

# 生物活性炭による水処理技術の研究開発

－し尿浄化水の脱色への応用－

浅野 孝幸, 三津橋浩行, 鎌田 樹志  
佐々木雄真

## Development of Wastewater Treatment Technology by Biochemical Activated Carbon

－ Application for Color Reduction in Night Soil Treatment －

Takayuki ASANO, Hiroyuki MITSUHASHI, Tatsuyuki KAMADA  
Takema SASAKI

### 抄 録

通常の生物処理では処理困難な難分解性有機物を生分解するために、生物活性炭の機能を有する水処理接触材モデルを試作し、公衆トイレの洗浄水を生物処理した浄化水中になお残存する難分解性の着色成分の除去について検討した。その結果、この難分解性の着色成分の生物活性炭による生分解が可能であり、色度 50 度の浄化水 1m<sup>3</sup> について接触材面積 10m<sup>2</sup> で 1 日に色度 1 度分に相当する着色成分を除去できることがわかった。

### 1. はじめに

近年、地球環境への関心が高まるとともに、水環境の保全に対する要求もより一層強くなっている。また化学物質による新たな環境汚染も発生している。これに対応して水道水の水質基準、水質の環境基準、工場排水基準が大幅に改定強化されたこととともない、従来の物理化学的処理法や生物処理法では不可能な高効率な水処理技術が必要となり、今後新たな技術ニーズが発生すると思われる。

本研究では、機能性材料と構造材料を複合化した新規の水処理材料の開発とその評価および利用技術について検討した。具体的には、難分解性有機物の生物処理において注目されている生物活性炭の利用に着目した。生物活性炭法は活性炭に付着した微生物による生分解作用の結果、活性炭寿命の延長効果があるといわれているほか、難分解性有機化合物の生分解促進効果があるという報告もされている<sup>1)</sup>。農薬類の除去に適用した例では、微生物分解のみの条件では 5 種類の農薬が残存したが、活性炭を加えた場合では液中の残存量、生物活性炭上ともにほぼ検出されず、農薬類は微生物によって分解されたと考えられた<sup>2)</sup>。

生物活性炭を利用したこれまでの排水処理では流動床方式あるいは充填カラム方式に限られている。たとえば市販の粒

状活性炭か、粉末活性炭を PVA ゲルなどに包含した複合担体による流動床方式で使われている<sup>3)</sup>。しかし、流動床方式では活性炭・担体の流動化、分離操作が必要であり、装置が複雑化するなどの欠点がある。また充填カラム方式は目詰まりがあるので排水より上水処理に向いている。そこで本研究では装置が単純で、目詰まりもない排水処理用の固定床方式の開発を試みた。その結果、代表的生物処理法である接触酸化法への適用が可能な活性炭を被覆した板状接触材モデルを試作した。

北海道内では現在、公衆トイレの洗浄水を生物処理により浄化して循環再利用するシステムが導入されつつある<sup>4)</sup>。このシステムでは生物処理後の浄化水に残存する難分解性の着色成分を活性炭吸着除去している。応用研究としては試作した板状接触材モデルを使って、この難分解性の着色成分の生分解による除去について検討した。

### 2. 試験方法

活性炭は石油ピッチ系粒状活性炭（平均粒径 0.6mm）を用いた。色度の測定は白金コバルト標準液による比色法で行った。着色成分の濃度  $c$  (mg/l) は色度  $C$  (度) に比例し、次式のように表せるものと考えた。

$$c = \varepsilon C \quad \varepsilon : \text{定数}$$

し尿浄化水は実際に稼働しているシステムから採取した。色度は100~200度であった。活性炭に対する吸着平衡関係は、200メッシュ以下になるように粉碎した活性炭で、20℃において液量を150mlとした回分吸着試験によって求めた。この時の吸着時間は72時間とした。

生物活性炭による色度除去試験は、液量を300mlとした回分吸着によって十分に吸着平衡に達せしめた60メッシュ以下の活性炭に微生物を植種して行った。植種にはし尿浄化水を長期間曝気して生じた汚泥を用いた。

板状接触材モデルは、両面に粒状活性炭を接着コーティングした9×15cmのプラスチック板9枚を図1のように平行に並べて固定したものを試作した。活性炭量は70gで接触面積は2430cm<sup>2</sup>となった。この板状接触材モデルによる色度除去試験は図2のような試験装置で行った。し尿浄化水の色度が25度以下になったところで1回の試験を終え、し尿浄化水を新たに入替えて繰返した。計8回の試験を行った。なお、粒状活性炭を接着コーティングしていない同形状の板状接触材も用意し比較試験を行った。

