

# 光触媒セラミックスによる水質浄化の実証化研究

今井敏博\*<sup>1</sup>、川本直樹\*<sup>2</sup>、今西千恵子\*<sup>1</sup>

## Study on Refining Wastewater by Photocatalyst Ceramics

Toshihiro IMAI, Naoki KAWAMOTO and Chieko IMANISHI

Seto Ceramic Research Center, AITEC\*<sup>1</sup> Industrial Technology Division, AITEC\*<sup>2</sup>

瀬戸地区で排出されるキラ等の未利用資源、廃棄物を用いて試作した光触媒セラミックスを使って、新池（大府市内）に施工した水路で水質浄化実験を行った。CODは水温が高くなるにつれ、アオコの発生もあって高くなり、8月には15.4mg/lに達した。T-Nについては、生物反応も手伝って除去が確認された。T-Pは、酸化チタンによる磷酸イオンの吸着により減少した。DOは光合成の影響を受けて夏期に高くなった。また、酸化チタンの特性による各種アニオンの除去が確認された。

### 1. はじめに

近年、環境浄化機能材料として、光触媒を利用した多孔材料がNO<sub>x</sub>などの大気汚染物質の除去に使用されている。しかし、光触媒による水中における有機物質等の除去については効率や担体の選定等の面からも実用化が遅れている。

本研究は、瀬戸地区で排出されるキラ等の未利用資源、廃棄物を用いて試作した光触媒セラミックスを生活排水で汚れた新池（大府市内）内の浄化水路に敷設し、フィールドワークを通じて水質浄化試験を行い、光触媒セラミックスの実用化を図ろうというものである。

### 2. 実験方法

#### 2.1 廃棄物を利用した光触媒セラミックスの設計と施工

酸化チタンは白色顔料として広く使用され、常温常圧下では、極めて安定な物質である。光触媒として耐久性耐摩耗性に優れ、経済性、安全性、実用性などで多くの利点を持っている。この酸化チタンにバンドギャップ以上のエネルギーを持つ光を当てると、電子と正孔が生成する。これらが水や酸素などと反応し、 $\cdot\text{OH}$ や $\text{O}_2\cdot^-$ などの活性酸素を生成して有機化合物を分解する（**図1**）。

酸化チタン光触媒は結晶形にアナターゼ型とルチル型があり（**図2**）、光触媒性能は焼成温度が低いと生成するアナターゼ型が良いとされている。しかし、焼成温度が低いと担体となるセラミックスの強度が問題になるため、一般的には担体を高温で焼成した後、600前後で酸化チタンを焼き付けている。

本研究では、重量比で、よわ土40%、キラ30%、長

石廃土30%と外割でガラス屑20%を調合し、調合物を混合、粉碎、脱水等の製土、成形を行い、酸化チタン光触媒スラリーを吹き付け650で、エネルギー的に有利な1度焼きでアナターゼの結晶からなるセラミックタイルを作製した。

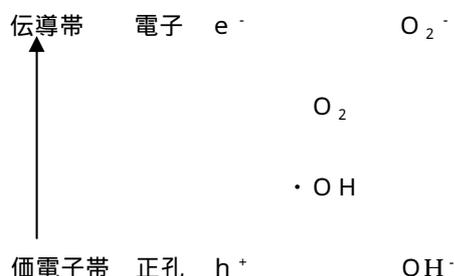


図1 活性酸素の発生メカニズム

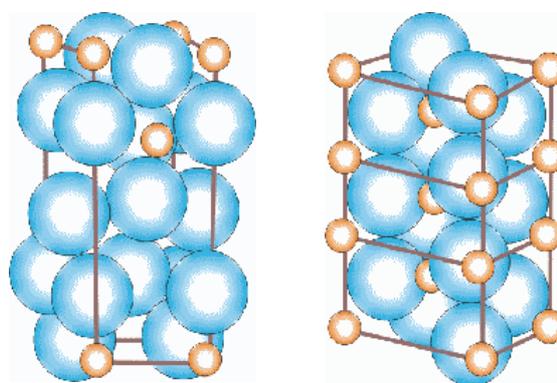


図2 酸化チタンの結晶構造

アナターゼ型

ルチル型

## 2.2 水質浄化実験

「新池」内に水質浄化水路を作り、光触媒セラミックスを敷設し（図5）揚水水車（図4）及びポンプを用いて池の水を導入した。

採水は、月1回水路の入口、中間、出口で行い、浄化水路の水質浄化能力及び季節変動の考察を行った。

測定項目は、水質汚濁の指標である pH、化学的酸素要求量（以下、COD）、溶存酸素（以下、DO）、全窒素（以下、T-N）、全燐（以下、T-P）、アンモニウムイオン（以下、 $\text{NH}_4^+$ ）、亜硝酸イオン（以下、 $\text{NO}_2^-$ ）、硝酸イ



