

## 排水処理技術の実態について

## 排水処理施設の普及状況について

製造業等における排水処理施設の普及状況について取りまとめた結果を次に示す。

表 製造業等における排水処理施設普及状況（割合、平成16年度）

（単位：％）

主要産業分類	活性汚泥 (浮遊式)	活性汚泥 (接触酸化)	生物的 脱窒	凝集 沈澱(浮上)	活性炭	ろ過	膜分離	オゾン 処理	油水分離	その他 高度処理	その他	～ いずれか
鉱業	---	---	4	68	---	---	---	---	---	4	52	100
食料品製造業	81	28	0.4	24	3	7	0.2	1	5	4	9	100
飲料・たばこ・飼料製造業	71	32	---	35	4	8	1	2	1	2	18	100
繊維・繊維製品製造業	57	21	0.3	47	8	6	---	3	7	3	22	100
木材・木製品製造業(含家具等)	36	27	---	64	9	9	---	---	---	27	9	100
パルプ・紙・紙加工品製造業	23	14	---	84	1	6	---	---	3	8	16	100
化学工業	47	22	2	56	13	16	2	1	16	10	30	100
石油製品・石炭製品製造業	58	13	---	85	65	50	3	---	80	15	10	100
プラスチック製品製造業	50	50	---	31	6	19	6	---	6	6	19	100
ゴム製品製造業	25	35	---	40	15	23	---	3	48	5	25	100
窯業・土石製品製造業	16	15	2	79	6	12	---	1	5	1	24	100
鉄鋼業	25	10	1	89	10	30	---	1	16	11	31	100
非鉄金属製造業	28	11	2	52	4	15	---	---	15	7	30	100
金属製品製造業	11	14	---	83	11	20	1	1	6	8	24	100
一般機械器具製造業	41	22	1	63	13	25	1	---	22	11	20	100
電気機械器具等製造業	48	34	2	68	17	27	2	4	6	15	28	100
輸送用機械器具製造業	46	36	0.4	77	26	36	0.4	0.4	21	14	12	100
精密機械器具製造業	70	30	---	85	30	35	---	---	---	15	20	100
その他の製造業	35	35	---	62	15	23	---	---	4	4	23	100
電気・ガス・熱供給業	36	47	6	72	25	33	6	---	14	3	14	100
洗濯・理容・美容・浴場業	63	35	2	19	9	13	2	1	3	5	8	100
廃棄物処理業	52	19	1	40	25	27	1	---	10	6	12	100
計	51	24	1	53	10	16	1	1	10	7	19	100