板状接触材モデルを使った生物活性炭による色度除去速度を求める試験は、図2の試験装置のうち反応槽だけを用いて行った。液量は3l、初期色度は100度とした。

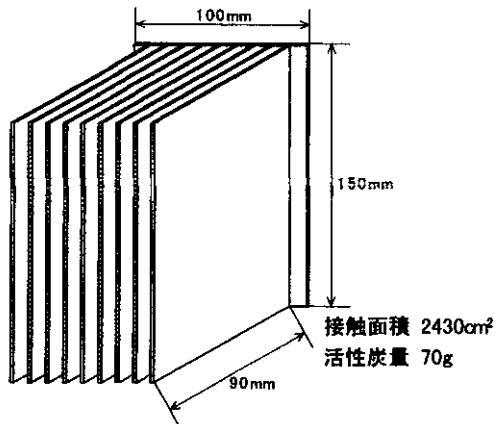


図1 板状接触材モデル

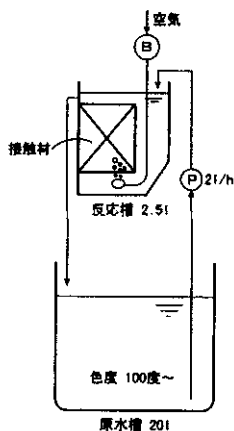


図2 接触材による色度除去試験装置

### 3. 試験結果と考察

回分吸着試験によって求めた着色成分の活性炭に対する吸着平衡関係は、図3のように平衡時の色度（平衡色度）5度から65度の間でFreundlichの吸着等温式で整理できた。この図で横軸の数値はそのまま色度に読み替えることができる。

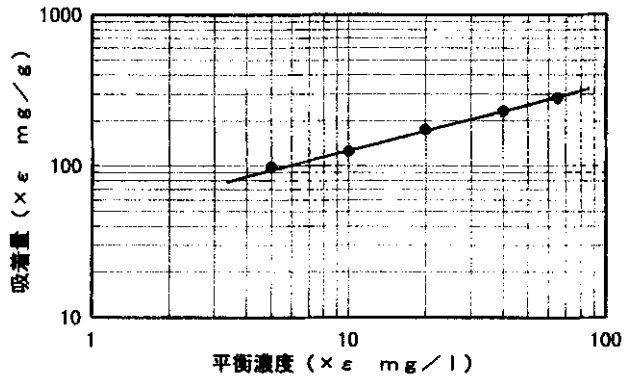


図3 着色成分の吸着等温線

生物活性炭による色度除去試験結果の例を試験フローとともに図4に示した。この例では回分吸着を2回続けて行った。その時の平衡色度25度、60度は先に求めた吸着平衡からの予想値とおよそ一致した。その後、一方にのみ活性炭が残るようこの液を2分割し、両方に微生物を植種したところ活性炭を残した試験区のみで色度の低下が見られた。活性炭の物理吸着能は既に平衡に達しており、これらの結果は活性炭の存在下では微生物による色度除去が可能であることを示している。すなわち生物活性炭による色度除去が可能である。

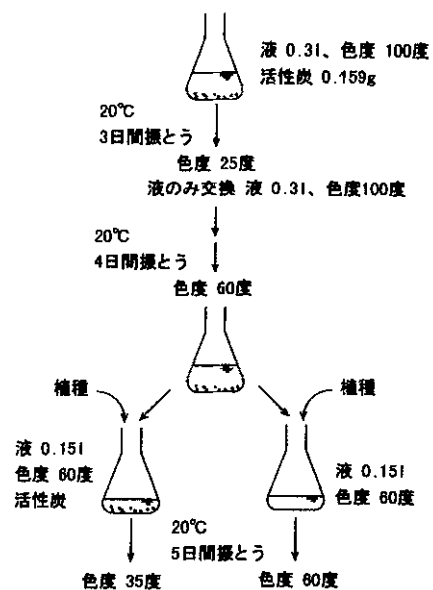


図4 生物活性炭による色度除去試験結果

次に板状接触材モデルによる色度除去試験の結果を図5に示す。これらは1～3回目の試験において時間経過とともに色度が除去されていく様子を表している。比較試験の結果は図示していないが、色度の変化はほとんど認められなかった。除去速度は1回目が最も高くその後は徐々に低下しているが、3回目以降はほぼ一定になった。1回目は活性炭の物理吸着による寄与が除去速度を支配していると考えられる。3回目以降は物理吸着能がほぼ飽和して、生物活性炭による色度除去が支配的になったため除去速度がほぼ一定になったと考えられる。

