



Title	流動層バイオリアクター・接触曝気プロセスによる汚泥脱水ろ液の処理
Author(s)	本間, 昭浩; 清水, 達雄; 工藤, 憲三 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 2 . P6-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 256-260
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7743
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-6-6_p256-260.pdf



6-6 流動層バイオリアクター・接触曝気プロセスによる汚泥脱水ろ液の処理

○本間 昭浩、清水 達雄、工藤 憲三（北海道大学工学部）
濱口 利夫、中林 昭（月島機械KK）

1. はじめに

現在、最も一般的に用いられている下水処理法は活性汚泥法によるものであるが、活性汚泥法はそのシステムの性質上、大量の初沈・余剰汚泥が発生し、その処理過程で汚泥脱水ろ液（初沈汚泥と余剰汚泥の混合汚泥を脱水した際のろ液）が発生する。

この汚泥脱水ろ液は再び下水処理プロセスの前段に返流輸送されるが、高濃度の有機物や栄養塩を含有しているため、処理プロセスに多大な汚濁負荷を与えるという問題がある。また近年、下水処理プロセスから発生する汚泥の集中処理化が行われつつあり、その場合においても大量の汚泥脱水ろ液の発生が予想され、その処理が問題となってくる。

そこで本研究では、有機物・窒素・リンの高効率処理プロセスとして開発中である嫌気性流動層バイオリアクター（Anaerobic Fluidized Pellet Bed Bioreactor、以後AFPBリアクターと呼ぶ）と接触曝気槽を組み合わせた処理プロセスが汚泥脱水ろ液の処理に適用できるかどうかを明らかにするための研究を行った。

2. 処理原理および実験装置

図1に本処理プロセス^{1)~5)}の原理を示す。本処理システムは、主に嫌気槽であるAFPBリアクターと好気槽である接触曝気槽からなっており、汚泥脱水ろ液中のリン成分・SS成分に関してはAFPBリアクター内で凝集除去を行い、窒素成分に関しては接触曝気槽内でアンモニア性窒素の硝化、AFPBリアクター内で硝酸性窒素の脱窒を行い、この二つの反応槽内の水を循環することによって、窒素成分の除去を行う。

図1、本処理装置のしくみ

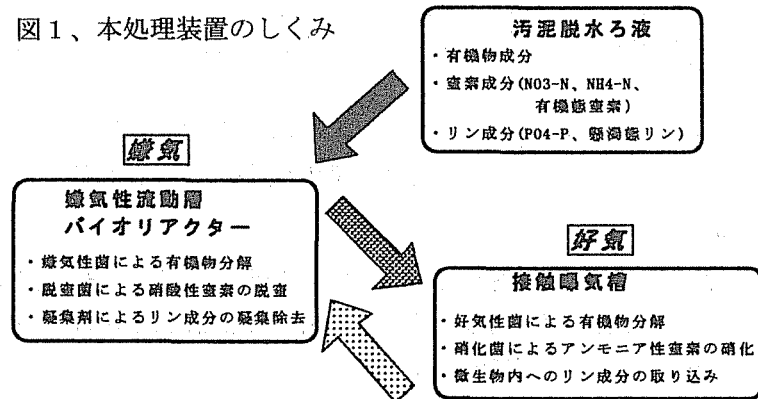


図2が、実験装置の概略図である。汚泥脱水ろ液は、AFPBリアクター低層部に輸送される前段階で無機凝集剤のPACと高分子凝集剤であるアニオン性ポリマーが添加される。これによって汚泥脱水ろ液内の懸濁性成分やリン成分は凝集し、AFPBリアクター（容積100l）内にペースト状の凝集汚泥として堆積する。この凝集汚泥は微生物活性を有しており、また微生物による脱窒の際の有機炭素源としても利用される。

接触曝気槽（容積100l）内には微生物の付着したナイロン性バイオコードが充填されており、エアークンプレッサーによる全面曝気を行うことによって、溶存性有機物の分解およびアンモ