出典：発生負荷量管理等調査（平成17年度）  
データはH18.1.18現在の暫定値により作成

## 処理方式の概要について

処理方式の概要についてまとめたものを次に示す。

表 処理方式の概要

	A - 1 . 活性汚泥法(浮遊式)	A - 2 . 活性汚泥法(接触酸化式)
(1)原理等	凝集性の微生物からなる活性汚泥フロックを懸濁状態で利用する処理法。 微生物は、有機物の一部を酸化分解し、残りの有機物を菌体の合成に利用する。増殖した微生物からなる活性汚泥は、沈殿槽で処理水と分離され、ばっ気槽に返送されるとともに、一部は余剰汚泥として排出される。排水の浄化には細菌のみならず原生動物や後生動物も関与している。 ばっ気槽が沈殿槽を兼ね回分式処理を行うものもある。また、汚泥を浮遊担体に付着させたものもあり、この場合、A - 2 の特徴も持つ。	微生物をろ材に固定し、ろ材に付着固定された微生物を利用して汚濁成分を処理する方法。 ろ材表面で増殖した微生物がろ材からはがれ落ちるため、これを沈殿槽で沈殿させて余剰汚泥として処分する。 接触ばっ気、散水ろ床、回転円盤が代表例。
(2)主な除去対象物質	BOD (COD) 嫌気・好気条件をうまく組み合わせることにより窒素の除去も可能となる。	BOD (COD) 嫌気・好気条件をうまく組み合わせることにより窒素の除去も可能となる。
(3)薬品等使用	活性汚泥構成微生物の増殖には栄養塩として窒素とりんが必要なため、それらが不足している場合には窒素・りん剤を添加する。	活性汚泥構成微生物の増殖には栄養塩として窒素とりんが必要なため、それらが不足している場合には窒素・りん剤を添加する。
(4)特徴・留意点等	一般に必要な栄養塩量はBOD = 100に対して、窒素 = 5、りん = 1とされている。したがって、窒素、りんの除去率は、原水のBOD : 窒素 : りんの比率に左右される。 排水の処理に伴って活性汚泥が増殖することから、適正な汚泥濃度を維持するために、適正な汚泥の引き抜きとその処理が必要となる。 活性汚泥の沈降性が悪化するバルキング現象を極力防止する運転管理が重要。 りん等の除去を目的に、活性汚泥槽末端に凝集剤が添加されることがある。	一般に必要な栄養塩量はBOD = 100に対して、窒素 = 5、りん = 1とされている。したがって、窒素、りんの除去率は、原水のBOD : 窒素 : りんの比率に左右される。 浮遊式活性汚泥法に準じた運転管理が必要であるが、BOD負荷が高くなると生物膜が肥厚し、生物膜の内部が嫌気的になり処理能が低下する。このため、適切なBOD負荷で運転したり、閉塞しにくい材を選定することが重要。 生物膜内部が嫌気性のため、浮遊式活性汚泥より若干窒素除去率が高いといわれている。 りん等の除去を目的に、ばっ気槽等の末端に凝集剤を添加されることがある。
(5)処理費用等	排水量そのものよりも、排水中のBOD成分の総量に比例して処理設備が大きくなる。また、ばっ気のための電気料もBOD総量に比例して多くなる。	浮遊式活性汚泥法とほぼ同様な処理費用となる。

表 処理方式の概要(つづき)

	A - 3. 膜分離活性汚泥法
(1)原理等	<p>活性汚泥法の固液分離には重力沈殿法が用いられてきたが、この固液分離を膜分離に置き換えたもの。</p> <p>ろ過膜がばっ気槽に浸せきするものと、ろ過膜がばっ気槽と別に設置されるものがある。</p>
(2)主な除去対象物質	<p>BOD (COD)</p> <p>嫌気・好気条件をうまく組み合わせることにより窒素の除去も可能となる。</p>
(3)薬品等使用	<p>洗浄剤(膜洗浄用)</p> <p>活性汚泥構成微生物の増殖には栄養塩として窒素とリンが必要なため、それらが不足している場合には窒素・リン剤を添加する。</p> <p>脱窒を目的とするにも関わらず、電子供与体としての有機物が不足している場合には、メタノール等の有機物を添加する。</p>
(4)特徴・留意点等	<p>一般に必要な栄養塩量はBOD = 100に対して、窒素 = 5、リン = 1とされている。したがって、窒素、リンの除去率は、原水のBOD : 窒素 : リンの比率にも左右される。</p> <p>汚泥滞留時間を十分長くとることができるため、特に硝化菌のような増殖速度が遅い微生物の増殖・高濃度維持が容易であり、さらに微生物を高濃度に維持できることから全体の活性度を高めることができ、反応槽のコンパクト化が図れる。そのため、間欠ばっ気を行うことにより硝化と脱窒を同一ばっ気槽内で進行し、窒素除去が容易に達成できる。</p> <p>ばっ気槽に凝集剤(C-1参照)を添加することで脱リン効果が得られる。</p> <p>膜の目詰まりが問題になるため、適切な洗浄法、膜材質、膜モジュール形状及び運転方法等を選択する必要がある。</p> <p>限外ろ過を行うため、有機物に関して高度に処理が行われる。また、負荷変動等に対しても対応性が高い。</p> <p>し尿処理場、浄化槽、食品工場等に適用例が見られる。</p>
(5)処理費用等	<p>膜分離装置が比較的高価であり、また装置の維持管理のための運転費用もかかる。</p>

