

日本下水道事業団 川口 幸男
㈱東京設計事務所 妹崎大次郎
三機工業（株） ○ 室谷 憲男
高橋 直人

1. はじめに

下水の窒素除去法としては、活性汚泥循環変法が実用化されているが、よりコンパクトな施設による処理法として、流動床法と好気性ろ床法を組合わせた方法を考え、実用化を目的に実証実験を実施してきた。⁽¹⁾

流動床法は、槽内に珪砂などの担体を入れ、汚水を槽下部より上向流で流しながら担体を流動させて処理する方法であり、流動により、①担体の比表面積が増大し、高い生物濃度が保持できる ②汚水と生物膜との接触効率がきわめて良くなる ので高速処理が可能な処理法である。一方、好気性ろ床法は軽量のろ材を充填したろ床に汚水を下向流で流しながら、ろ床下部より直接曝気して処理する方法であり、好気性微生物による有機物の分解と硝化およびろ材によるSSのろ過が併行して行なえる処理法である。

- 組合わせ法は、流動床を脱窒槽とし後段に硝化槽として好気性ろ床を設けたもので、つぎの特徴がある。
- (1) 担体の流動は、好気性ろ床からの循環液を利用して行うので、流動動力が大幅に節減できる。
 - (2) 流動床では高速脱窒でき、好気性ろ床の処理時間と合わせて3時間以下のきわめて短時間での高度処理が可能である。また、最終沈澱池が不要であり、さらに施設のコンパクト化が図れる。
 - (3) 流動床高は生物膜剥離装置により自動的に制御でき、しかも汚泥返送やバルキング対応などの維持管理が不要で、自動運転ができる。

今回は、実用化に向けて実施した実証実験のなかで、冬季の実験を中心に報告する。

2. 実験方法

実験フローシートを図1に示す。また、実験条件を表1に示す。処理量は80 m³/日であり、原水には埼玉県荒川処理センター最初沈澱池越流水を用いた。流動床の担体には珪砂（粒0.3 mm、充填高1 m）を用い、流動床高を4 m以下に制御した。また、好気性ろ床のろ材にはアンスラサイト（径5 mm、充填高2 m）を用い、1日1回の割合で水および空気により逆洗した。原水は日間変動比（時間最大汚水量/日平均汚水量）1.8の変動パターンにもとづいて供給した。さらに、好気性ろ床の逆洗排水は洗浄排水貯槽で受け、その上澄液を返送処理した。試料は原水流量比例の混合試料として採取し、下水試験方法に従って分析した。

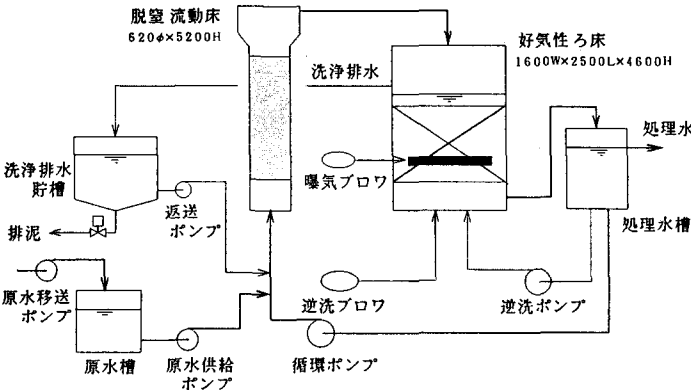


図1 実証実験フローシート

表1 実験条件

項目	条件
期間	93.11.2～94.2.9
処理量 (m ³ /日)	80
処理時間 (時間)	
流動床	0.36
好気性ろ床	2.4
流動床流速 (m/時)	33.3
好気性ろ床流速 (m/日)	20
硝化液循環比 (-)	2
備考	原水流量変動ありろ床洗浄排水返送処理

3. 実験結果および考察

3. 1 水質処理結果

水質処理結果を表2に示す。BOD（S-BOD）およびSSの除去率は90%以上であり、処理水の透視度はほとんどの場合100cm以上と清澄で良好な処理水が得られた。また、T-N除去率約60%、NH₄-N除去率約85%と、水温の低い時期としては十分な結果が得られ、処理時間3時間以下での高速処理性能が実証できた。

