

小規模排水処理装置に向けた微生物担体の開発

麻生信之* 山川徹郎* 泉清和*

Study on microcarrier use for ozone-bio coupled treatment in small scale industry

ASOU Nobuyuki*, YAMAKAWA Tetsuro*, IZUMI Kiyokazu*

抄録

ハニカム状のセラミック材による微生物担体を使用して、同一槽内で高濃度オゾン処理と微生物処理を行う排水処理システム（オゾン生物同時処理）を検討した。担体により微生物が保護され、オゾンの酸化力による汚濁等の分解と微生物による浄化作用により水処理効果が向上することが確認された。その結果、新たな槽を設けることなく既存の活性汚泥処理槽を活用し、より高度な排水処理の可能性が見出された。

キーワード：小規模事業所，排水処理，オゾン生物同時処理，微生物担体

1 はじめに

平成 15 年度より「水質汚濁防止法」に基づく「第 5 次総量規制」が開始され、東京湾等の閉鎖性水域における一層の COD 負荷削減が必要であることから、これまで排水規制の対象外であった日平均排水量 10m³ 未満の事業所 10 業種についても有機汚濁負荷等に関する規制がかけられることとなった。

このような状況下においては、新規に排水処理施設の必要な小規模事業所も多いと考えられ、低コストで、維持管理にも手間のかからない排水処理施設の開発が急務である。

そのため、排水のオゾン処理と生物処理を同一の槽で行うことにより、新たに処理槽を設けることなく既存の施設を改善する方法を検討し、オゾン分解触媒を担持したハニカム状のセラミック材による微生物担体を開発した¹⁾。

この担体を使用して高濃度オゾン生物同時処理による排水処理方法を検討したので報告する。

2 実験方法

2.1 注入オゾンの排水への作用

2.1.1 触媒による溶存オゾンの分解

オゾンは強い酸化力があり汚濁成分も分解するが微生物を殺滅する作用もある。担体にオゾン分解触媒を担持させれば担体内に生息する微生物を溶存オゾンから保護できると考え、担体表面にオゾン分解触媒（表 1）を付与し溶存オゾンの分解速度を測定した。

表 1 担体表面の触媒と加工法

	触媒調整法
Mn 触媒	テトラエトキシラン ザルゲル法
炭素	天然糊材溶液 400 ~ 600 °C 焼成

ガラス製容器に 8L の水（23 °C）を入れ、担体（5 × 5 × 1cm）を 20 個入れて、空気原料による高濃度オゾン含有ガスを流量 2L/min で散気管を通して通気した。溶存オゾン濃度が約 2mg/L に到達後オゾンガス送入を停止し、その後の溶存オゾンの分解速度を測定した。

ガス中オゾン濃度はヨウ化カリウム法²⁾により、溶存オゾン濃度は電極式溶存オゾン濃度計（荏

* 環境技術部

原実業製 DOP-50) により測定した。

比較のため、水や活性汚泥へオゾン注入した場合も測定した。

2.1.2 オゾンの微生物活性への影響

オゾン注入による微生物活性への影響を見るために、担体の入った汚泥中にオゾンを注入し、微生物活性を下記の試験条件で測定した。

微生物活性は、溶存酸素(DO)の減少速度の変化で測定した³⁾。活性度は DO 減少曲線の初期傾き(溶存酸素 7 → 5mg/L 付近)の比とした。比較のため活性汚泥についても同様な試験を行った。

試験条件

- ・容器 ガラス製円筒容器
 - ・試料液量 8L (担体 80 個を含む)
 - ・水温 20 ~ 23 °C
 - ・オゾン 注入量(mg/L/min) ガス濃度(volppm)
- | | |
|------|-------|
| 0.12 | 1,400 |
| 0.36 | 3,700 |
| 0.66 | 7,700 |

・活性度の測定

担体 6 個を取り出し密封できるガラス容器に入れ、水を加えて溶存酸素の減少速度を測定した。

2.1.3 汚濁、汚泥(MLSS) へのオゾンの作用

オゾンを排水中へ注入した時、オゾンが排水中で汚濁等にどのように作用しているかを検討した。

注入深度や濃度等のオゾン注入条件によるオゾン利用効率について検討した。円筒型容器(φ 83mm)に汚泥を含む排水を入れ、供給したオゾン濃度に対して試料液と反応せず放散されたオゾン濃度の比をオゾン放散率(%)として求めた。

