

# 有機汚濁と濁度の相関評価のための実験法の検討 —水の濁りを観測するための簡易装置づくりとその利用—

三品佳子\*・加藤慎也\*\*・村松 隆\*\*\*

Examination of an Experimental Technique to Evaluate the Correlation between Organic Contamination and Turbidity -Making and the Use of an Easy Device to Observe Impurities in Water-

Yoshiko MISHINA, Shinya KATO and Takashi MURAMATSU

要旨：閉鎖性淡水池（ため池）の汚濁の状況を視覚的に把握するために、青色発光ダイオードを用いて濁度を測定する簡易装置を製作した。この装置を使って、ため池の富栄養化・有機汚濁化と濁度との相関を調べた。

キーワード：ため池，有機汚濁，富栄養化，濁度

## 1. はじめに

著者らは、閉鎖性淡水池（ため池）について、有機汚濁・富栄養化、池内生態系による物質生産と浄化に関わる体験型（実験）の教材づくりを行っている。<sup>1)</sup>

池内では、植物プランクトンの発生と繁殖、食物連鎖過程での高次生産・分解によって、様々な形態の有機物が池内に拡散していく。特に難溶解性の有機物が停滞もしくは蓄積すると、水の透明度が低下していく。

水の濁度は、水の透明度の低下の現状を表すものであるが、池内生産性（光合成能力）の評価、水の有機汚濁の解釈、池内生態系のアクティビティ（汚濁化と浄化）の解釈に有用な指標でもある。このような指標は、体験型の学習（視認実験）<sup>2)</sup>を深めるのに役立つことから、本研究では、水の濁りを視認する実験装置をつくり、有機汚濁と濁度の相関を調べ、ため池環境の実態把握と将来予測への利用を検討することとした。

濁度は、水中に含まれる濁りの程度を示すものである。可溶性の物質を水に溶かしても濁りがなく透明であるが、水に難溶もしくは不溶の物質が分散すると、その粒子の大きさと数によっては濁って見える。環境水の濁りの原因となる物質は、主に粘土性の物質（含ケイ酸塩）、溶存物質が化学的に不溶化した物質、植

物プランクトン、動物プランクトン、微生物、植物の枯死により生じた微細な有機体（腐植質）などである。

環境水の濁りは河川と湖沼で異なる。河川のような流水の濁度は、主に上流から運ばれてくる土粒子が原因となるが、ため池などの水塊の濁度は、鉍物質由来よりもむしろ生物に起因する有機質が原因となる。特に、富栄養化が進行している水塊では、植物プランクトンの増殖により水の濁りが増加する。加えて、濁度の大きい停滞性の水塊には、病原性微生物など、人の健康に悪影響を及ぼすものも含まれる可能性もある。人の暮らしに近接した水環境を保全するために、汚濁に関わる様々な指標のモニタリングが望ましい。

## 2. 簡易装置づくり

濁度は、工業用水試験方法<sup>3)</sup>で測定方法が定められている。視覚濁度、透過光濁度、散乱光濁度、積分球濁度など、測定原理によっていくつかの種類に区分され、環境水の状態や用途によって使い分けられている。本研究では、視認による把握が容易になるように、散乱光を観測する方式の簡易装置づくりを検討した。

\* 宮城教育大学理科教育講座， \*\* 宮城教育大学教職大学院， \*\*\* 宮城教育大学環境教育実践研究センター

## 2-1. 光散乱観測装置

この観測装置は、図1に示すように、青色発光ダイオードの光（ピーク波長 = 465nm）を試料水の入った硝子製試料管 (a) の底方向から図示するように照射し、試料水中の微粒子によって散乱される光(青色散乱光)の輝度・明るさを、ホルマジン標準液試 (b) の輝度・明るさと肉眼で比べることで、試料水の濁度を求めるものである。装置づくりは、次よう行った。

- ①直径 55mm のシリコン栓に 2 つの穴をあけ、それぞれに青色発光ダイオードを埋め込む。
- ②ダイオード発光部に、硝子製試料管の低部が固定されるように、シリコン栓上部の 2 つの穴に、それぞれセルホルダー（手作り、ポリエチレン製）を取り付ける。