図3 水路全景



図4 揚水水車



図5 敷設した光触媒タイル

オン（以下、 $\text{NO}_3^-$ ）、硫酸イオン（以下、 $\text{SO}_4^{2-}$ ）、塩化物イオン（以下、 $\text{Cl}^-$ ）、リン酸イオン（以下、 $\text{PO}_4^{3-}$ ）を JIS K 0102 により測定した。

## 3 . 実験結果及び考察

### 3.1 水質測定結果

#### 3.1.1 pH

図6に pH の月別変化を示す。水温の上昇につれて、光合成の影響により pH の上昇が見られた。

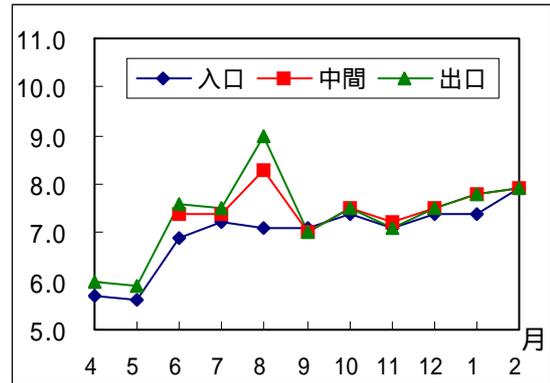
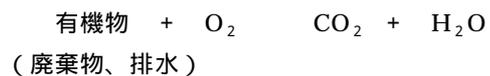


図6 pHの月別変化

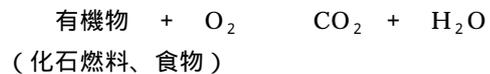
#### 3.1.2 COD

図7に COD の月別変化を示す。水温が高くなるにつれてアオコが発生し、8月には COD は 15.4mg/l に達した。水路内で起こっている反応は、酸化チタンによる有機物の分解、光合成、微生物による浄化等が考えられる。

光触媒



光合成



酸化チタンによる有機物の分解反応及び光合成反応は上記の通りである。

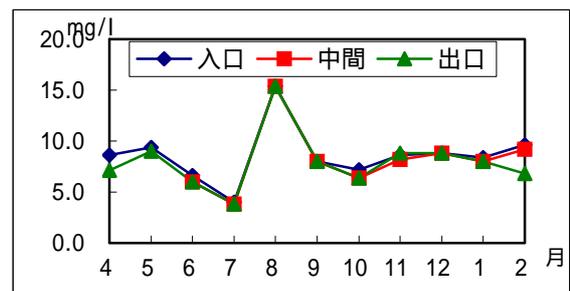


図7 CODの月別変化

酸化チタンによる有機物の分解反応及び光合成反応は逆反応である。水路中で、有機物が分解されると同時に生成も行われており、これにより COD の除去が芳しくなかったと考えられる。また、酸化チタンによる分解はエネルギー的に COD には不利である可能性もある。

