汚水中の有機物の分解およびアンモニアの硝化における多孔質光触媒体の効果

Usefulness Of Porous Photo-catalyst Material To Break Into Sewage Water Of Organic Matter And Ammonia Of nitrification

○学 稲垣 聡 (中部大学大学院) 正 平沢 太郎 (中部大学) 寺井 久慈 (中部大学)

Satoshi INAGAKI, Chubu University, Matumoto-cyu1200, Kasugai-shi, Aichi-ken
Taro HIRASAWA & Hisayoshi TERAJI, Chubu University

1. 緒言

活性汚泥法は処理をした際に汚泥が増加するため、汚泥の埋め立てや再利用などの処理を必要とするという問題がある。下水処理場などの普及により BOD(生物学的酸素要求量)指標で見れば、河川の水質は緩やかに改善されているが、COD(化学的酸素要求量)指標で見れば閉鎖的の海域、湖沼の水質は改善されていないのも問題である⁽¹⁾。その原因として、活性汚泥法は微生物によって有機物を分解するが、微生物の分解機能は酵素作用であるため、人工的に作り出された化学物質の中には、微生物の酵素作用では全く分解されない化学物質や、下水処理場の滞留時間では分解できない化学物質もあるためである⁽²⁾。

近年、酸化チタンに紫外線を照射して、その表面に強い酸化力を発生させ有機物を分解する、いわゆる光触媒作用を用いた水中の有害有機物や大気汚染物質を除去するシステムの開発が進められている。汚水処理に関しても光触媒技術は、従来の活性汚泥法を補完して環境負荷を低減する、より高度な水処理を可能にすると期待されている。また、光触媒作用は、病原微生物の不活化と難分解性物質の分解を同時に処理できる可能性もある⁽³⁾。

本実験では、多孔質光触媒体と硝化細菌(アンモニア酸化菌+亜硝酸酸化菌)をカップリングした水質浄化システムで最初沈殿水を浄化する実験を行い、単位水量あたりの多孔質光触媒体の量が汚水中の有機物の処理速度に与える効果を POC, DOC の経時変化から検討した。また、単位水量あたりの多孔質光触媒体の量および曝気量が硝化反応に与える効果を NH_4^+ , NO_2^- , および NO_3^- の経時変化から検討した。

2. 実験方法

図1に示すように内径 94mm, 高さ 370mm のアクリルの筒の中央に外径 60mm, 内径 54mm, 高さ 520mm のアクリルの円管を設置し、内側と外側の円管の間に無機多

Fig.1 Reactor layout drawing Titanium Dioxide Photocatalyst Reactor of figure

孔質の表面および細孔内に二酸化チタン半導体粒子とセラミック粒子をコーティングした光触媒体を敷き詰めた。内側のアクリル円管の中に管径 25.5mm, 管長 330mm 波長 300nm~450nm の紫外線ランプ(東芝ライテック FL10BLB)が設置されている。円管の底にはエアーストーンが設置されており、エアーストーンからの曝気により、汚水を循環させ、かつ硝化細菌の活動に必要な酸素を汚水中に供給する。紫外線ランプ、光触媒体およびエアーストーンの設置されたアクリルの筒を以降、光触媒塔と呼ぶこととする。

3. 分析方法

水温および pH はイオンメータ(TOA-DKK)によりモニタリングを行なった。また、吸光度は紫外可視分光光度計(iuchi IUUV-1240)で測定した。経時的に 50ml を各槽から採取し、これを GF/F ろ紙でろ過処理した後、CNH コーダー(Yanaco MT-6)を用いて POC(粒子状有機炭素)を測定した。一方、ろ液は凍結保存し、TOC 計(Shimadzu TOC-V)を用いて DOC(溶存有機炭素)を、イオンクロマトグラフ(NH_4^+ , 東亜ディーケーケー IA-100, NO_2^- および NO_3^- , 日本分光 PU-2080i, CO-2065 Shodex CD-5, IC I-524A)を用いて NH_4^+ , NO_2^- , および NO_3^- を測定した。

4. 結果および考察

光触媒筒の設置された水槽内に最初沈殿水を入れ、光触媒筒を1週間稼働させるというバッチ処理を行なった。表1に示すように、光触媒筒の本数および曝気量をパラメータとし実験を行なった。

Fig.2 Variation in number of moles of ammonium ion, nitrite ion, nitrate ion

Table 1. Reactor condition

	Sewage water(l)	Number of Photocatalyst Reactor	Bubbling(ℓ/min)		Nitrifying bacteria (ml)	Nitrifying bacteria Injection timing (h)
			In Photocatalyst Reactor	Out of Photocatalyst Reactor		
Reactor F	20.0	2	5.0	0.0	20.0	24
Reactor G	20.0	1	2.5	2.5	20.0	24
Reactor H	20.0	1	2.5	10.5	20.0	24