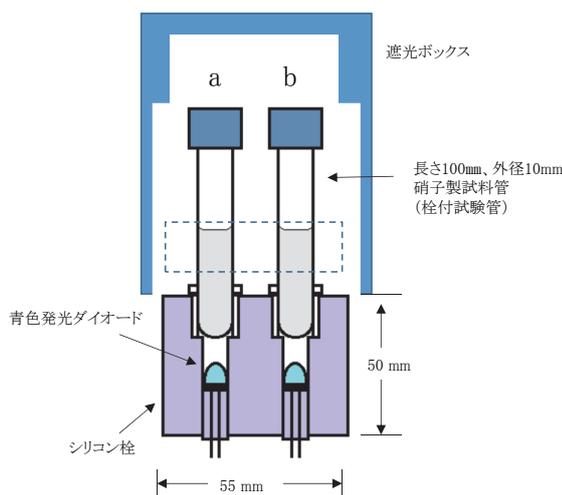


図1. 視認のための光散乱観測装置  
a: 試料セル b: ホルマジン標準液

破線枠内が観察部位、試料管下部の青色発光ダイオード ( $\lambda \sim 465\text{nm}$  の青色光) の照射で生ずる青色散乱光の明るさ(輝度)を濁度標準液と比較して、およその濁度を見積もる。

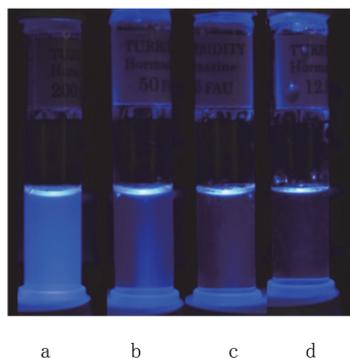


図2. 光散乱観測装置(図1)を用いて測定したホルマジン標準液の光散乱  
a: 100 FAU, b: 50 FAU, c: 25 FAU, d: 12.5 FAU

- ③図1の試料管の外側(全体)を遮光ボックスで覆い、内部を暗くする。ボックスの一部に観測用の窓(破線で囲った部分)をつくり、散乱光の強さ(輝度・明るさ)を肉眼で観測しやすくした。

図2は、濁度の異なるホルマジン標準液に青色発光ダイオードの光をあて観測される光散乱の様子を示したものである。ホルマジン標準溶液として、400FAU, 200FAU, 100FAU, 50FAU, 25FAU, 12.5FAU, 6.25FAU, 0FAU(精製水)(FAU: Formazin Attenuation Units(ホルマジン減衰単位))の溶液を用意し、試料水の濁度決定に用いた。

## 2-2. 手づくり光散乱濁度計

図1の装置は、環境水の濁りの現状を簡単に視認できる。標準溶液列と目視による比較を通して濁りの把握(濁りの有無、濁りの程度)を行う。しかし、環境水の経日・経月変化の追跡、似通った環境にある試料水の濁度のわずかな違いを見るような場合には、利用上の限界がある。そこで、散乱光の強度をフォトトランジスターで読み取るデジタル型の安価な濁度計を製作することとした。

濁度計の製作にあたっては、以前、著者らが製作したクロロフィル蛍光光度計を参考にした<sup>4)</sup>。クロロフィル蛍光光度計は、紫外発光ダイオードを使ってクロロフィル溶液に紫外線を照射し、クロロフィル溶液から発する赤色蛍光の強度をフォトトランジスターで検出し、これをデジタルアンメーターで読み取る方式である。散乱光測定の場合も蛍光測定と原理的によく似ており、紫外発光ダイオードを青色発光ダイオードに交換すればよい。青色散乱光が最も感度よく測定できるように種々試行改良を重ねた結果、図3のような濁度計を製作した。2個の青色発光ダイオードを中央の試料管に向かい合って置き、両側より試料溶液に光を照射する。入射光軸と直角方向にフォトトランジスターを置き、試料溶液内の散乱光の強さを計測する。このとき、フォトトランジスターに入射光が入らないよう発光ダイオードの発光部に光遮蔽板を置き、散乱強度のバックグラウンドを低下させた。

