

北海道大学工学部 丹保憲仁

" 小澤源三

前澤工業株式会社 ○鈴木辰彦

1. 概要

2次処理（生物処理）の前段で、凝集操作を含む高度な固液分離を行なうことにより、リン除去を含む下水の高度処理が比較的コンパクトな施設規模で行なえないかを検討した。

通常、リン除去は、生物処理の後段に物理化学処理ユニットを設置するか、あるいは嫌気-好気法などの生物処理により行なわれる。前者は、物理化学処理ユニットの設置スペースとエネルギーが新たに必要となる。また、後者の生物処理においては低濃度までのリン除去は期待しえない。

これらに対し、生物処理の前段で金属凝集剤による凝集操作を含む固液分離を行なうと、リン除去が行なえると同時に流入下水中の懸濁性有機物のすべてが除去されることにより、生物処理への有機物負荷は大きく軽減し、短時間の下水処理が可能となる。

本研究においては、生物処理の前段固液分離法として造粒分離システムを用いた。

本処理システムのフローシートは図1のとおりである。造粒分離システムにおいて、固液分離された下水は、好気性生物汚床にて短時間の生物処理が行なわれる。また本研究においては、生物処理の後段にMF膜を設置し、処理水の最終仕上げを含めた系で実験を行なっている。

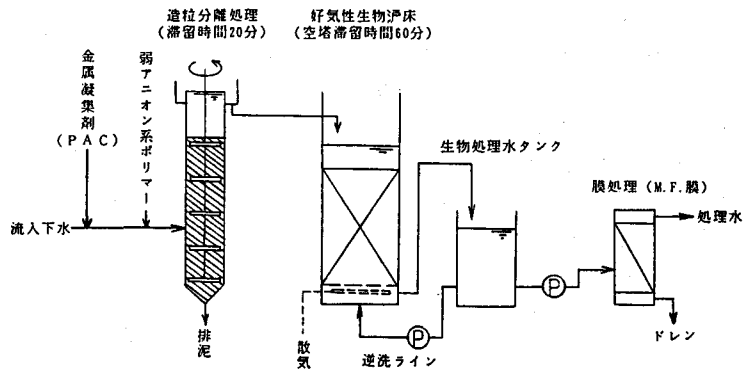


図1 造粒分離・生物汚床法と膜を用いた下水高度処理模式図

なお、造粒分離処理においては、金属凝集剤に加え少量の弱アニオン系ポリマーを加えた凝集処理が行なわれる。下水のように有機物の多い廃水においては、金属凝集剤のみで生成するフロックは粒径が小さく、密度も低い脆弱なマイクロフロックである。このマイクロフロックに少量の弱アニオン系ポリマーを添加すると、ポリマーの架橋集塊により比較的粒径が大きく、また密度の高いペレット状のフロックが形成される。このペレット状のフロックは沈降速度が速いことより、高速の固液分離が可能であり、造粒分離槽において200~300m/dayの上昇流速にてペレット状フロックは分離される。

2. 実験結果

(1) パイロットプラント運転結果

本システムのパイロットプラントを札幌市S処理場に設置して実験を行なった。

本実験の運転条件は表1のとおりである。また、パイロットプラントの各処理水の平均水質は表2のとおりであった。

BODは生物処理水で平均4.66mg/ℓ, 膜処理水で平均1.94mg/ℓと良好な処理が行なえている。
また、O r t - P は造粒分離処理により平均 0.104mg/ℓまで低下し、さらに生物処理されると平均
0.012mg/ℓ, MF膜処理により0.01以下まで低下する。

表1 造粒分離・生物汚床と膜による下水高度処理実験
運転条件

機器名称	運 転 条 件
造粒分離槽	空塔速度 200~300m/day 凝集条件 PAC 10~20mgasAl ₂ O ₃ /ℓ 弱アニオン系ポリマー 1.5mg/ℓ
好気性生物汚床	下向流好気性生物汚床: 2塔直列 汚 材: φ 5~20mm軽重量材 汚床厚: 1200mm+1000mm 1990.12.20~1991. 2.15 S.V. 0.4hr ⁻¹ 1991. 2.15~1991.10.31 S.V. 1 hr ⁻¹
膜処理 (M. F. 膜)	ポリプロピレン多孔質中空糸膜 分画寸法: 0.2μm 運転方法: 全量汚過 (Dead end) 逆流方法: 高圧ガスバックウォッシュ方式 運転フラックス: 約2.5m/day 汚過圧力: 20~100kpa 薬液洗浄: 0.5% H ₂ O ₂ + 2% NaOH 7ℓ/日洗浄 4% クエン酸洗浄