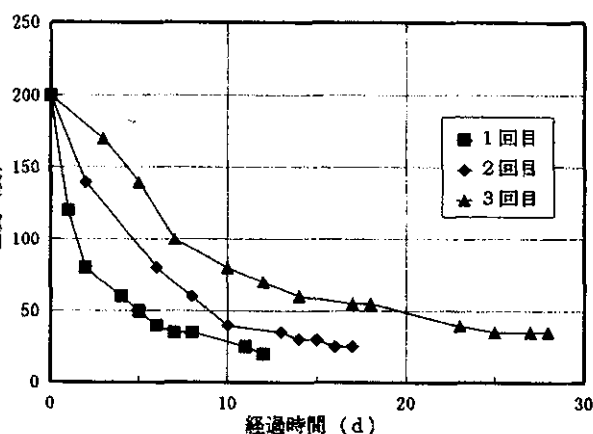


図5 接触材による色度除去試験結果

図6は着色成分の累積除去量を示したものである。8回目の試験を終えたところで  $25.57 \times \epsilon g$  となった。6回目以降除去量が少ないのは、5回目まで用いたし尿浄化水の色度は200度であったが6回目から100度であったためである。一方、板状接触材モデルに使っている70gの活性炭が吸着できる着色分量は図3の吸着平衡から求めると、平衡色度が25度で  $13.3 \times \epsilon g$  となる。したがって活性炭の飽和吸着量の約2倍の着色成分が除去されたことになる。この結果は活性炭に付着した微生物による分解除去、すなわち生物活性炭による除去が行われたことを示している。

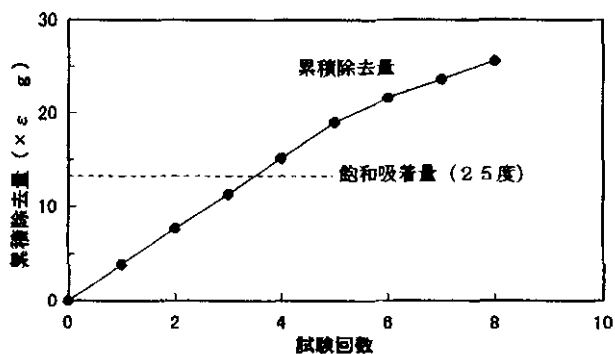


図6 接触材による色度除去試験における累積除去量

色度除去速度を求める試験結果を図7に示した。この図から循環再利用に支障のない色度50度付近では除去速度は約  $10 \text{ 度 } d^{-1}$  であった。これより接触材面積  $10m^2$  (活性炭3kg) で  $1m^3$  の浄化水について1日に色度を1度低減できることになる。換言すると、公衆トイレ洗浄水循環再利用システムにおいて色度50度付近で1日の色度増加が1度であれば、 $1m^3$  につき接触材を  $10m^2$  設置することにより色度増加を抑えることができる。この程度の接触材面積を確保することは難しいことではないと思われる。

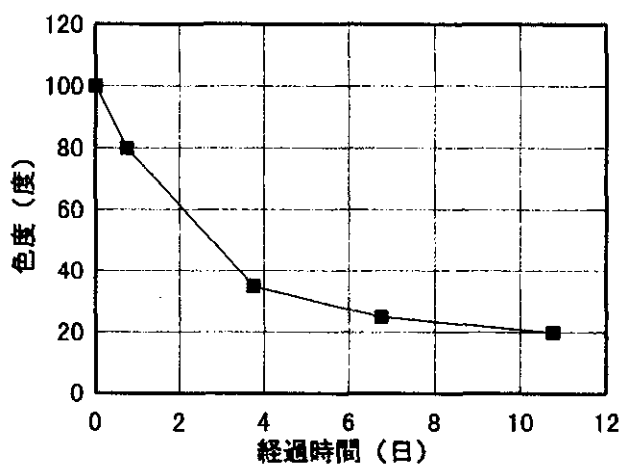


図7 色度除去速度試験結果

生物活性炭による除去は、基本的に微生物分解であるから、活性炭吸着のように飽和状態に達することはないので、交換という操作は必要としない。したがってメンテナンスが簡略化され、交換のコストがかからない。しかし、短所としては活性炭吸着に比べると除去速度が遅いことがあげられる。除去速度を上げるためには単位容積当たりの接触材の面積を大きくしなければならない。そのためには例えばハニカムコアのような現在よく使われている接触材表面に粒状活性炭をコーティングするなどの方法が考えられる。

#### 4. まとめ

通常の生物処理では処理困難な難分解性有機物を生分解するために、生物活性炭を利用した接触材モデルを試作した。このモデルを使って、公衆トイレの洗浄水を生物処理により浄化後なお残存する難分解性の着色成分の生分解による除去について検討した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) し尿浄化水に残存する難分解性の着色成分について、生物活性炭法を利用した生分解による除去が可能である。
- (2) 試験した範囲内で試作した接触材モデルは、活性炭の飽和吸着量の約2倍の着色成分を除去できることがわかった。
- (3) 接触材面積  $10m^2$  (活性炭3kg) で  $1m^3$  の浄化水について1日に色度1度に相当する着色成分を除去できる。

- (4) 本法の実用性をさらに高めるためには単位容積当たりの接触材面積を大きくして除去速度を上げる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 西嶋 渉ほか, 水環境学会誌, 15, 683 (1992)
- 2) 福原知子ほか, 第 29 回日本水環境学会年会講演集, 339 (1995)
- 3) 小西功三, ケミカル・エンジニアリング, 39 (6), 32 (1994)
- 4) 浅野孝幸ほか, 北海道立工業試験場報告, No294, 103 (1995)