3. 2 終日水質調査結果

終日水質調査結果を図2に示す。流動床への流入量（原水供給量+循環量）は240m³/日で一定としたので、循環比（循環量/原水供給量）は原水供給量の変動に対応して、0.7~5.9まで変化した。原水のBODおよびSS濃度は日間変動がほとんどみられなかったが、T-N濃度は午前が低く、午後には高くなる傾向があった。処理水のBOD濃度は、つねに20mg/l以下であり、平均（流量による加重平均、以下同じ）で10mg/lであった。また、SS濃度は、つねに10mg/l以下であり、平均で4mg/lであった。一方、T-N濃度は循環比により変動し、循環比の高い時間帯（5時~9時）は、約3.0mg/lであったのに対し、循環比の低い時間帯（13時~15時）は、11.6mg/lとなったが、平均では8.7mg/lの良好な結果であった。さらに、好気性ろ床の逆洗排水（上澄液）は原水供給量の少ない時間帯に返送して処理したが、この方法で十分対応できることが確認できた。

3. 3 プロセスの窒素除去性能

(1) 流動床の汚泥濃度と脱窒速度

流動床の汚泥濃度および脱窒速度の経日変化をそれぞれ図3、図4に示す。汚泥濃度は流動床上部ほど高くなる傾向があったが、これは生物膜の生長につれて軽くなった担体が上部に展開するためと考えられる。床内の汚泥濃度は約10000mg/lであり、きわめて高い濃度が保持できた。流動床では約20分でほぼ完全な脱窒が行なわれ、脱窒速度は汚泥量あたりで約3g-N/kg-SS・時、容積あたりで約30g-N/m³・時となったが、容積あたりの脱窒速度は活性汚泥循環変法の脱窒槽の10倍以上であった。流動床ではほぼ完全に脱窒されたことから、さらに高い能力を有していると考えられる。

表2 水質処理結果

	原 水	処 理 水	除去率
水温 (°C)	14.3~21.0	10.7~18.9	
pH (-)	6.9~7.4	6.8~7.2	
透視度 (cm)	4.8~9.1	55~>100	
BOD (mg/l)	8.5 (56~130)	7 (3~14)	92.0
S-BOD (mg/l)	5.1 (36~71)	4 (2~7)	92.8
SS (mg/l)	2.2 (12~40)	2 (1~4)	92.9
T-N (mg/l)	26.0 (20.8~32.0)	10.2 (8.3~14.0)	60.8
NH ₄ -N (mg/l)	19.2 (14.5~23.7)	3.0 (0.8~5.7)	84.4
NO ₃ -N (mg/l)	<0.1	6.0 (4.2~7.1)	
NO ₂ -N (mg/l)	<0.1	0.1	

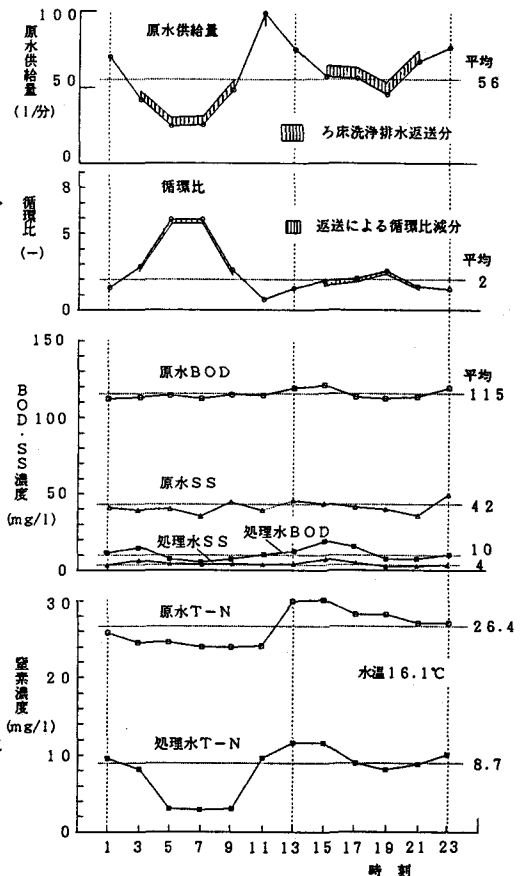


図2 終日水質調査結果('93年12月15日)