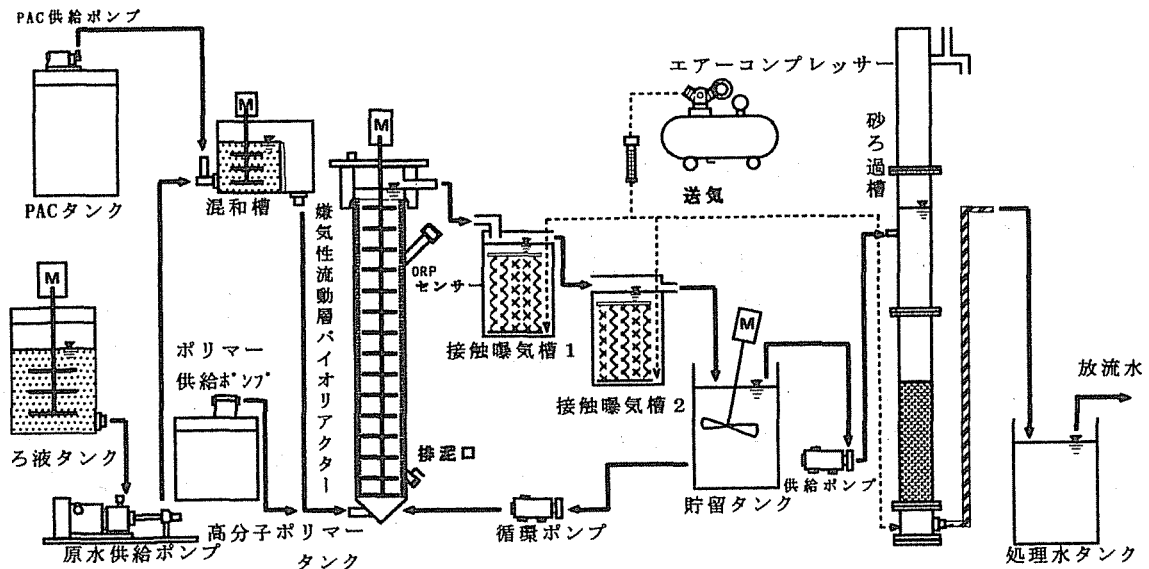


図2、実験装置の概要

ニア性窒素の硝化を行う。

曝気槽流出水は脱窒による窒素除去を行うために原水流入量の3倍量が循環ポンプによってAFPBリアクター内に逆流供給され、残りの処理水は砂ろ過槽（容量20l）内で微量SS成分が捕捉除去されたのち、最終的に放流水として放流される。

表1、実験装置運転条件

水理学的滞留時間	HRT26 h	HRT34h	HRT40h	HRT50h
原水供給量 (l/h)	7.50	5.90	5.00	4.00
循環水流量 (l/h)	22.5	17.7	15.0	12.0
砂ろ過槽供給量 (l/h)	2.43	1.91	1.62	1.30

3、実験方法

3-1、試料

汚泥脱水ろ液、AFPBリアクター流出水、接触曝気槽流出水、砂ろ過槽流出水を分析試料としてサンプリングした。汚泥脱水ろ液は創成川下水処理場内の汚泥脱水施設（フィルタープレス脱水装置を使用）の脱水ろ液を排水槽からポンプで汲み上げたものを用いた。

3-2、測定項目

T-CODは二クロム酸カリウム法、T-N、T-Pはペルオキシ二硫酸カリウム分解法⁶⁾で測定した。

NH₄-N、NO₃-Nはイオンクロマトグラフィー（横川アナリティカルシステムズIC7000型）で測定した。BOD、SSについては、下水試験方法⁷⁾に従って行った。

表2、汚泥脱水ろ液及び処理水の水質 (HRT40 h)

分析項目	汚泥脱水ろ液	砂ろ過槽流出水
T-CODcr	812	20.0
S-CODcr	536	18.9
T-BOD	786	2.72
S-BOD	441	2.20
T-N	70.8	11.4
NH ₄ -N	38.7	0.08
NO ₃ -N	3.38	10.6
T-P	5.56	0.06
SS	552	-

単位 (mg/l)

