

日本下水道事業団 竹島 正 茂木 勝三
日立プラント建設株式会社 ○江森 弘祥 中村 裕紀

1. はじめに

下水の窒素除去技術として実用化されている活性汚泥循環変法は、閉鎖性水域である霞ヶ浦、琵琶湖などを放流先とする下水処理場で採用され、富栄養化対策の一助となっている。下水道普及率の向上にしたがい、環境保全とともに、水利用、水道水源の水質確保の面からも窒素除去の必要性が高まり、とくに都市部を中心にコンパクトで効率的な窒素除去プロセスが望まれている。筆者等は、包括固定化硝化細菌（硝化パレット）を用いたコンパクトな窒素除去プロセスの開発に取り組み、その実用化に向けて検討を進めてきた。¹⁾

²⁾ 本報告では、硝化パレットを用いた硝化促進型循環変法の実証プラントにおける処理機能調査結果について報告する。

表-1 施設諸元

項 目	数 値
処 理 量	2,250 m ³ /日 (最大処理量 3,000 m ³ /日)
微生物反応槽	全 体 脱 窒 槽 硝 化 槽
① 容 量	750 m ³ 450 m ³ 300 m ³
② 形 状	5.5mW×5.0mH 5.5mW×5.0mH 5.5mW×5.0mH
	x28.0mL x17.4mL x11.6mL
③ 滞留時間	8.0hr 4.8hr 3.2hr
パレット添加率	7.5% (硝化槽容量基準)
最終沈殿池	矩形 フライト式
① 容 量	396 m ³
② 形 状	4.0mW×3.0mH×33.0mL
③ 滞留時間	3.1 h

2. 開発目的と施設諸元

本プロセスの開発目的は、標準活性汚泥法と同等の生物反応槽滞留時間（6～8 hr）内で、BODと窒素の同時処理を行うことである。表-1に施設諸元、図-1に反応槽構造を示す。脱窒槽には、上部に硝化液を循環するための硝化液循環水路、底部に流入下水、返送汚泥、硝化液の混合攪拌を行うための水中攪拌機3台が設置されている。硝化槽には、底部に散気ディスク（180φ）410枚が配置され、上部には硝化パレットと浮遊汚泥とを分離するためのウェッジワイヤスクリーン型の分離装置が設けられている。硝化パレットはポリエチレングリコールを主材料とした3mm角の立方体であり、流入窒素負荷に対応して硝化槽の容量比で7.5%を投入した。

3. 実験結果と考察

(1) 処理機能調査

平成2年に反応槽構造等について水理学的検討を行った後、³⁾ 引き続き処理機能調査を実施した。処理機能調査では、平成2年11月から馴養を開始し、平成3年1月から定常運転を行った。平成3年1月から平成4年3月までの処理条件と処理結果を表-2に示す。処理水水質についてみると、年間を通してNH₄-Nが1 mg/ℓ以下、T-Nが10mg/ℓ以下、BODが5mg/ℓ以下と、良好な処理結果が得られた。特に、水温が14.1℃と低水温期のRUN1においても、滞留時間8.1hrで処理水T-Nは6.6mg/ℓ（T-N除去率74.3%）、また、水温16.2℃、滞留時間6.2hrと低水温で滞留時間が短いRUN3においても、処理水

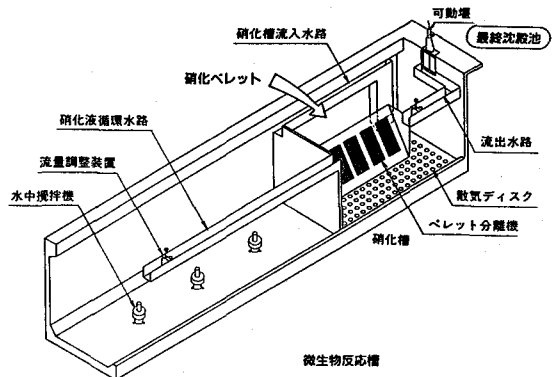


図-1 反応槽構造

T-Nは6.8mg

/ℓ (T-N除

去率71.5%)

と良好な窒素

除去が可能で

あった。

(2) 流量

変動運転

図-2にR

UN13~1

6の流量変動

運転の条件を

示す。図-3

にRUN13

の滞留時間8

h, 水量

変動率±40

%の処理結果

(滞留時間変

動幅5.7~13.3

h)を示す。

BOD96.4~1

38mg/ℓ, T

-N23.0~29.