オゾンの汚濁に対する作用を見るため、BOD 200mg/L 程度の人工下水にオゾン(注入量 0.35mg/L/min、濃度 2,200volppm)を注入し、経時変化で水質の測定を行った。

オゾンと汚濁(人工下水)、汚泥(MLSS)との反応性を調べるため、有栓メスシリンダに、各試料液 2.5L(水深 44cm)を入れ、オゾンを試料液に注入し、供給したオゾン濃度に対して試料液と反応せず放散されたオゾン濃度の比をオゾン放散率(%)として求めた。

また、オゾンによる汚泥(MLSS)の分解試験を行い、オゾン注入量と汚泥減容量との関係を調べた^{4) - 7)}。

2.2 担体を使った排水処理試験

オゾン生物同時処理において適量の注入オゾン量を調べるために下記の試験条件で行った。比較のため活性汚泥についても同様な試験を行った。

試験条件

- ・容器 アクリル円筒容器(φ 251mm)
 - ・試料液量 12L (担体 80 個を含む)
 - ・汚濁負荷 BOD (122 ~ 424mg/L) 人工下水
 - ・色度負荷 Acid Blue 29(COD 49.6mg/L)
 - ・水温 20 ~ 22 °C
 - ・オゾン 注入量(mg/L/min) ガス濃度(volppm)
- | | |
|------|--------|
| 0.44 | 9,700 |
| 0.53 | 6,200 |
| 1.29 | 16,000 |
- ・空気曝気量 2.5L/min
 - ・測定項目 BOD (JIS K0102 21)
COD (JIS K0102 17)
総トリハロメタン生成能(HS-GC-MS 法)⁸⁾
色度¹⁾ (350 ~ 700nm までの 50nm 毎の吸光度の総和)

3 結果及び考察

3.1 注入オゾンの排水への作用

3.1.1 触媒による溶存オゾンの分解

図 1 にオゾン分解触媒を付加した担体別による溶存オゾン濃度の分解速度を示す。触媒を付加した担体は、担体の場合と比べて差がほとんど無く、水と比べると若干速かった。

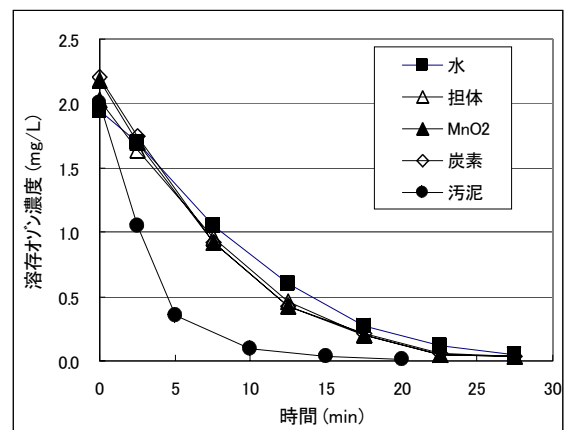


図 1 溶存オゾンの触媒による分解

また、活性汚泥はこれらに比べて著しく速いため、オゾン生物同時処理においては、触媒付与担体による溶存オゾン分解効果は少ないことが分かった。

3.1.2 オゾンの微生物活性への影響

図2にオゾン注入による微生物活性変化を示す。

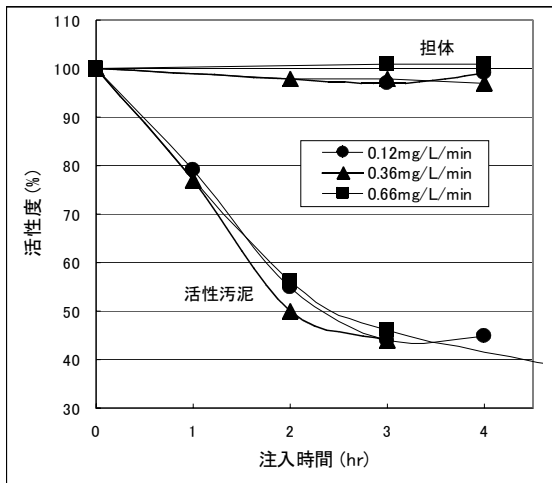


図2 オゾン注入による微生物活性変化

担体を用いた場合は活性の低下はほとんど無かった。(97%以上)

