

木炭浄化法による水質改善効率に関する一考察

長崎大学工学部 学生員○井本英一 長崎大学工学部 正 員 野口正人
 長崎大学工学部 正 員 西田 渉 熊 本 県 庁 最上有希

1. まえがき

古くから川は人間の生活に欠かすことのできない場所だった。治水、利水の面ではもちろん、人々に「やすらぎ」や「潤い」といった精神的な影響を与えてきた。しかし、都市化の進展、産業活動の拡大が活発になるにつれ、河川の汚濁、自浄機能の低下等の問題が生じてきた。そのため本来備えていなければならない、流水・安全・親水の機能が失われつつある。こうした状況の中、河川環境の改善策として様々な水質浄化法が用いられている。本研究ではこれらの水質浄化法の中から木炭浄化法に注目し実験および考察を行う。

木炭の浄化能力は昔から知られていて井戸水の浄化、冷蔵庫の消臭等に用いられてきた。この能力を河川の水質浄化に役立てようとするのが木炭浄化法である。本研究では、木炭による水質浄化機構について理論的考察を行い、各種のパラメータを同定することによりその仕組みを実証的に明らかにしようとした。

2. 木炭浄化法を用いた水質浄化機構の理論的考察

木炭を流下することに伴う水質浄化過程を取り上げれば、汚濁物質濃度の変化は次式で表される。

$$\frac{1}{A} \frac{\partial(CA)}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial(CuA)}{\partial x} = -\frac{q}{R} \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 A ：木炭どうしの間隙並びに木炭の間隙を総和した面積、 C ：汚濁物質の濃度、 u ：見かけ上ではなく実際の流速（平均値）、 q ：単位時間当たりに単位面積より除去される（汚濁）物質質量、 R ：間隙における流路での径深である。上式からも明らかなように、除去される汚濁物質の割合は原水の汚濁濃度や、接触面の状態等に関係していることが推察される。ここでStreeter-Phelpsの式が誘導されたときと同様に $q = k'C$ とすれば、上式は移流項を無視して以下のように書き換えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + k''C = 0 \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 $k'' = k'/R$ である。したがって、原水濃度を C_0 とすれば、上式の解は次のように表される。

$$C/C_0 = e^{-k''t} \quad \dots\dots (3)$$

よって、原水濃度 C_0 が浄化限界の濃度以下である場合（3）式が適用できると考えられる。

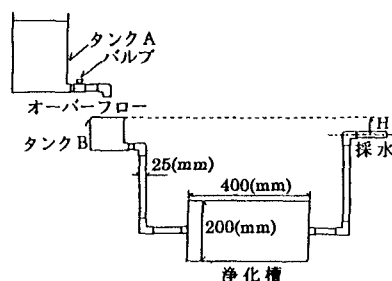
3. 木炭浄化装置による実験

(1) 実験装置の概要

実験を行うに当たり、【図-1】に示された木炭浄化実験装置が用いられた。本装置は水位差 H を操作することにより、原水が所定の流量で流れるように設定したものである。浄化槽に木炭を詰め、タンクA、タンクBに原水である河川水を入れる。タンクBの水位と採水口の落差を一定に保つため、タンクBには絶えず実験流量以上の原水を供給し、水面でオーバーフローさせた。

(2) 実験の方法

予備実験を兼ねた第1回実験では、期間を2日間と短くし、流量は120ml/minと設定した。木炭は粒径3～5cmに砕いたものを洗わずにそのまま用いた。採水は、原水に対して6時間毎に、また浄化水に対して3時間毎に行い、BOD₅、T-N、T-Pの濃度を計測した。第2回は原水の木炭への接触効果を高めるため、浄化槽内に2か所の仕切りを設けた。流量は70～80ml/minに保ち、1日1回の採水とした。計測はBOD₅については10日間毎日行い、T-Nについては2日に1回行った。木炭は粒径2～3cmに砕いたものを用い、すずが出ないように表面をよく洗い、水に浸しておいた。第3回では第2回よりさらに木炭と原水との接触効果を高めるため、浄化槽内に3か所の仕切りを設け、流量は50～60ml/minに保ち、1日1回の採水とした。計測はBOD₅に



【図-1】木炭浄化実験装置

ついでのみ行い、木炭は第2回に用いたものをよく洗い乾かして使用した。第4回では、期間を2週間として流量を30～50ml/minと設定した。木炭は粒径を2～3cmに砕いたものを新たに用意し、表面をよく洗い、水に浸しておいた。採水は、原水、浄化水ともに1日1回行い、BOD₅、T-N、T-Pの濃度を計測した。