0mg/ℓの原水に対し、処理水BODは2.1~4.1mg/ℓ、窒素はほとんど硝化され、処理水T-N5.6~8.9mg/ℓと10mg/ℓ以下を満足した。RUN13から16の処理結果をまとめて図-4に示す。図-4より滞留時間8hの定常負荷運転(T-N負荷0.075kg/m²・d)に対しおよそ2倍の負荷まで処理水T-Nは10mg/ℓ以下とすることができ、流入水量の時間的変動があっても、安定した処理が行えることを確認した。

(3) 硝化速度

図-5に硝化ペレットと浮遊汚泥の年間の硝化速度の変化を示す。硝化速度は、硝化槽から硝化ペレットと浮遊汚泥の混合液を採取してペレットと浮遊汚泥とを分離した後、それぞれを硝化槽内濃度に調整して回分で測定したものである。また、ペレットと浮遊汚泥の硝化速度を比較するために、ペレットあるいは浮遊汚泥がそれぞれ単独で反応槽内に存在すると仮定したときの速度として、反応槽単位容積および単位時間当たりで表示してある。

表-2 処理機能調査結果

RUN No.	1	2	3	4	5	6	7	8
期 間	H3.1/1 ~1/30	1/31~3/14	3/14~4/16	4/17~5/7	5/8~5/23	5/24~6/30	7/1~7/19	7/20~9/30
滞留時間(全体)	8.1	8.1	6.2	10.3	13.6	8.2	6.6	9.2
MLSS (mg/ℓ)	1220	1740	2190	2510	2210	2690	2800	2200
循環比 (-)	3.0	2.1	2.9	4.0	5.1	3.1	2.8	3.3
項 目	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水
BOD (mg/ℓ)	66.1	3.7	71.2	4.6	70.3	3.8	76.6	3.0
s-BOD (mg/ℓ)	32.5	2.3	34.3	2.6	38.2	3.3	34.6	2.1
COD (mg/ℓ)	50.6	8.3	52.6	11.3	48.8	10.8	47.9	8.1
s-COD (mg/ℓ)	30.9	7.7	33.5	9.8	33.4	10.2	31.0	8.0
SS (mg/ℓ)	60.3	3.7	69.1	5.8	53.7	3.9	63.3	2.9
T-N (mg/ℓ)	25.7	6.6	28.0	8.8	23.9	6.8	24.8	5.4
NH4-N (mg/ℓ)	16.6	0.3	18.7	0.7	15.8	0.7	16.9	<0.1
NO3-N (mg/ℓ)	0.8	5.4	0.6	6.3	0.5	4.4	0.5	4.3
T-P (mg/ℓ)	2.6	1.0	3.1	1.5	2.9	1.3	3.0	1.7
BOD/T-N (-)	2.6	—	2.6	—	3.0	—	3.2	—
水 温 (℃)	—	14.1	—	15.0	—	16.2	—	18.2
SRT (d)	20.7	18.1	16.6	17.7	24.0	20.7	14.6	8.4

RUN No.	9	10	11	12	13	14	15	16
期 間	10/1~12/5	12/15~H.4.1/5	1/10~1/23	1/24~2/4	2/12~3/2	3/3~3/17	3/18~3/24	3/25~4/2
滞留時間(全体)	7.6	7.9	7.9	7.9	5.7~13.3	6.2~11.4	5.7~13.3	1.7~3.1
MLSS (mg/ℓ)	1700	2190	1960	1840	1870	2090	1930	2000
循環比 (-)	2.1	2.9	3.0	2.7	2.0 ~4.4	1.8 ~5.6	1.8 ~5.6	5.0 ~7.5
項 目	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水
BOD (mg/ℓ)	40.0	2.4	74.0	2.0	104.0	2.7	90.4	2.6
s-BOD (mg/ℓ)	15.3	1.2	28.4	1.5	47.1	2.6	49.4	1.4
COD (mg/ℓ)	35.5	5.4	50.4	6.4	63.3	7.3	63.5	8.0
s-COD (mg/ℓ)	18.6	4.7	28.5	5.9	35.5	6.9	37.7	7.1
SS (mg/ℓ)	37.1	3.2	67.8	2.3	61.3	2.2	65.7	2.4
T-N (mg/ℓ)	18.7	5.9	23.6	5.3	30.0	6.0	32.3	6.3
NH4-N (mg/ℓ)	11.0	<0.1	15.6	<0.1	19.5	<0.1	21.3	0.6
NO3-N (mg/ℓ)	1.4	5.1	0.8	4.4	0.5	5.0	0.5	4.9
T-P (mg/ℓ)	1.6	0.7	2.5	0.8	3.6	1.2	3.1	1.2
BOD/T-N (-)	2.1	—	3.2	—	3.5	—	2.8	—
水 温 (℃)	—	18.3	—	14.6	—	14.0	—	14.2
SRT (d)	17.2	11.4	9.0	9.0	8.8	9.1	8.8	6.2

