

スポンジ担体投入活性汚泥法による希薄下水の処理に関する研究

高 島 正 信*

Treatment of diluted municipal wastewater by sponge media-supported activated sludge process

Masanobu Takashima

The application of polyurethane foam sponge media to the conventional activated sludge process was studied with the aim of treating dilute wastewater in combined sewer systems. Experiments were conducted for three months, with bench-scale aeration tanks of 20 L and real wastewater in a municipal wastewater treatment plant located in Fukui City, Japan. The presence of 20% v/v sponge media in the aeration tank was observed to improve the settling properties of biomass, otherwise it was bulky due to the proliferation of filamentous bacteria. Although the quantity of biomass fixed to sponge media was relatively low, 2 - 5 gSS/L, the sponge media were also able to keep the nitrifying ability of biomass even in the winter season. As a whole, however, effluent quality in terms of BOD, SS, T-N and T-P was not improved significantly, indicating that the application of sponge media may be less effective for dilute wastewater, if compared to concentrated one.

1. はじめに

現在、下水処理場が抱える主な問題点は、i) 計画水量以上の下水が流入してきている、ii) 汚泥が膨化し、バルキングをおこしている、iii) 今後、窒素・リン除去が必要となってくる、などである。「スポンジ担体投入活性汚泥法」は、活性汚泥を保持する担体をエアレーションタンクに投入し運転する方法である。エアレーションタンクや最終沈殿池の増設を必要としないため既存の処理施設への適用が容易であり、新設の場合でも省スペース化が可能となる。それゆえ、これらの問題点を解決する手段として有望視され、近年とみに適用数が増えている。

ところで、合流式下水道においては、雨天時に大量の雨水が混入するため、無処理で放流される下水の汚濁負荷が放流先の水質汚濁に与える影響が問題視されている。このため既に合流式で整備された都市においては分流式への改造を図ったり、希釈倍率を大きくし、雨水滞留池を設けて雨水の処理を行うなどの対策がとられるようになってきている。一方、希釈された下水の処理そのものについても研究が進められているが、未だ適用段階に至る方法が開発されていないのが実状である。

* 建設工学科地球環境工学専攻

本研究室では、ここ数年、スポンジ担体投入活性汚泥法による下水処理について研究し、処理能力が大幅に改善されることを報告してきた（例えば、文献1）。本報では、合流式下水道の希釈下水にスポンジ担体投入活性汚泥法を適用し、標準活性汚泥法より高めの水量負荷で運転したときの処理性について検討してみた。

2. 実験方法

2-1 実験装置および運転方法

使用した実験装置を図-1に示す。実験装置はばっ気槽（20L）、沈殿池（6L）およびポンプ、フローメーター、DOコントローラー、ORPメーター等の付帯設備から成る。これを二系列用意し、スポンジ担体の有無で比較できるように、片方のばっ気槽のみにポリウレタン製スポンジ担体（12×12×15mm）を4L投入した（投入率20%）。流入水は、福井市内S浄化センターの最初沈殿池越流水である。運転条件は表-1に示す通りで、流入水濃度が薄い分、標準活性汚泥法より水量負荷をやや高めに設定したものである。

2-2 分析方法

分析方法はすべて下水試験方法²⁾に従った。ただし、BODは硝化を抑制した生物化学的酸素要求量（C-BOD）、全窒素（T-N）は水酸化ナトリウム-ペルオキソ二硫酸カリウム溶液による分解後、紫外線吸光光度法、全リン（T-P）はペルオキソ二硫酸カリウム溶液による分解後、モリブデン青吸光光度法、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は紫外線吸光光度法、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はイオン電極法、 $\text{PO}_4\text{-P}$ はモリブデン青吸光光度法を採用した。

