

Biological Denitrification using Membrane Bioreactor

○松岡 賢司 (武蔵工業大学) 大久保 俊介 (武蔵工業大学)
金岡 欣輝 (武蔵工業大学) 綾 日出教 (武蔵工業大学)

1. はじめに

独立栄養細菌の硫黄脱窒素菌を用いる生物学的脱窒素法では、有機物を添加する必要がないので浄水処理に適しているが、後処理として増殖した細菌を除去する必要がある。膜分離バイオリアクターを用いれば、菌体を高濃度に維持すると同時に流失も防止できるので、濁度除去等の後処理が不要になる。本報告では、硫黄脱窒素菌の水素供与体としてチオ硫酸、固体硫黄粒、および湯の花を用いた実験を報告する。

2. 実験概要

実験装置の概略を Fig.1 に示す。使用した膜モジュールは、マグネティックスターラで駆動する平膜クロスフローろ過装置で、使用膜は直径は 75mm、公称孔径 $0.2\mu\text{m}$ の MF 膜である。

反応槽の反応液は、チューブポンプにより膜モジュールとの間で循環させ、膜モジュールからは定流量ポンプを用いて吸引ろ過を行った。膜の Flux は $0.35\text{m}/\text{day}$ に設定した。反応槽の水量が減少すると定水位タンクから自動的に原水を補給した。

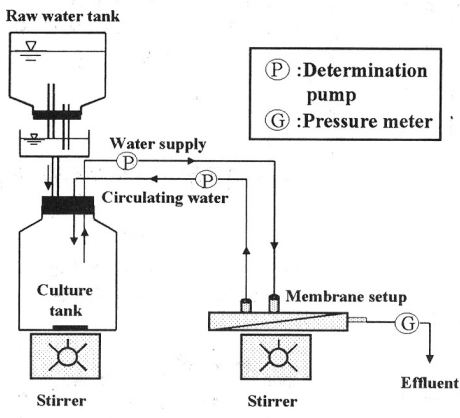


Fig.1 Experimental setup

水道水に硝酸塩、重炭酸塩及びりん酸塩を硝酸性窒素に対して Table 1 の比率で加えて原水とした。

測定項目は水温、pH、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度、透過流量、ORP、及びろ過抵抗である。

Table 1 Raw Water

chemical	addition ratio	concentration(mg/L)
$\text{NO}_3\text{-N}$	1	20~150
NaHCO_3	15	300~2250
$\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-P}$	0.05	1~7.5

実験 1 (チオ硫酸系):

水素供与体としてチオ硫酸塩を原水に添加した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の 1 に対し 22.5 の $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を添加した。水理学的滞留時間 (HRT) は 10hr である。

実験 2 (硫黄粒系):

水素供与体兼担体として固体の硫黄粒を使用した。反応槽内に設置した籠の中に硫黄粒を入れ、籠の下側でスターラにより攪拌して実験を行った (Fig.2)。硫黄粒の平均粒径は 1.5mm 、容積を約 0.0012m^3 とした。HRT は 15.7hr である。

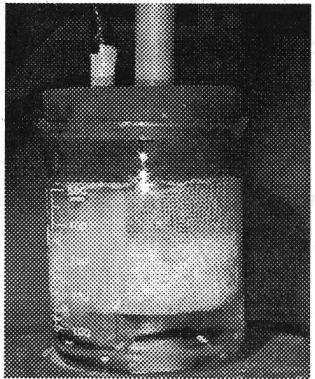


Fig.2 Sulfur grain reactor

実験 3 (湯の花系):

水素供与体として、噴気孔で採取されている湯の花を使用した。湯の花は時々反応槽に直接添加した。添加量は実験を通じて探索した。HRT は 26.5hr である。

各実験系は、完全に脱窒素できるようになると原水の硝酸性窒素負荷を引き上げた。膜が閉塞すると、表面をふき取る物理洗浄を行った。

3. 実験結果および考察

(1) チオ硫酸系：

脱窒率とろ過抵抗の経日変化をそれぞれ Fig.3, Fig.4 に示す。原水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を増加させると脱窒率は低下するが、菌体が増殖して数日間で回復した。分離膜のクロスフロー流速を途中から大きくしたら抵抗値の増加を抑制できた。また、硝酸の負荷が大きくなると閉塞が早くなった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 容積負荷 $8.0(\text{mg-N/L}\cdot\text{hr})$ までは完全に脱窒できた。