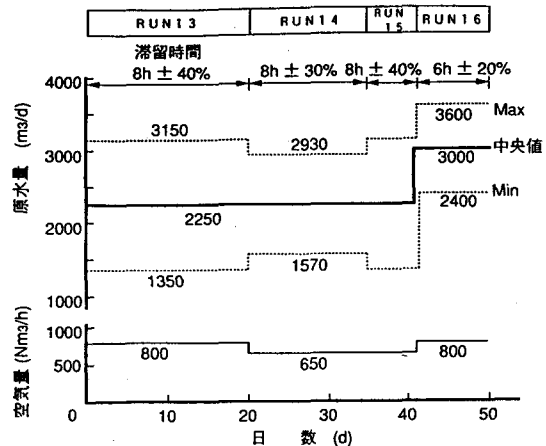


図-2 流量変動運転条件

図-5より、水温の変化により浮遊汚泥の硝化速度が変化し、特に冬季に浮遊汚泥の硝化速度が低下するが、これを補う形で硝化ペレットの硝化速度が上昇し、全体として安定した硝化が進んでいることがわかった。また、硝化ペレットと浮遊汚泥の硝化速度の割合は、冬期水温15℃付近では硝化ペレットがほとんど硝化を受持ち、水温の上昇とともに浮遊汚泥による硝化が進行するようになり、夏期25℃前後ではほぼ半分ずつを受持つようになる。すなわち、浮遊汚泥の硝化能の変化に追従して硝化ペレットが硝化能を補完し、流入負荷に対して安定した硝化を行うことが確認できた。このことは、維持管理上の大きな特長として、硝化ペレットを添加することにより、浮遊汚泥の汚泥滞留時間にとらわれることなく硝化を進めることができ、硝化については汚泥管理が不要であることを意味している。

4. おわりに

活性汚泥循環変法に硝化ペレットを適用した硝化促進型循環変法について、既設エアレーションタンクを改造した実規模プラントを用いて、ペレットの流動・分離、硝化液の循環などの安定性を長期運転により確認した。また、処理機能調査により、浮遊汚泥の硝化能の変化に追従して硝化ペレットが硝化能を補完し、流入負荷に対して安定した処理を行うことが可能であり、冬季でも滞留時間が6時間から8時間でBOD・窒素同時処理が安定して行えることを確認した。現在、本プロセスの設計手法のとりまとめを行っているところである。

参考文献：

- 1) 江森ほか：包括固定化硝化細菌による下水処理の硝化能の高率化、第24回日本水質汚濁学会年会(1990)
- 2) 多田ほか：Development of New Nitrogen Removal System Using Nitrifying Bacteria Immobilized in Synthetic Resin Pellet, 15th Biennial International Conference, Kyoto, Japan 91, IAWPRC(1991)
- 3) 江森ほか：硝化促進型循環変法における反応槽構造の検討、第28回下水道研究発表会講演集(1992)

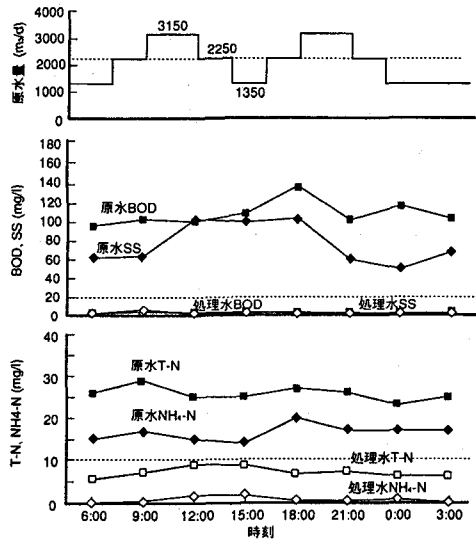


図-3 流量変動運転結果 (RUN 13)

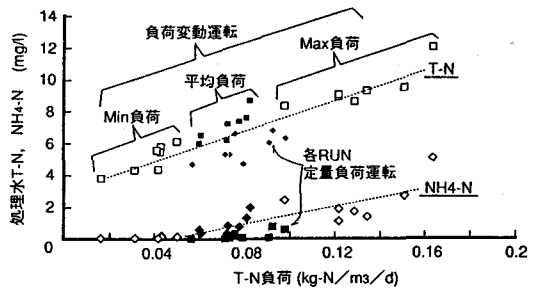


図-4 流量変動運転結果

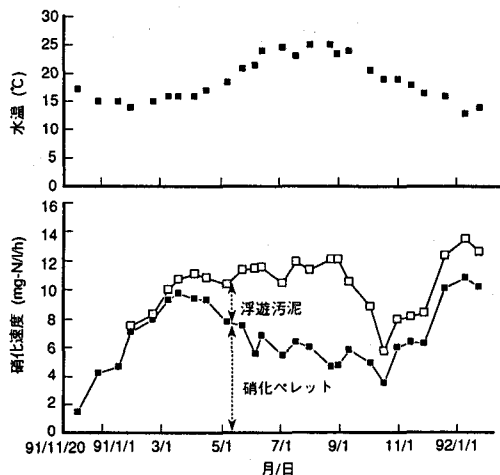


図-5 硝化速度の変化