表 処理方式の概要（つづき）

	B. 生物学的硝化脱窒法	C - 1. 凝集沈殿法
(1)原理等	排水中に含まれる有機態窒素が、好気条件でアンモニア態窒素 亜硝酸態窒素 硝酸態窒素へ酸化される。硝酸態窒素は、嫌気的な条件で電子供与体としての有機物が存在すると、脱窒素細菌によって還元され窒素ガスになり、空気中に放散される。 様々な槽の構造、組み合わせのものがある。	微細な懸濁物質、場合によっては溶解性の汚濁物質を化学薬品（凝集剤）の添加により凝集させ、この凝集物を沈殿させることにより除去する方法。
(2)主な除去対象物質	窒素 BOD (COD)	SS COD りん
(3)薬品等使用	電子供与体としての有機物が不足している場合にはメタノール等の有機物、栄養塩としてりんが不足している場合はりん剤を添加する。	凝集剤：無機凝集剤（アルミニウム塩、カルシウム塩、鉄塩等）、高分子凝集剤（アニオン系、カチオン系、ノニオン系等）
(4)特徴・留意点等	好気・嫌気槽の微生物量の適切な管理が必要となる。 浄化槽等でDO（溶存酸素量）を自動制御して間欠ばっ気することにより、単一の槽で好気・嫌気を調整しているものもある。 一般に必要な栄養塩量はBOD = 100に対して、窒素 = 5、りん = 1とされている。したがって、窒素、りんの除去率は、原水のBOD：窒素：りんの比率に左右される。	凝集効果は排水中の汚濁物質の種類と濃度、共存成分の種類と濃度、排水のpHや温度の影響を受けることから、凝集剤の種類や注入量、最適pH、攪拌条件等を調整する必要がある。 りん化合物は水溶性のものが多いが、多価の陽イオンと反応して安定した難溶性の塩をつくる場合があるため、この性質を利用して、排水に陽イオンを含む薬品を添加して、排水中のりんを沈殿分離することができる。 汚泥が多量に発生するため、その処理・処分を計画的に行う必要がある。 一般に無機性排水の処理に用いられることが多く、有機性排水の処理としては生物処理の後の3次処理として組み合わせられることが多い。また、生物処理施設の沈殿槽の前に凝集剤を添加することで、凝集沈殿の効果を得ているものもある。
(5)処理費用等	硝化+脱窒を行うため、槽容量が通常の活性汚泥より大きくなり、特にイニシャルコストが高くなる。	凝集剤が比較的高い。また、汚泥量が多いため脱水設備が必要となるとともに、脱水汚泥の処分に費用がかかる。

表 処理方式の概要(つづき)

	C - 2.凝集加圧浮上処理	D.活性炭吸着法
(1)原理等	加圧水(3~4kg/cm <sup>2</sup> )に空気を多量に溶け込ませ、この加圧水を常圧に戻したときに発生する微細気泡を汚水中の懸濁物、凝集剤による凝集物に付着させ、これを浮上させて除去する方法。	活性炭が有する微細空隙表面を利用して排水中の溶解性低濃度有機物を吸着除去する方法。
(2)主な除去対象物質	SS COD りん	COD 色度、臭気
(3)薬品等使用	凝集剤：無機凝集剤(アルミニウム塩、カルシウム塩、鉄塩等)、高分子凝集剤(アニオン系、カチオン系、ノニオン系等)	活性炭
(4)特徴・留意点等	凝集処理としてC-1に準ずる。  (その他) 凝集剤を添加しても沈降性が劣っている凝集物しか生成しない場合には、加圧浮上処理が適用される。 加圧水の供給量等の処理条件を適切に設定する必要がある。 凝集沈殿処理と同様に多量に発生する汚泥の処理・処分を計画的に行う必要がある。 凝集剤を使用せず、単独で、あるいは生物処理の前処理として加圧浮上分離が行われることもある。	活性炭処理では、吸着部位が飽和すると処理活性が低下するため、処理活性が低下した場合には、活性炭を新しいものに交換するか、再生する必要がある。 ランニングコストが高くなることから、単独で使用するよりも他の処理法とうまく組み合わせて使用されることが多い。
(5)処理費用等	加圧水を作る設備が必要となるが、分離速度が速いため敷地面積は少なくなる。しかし、加圧水をつくるために、設備費、運転費は単独の凝集処理に比較してやや高くなる。	粉末活性炭を使用する場合には使い捨てとなるため、また、粒状活性炭を使う場合にも再生処理が必要となるため、コストが高くなる。