活性汚泥の場合、オゾン注入濃度にかかわらず活性度はほぼ一定の減少をした。水中や汚泥表面に存在する微生物がオゾンによって殺滅され、活性が減少したものと考えられる⁹⁾。

また、オゾン注入中に溶液の溶存オゾン濃度を測定した結果、溶存オゾンは検出されなかった。

活性汚泥中に注入されたオゾンは直ちに消費されていると考えられる。従って微生物の活性を損なわないオゾンの注入方法としては、オゾンを含む気泡がハニカム状セラミック担体の孔内に生息する微生物を直撃しないようにするか、オゾンの通り道に担体を設置しないようにすればよい。

3.1.3 汚濁、汚泥 (MLSS) へのオゾンの作用

図3にオゾンの注入深度を変化させた時のオゾン放散率を示す。

排水は水に比べて放散率が低かった。注入深度が増すと放散率も低くなった。同一濃度では流量が低いほど、同一流量では濃度が高いほど放散率

が低くなった。従って、注入量が同じであれば、微生物に影響が出ない濃度範囲において、高濃度で低流量の方がオゾンの利用効率が高くなる。

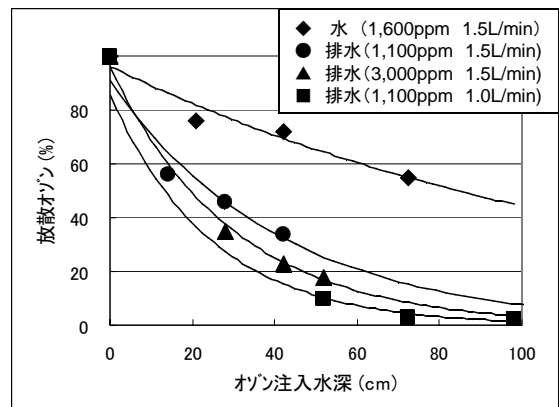


図3 オゾン放散率

図4にオゾンのみによる汚濁 (人工下水) の水質変化を示す。

BOD、COD、TOC はほとんど低下しなかった。従って、オゾン単独では汚濁浄化作用は少ないことが分かった。

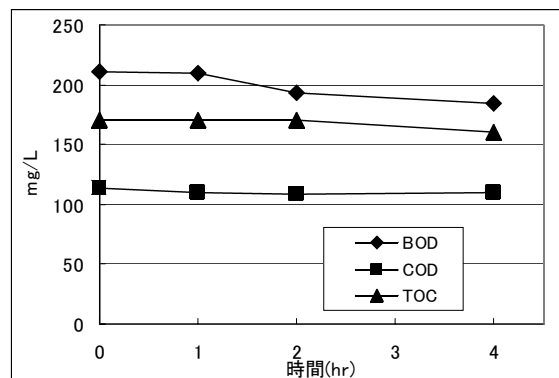


図4 オゾンのみによる汚濁の水質変化
オゾン注入量 0.35mg/L/min (2,200volppm)

オゾンと汚濁、汚泥との反応性を図5に示す。

オゾンと汚泥 (MLSS) の反応は図に示すとおり汚泥濃度が高いと反応性が上がり放散オゾン率は低くなった。汚濁との反応は初期には汚泥に比べ非常に反応性が高かった。しかし、時間経過 (図中に矢印で示す) とともに放散オゾン量は徐々に増加していった。これは汚濁中のオゾンに対する反応性が高い物質が最初に反応する結果であるとされる。