図2に反応槽F, 反応槽Gおよび反応槽Hの NH_4^+ , NO_2^- , および NO_3^- の総モル量の経時変化を示す. いずれの反応槽も実験開始から24時間後に NH_4^+ が初期値約40mmolから約10mmol減少し, 48時間後まではやや増加し, 48時間以後に減少する. 減少速度は各反応槽によって異なる. また, いずれの反応槽も NH_4^+ が減少し始める48時間以後に NO_2^- が増加し始める. さらに, 実験開始から72時間以後に NO_3^- が増加し始める. NO_2^- および NO_3^- の増加速度にも反応槽によって違いが見られる. 反応槽Fは, 反応槽Gおよび反応槽Hに比べて反応が促進されていることがわかる. 反応槽Fの NO_2^- は, 96時間後にピークを迎え, 96時間以後は減少する. 反応槽Gおよび反応槽Hの NO_2^- は, 約108時間後にピークを迎え, 108時間以後は減少する. 120時間後に反応槽Fの NH_4^+ が0mmolになり, 反応槽Gおよび反応槽Hは約5mmolまで減少する. 96時間以後に減少し始めた反応槽Fの NO_2^- の値は, 144時間後に約0mmolになり, 108時間以後に減少し始めた反応槽Gおよび反応槽Hの NO_2^- の値は, 166時間後に0mmolになる. 反応槽Gおよび反応槽Hの NH_4^+ は実験終了まで約5mmolから減少することはない. また, 反応槽Gは反応槽Hと定量的にも定性的にも一致している. よって, ある一定以上を曝気しても効果がないと思われる. 反応槽Fが硝化反応が一番促進されていることより, 光触媒筒が1本より2本の方が硝化反応が促進される可能性が高い. また, 反応槽Gおよび反応槽Hより, 曝気量を5.0 ℓ/min から13.0 ℓ/min に増加させてもアンモニアの硝化に効果は無いことが示された.

Fig.3 Variation in number of ppm of POC and DOC

反応槽F, 反応槽Gおよび反応槽Hの汚水中の有機物について経時的にPOC, DOCを測定した結果を図3に示し, 縦軸にはPOC, DOC濃度を示す. 反応槽F, 反応槽Gおよび反応槽HのPOCの経時変化は, 実験開始から24時間後の時点では違いがある. 光触媒筒を2本設置している反応槽Fでは, 光触媒筒を1本設置している反応槽Gおよび反応槽Hより約3~5ppm低い値となっている. しかし, いずれの反応槽も実験開始から48時間後まで急激に低下し, 48時間以降は有用な低下が見られない. 初期値約60ppmから低下し, 実験終了時には約1/20の2.5ppmまで低下する. 実験開始から20時間後までの間は, 多孔質光触媒体によるPOCの吸着が支配的であると考えられることから, 多孔質体の量の差が実験開始から24時間後のPOCの差となって現れたと考えられる. 実験開始から15時間以後に微生物も有機物を分解するようになり, いずれの反応槽にも有機物量に差がなくなる. 一方, DOCの経時変化は, いずれの反応槽も定量的にも定性的にも一致していて, 実験開始から48時間の間に急激に低下し, 48時間以後は徐々に低下している. 初期値約70ppmから低下し, 実験終了時には約1/10の6ppmまで低下する.

5. 結言

光触媒作用と硝化細菌のカップリングによって, 汚水を浄化する実験を行った. 多孔質光触媒体の光触媒効果中の汚水で硝化細菌が活動することを示すことができた. また, NH_4^+ を NO_3^- まで約168時間で酸化できることが示された. 曝気量を5.0 ℓ/min から13.0 ℓ/min に増加させてもアンモニアの硝化に効果は無いことが示された. 下水処理水の最初沈殿水(POC約60ppm, DOC約70ppm)をPOCを約2.5ppm, DOCを約6ppmまで分解できることが示された. POCの変化は, いずれも48時間後の10ppm付近までは急速に分解は進むが, 5ppm以下では分解が進まないという結果であった.

参考文献

- (1)早川和秀, 高橋 幹夫, 琵琶湖北湖における溶存有機炭素の動態とCOD増加をとりまく現状, 滋賀県琵琶湖研究所所報(2002, No.19, pp42-49)
- (2)井出 哲夫, 水処理工学—理論と応用—, 技報堂出版株式会社(1990.P206)
- (3)田中卓実, 相沢貴子, 浅見真理, 紫外線—光触媒処理による水中細菌の不活化, 水環境学会誌 (2001, No.24, pp233-139)