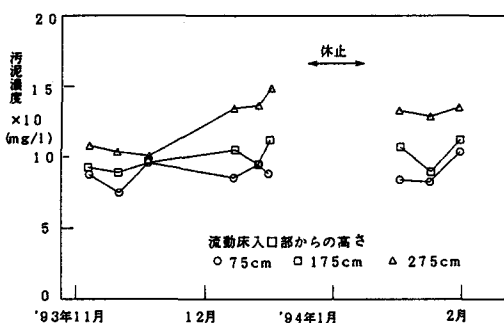


図3 流動床の汚泥濃度経日変化

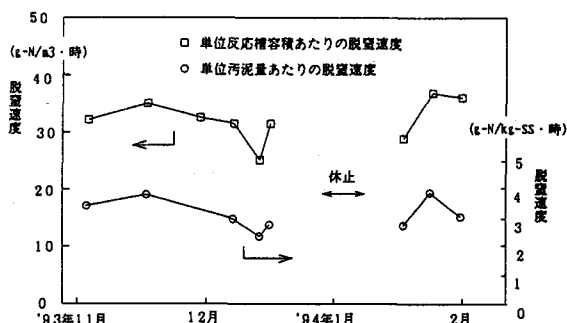


図4 流動床の脱壁速度経日変化

(2) 好気性ろ床の硝化速度とプロセス全体の窒素除去率

好気性ろ床の水温と硝化速度および硝化率 ($\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率) の関係を図5に示す。水温の低下とともに硝化率は多少低下する傾向がみられたものの、硝化速度は約 $0.2 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{日}$ とほぼ一定であり、低水温期において比較的安定した硝化性能を示していた。流動床ではほぼ完全に脱窒されるので、プロセス全体の窒素除去率には好気性ろ床の硝化率が影響するが、図6に示すように硝化率85%程度であれば、窒素除去率60%が得られることが明らかになった。

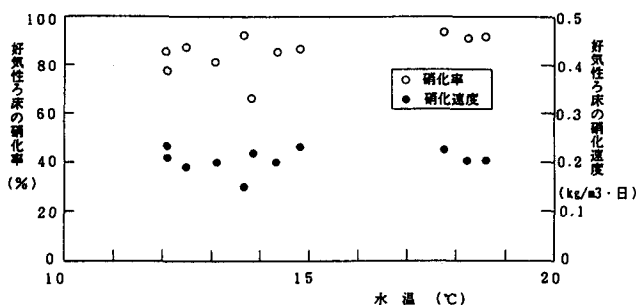


図5 好気性ろ床の水温と硝化の関係

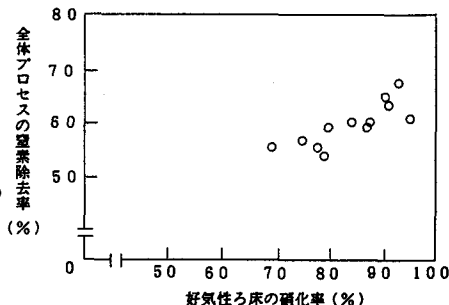


図6 好気性ろ床の硝化率と窒素除去率の関係

4. まとめ

流動床と好気性ろ床を組合せた下水の高速高度処理法の冬季における実証実験結果をまとめるとつぎのとおりである。

- (1) 処理時間3時間以下の短時間でBODおよびSSの除去率90%以上、窒素除去率60%が得られ、冬季における処理性能が実証できた。
- (2) 原水量の日間変動(変動比1.8)や好気性ろ床逆洗排水の返送処理などにより実際に即して実験を行ったが、終日水質調査の結果、安定して処理できることが確認できた。
- (3) 流動床は約 $30 \text{ g-N/m}^3 \cdot \text{時}$ の大きな脱窒速度をもち、実用規模の装置での高速脱窒性能が実証できた。
- (4) 好気性ろ床の硝化率は水温の低下とともに低くなる傾向があったが、硝化率85%程度であれば窒素除去率約60%が得られることが明らかになった。

今後、コンパクト型高度処理施設としての実用化を図っていきたい。

最後に、実験を行うにあたり多大のご協力をいただきました、埼玉県住宅都市部下水道課殿、埼玉県荒川左岸南部下水道事務所殿ならびに(財)埼玉県下水道公社殿に感謝いたします。

参考文献 (1)川口、妹崎、高橋：第31回下水道研究発表会講演集, pp401~403