繊維藻場を作ることが可能であり、06 年 4 月以降、3 湖沼に順次各 2 ヶ所の CF 藻場を設置した。

水質調査は、CF 藻場内と周辺に対象水域を設定、CF 藻場設置後に 5 月から 11 月の期間に原則として月 1 回実施した。測定項目は有機汚濁成分(COD, BOD)、栄養塩類(TN・TP)、その他(SS, pH, EC, 水温、透視度、Chl.a 等)である。炭素繊維藻固着汚泥の成分分析も実施した。植物プランクトン種の同定と細胞数はルゴール液固定法を用いた。さらに、CF 藻場に成育する小型魚類、昆虫類等を採取した。

2.3 湖水直接浄化装置

CF藻の水質浄化効果を明らかにするため、大沼湖畔に炭素繊維藻直接浄化実験水槽を設置した。プラスチックコンテナ製の沈殿整流水槽 (容量 193 ℓ : 560 \times 800 \times 430) と透明アクリル製の同形式 (容量 104 ℓ : 59 \times 44 \times 40mm) の処理水槽と対象水槽を用意し、水中ポンプ (ツルミ HS2.4S-52, 吐出量 0.1m³/min) にて汲み上げた湖水を沈殿整流水槽から流量調整弁を経て処理水槽に自然流下させた。過剰に汲み上げた湖水は越流管路により湖沼に戻した。処理水槽には長さ 40cmの炭素繊維藻を 12 本収めることの出来る配架を用意した。処理水槽から越流出する処理水は還流管路により湖沼へ放出すると共に分岐弁により処理水の採取と流量計測を行った。この装置を用いて、汚泥付CF藻と未使用CF藻を使用し、その水質改善効果を実測した。

* 函館工業高等専門学校 (Hakodate College of Tech.)

3. 結果と考察

3.1 炭素繊維藻場設置による水質変化

各湖沼の CF 藻場と対象水域の 06 年 4 月～07 年 11 月の COD 経月変化を示した (図 1)。CF 藻場内外の湖水は容易に移動混合可能であることから、アオコ発生がない蓴菜沼は CF 藻場内と対象水域の水質の明確な差異を認めることは出来なかった。しかし、アオコが発生し水質濃度が上昇した湖沼は対象水域より CF 藻場が低濃度となる現象が認められた。COD 統計値の平均値と変動係数 (標準偏差を平均値で除した) は、CF 藻場が対象水域より低く、急激な水質汚濁度上昇を抑止する効果を示した (表 1)。

3.2 炭素繊維藻固着汚泥量変化

CF 藻の湿潤汚泥量の変化から、汚泥量が増加する初期増殖期 (4～6 月間) と、汚泥量がほぼ一定となる定常期に区分できた (図 2)。定常期に汚泥量を CF 使用量で除した汚泥量比が最大となったのは小沼・御前橋地先 CF の 25.9 (07 年 5 月) であった。平均汚泥量比は 14.4 であり、小沼・御前橋地先 CF が平均 19.4 で最も高く、最低は蓴菜沼・棧橋 CF の平均 10.1 であった。固着汚泥量は水質汚濁度が高い湖沼水域ほど多い傾向にあった。

3.3 湖水直接浄化装置による水質浄化効果

初期増殖期と定常期の CF 藻固着汚泥の水質浄化効果を確認するため、大沼・石楠花島 CF 藻場の汚泥付炭素繊維藻 12 本 (総湿潤汚泥量 3,968g) を処理水槽に入れ、原水流量を 4 段階に変化させた (5～144l/h:接触時間 5.2～0.2hr/CF-Skg)。各流量を設定し 24 時間通水後に原水、処理水、未処理水の水質を比較した。浄化率は処理水と未処理水の濃度差を原水濃度で除して求めた。最適流量 24～80l/h で得られた浄化率は COD19～15%であった (図 3)。BOD40～30%, SS60～50%, 栄養塩類 TN20%, TP45%であった。浄化率から判断すると、炭素繊維藻場は人工湿地として、自然の湿地植生と同等の水質浄化効果があることが考えられる。

処理水量と CF 固着汚泥量から得た最適処理水量は $20\text{l}\cdot\text{CF-Skg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ であり膨大な湖水量に対する処理効率は低い。しかし、渡島大沼のように植生復元が困難な湖沼において水質浄化と水生生物の生育環境改善という相乗効果を生かす長期間の連続運用が有効であると考えられる。

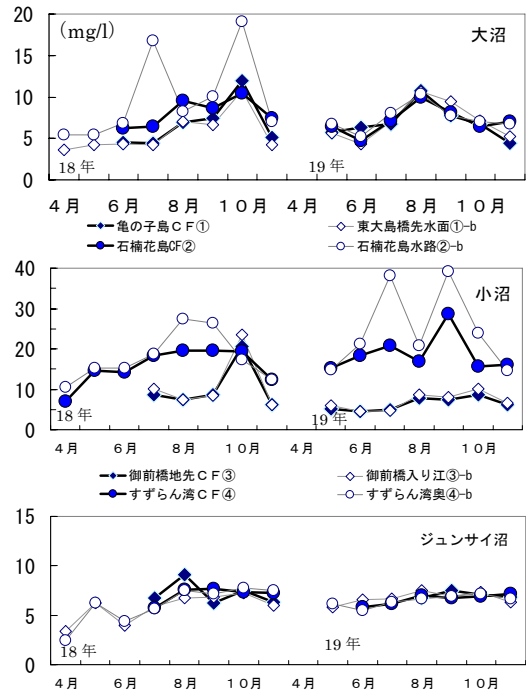


図 1 CF 藻場と対象水域の COD 経月変化

表 1 CF 藻場と対象水域の COD 統計値

項目	COD[mg/l]					
	大沼		小沼		ジュンサイ沼	
湖沼	CF藻場	対象水域	CF藻場	対象水域	CF藻場	対象水域
サンプル数	14	14	14	14	10	14
平均	6.93	7.06	6.40	6.95	7.04	6.73
変動係数	0.29	0.32	0.25	0.30	0.05	0.09
最大	10.75	10.63	28.73	39.10	7.50	7.49
最小	4.4	4.3	4.5	4.4	5.8	5.5

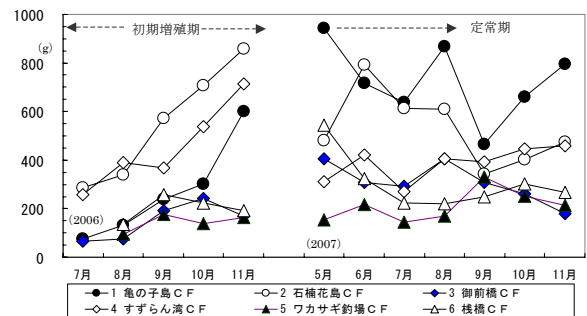


図 2 CF 藻固着汚泥質量経月変化

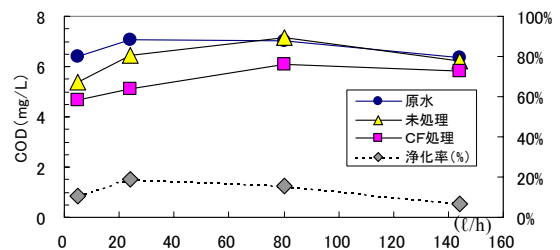


図 3 COD 浄化処理 (原水流量変化)