表2 造粒分離・生物汚床と膜による下水処理実験 平均水質 (1991.2.1~1991.10.31)
() は最大最小を示す

	原水(流入下水)	造粒分離処理水	生物汚床処理水	膜処理水
高度	103.1 (49.7~153)	9.6 (1.9~23)	1.43 (0.3~5.8)	0.03 (0~0.6)
SS (mg/ℓ)	146.1 (75.9~244)	13.8 (4~31)	1.92 (0.29~17.5)	—
BOD ₅ ^{※1} (mg/ℓ)	199.5 (86.7~193)	29.8 (13.8~69.5)	4.66 (0.8~12.2)	1.94 (0.6~4.3)
COD _{Cr} (mg/ℓ)	283.8 (166~512)	73.9 (36.8~163)	36.5 (15.2~67.5)	25.0 (3~44.8)
O r t - P ^{※2} (mg/ℓ)	1.80 (0.65~3.0)	0.104 (0.01~0.34)	0.012 (0~0.03)	0.005 (0~0.02)

※1 生物処理水, 膜処理水のBODはアリルチオ尿素添加でのBOD (ATU-BOD) である。

※2 生物処理水, 膜処理水にて検出限界以下 (0.005) は、0 mg/ℓとして計算している。

(2) 有機物の処理性について

本実験では、流入下水中のBOD成分の約79%が造粒分離処理により除去される。これを流入下水の溶解性BOD成分と比較すると図2のようである。図2より、造粒分離処理水のBOD濃度は流入下水中の溶解性BODの約90%である。すなわち、流入下水中の懸濁性BODのすべてと、溶解性BODの約10%が造粒分離処理にて除去されたこととなる。

このように造粒分離処理によって、流入下水中の有機成分の多くが除去されることより、後段の生物処理の有機物負荷は小さくなり、空塔滞留時間1hr (S.V. = 1) 程度の処理でBODは5mg/ℓ以下まで除去される。この時の生物処理水のBOD濃度とBOD-容積負荷の関係は図3のようである。一般的好気性生物汚床の処理特性と大きな差はない。

これより、好気性生物汚床の空塔滞留時間が1hr程度と短いにもかかわらず、本システムの処理水質が良好であるのは、造粒分離処理で懸濁性有機物のほとんどが除去され、生物処理の有機物負荷が小さくなったことによる。

MF膜処理によるBOD除去特性を示すと図4のとおりである。生物処理水BODの約65%はMF膜処理により除去され、BOD 5mg/ℓ以下の高度な処理水が得られる。

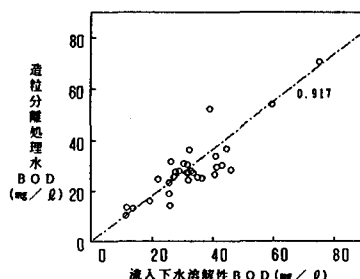


図2 流入下水溶解性BODと造粒分離処理水BODの関係 (溶解性はGS-2.5汚液)

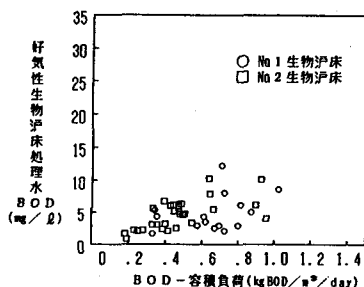


図3 好気性生物汚床の処理特性

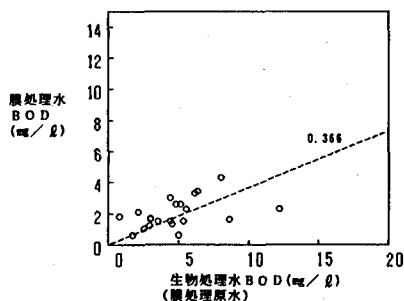


図4 膜処理 (M. F. 膜) のBOD除去特性

(3) リンの除去性について

造粒分離処理におけるリンの処理性を添加した A1 のモル数と原水中の Ort-P 濃度より示すと図5のとおりである。これは、通常の A1 添加の系におけるリン除去性と同じである。