4. 実験結果とその考察

【図-2】、【図-3】は第2回、第4回実験のBOD₅と時間、【図-4】、【図-5】は第4回実験のT-N、T-Pと時間との関係を表したグラフである。BOD₅は原水の値よりも低くなっていることがわかるが、T-N、T-Pについては原水の値と浄化後の値とが逆転している箇所がある。この理由として、木炭に付着していた有機物が流出したためだと考えている。また実験が進むにつれて原水の値が徐々に低下しているが、これはタンクの底に有機物が沈澱したためと思われる。

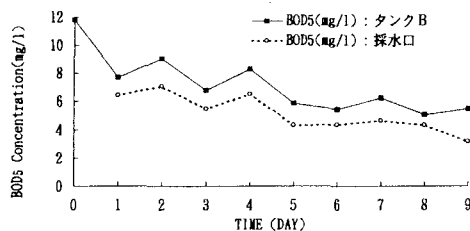
ここで前述された浄化機構を表す諸式との関連について考察する。今回用いられた原水の汚濁物質濃度が浄化限界の濃度以下だと考えると(3)式が成立する。4回の実験の浄化残率と接触時間により求められた k の平均値は $k'' = 1.6 \times 10^{-3} / \text{min}$ となりこれらの結果をグラフに表せば【図-6】のとおりである。ここで浄化残率とは原水の汚濁が浄化されずに残留している割合であり、浄化水濃度と原水濃度との比で定義される。実河川の自浄機能と木炭による水質浄化を比較してみると、実河川における k'' (脱酸素係数)は0.1～0.3/日程度¹⁾となっている。今回の実験結果から $k'' = 1.6 \times 10^{-3} / \text{min} = 2.3 / \text{日}$ が得られたが、(3)式から k'' が大きいほど水質浄化効率が高くなると考えられるので木炭浄化法は有効なシステムであるということがいえる。

5. あとがき

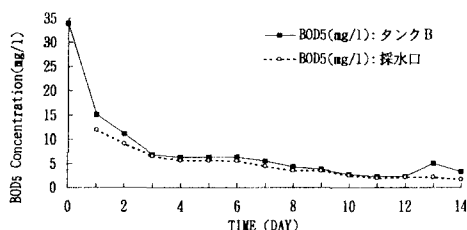
BOD₅の浄化残率は平均0.75～0.85を示し、木炭により浄化されたことが実証された。しかし、実験の後半では浄化効果は殆ど見られなかった。これは木炭自身の吸着力のみでの浄化には限界があるためではないかと思われる。本実験装置は密閉した状態であるため、浄化槽内での生物膜の生成が困難と思われ、曝気等して浄化槽内に生物膜が容易に生成できるように実験装置を工夫すれば、更なる浄化が期待できるものと思われる。今回は同時刻にタンクBと採水口から採水し、この2つの値から浄化残率を計算したが、この方法だと接触時間の分だけのずれが生じる。今後は、浄化効率を向上させる方法の開発と共に、適切な浄化残率の算定法についても検討したい。

参考文献

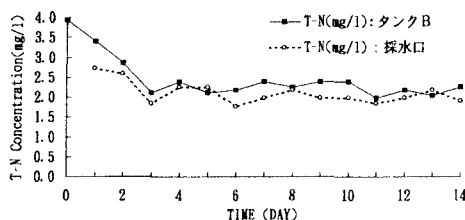
- 1) 市川 新：都市河川の環境科学，培風館，p.164，1980



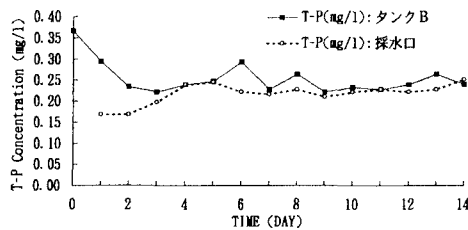
【図-2】第2回実験 BOD₅結果



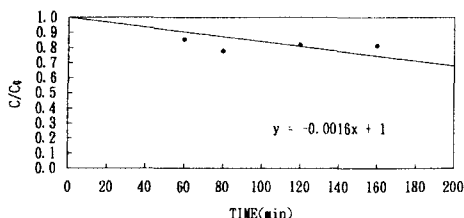
【図-3】第4回実験 BOD₅結果



【図-4】第4回実験 T-N 結果



【図-5】第4回実験 T-P 結果



【図-6】浄化残率と接触時間の関係