

第Ⅶ部門

竹炭の吸着特性を利用した河川の水質改善効果に関する実験的検討

明石工業高等専門学校 学生員 ○新免友里子
 明石工業高等専門学校 正会員 高見 徹
 明石工業高等専門学校 正会員 渡部 守義
 明石工業高等専門学校 正会員 神田 佳一

1. はじめに

養田川は一級河川加古川水系の河口部に位置する準用河川である。区画整理事業によって河道は直線化され、旧河道の一部は公園内の修景や親水、生物生息場の提供を目的とした水路（延長約 50 m, 水路幅約 1 m）として整備されている。しかし、水質は BOD が $3 \sim 8 \text{ mg/L}^1$ と高く、水路の目的を鑑みれば改善が望まれる。他方で近年、里山地域における竹林の拡大が問題となっている。この対策として間伐が行われているが、発生する間伐竹材の有効利用方法を見出す必要がある²⁾。神田・渡部らはこれまで養田川の水質改善と間伐竹材の有効利用を狙って、間伐竹材から作製した竹炭を公園内水路に設置し、その効果に関する実証実験や LCA による有用性評価を行ってきた^{1), 3)}。しかし、水質改善効果については、実証実験のみでは十分な評価が得られていない。そこで、本研究では竹炭の BOD 成分（溶存態有機物）の吸着性能を評価するとともに、公園内水路における竹炭の BOD 低減効果を見積もることを目的とした室内実験を行った。

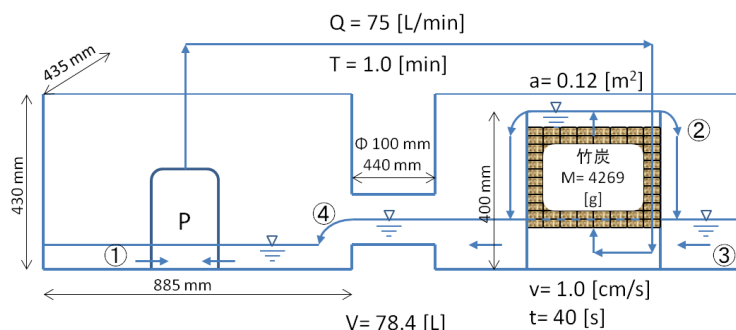
2. 材料と方法

(1) 竹炭の吸着性能評価試験

JIS K 1474:2014 活性炭試験方法に準じて、竹炭のメチレンブルー（MB）吸着性能を表す吸着等温線を求めた。明石高専内で製造した竹炭を長さ 8~10 cm, 幅 2~5 cm に破碎し、それぞれの実験に供した。実験は室温（23.8~25.4℃）において 1 L のガラス製ビーカーに MB 濃度 4 mg/L の試験溶液 1 L を注入した後、所定重量の竹炭を浸漬し、スターラーで試験溶液を攪拌しながら 96 時間後まで所定の経過時間ごとの MB 濃度を測定し、平衡吸着量と MB の平衡濃度の関係から Freundlich 型吸着等温線を求めた。また、竹炭を粉末活性炭（和光純薬社製、粒径数十~数百 μm ）に替えた比較実験も行い、竹炭の吸着性能を評価した。

(2) 模型実験による竹炭の BOD 除去性能評価

上記(1)と同様の方法で新たに準備した所定重量（4 269 g）の竹炭を自作の模型（図-1）に充填し、MB 溶液の経時的な濃度変化を測定した。模型は 2 つの水槽槽をパイプで連結したものであり、一方の水槽内に竹炭を充填した槽（竹炭充填槽）を設置した。MB 溶液はもう一方の水槽に設置したポンプによって竹炭充填槽の下部に導水され、槽内を上向きに流れ上部より越流する。越流水は水槽間を連結するパイプを通じてポンプに戻り、循環が繰り返される。この装置を用いて竹炭による 72 時間の MB の吸着実験を 2 回繰り返した。また、試験溶液を MB から BOD 成分を想定したグルコース（ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, 和光純薬社製）と少量の栄養塩を添加したものに替えて同様の実験を引き続き 2 回繰り返し、グルコース濃度の低減効果を確認した。



P: 循環ポンプ, V: 総水量, Q: ポンプ流量, T: 循環周期, a: 竹炭充填槽水面積, v: 竹炭充填槽内通水速度, t: 竹炭充填槽内滞留時間, M: 竹炭充填量, →: 水の流れ, ①~④: 測定点

図-1 模型概要図（図中の①~④は濃度の測定点を示す）

3. 結果と考察

(1) 竹炭の MB 吸着性能

竹炭と粉末活性炭の MB に対する Freundlich 型吸着等温線を図-2 に示す。吸着等温線はその y 軸にかかる切片が大きい程、また、その傾きが小さい程、低濃度から高濃度までの被吸着物質を吸着できることを示す。図-2 より、竹炭は粉末活性炭に比べて、切片が 1/4 000 倍小さく、また、傾きが 2.5 倍大きかった。両者の差は竹炭と粉末活性炭の材料寸法によって生じる比表面積（材料 1 g 当たりの表面積）の差が主な原因と考えられる。したがって、竹炭を実際の水路に設置する場合には、取り扱い易く流失しない程度の大きさに破碎することで、竹炭の吸着能力を向上させることができると考えられる。