3-3、実験条件

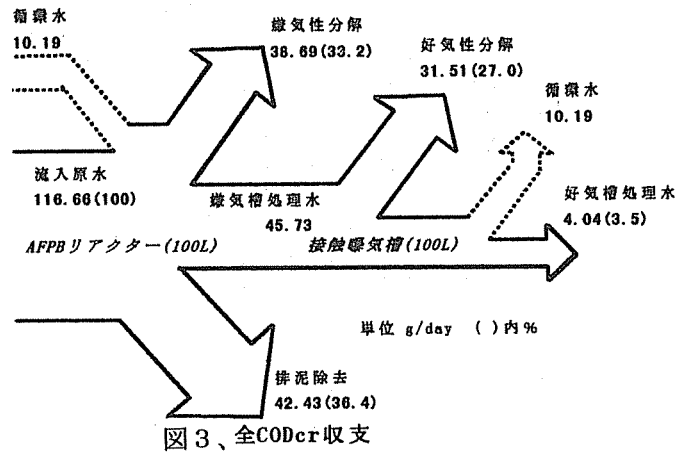
今回の実験装置の運転条件を表1に示す。実験は、実験装置のHRT（水理学的滞留時間）を26h～50hと変化させ、汚泥脱水ろ液および各反応槽から流出する処理水中のCODcr、窒素およびリン成分濃度の測定を行った。凝集剤は、原水1lあたりPAC30mg、アニオン性ポリマー2.5mgを添加した。

実験期間は、1996年10月から翌年の2月までの4ヶ月間で、その間処理水温度は14～20℃と変動したが、水温変化に伴う除去効率の低下は見られなかった。

4、成果と考察

4-1、水質性状

表2に汚泥脱水ろ液、および最終処理水（砂ろ過槽から流出した処理水）の性状を示した。最終処理水の水質は、HRTを40時間に設定した際に得られたものである。汚濁成分の除去率は、T-CODcr、全窒素、および全リンでそれぞれ約97%、84%、99%に達し、SS成分に関してはほぼ完全に除去することができた。



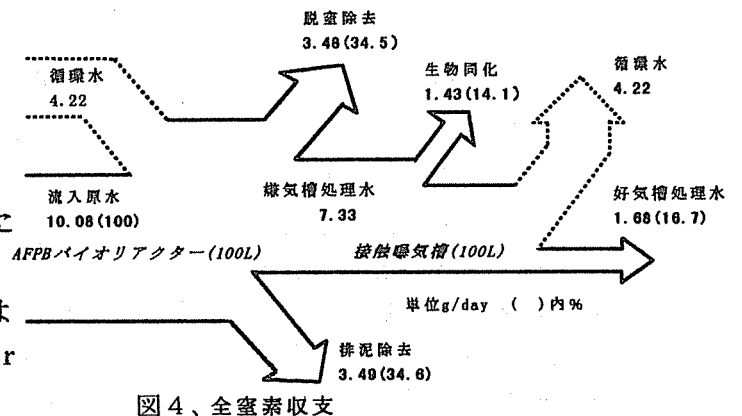
4-2、汚濁物質の物質収支

汚泥脱水ろ液中のCODcr、窒素およびリン成分が本処理システムのどのプロセスによって除去されるかを、物質収支に基づいて考察した。図3、図4、図5にそれぞれT-CODcr、全窒素、全リンの物質収支のフロー図を示した。用いたデータは、HRT40時間で装置を運転した際に得られたものである。

CODcr成分は、AFPBリアクター内で嫌気性微生物による分解によって33%（主として脱窒に使われたと思われる）、凝集汚泥の排泥除去によって36%までが除去された。さらに接触曝気槽内では主に溶存性有機物の好気性微生物による分解によって27%までが除去され、結果CODcr量は原水の3.5%にまで減少した。

全窒素については、AFPBリアクター内における生物学的脱窒とSSの造粒化による排泥除去によって、それぞれ35%程度が除去され、接触曝気槽内では生物膜内への同化作用によって14%程度が除去された。結果、全窒素量は原水の17%程度にまで減少した。