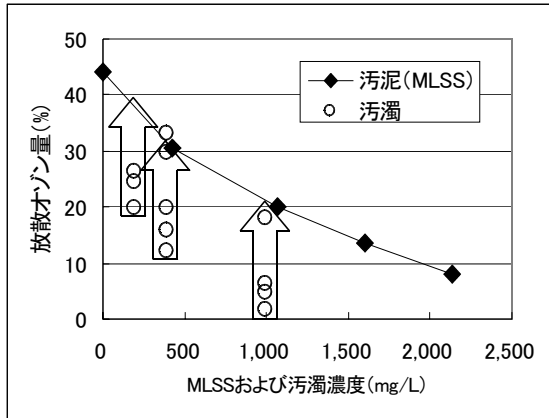


図5 オゾンと汚濁、汚泥との反応性
オゾン濃度 3,300volppm、流量0.3L/min

図6にオゾン注入量と MLSS の分解量の関係を示す。

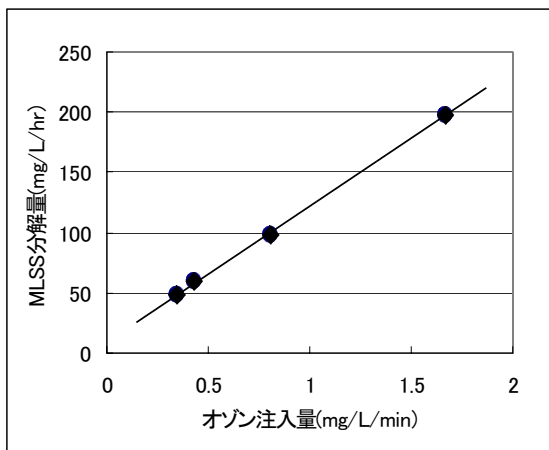


図6 オゾン注入量とMLSS分解量の関係

MLSS はオゾン注入量に比例して分解することが分かった。オゾン注入量を制御することにより余剰汚泥の分解や発生量の抑制が可能であると考えられる。

3.2 担体を使った排水処理試験

処理時間に対する排水中の BOD 変化を図7に、COD 変化を図8、色度変化を図9に示す。総トリハロメタン生成能を表2に示す。

BOD について、オゾン生物同時処理では担体を使用するため処理槽の有効体積は約 12%減少するが、オゾンによる効果で 15 ~ 17%程度良くなり、差引 3 ~ 5%程度の処理能力が向上した。

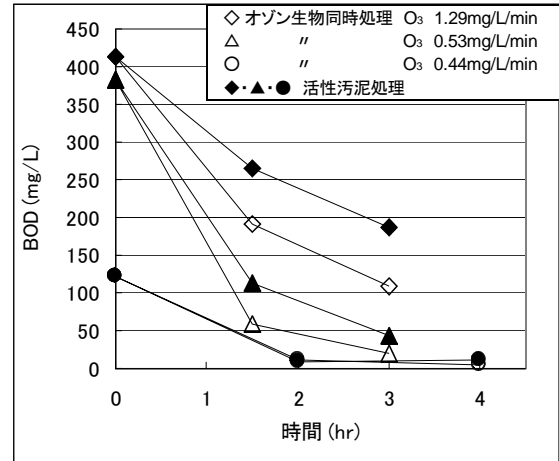


図7 処理時間に対する排水中のBOD変化

COD は図4で示したようにオゾン単独の処理では汚濁中の COD はほとんど減少しなかった。オゾン生物同時処理では、通常の微生物処理に比べて COD の減少は速くなった。特に COD 濃度が高い時はより効率的に分解した。

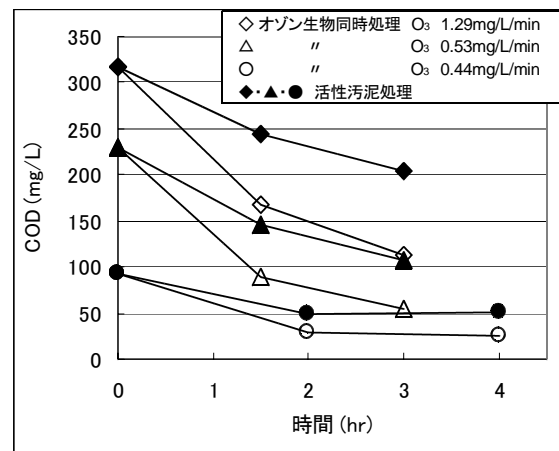


図8 処理時間に対する排水中のCOD変化

オゾンは BOD 系の汚濁物質を微生物がより分解し易いものに変えると同時に、微生物が分解できない難分解性物質を容易に分解できる物質に変化させたためと考えられる。また、オゾン生物同時処理は COD 系の汚濁物質を速く低濃度まで分解できることに特徴がある。(微生物処理では BOD は時間経過とともに減少したが、COD は 50 ~ 70mg/L 以下には減少しなかった。)