表 処理方式の概要（つづき）

	E.ろ過法	F.逆浸透膜処理法
(1)原理等	<p>砂等のろ過層中に排水を浸透流下させることにより懸濁物質をろ過層内に抑留させ、清澄水を得る方法。</p> <p>溶存性有機物の濃度は低いが微細な懸濁物質が含有されている場合に除去効果が高くなる。</p>	<p>溶媒としての水分子は透過するが、溶質は通さない半透膜等を利用した処理法である。処理すべき排水を加圧又は吸引して膜を通して水を排出し、溶質を濃縮処理するものである。</p>
(2)主な除去対象物質	<p>微細な懸濁物質（COD、窒素、りん）</p>	<p>窒素</p>
(3)薬品等使用	<p>特になし</p>	<p>特になし</p>
(4)特徴・留意点等	<p>処理とともにろ材の閉塞が起こるため、逆洗浄の頻度に対する検討や逆洗水の処理に関する対応が必要となる。</p> <p>ろ過法を単独で用いることは少なく、他の処理施設との組み合わせにより処理系統の最終段階で用いることが多い。</p>	<p>浸透膜の閉塞への対応が重要である。また濃縮廃液は別途処理、再利用する必要がある。</p> <p>硝酸等の回収に用いられることがある。</p>
(5)処理費用等	<p>排水を浸透流下させるだけで処理できることからランニングコストは低い。</p>	<p>装置は比較的高額であり、また、加圧・吸引等を行うための電力が必要となる。</p>

表 処理方式の概要(つづき)

	G. オゾン酸化法、フェントン酸化法等	H. アンモニアストリッピング法
(1)原理等	オゾン酸化法: オゾン発生装置で発生するオゾンの酸化力を利用して、排水中の各種有機物を酸化処理する方法。 フェントン酸化法: 過酸化水素の酸化力を利用した有機物の酸化処理法であり、鉄化合物を触媒として使用している。	汚水を加温するとともにアルカリ性にし(苛性ソーダ等を添加)、汚水中のアンモニア分を気化させ回収する方法。
(2)主な除去対象物質	難分解性のCOD成分 色度、臭気	窒素(アンモニア)
(3)薬品等使用	オゾン酸化法: 特になし フェントン酸化法: 過酸化水素、鉄触媒	アルカリ剤(苛性ソーダ等)
(4)特徴・留意点等	一般に生物処理、ろ過等を行った後の高度処理として用いられる。 脱色効果があるため、し尿処理場、染色工場等での採用例がある。	処理効率は原水のアンモニア濃度、温度、添加アルカリ量により左右される。 汚水中にアンモニア以外の窒素分が存在する場合、別途処理が必要。 無機化学工業、コークス製造業等で採用例がある。
(5)処理費用等	オゾン発生装置が比較的高額であり、オゾンの発生にも電力を必要とすることから処理費用は高額となる。 フェントン酸化法では、薬品として過酸化水素や鉄触媒が必要となるためランニングコストが高くなる。	アルカリ剤、熱源が必要であり、維持管理費用は高額となる。

参考図書:

- ・ 『第5次水質総量規制対応版 小規模事業場排水処理対策全科』(環境コミュニケーションズ 2002年)
- ・ 『新・公害防止の技術と法規 水質編』(社団法人 産業環境管理協会 2006年)
- ・ 『浄化槽の構造基準・同解説 2005年版』(日本建築センター 2005年)