(2) 模型実験による MB とグルコースの低減効果

図-3 に 2 回の模型実験における MB 濃度の経時変化を示す。MB 濃度は 1 回目の実験（Run_1st）では①～④の測定点すべてにおいて、初期の 3.3 mg/L から 24 時間後までに 1.0 mg/L を下回るまでに大きく低下したが、2 回目の実験（Run_2nd）では 72 時間後においても 2.0 mg/L 程度までしか低下しなかった。これは 2 回の実験で同じ竹炭を繰り返し用いたため、2 回目の実験では竹炭の吸着量が飽和容量に近づいたことが原因と考えられる。これに対して、グルコースを用いた実験では MB の実験に続いて同じ竹炭を用いたにも関わらず、1 回目および 2 回目ともに初期濃度（17 および 18 mg/L）から 48 時間後には 1.5 mg/L 程度まで低下した（図-4）。グルコースは MB と異なり生物易分解性の物質であることから、本実験によるグルコース濃度の低下は生物反応の効果が加わって得られた可能性が考えられる。

4. おわりに

本研究の模型実験で設定したグルコース濃度の初期値（平均 17.5 mg/L）と 48 時間後の濃度（1.5 mg/L）は理論上の究極酸素消費量（ BOD_u ）と生物化学的分解速度定数（ $k=0.1$ ）から見積もると、 $BOD_5 (=BOD_u(1-10^{-kt})$, $t=5$) でそれぞれ 12.8 mg/L と 1.1 mg/L であると算出できる。したがって、実際の公園内水路においても、竹炭と河川水との適切な接触時間を保つことができれば BOD の低減効果は十分に期待できるといえる。

参考文献

- 1) 池田愛・藤本浩輔・神田佳一：Journal of JACT, Vol.18, No.3, pp.15-20, 2013.
- 2) 柴田昌三：森林科学, No.58, pp.15-19, 2010.
- 3) 神田沙英・シアメイシェン・新免友里子・渡部守義：明石高専研究紀要, Vol.57, pp.7-14, 2015.

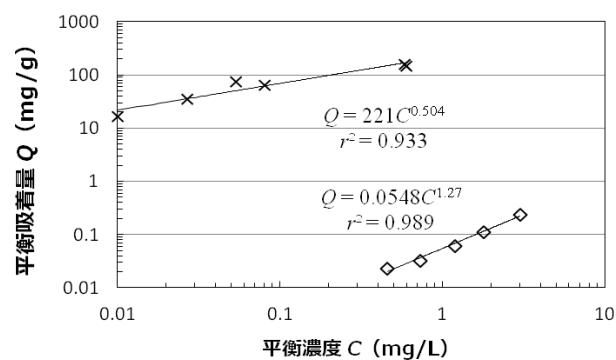


図-2 竹炭と粉末活性炭の MB に対する Freundlich 型吸着等温線の比較（◇：竹炭，×粉末活性炭）

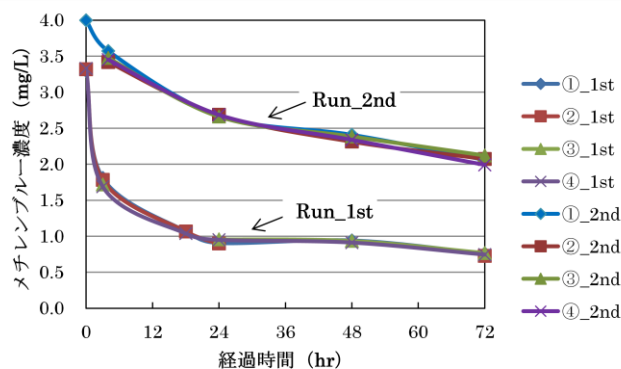


図-3 2 回の模型実験における MB 濃度の経時変化

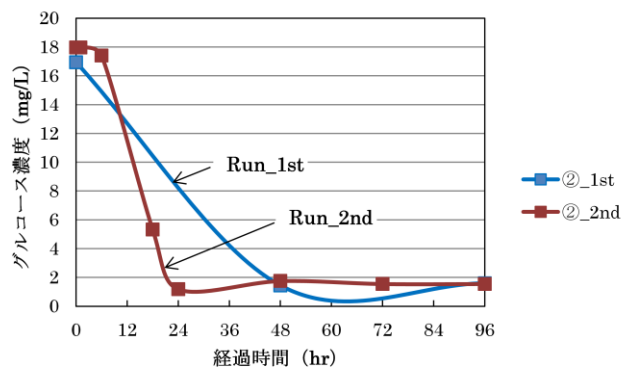


図-4 2 回の模型実験におけるグルコース濃度の経時変化