

# 曝気ブロックを用いた水質浄化システムの開発

村上和美\*, 前川明弘\*, 増山和晃\*

## Development of Water Purification System that uses Aeration Block

Kazumi MURAKAMI, Akihiro MAEGAWA and Kazuaki MASUYAMA

### 1. 緒言

近年、河川、池などの水質汚染が問題となっており、水質浄化のさまざまな取り組みが行われている。これまでに、河川の傾きに影響されず気泡を吐出できる水質浄化用曝気ブロック<sup>1,2)</sup>を開発した。さらに、曝気ブロックは、河川水の溶存酸素濃度(以下: DO)が 2mg/L 程度である場合、その DO を 7mg/L (魚介類が生息するのに必要な量: 3mg/L 以上)程度にするために必要な吐出量を、外気温、流速、流量、川幅および水深等から推定するための曝気機能予測プログラムを開発した。なお、このブロックは河川で用いられているコンクリートと同等の強度および重量を有しているため、散気管のみでの曝気システムとは異なり、既存の河床コンクリート部分と置き換えることは容易である。維持管理の面でも、連続して曝気を行う機能を維持することが可能である。このことは、これまでのフィールド実験(三重県伊勢市および度会町)で、曝気実績からも明らかである。しかしながら、溶存酸素濃度を向上させるだけでは水質浄化として十分ではないため、この開発した曝気ブロックに、可視光反応型光触媒等による難分解性汚濁物質の分解機能を付与することにした。

一方、可視光応答型光触媒およびその製造方法では、チタンアルコキシドの加水分解反応時において反応条件の厳密な制御とプラセオジムの添加を行うことにより光触媒の光応答領域を可視光領域にまで広げることができることを確認した。また、このことによりメチレンブルーの分解性能が向上することを見出した<sup>3)</sup>。この可視光反応型光触媒の機能を、

曝気ブロックに付与することで、水質浄化機能の相乗効果が図られると思われる。

さらに、本研究では、河川水の汚濁度をリアルタイムに計測し、その汚濁度に応じて曝気およびブラックライトの照射を自律的に行うシステムの開発を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 散気管の被覆方法

散気管の被覆材料を変更し微細な気泡が吐出できる最適条件を検討した。散気管を被覆しているポラスコンクリート(多孔質コンクリート)の骨材粒径および配合を変化させ、それぞれの条件で作製したブロックの曝気効率を評価した。

#### 2.2 光触媒の表面塗布による曝気ブロックの水質浄化能力の向上

曝気ブロックを用いた水質浄化試験の測定に先立ち、市販の光触媒のみで適切な水質浄化試験が可能であるか検討を行った。水質浄化の指標として化学的酸素要求量(以下: COD)を用い、その負荷物質として COD 測定時の標準負荷物質としても用いられるフタル酸水素カリウムを使用しいずれも試薬特級のものを用いた。また、光触媒として通常的光触媒(PAO-115, 株式会社光触媒研究所)と Pt をドーブした可視光応答型光触媒(MPT-623, 石原産業株式会社)の 2 種を用いた。COD 負荷量を 30ppm に調整したフタル酸水素カリウム 50ml と、上記光触媒の乾燥物 0.2g を直径 10cm 深さ 2cm のシャーレに入れた。そして、通常的光触媒に対しては 1.0mW/cm<sup>2</sup>、可視光応答型光触媒に対しては 3000lx/cm<sup>2</sup> となるよう反応表面における光強度を調整し、

\* 材料技術研究課

照射を行った。COD測定はそれぞれのシャーレから30mlずつ上澄み液を採取し、JIS-K0102に記載の過マンガン酸カリウム法により行った。また、野外での使用を想定して曝気ブロックに対し、通常の光触媒を2種塗布して同様の測定を行った。曝気ブロックとして骨材に9号粒径を用い、設計空隙率10%のポーラスコンクリートを製造し（直径5cm高さ2cm）、光触媒としてサガンコート（株式会社鯉コーポレーション）およびST-01（石原産業株式会社）の塗布を行った。サガンコートは、25mlをST-01は0.5gを蒸留水25mlに溶いた後、繰り返し乾燥を行いながら照射面に対して全量を刷毛塗りした。このブロックを、COD負荷量を50ppmとしたフタル酸水素カリウム50mlと共にシャーレに投入し、紫外線照射を行いながらCODを測定することで光触媒による分解試験を行った。