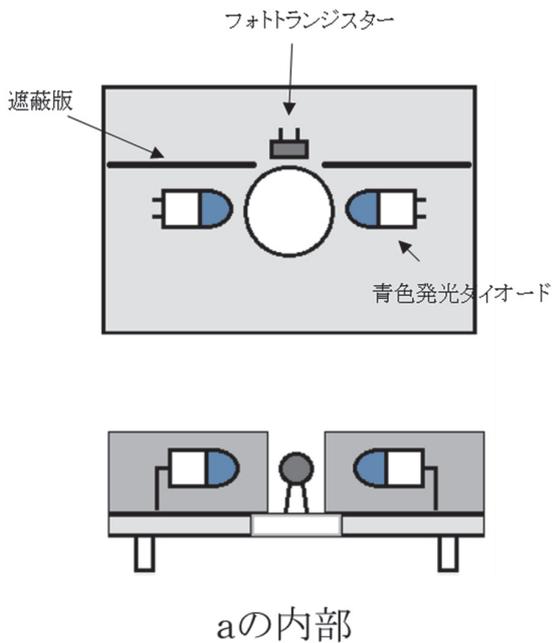
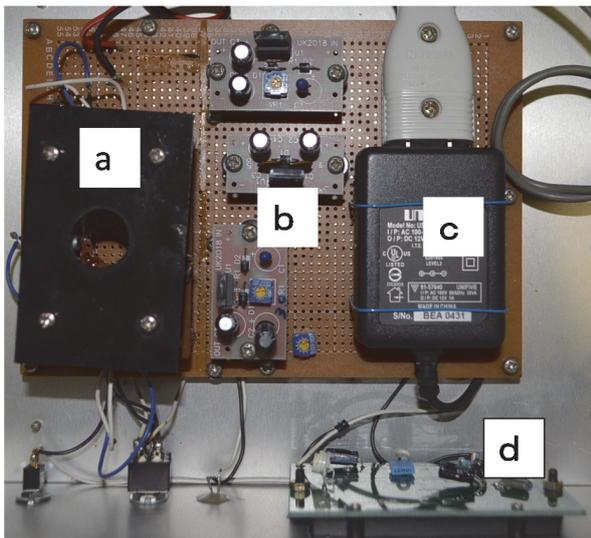
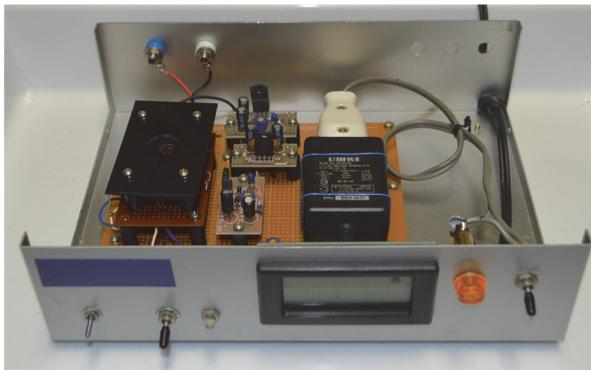


図3. 光散乱濁度計 (自作装置)  
 a: 試料セル部、散乱光検出部  
 青色発光ダイオード (日亜化学、青色 LED)、フォトランジスター (シャープ PT 550F)、b: 定電圧発生部 (定電圧電源パーツ)、  
 c: AC アダプター、d: マイクロアンメータ (MT-322C)

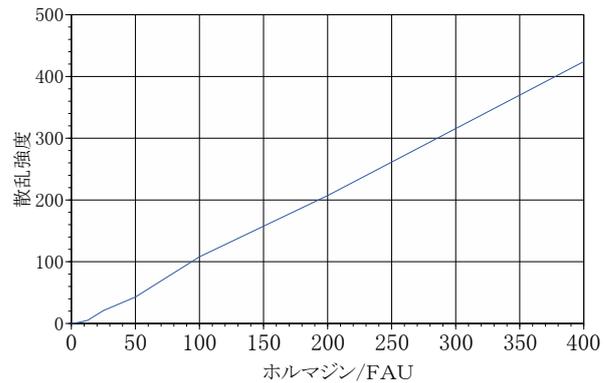


図4. 光散乱濁度計 (自作装置) を用いて測定したホルマジン標準液の濁度

図3に示す装置を用いて測定したホルマジン標準液の検量線を図4に示す。濁度が50FAU以下 (通常のため池の濁度範囲) の溶液でも、マイクロアンメータで値0~40カウント (再現性のある有意な値) で計測でき、目視法に比べて高い精度の測定が行える。

### 3. 有機汚濁と濁度の相関

図3に示した自作装置の測定感度は、市販装置 (多項目迅速水質分析計 (セントラル科学)) の感度 (散乱強度の強さ) と同程度の実用的な装置であり、有機汚濁と濁度の相関を調べることが可能である。本研究では、自作した濁度計を使用し、ため池水の有機汚濁と濁度との相関を図5に示す手順で調べた。