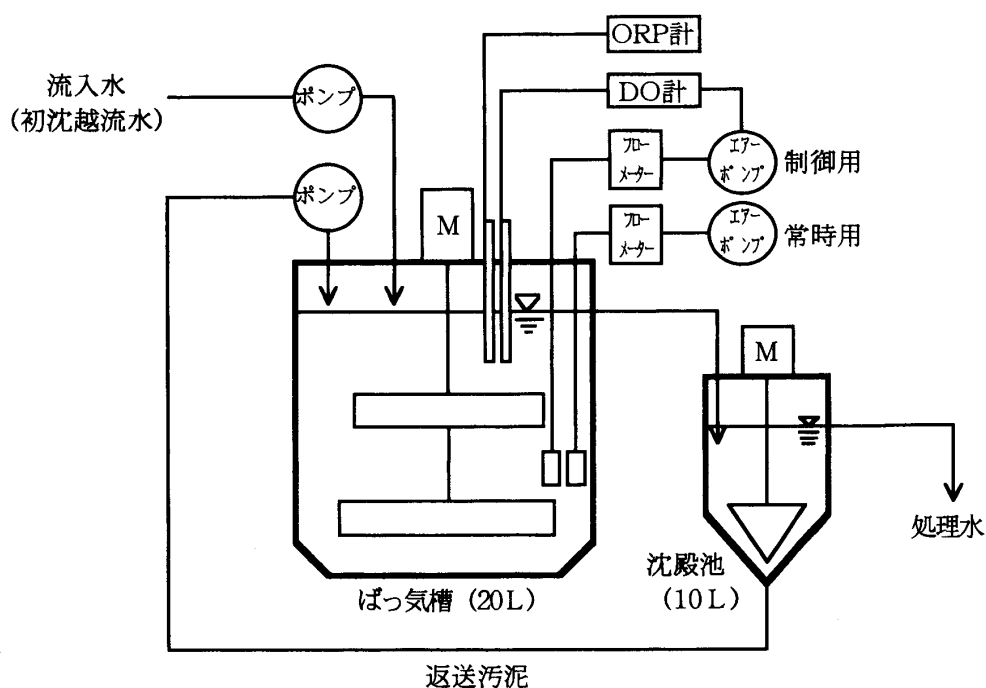


図-1 実験装置

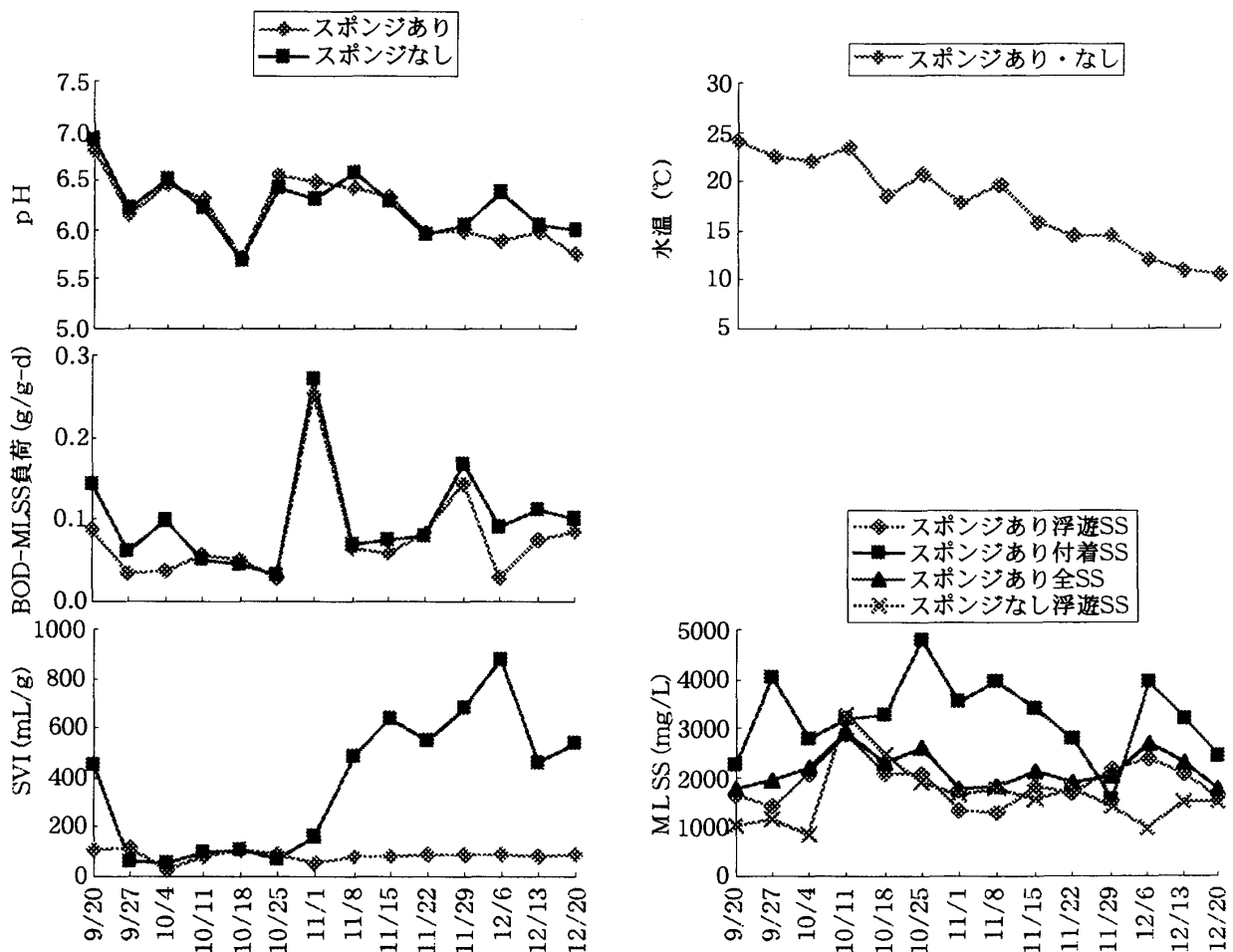
表－1 運転条件

	目標とした運転条件	標準法 ³⁾ (参考)
流入量 (L/日)	80～100	60～80
HRT (時間)	4.8～6.0	6.0～8.0
返送汚泥量 (L/日)	60～80	—
返送汚泥比 (%)	75～80	—
DO (mg/L)	1.5～2.0	—
MLSS (mg/L)	1500～2000	1500～2000