次に、生物処理における除去 Ort-P 量と除去 BOD 量の関係を示すと図6のとおりであり、両者は比例関係を示す。これより生物処理によるリン除去は BOD 除去にともなう栄養塩としての生物摂取によると考えられた。なお、本実験においては生物処理の原水（造粒分離処理水）のリン濃度が低いことによる阻害はなく、良好な生物処理が継続した。

次に MF 膜処理におけるリンの処理性をアンスラサイト汙過との対比で示すと、図7のとおりである。好気性生物汙床処理水を MF 膜処理するのと並行し、 $\phi 3.0\text{mm}$ 、汙床厚 150cm のアンスラサイト汙過を Lv 150m/day で行なった。MF 膜処理水の T-P 濃度はほとんど $0.01\text{mg}/\ell$ 以下であるのに対し、アンスラサイト汙過水の T-P 濃度は約 $0.03\text{mg}/\ell$ 以下であった。

3. まとめ

凝集操作を含む高度な固液分離法である。造粒分離システムを生物処理の前段で用いることより、リン除去を含む高度な下水処理が比較的コンパクトな（全滞留時間約 1.5hr）施設規模で行なえることが確認された。

造粒分離システムと好気性生物汙床による下水処理法の施設規模は標準活性汚泥法の約 1/3 倍程度である。また、電気代+薬品代の維持管理費は標準活性汚泥法の約 1.5 倍程度である。

なお、本システムに汙過池や MF 膜処理を設置することより、BOD とリンの除去はさらに確かなものとなり、自然水域保全と再利用の目的に十分そえると思われる。

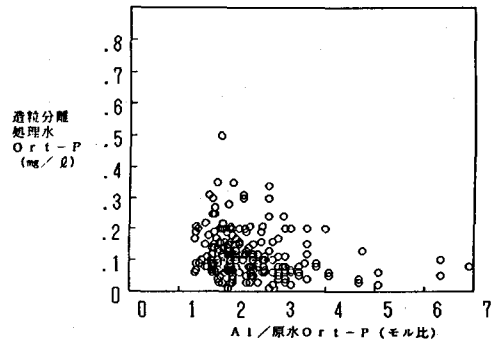


図5 造粒分離処理におけるリンの処理性

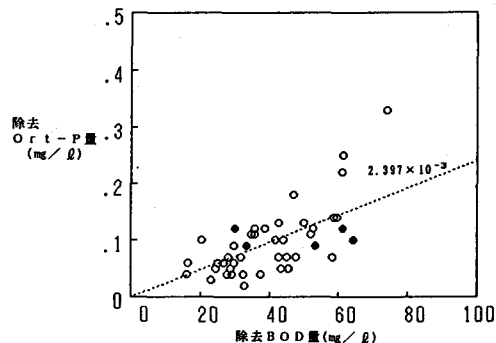


図6 好気性生物汙床における Ort-P 除去量と BOD 除去量の関係
● S. V. 1 hr^{-1}
○ S. V. 0.4 hr^{-1}

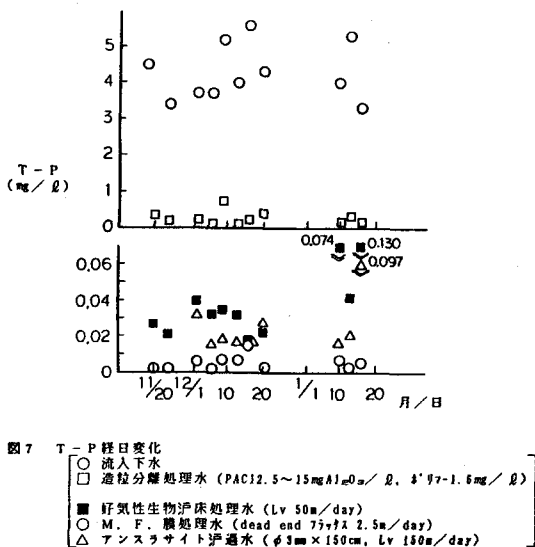


図7 T-P 経日変化
○ 流入下水
□ 造粒分離処理水 (PAC12.5~15mg Al₂O₃/ℓ, 4' 97~1.6mg/ℓ)
■ 好気性生物汙床処理水 (Lv 50m/day)
○ M. F. 膜処理水 (dead end 75~7A 2.5m/day)
△ アンスラサイト汙過水 (φ 3mm x 150cm, Lv 150m/day)

参考文献 1) 丹保ら「流動層造粒分離システムを用いた下水処理」
第46回土木学会講演集第2部 P.336 1991年 9月