### 2.3 水質浄化システム

実験用閉鎖水域（実験用水槽：容量300L）を用いて、DOおよび計算された化学的酸素要求量（C-COD）の変化に応じて、曝気およびブラックライト稼働を自動に制御できる水質浄化システムを開発した。図1に開発したシステムの概略図を示す。

このシステムでの、DO測定は実験用水槽から直接モニタリングを行い、pH、水温およびC-CODは実験用水槽から計測用水槽（図2）に水を汲み入れて計測する。得られた各計測値をコントローラに出力し、タッチパネル上にリアルタイムで表示する。さらに、コントローラは測定前に設定したしきい値を基に各計測値に応じて自動制御することができる。C-COD値測定には、UV245を用いた試験水の吸

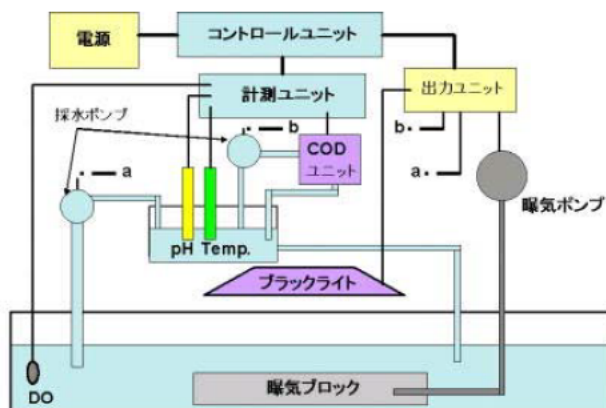


図1 水質浄化システムの概略図

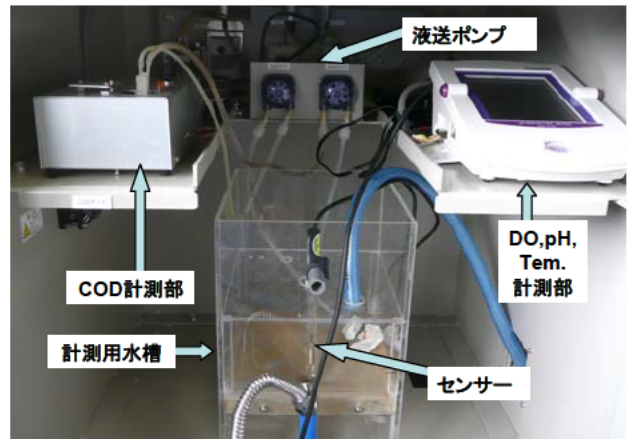


図2 水質浄化システムの計測部

光度を測定し、下記の計算式によって算出することにした。

$$\text{Calculated COD} = (2 - \log(A)) \times B + C \dots (1)$$

(1)式に亜硫酸ナトリウムを用いて実験的に作製した既知の人工汚水を用いて測定した吸光度を代入して、それぞれの係数を求めた。通常河川水を用いた測定においても一定の相関が得られことから、簡易な測定方法として、このシステムに採用した。なお、この手法は通常のCOD測定と比較すると飛躍的に測定時間が短縮できる。

## 3. 結果と考察

### 3.1 散気管の被覆方法

図3に7号碎石(2.5-5mm)を用い空隙率20%の配合設計および分割打設により製造した曝気ブロックによる実験水槽中のDOの変化と時間の関係を示す。この図から、曝気ポンプからの空気吐出量に拘わらず曝気時間10分程度で一定の曝気効果が得られることを確認した。散気管の被覆方法を改良することで微細な気泡が吐出できるようになったことが主要要因だと考える。