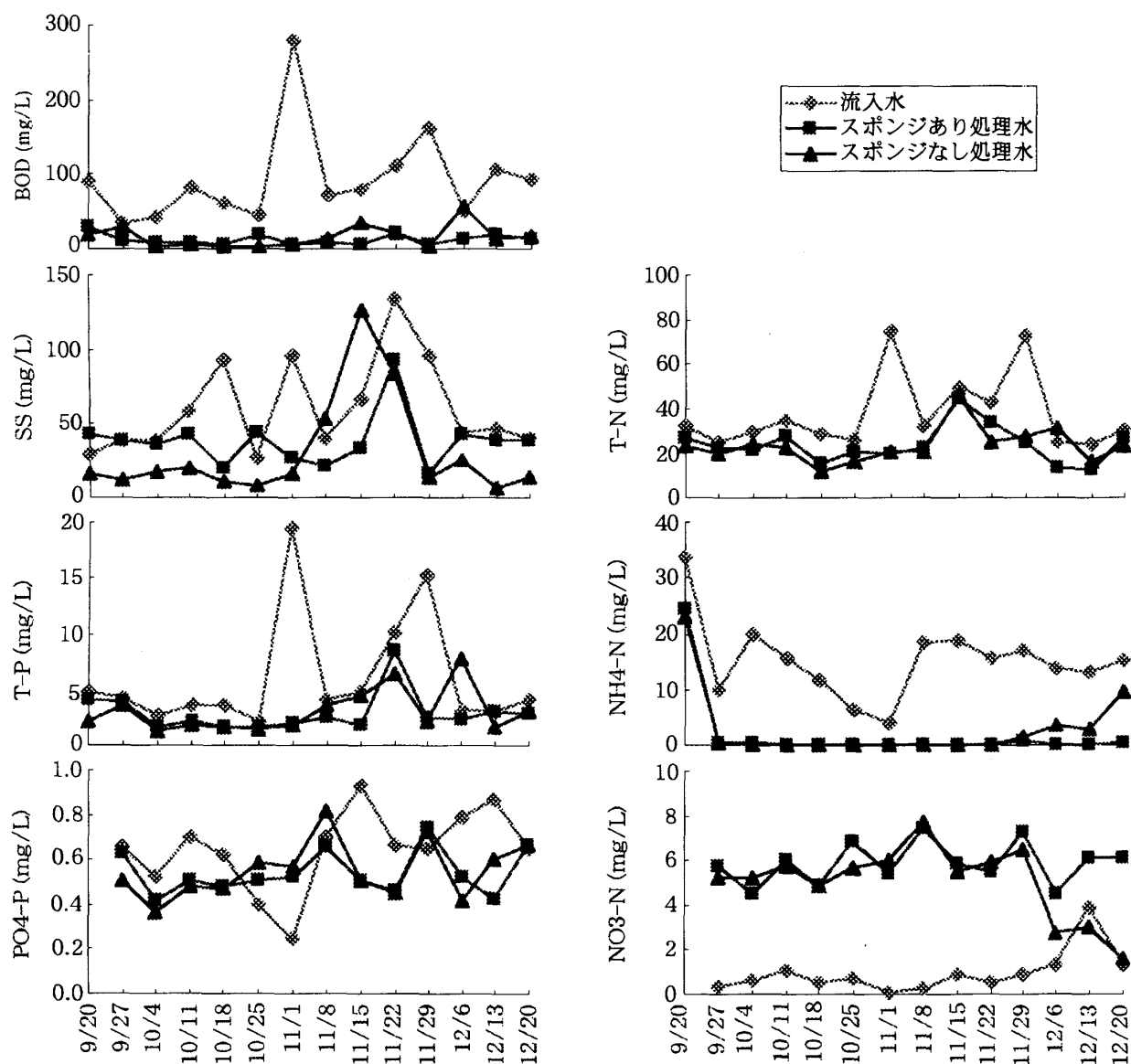
3. 実験結果および考察

主な運転および水質項目の経日変化を図－2、図－3に示す。また、これらの分析結果と除去率を平均値でまとめたものを表－2に示す。

まず、流入水の濃度については、分流式の最初沈殿池越流水BODとして140mg/Lが設計に用いられることが多いが³⁾、平均約93mg/Lと3分の2程度の薄さである。平均値の算出には



図－2 ばっ気槽内の経日変化



図－3 流入水および処理水の経日変化

表－2 主要項目の分析結果と除去率（9月20日～12月20日の平均値）

	流入水 (mg/L)	処理水 (mg/L)		除去率 (%)	
		ｽﾎﾟﾝｼﾞ あり	ｽﾎﾟﾝｼﾞ なし	ｽﾎﾟﾝｼﾞ あり	ｽﾎﾟﾝｼﾞ なし
BOD	93.2	12.1	16.2	87.0	82.6
SS	60.6	38.0	30.0	37.3	50.5
T-N	37.5	23.6	23.2	37.1	38.1
T-P	6.1	2.9	3.0	52.5	50.8
NH ₄ -N	15.2	1.9	3.0	—	—
NO ₃ -N	1.0	5.9	5.0	—	—
PO ₄ -P	0.65	0.54	0.55	—	—

11月1日に検出された異常に高い値も含めているため（汚泥処理系からの返流水が最初沈殿池に間欠的に戻されるが、その影響が一時的に出たものと推定される）、これを除くと平均濃度はさらに低くなる。BOD濃度が低いわりにはT-Nが平均約38mg/L、T-Pが平均約6mg/Lと、窒素およびリンの濃度が相対的に高いのが特徴である。また、T-N、T-Pのうち有機性（主として浮遊性）のものは、それぞれ57%、89%を占めていた。

次に、処理結果に移ると、HRTは両槽ともに4.8～6.8時間と、ほぼ目標通りに運転された。ばっ気槽水温は9月下旬に24～25℃だったのが、12月には10℃近くまで下がっている。pHは、後述するように硝化が進んでいたため、6～6.5と中性より低めであった。また、雨天時に雨水が混入すると、6以下に低下する傾向が見られた。