図9に示す色度変化に使用した色素はいわゆる生物難分解物質であり、微生物処理ではほとんど

分解しなかったが、オゾンを使用したことにより色素の分解が容易に進み、それにともない液の色度も減少していることが分かった。

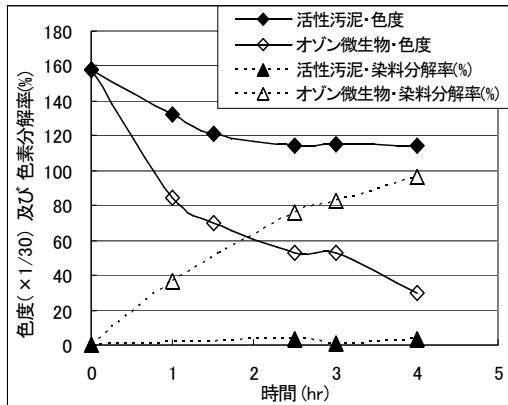


図9 処理時間に対する色度変化・色素分解率
オゾン注入量 1.29mg/L/min (16,000volppm)

総トリハロメタン生成能は通常の活性汚泥処理に比較して 1/3 程度に低下してきており、より安全な水質に処理されていることが確認された。

表2 総トリハロメタン生成能

試料の処理方法	総トリハロメタン生成能(mg/L)
オゾン生物同時処理 0.57mg/L/min (3,000volppm)	0.015
活性汚泥による処理	0.049
参考・水道法による水質基準	0.1 以内

今回の試験で、汚濁負荷が BOD 約 420mg/L、COD 320mg/L の場合、オゾン注入量 0.53mg/L/min と 1.29mg/L/min を比較すると、水質浄化 (BOD、COD) の程度には差が出なかった。

3.1.3 の結果から汚濁負荷 BOD400mg/L の場合、発生する汚泥量を抑制するには、滞留時間を 4 時間とすると約 0.25mg/L/min のオゾン量が必要となる。汚泥 (MLSS) と汚濁の反応性より注入オゾンの適量は 0.5mg/L/min 程度と考えられる。

以上の結果を総合すると、(高濃度) オゾン生物同時処理における注入オゾン量は、汚濁濃度、汚泥濃度及び処理時間を考慮して決める必要がある。また、汚濁負荷 (BOD,COD) が比較的高く、生物難分解物質 (着色料等) が多い排水処理に非常に有効である。

4 まとめ

- (1) ハニカム状セラミック担体を用いることにより高濃度オゾン生物同時処理が可能となった。
- (2) 高濃度オゾン生物同時処理により、限られた設備でもより高度な水処理が可能となった。また、過剰な汚泥の発生が抑えられメンテナンスも容易になった。

謝辞

本研究を進めるに当たり、ハニカム状セラミック材のご提供を戴きました合資会社ヨシヒコ様、並びに、客員研究員としてご指導をいただきました東洋大学生命科学部の岡崎渉助教授に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1)熊谷知哉, 山川徹郎: 小規模排水処理装置に向けた微生物担体の開発, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **4**, (2005)5
- 2)杉光英俊: オゾンの基礎と応用, 光琳, (1996) 137
- 3)小林瑞穂, 熊谷知哉, 薮島路夫, 高橋信行: 埼玉県工業技術センター研究報告, **3**, (2001)146
- 4)中塩真喜夫: 廃水の活性汚泥処理, 恒星社厚生閣, (1996)273
- 5)高砂熱学工業(株): 生物処理槽の汚泥処理方法及び廃水処理システム, 特開 2006-314911
- 6)日立プラント建設(株): 汚泥減容方法, 特開 2004-275996
- 7)日立プラント建設(株): 排水処理装置, 特開 2005-193106
- 8)長谷川絵里, 山田春美, 津野洋, 高橋信行, 熊谷知哉, 清水昌己: 染色廃水のオゾン・生物処理における塩素消毒副生成物生成能の挙動, 第 16 回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, (2006) 121
- 9)佐々木康成, 木村総一郎, 加藤康弘, 高橋和孝: オゾン処理による下水処理水中ウイルスの不活化特性, 第 16 回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, (2006)109