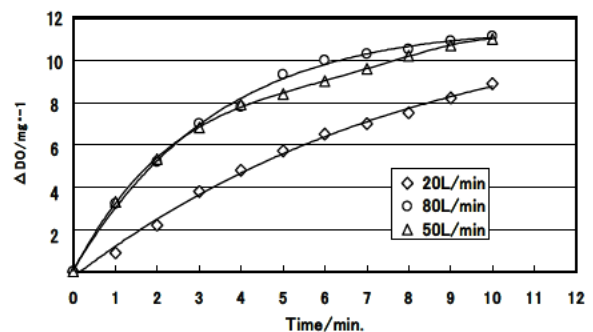


図3 溶存酸素濃度と曝気時間の関係

この改良された曝気ブロックを水質浄化システムに組み込むことによって、水中の溶存酸素濃度を短時間で向上させることが可能となった。

### 3.2 光触媒の表面塗布による曝気ブロックの水質浄化能力の向上

図4に、光触媒のみを用いたCOD分解測定試験結果を示す。可視光応答型光触媒は通常の光触媒と同様に26.5時間後には、80%以上の分解を示すとともに分解速度もほぼ同等であったことから光強度は適正であると判断できた。また、フタル酸水素カリウムによる光触媒分解試験はCODを測定することにより評価できることを確認した。

図5に、2種の光触媒を照射表面にコーティングした曝気ブロックの水質浄化試験結果を示す。いずれの光触媒を利用した場合にも経過時間と共にCOD値が低下して行く結果が得られたことから、浄化が行われていることが分かった。ただし、光を照射していない対照サンプルについてもCOD値が低下したことから光触媒反応によらないブロック表面への吸着も起きていることが明らかとなった。