スポンジ担体投入ばっ気槽におけるスポンジ付着汚泥濃度は、2000～5000mg/Lの範囲に分布し、20～30g/Lまで可能という報告⁴⁾と比べると付着量が著しく少なかった。その理由として、流入下水の濃度が低い、攪拌強度が高かったことなどが考えられる。その結果、スポンジありとスポンジなしでは、全MLSS濃度に大きな差が出ず、ひいては最も重要な運転管理指標であるBOD-SS負荷にも大差なく、負荷量については0.1kgBOD/kgSS-日前後でほぼ同じであったと見なされる。

図-2、図-3の経日変化や表-2のまとめからわかるように、平均値で見るとスポンジありとスポンジなしで似かよった処理結果を示したが、実験後半ではスポンジなしの方が処理水質が劣るようになった。これは、汚泥沈降性指標SVIからわかるように、11月からスポンジなしばっ気槽で糸状性バルキングが発生し、それに伴い汚泥が流出したためである。優先していた糸状性細菌は*Sphaerotilus*またはType1701や、細菌が付着するType1851と考えられるもので、低有機物濃度または低DO濃度のときに出現する細菌種である⁵⁾。一方、処理水SSはほとんどの場合スポンジありの方が高くなっており、これは汚泥フロックがスポンジ担体との接触によって物理的に破壊され、微細化されたフロックが流出したためであると思われる⁶⁾。この現象には攪拌強度、スポンジ投入量や沈殿池の性能も関係しているため、今後の検討を要すると思われる。

栄養塩類については、スポンジあり、スポンジなしの両ばっ気槽とも硝化が進行しているが、12月からはスポンジなしの方が進行しにくくなっている。この原因は、水温の低下により、温度に敏感な硝化細菌の活性が低下したことに加え、汚泥の流出によりMLSSが低下したことが主な原因であろう。逆に、スポンジありの方は10℃まで下がっても硝化が継続されており、硝化活性保持能力の高さが伺える。しかし、脱窒や脱リンの操作は組み込んでいないため、T-NおよびT-P除去率にはあまり差が出ず、両槽とも低い値にとどまった。制御DO濃度は高くなかったため、スポンジ担体内で同時脱窒が生じることも期待されたが、たいして効果が見られなかったのは意外ともいえる。

以上より、以前にも報告したように⁶⁾、スポンジ担体は糸状性バルキングを抑制する点で大きな効果があり、これに付随して硝化能力の向上が見られた。しかし、この点を除けば処理成

績はスポンジありとスポンジなしではほぼ同等だと考えられ、しかも処理水質が極端に良いわけでもないので、低有機物負荷条件下ではスポンジ担体を適用するメリットが少ないといえるだろう。ただし、糸状性バルキングに対する万一の備えとしては非常に有効である。

4. おわりに

スポンジ担体投入活性汚泥法の新たな適用形態として、雨天時を想定した合流式の希釈下水の処理を検討してみた。ベンチスケール実験装置（ばっ気槽20L）を用い、高めの水量負荷（HRT4.6～6.8時間）で連続処理実験した結果、スポンジ担体は付着汚泥量が高まらず、BOD、SS、T-NおよびT-Pを基にした処理成績にたいした向上は見られなかった。しかし、従来から報告されている糸状性バルキングを確実に抑制する効果や、10℃の低温でも硝化能力を保持する能力は十分に確認できた。

今後は、スポンジ担体投入の効果が一層表れると思われる、さらに高い水量負荷や、ますます重要となる合流式下水の窒素・リン除去についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 高島正信、池本良子：スポンジ担体による回分式活性汚泥法の処理能力および汚泥沈降性の改善に関する研究、下水道協会誌、Vol. 38、No. 460、p. 89-98、2001年。
- 2) （社）日本下水道協会：下水試験方法、1997年版。
- 3) （社）日本下水道協会：下水道施設計画設計指針と解説、1994年版。
- 4) 出口浩、浦田幹夫、柏谷衛：スポンジキューブ固定化担体を用いる高濃度微生物処理、第30回下水道研究発表会講演集、p.509～511、1993年。
- 5) 千種薫；図説微生物による水質管理、産業用水調査会、1996年。
- 6) 大森淳子、高島正信：スポンジ担体による糸状性バルキング抑制に関する研究、第35回下水道研究発表会講演集、p. 696-698、1998年。

（平成13年11月15日受理）