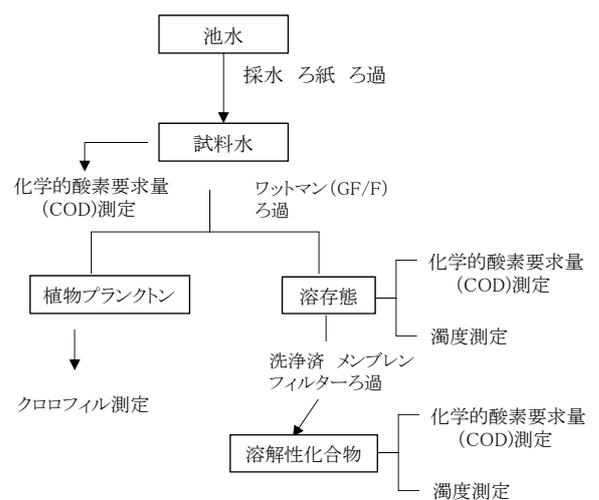


図5. 有機汚濁と濁度の相関調査のための実験手順

ため池 (岩沼朝日山公園池「荒井堤」) 水について測定結果を以下に示す。

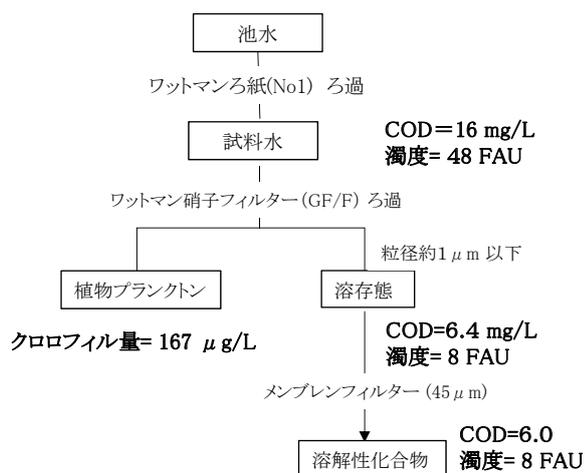


図6. 有機汚濁と濁度の測定結果

試料水：岩沼朝日山公園池「荒井堤」(H27.11.16 採水)  
 COD測定はCODメーター（酸化還元電量滴定法）使用、  
 クロロフィル量は、クロロフィル蛍光光度計（ターナー型）を  
 使用（中性クロロフィル測定）

図6に示す測定結果から、ため池の汚濁の様子について以下のことが推察された。

- 1) 採水直後の試料水（大きなゴミを除去した水）のCOD値は16 mg/Lである。ワットマン硝子フィルターで植物プランクトンを取り除いたろ液のCOD値は9 mg/Lと低値化しており、ため池のCODのおよそ3割が植物プランクトン由来ということになる。
- 2) また、濁度は硝子フィルターろ過で48FAUから8FAUへ減少しており、CODの低値化傾向と符号している。
- 3) 溶存態溶液をメンブレンフィルター（45µm）でろ過した溶液のCOD値は6.0mg/Lで、ろ過の前の値6.4mg/Lと有意な差は認められない。加えて、メンブレンフィルターろ過前後での濁度の値（8FAU）も変わらない。溶存有機物による汚濁は、主に腐植由来の難生物分解性有機物である。<sup>1)</sup>

#### 4. さいごに

本研究で取り上げたため池の有機汚濁は、水の富栄養化が原因している。富栄養化によって発生する植物プランクトン（水の濁りの原因）は、腐植質（難生物分解性有機物でフルボ酸やフミン酸のようなもの）を増加させる。水の濁りは池内部への光を遮蔽し、好氣的雰囲気低下させ、池内生態系のアクティビティを下げる。結果として、水の生物浄化能力の低下をもたらす。ため池の濁度は、CODやクロロフィルなどの有機汚濁・富栄養化関連項目とともに池の浄化能力に関わる生態系のアクティビティの強さを推察する指標である。高価な濁度測定装置を購入しなくとも、手づくり装置で濁りの現状を視認でき、環境理解や環境の実態把握を行うことができる。

#### 引用文献

- 1) a) 三品佳子・三好直哉・村松隆, 2014, ため池水中の溶存態有機物の分画と同定に関する実験法の開発 (II) - 腐植物質の物性評価に関する簡易実験法 -, 環境教育研究紀要, 16, pp.1-6. b) 三好直哉・三品佳子・村松隆, 2013, ため池水中の溶存態有機物の分画と同定に関する実験法の開発, 環境教育研究紀要, 15, pp. 49-55.
- 2) a) 三品佳子・加藤慎也・村松隆, 2015, 視認性を重視したサイエンス教材の開発 (1) - 二酸化炭素の発生と性質に関する実験, 宮城教育大学環境教育研究紀要, 17, pp.73-80. b) 三品佳子・加藤慎也・村松隆, 2016, 視認性を重視したサイエンス教材の開発 (2) - オゾンの発生と性質に関する実験, 宮城教育大学環境教育研究紀要, 18, 印刷中.
- 3) JISK0101 工業用水試験方法, 1998.
- 4) 村松隆・早坂知恵・安達菜央, 2007, 湖沼の富栄養化状態の把握を目的としたクロロフィルの定量- 蛍光光度計の試作とその利用 -, 宮城教育大学環境教育研究紀要, 7, pp. 84-90.