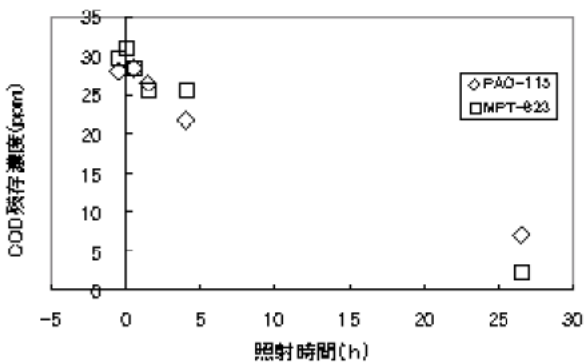


図4 光触媒によるCOD水質浄化試験結果

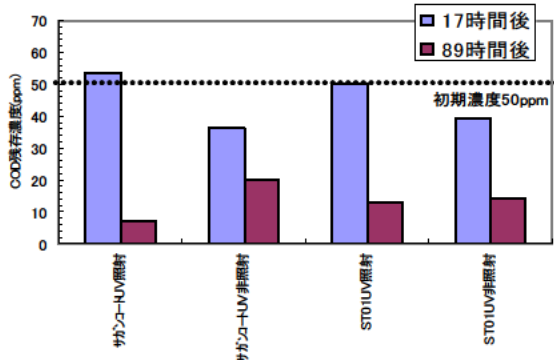


図5 光触媒を塗布した曝気ブロックによるCOD水質浄化試験

### 3.3 水質浄化システムの評価

図6に開発したシステムを用いて行った水質のモニタリングと曝気ポンプとブラックライトの稼働状況の一例を示す。

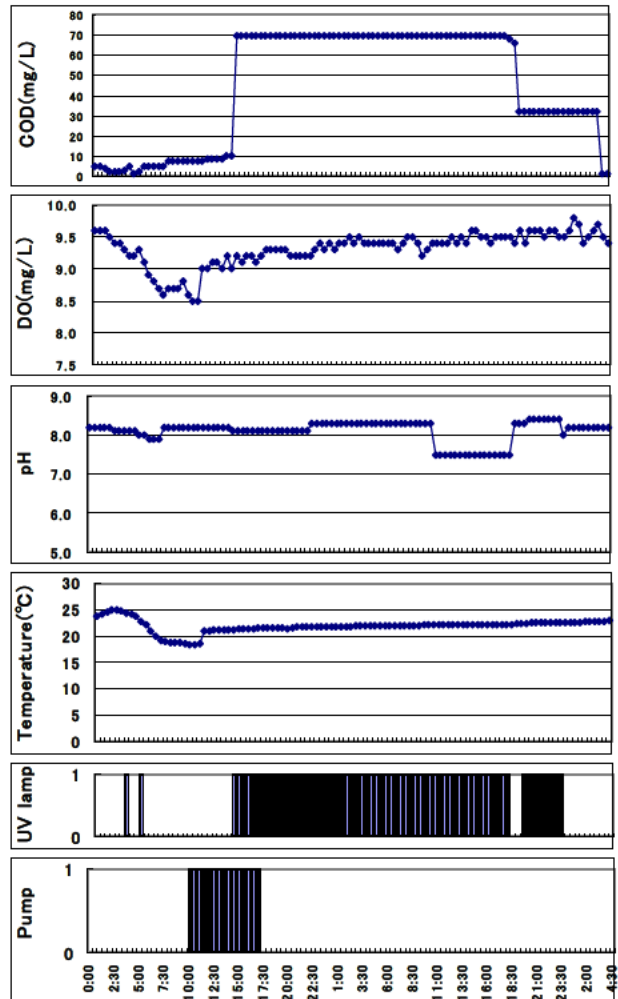


図6 水質のモニタリングとシステムの稼働状況  
実験用水槽での稼働で、DOは比較的短時間でしきい値(9mg/L)をクリアできたが、C-COD値の改善には少し時間が必要とされた。しかしながら、システムとしての機能には問題はなく、連続運転が可能であることが確認できた。これらのことから、システムとして実用化の目処が立ったため、広く普及を図る意味から展示会等への出展を行った。

### 3.4 水質浄化システムの公開

本研究において構築した水質浄化システムを広く一般に公開し、その完成度の評価を得るため、次に示す情報提供および産業展等への紹介を行った。

(1)伊勢新聞(平成21年11月5日)に、独立行政法人科学技術振興機構の委託事業で開発した水質浄

化システムがリーディング産業展に出展される旨の記事が掲載された。

(2)リーディング産業展みえ 2009（開催日：平成21年11月6日～7日，於：四日市ドーム）の研究・支援・公的機関ゾーンにおいて本委託事業で開発した水質浄化システムを展示・紹介した（図7）。



図7 リーディング産業展における展示状況

(3)平成22年1月，三重県工業研究所ホームページにトピックスとして“曝気ブロックを用いた河川の汚濁度に対応する水質浄化システムの開発”を紹介した。

(4)月刊 地球環境（2010.3）のズームアップに，独立行政法人科学技術振興機構（JST）の委託事業により開発した水質浄化システムの記事が掲載された。

(5)平成21年度工業研究所研究成果発表会（2010.2.16.）にてポスター発表を行った。

#### 4. 結言

これまでに開発した水質浄化用曝気ブロックに，可視光反応型光触媒を用いた汚濁物質の分解機能を

付与すると共に，河川の溶存酸素濃度および計算されたCODの変化に応じて，曝気ポンプおよびブラックライトの稼働を自動で制御できる水質浄化システムを開発した。今後は，この水質浄化システム（装置）を実際の河川等で実証することを検討している。これまでも，展示会・発表会を通じて，高い関心が寄せられたが，設置状況，設置に係る経費負担，稼働時における電源供給および通常メンテナンス等の解決すべき課題があり，実用河川で本システムの有効性を検証することが急務であると考えている。

#### 謝辞

本研究は独立行政法人科学技術振興機構（JST）地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発推進プログラム地域ニーズ即応型「曝気ブロックを用いた河川の汚濁度に対応する水質浄化システムの開発」の下で行われました。また，共同研究者である勢和建設株式会社の協力を頂いた。ここに記して関係各位に感謝いたしたい。

#### 参考文献

- 1) 村上和美ほか：特許第3790795号「浄水用ブロックとその製造方法および該浄化ブロックを用いた浄水装置」
- 2) 村上和美ほか：特許第4383542号「浄水用ブロックとその製造方法および該浄化ブロックを用いた水装置」
- 3) 西川奈緒美ほか：特許第4113816号「可視光応答型光触媒およびその製造方法」