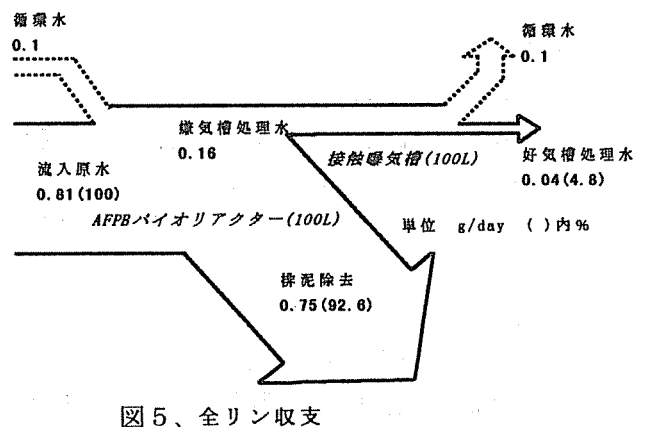
全リンについては、凝集剤の添加によってAFPBリアクター内でそのほとんどが除去された。



4-3、流入負荷量と除去率の関係

図6に本処理プロセスにおけるCODcr負荷量と除去率との関係を示す。

今回の実験期間中、T-CODcr負荷量は0.3~0.7kg/m³/dayと変動したが、いずれの場合においても砂ろ過槽から流出する最終処理水のCODcr濃度は約20mg/lであり、常に95%の除去率が達成された。



次にAFPBリアクター内への $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量と脱窒率の関係については、図7に示すように、流入負荷量に関係なく常に100%で推移した。

すなわち、接触曝気槽で硝化反応によって生成した $\text{NO}_3\text{-N}$ のすべてが脱窒によって除去された。これはAFPBリアクター内の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に比べて、T-COD_{cr}濃度がその50倍程度と非常に高く、脱窒に必要な炭素源が充分存在するため良好な生物学的脱窒が行われたものと思われる。

しかし、図8に示したようにアンモニア性窒素の硝化に関しては、接触曝気槽内への $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量が $0.1\text{kg/m}_3/\text{day}$ 以下ではほぼ完全に硝化が行われたのに対して、 $0.25\text{kg/m}_3/\text{day}$ 以上では20%にまで硝化率が減少した。この原因は有機物負荷量の増加によって、有機物酸化によるDO消費量が增大し、硝化菌の増殖が抑制され硝化が不完全になったと考えられる。このため、窒素成分に関しては、とくにアンモニア性窒素の硝化について適切な運転条件の設定が必要であることがわかった。

最後に全リン負荷量と除去率の関係については、凝集剤による物理的除去を採用しているため、AFPBリアクター内において流入負荷量に関係なく80%以上の除去率が達成された。

5、結論

以上の実験結果より得られた結論は、以下の通りである。

- ・ COD成分は流入負荷量を 0.2kg/day 以下に設定することによって、常に90%以上の除去率が得られた。
- ・ 曝気槽内のアンモニア性窒素の硝化に関しては、適切な運転条件の設定が必要であった。
- ・ AFPBリアクター内での脱窒は、流入負荷量が $0.05\text{kg/m}_3/\text{day}$ 以下では、ほぼ完全に行われた。
- ・ 凝集剤の添加によって、リン成分はAFPB