図 8 に発生したアオコの状況を示す。



図 8 発生したアオコ

### 3.1.3 DO

DO は水 1 リットル中の溶存酸素量であり、通常 3~5mg/l が魚の住める範囲と言われている。

図 9 に DO の月別変化を示す。生物の活動が活発な夏期には光合成の影響で DO は高くなっている。

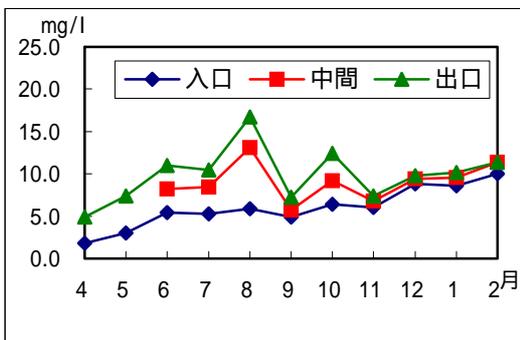


図 9 DO の月別変化

### 3.1.4 T-N

窒素は、化学肥料の主たる成分であり、重要な栄養源である。水中では、種々の形で存在し磷と共に水質汚濁の原因物質となり、時として赤潮や苦潮を引き起こす。

図 10 に T-N の月別変化を、図 11 に各種窒素イオンの変化を示す。窒素の除去過程は以下のプロセスで進行し、最終的に窒素ガスとして大気中に放散される。

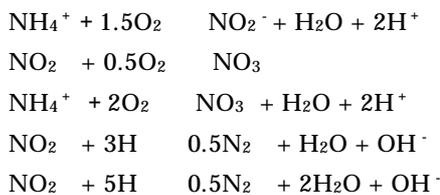


図 6、7 より窒素の除去が酸化チタンと共に微生物の

影響により進行しており、その活動が活発な夏期にはよく行われていることがわかる。

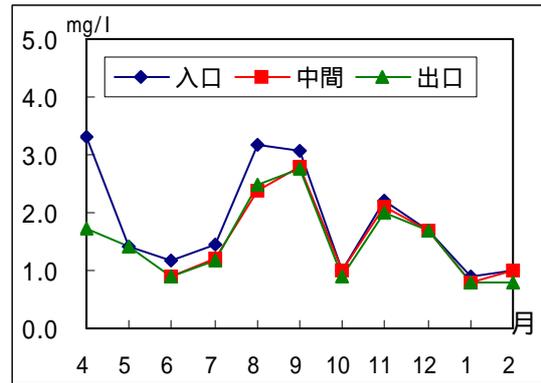


図 10 T-N の月別変化

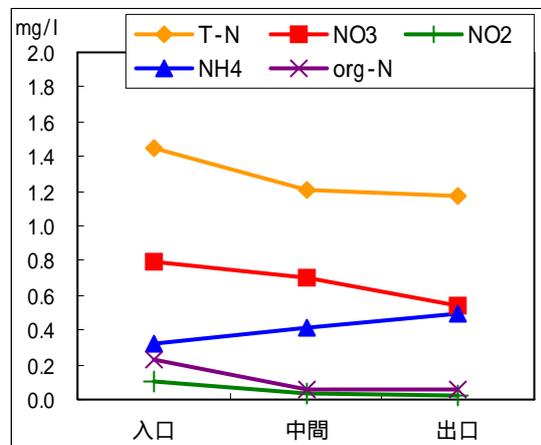


図 11 各種窒素イオンの変化

### 3.1.5 T-P

磷も窒素同様重要な栄養源であり、有機物・無機物の形で存在する。T-P はそれらの合計である。

図 12 に T-P の月別変化を示す。酸化チタンは結晶中で Ti と O の比率が 1 : 2 の化学量論値より外れている。これにより結晶構成イオン間の静電的アンバランスを生じると推察される。この作用によりアニオン、カチオンを吸着する。磷の場合、リン酸イオンが吸着されるため、結果 T-P が減少している。

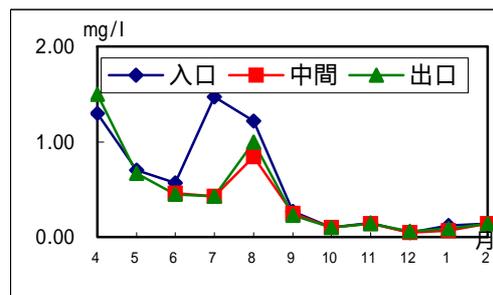


図 12 T-P の月別変化

### 3.1.6 アニオン

酸化チタンへのアニオンの吸着はその電価数に依存し、その増加に伴い、 $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$ のごとく親和力が增大する<sup>1)</sup>。図13に各種アニオンの変化を示す。各イオンの濃度が大きく異なるため、入口濃度を1とした時の比で中間、出口濃度を表した。上記一般則のとおり、 $\text{PO}_4^{3-}$ の吸着による除去が他のアニオンより多く確認された。

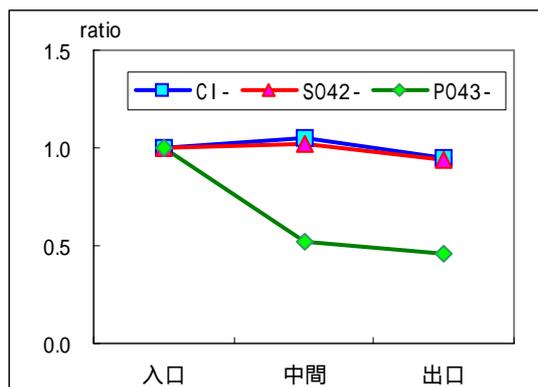


図13 各種アニオンの変化

## 4. 結び

- (1) 窯業系廃棄物に酸化チタン光触媒スラリーを吹き付け 650 で1度焼きしアナターゼの結晶からなるセラミックタイルを作製した。
- (2) COD は水温が高くなるにつれ、アオコの発生もあって高くなり、8月には 15.4mg/l に達した。
- (3) DO については、光合成による上昇が見られ、微生物の活動が鈍る冬季には上昇が抑えられた。
- (4) T-N については、酸化チタン光触媒による分解の他に、微生物による浄化も確認された。これについても、冬季における微生物の活動に影響を受けた。
- (5) T-P については、酸化チタンによる吸着によって浄化が確認された。
- (6) アニオンについては、除去効果は  $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$  という結果になった。これは、酸化チタンとアニオンとの親和力の強さにおける一般則と一致する。

## 文献

- 1) 清野学：酸化チタン、P263-264 (1997)、技報堂出版