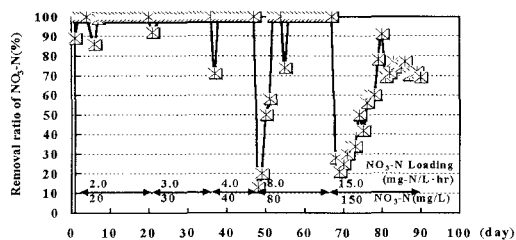


Fig.3 Change of removal ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$
(Thiosulfate)

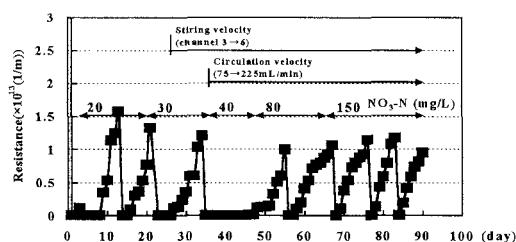


Fig.4 Change of resistance (Thiosulfate)

(2) 硫黄粒系：

脱窒率、およびろ過抵抗の経日変化をそれぞれ Fig.4 と Fig.5 に示す。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 容積負荷 $5.1(\text{mg-N/L}\cdot\text{hr})$ まで完全に脱窒できた。膜の抵抗値の上昇は少ないようである。固体硫黄は、生物の担体兼用の水素供与体になることが証明できた。

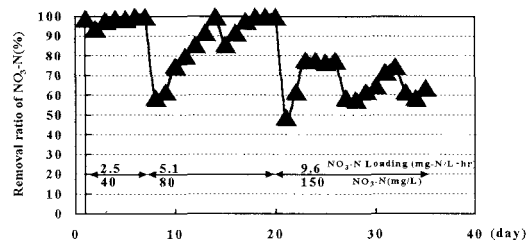


Fig.5 Change of removal ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$
(Sulfur grain)

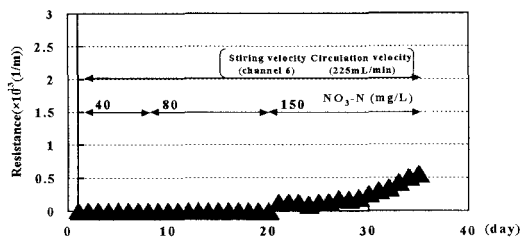


Fig.6 Change of resistance (Sulfur grain)

(3) 湯の花系：

湯の花系の脱窒率及びろ過抵抗の経日変化をそれぞれ Fig.7, および Fig.8 に示す。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 容積負荷 $3.0(\text{mg-N/L}\cdot\text{hr})$ までは安定した除去が行えた。硝酸性窒素 $20(\text{mg/L})$ に対し、湯の花 $1232(\text{g/m}^3)$ の添加で十分除去可能といえる。膜の抵抗値の劣化は著しく、頻繁に物理洗浄を行った。添加した湯の花も膜の閉塞の原因になっていると考えられる。

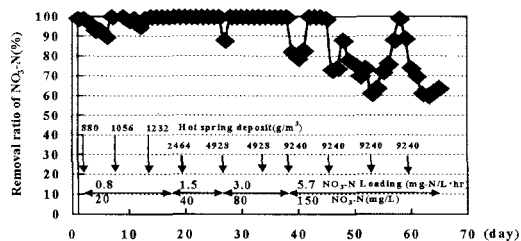


Fig.7 Change of removal ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$
(Hot spring deposit)

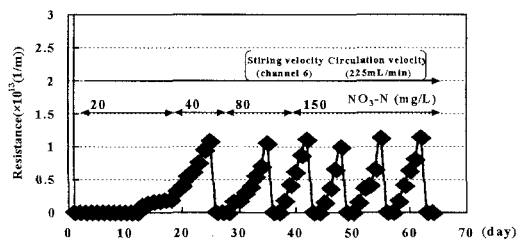


Fig.8 Change of resistance (Hot spring deposit)

膜分離バイオリアクターによって、微生物を反応系内に固定することにより生物学的脱窒素が可能であることを証明した。本システムでは、濁度除去等の後処理は不必要である。反応槽は浮遊法と生物膜法のどちらでもよく、水素供与体には、チオ硫酸塩よりも安価な固体硫黄のみならず、湯の花も利用できることを示した。