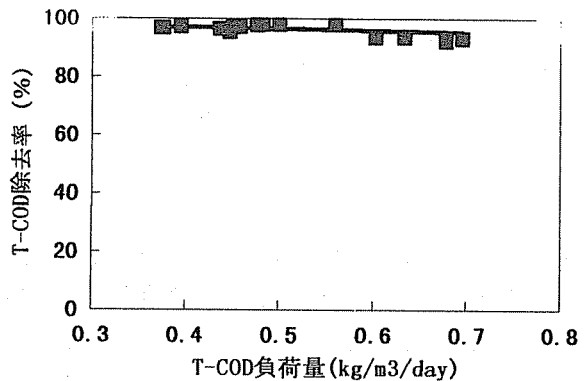


図6、本システムのT-COD負荷量と除去率の関係

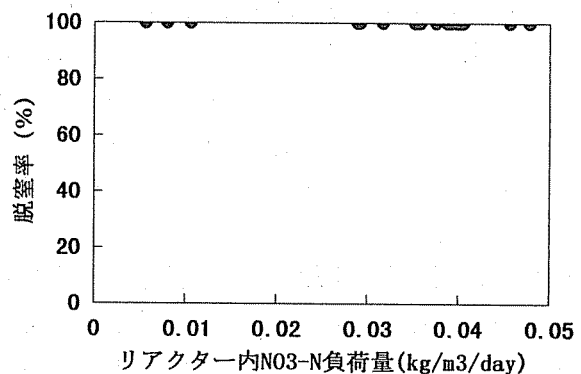


図7、リアクター内 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量と脱窒率の関係

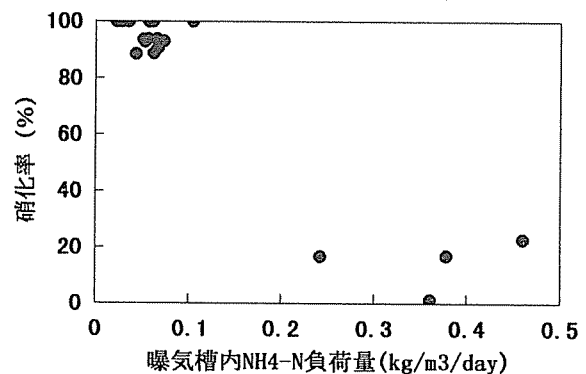


図8、曝気槽内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量と硝化率の関係

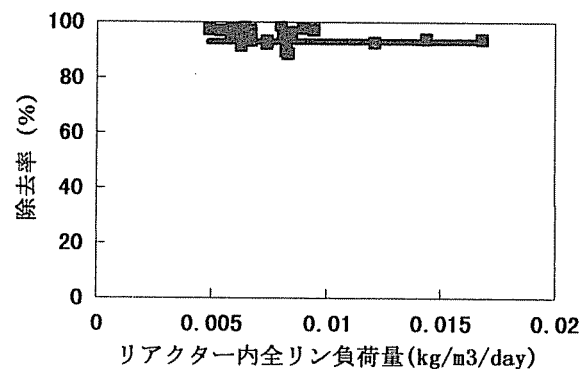


図9、リアクター内全リン負荷量と除去率の関係

リアクター内において凝集汚泥として90%以上を除去することが可能であった。

以上のような結論が得られ、本システムは適切な運転条件を設定すれば、汚泥脱水ろ液の処理方法として有効な処理プロセスであることが示唆された。

《参考文献》

- 1) 清水達雄、丹保憲仁、工藤憲三、中林昭、濱口利男、須賀雄一：「化学凝集嫌気性流動層バイオリアクターと好気性生物処理プロセスから構成された下水の高度処理システム」、「環境工学研究論文集」、Vol.35, No5, pp.23-30(1993)
- 2) 清水達雄、丹保憲仁、工藤憲三、濱口利男、中林昭：「流動層造粒分離・好気性処理槽と嫌気性処理槽から構成された下水処理システム—造粒汚泥の生成と嫌気性硝化—」、「用水と排水」、Vol.35, No5, pp.23-30(1993)
- 3) 清水達雄、丹保憲仁、工藤憲三、小澤源三、濱口利男：「嫌気性ペレット流動層バイオリアクターシステムによる有機物、窒素およびリン除去」、「水」、Vol.37, pp.70-76(1995)
- 4) 清水達雄、丹保憲仁、工藤憲三、濱口利男、中林昭：「流動層造粒バイオリアクターシステムによるSS、COD、窒素およびリン除去」、「水環境学会誌」、Vol.18, No2, pp138-147(1995)
- 5) 中林昭、角田明彦、濱口利男、清水達雄、工藤憲三：「化学凝集バイオリアクターによる汚泥返流水のN・P除去」、「第33回下水道研究発表会」、pp859-861(1996)
- 6) 日本分析化学会北海道支部：「水の分析(第4版)」、pp236-239, pp240-248, pp266-269(1994)、化学同人
- 7) 日本下水道協会：「下水試験方法」、pp.124-131, pp106-108(1985)、日本下水道協会