

(Ⅶ-3)

膜分離活性汚泥法の微生物的安全性の評価

木更津工業高等専門学校

○川崎愛美 高橋克夫 上村繁樹

高石斌夫 淡路美樹子 高尾道有

群馬工業高等専門学校

青井透

東京大学大学院工学系研究科

大垣眞一郎

1.はじめに 現在、下水処理水の高い安全性が求められているなか、膜分離活性汚泥法は細菌等を流出させないなど、微生物学的安全性の高い技術として注目されている。本研究では、実下水を原水とした膜分離活性汚泥法におけるふん便由来の病原性細菌の指標であるふん便性大腸菌群と、水中の病原性ウィルスの指標として有望視されている大腸菌ファージの挙動を調査し、膜分離活性汚泥法の微生物学的安全性を検討した。

2.実験方法

図1に実験に用いた膜処理実験装置を示す(現場実験)。本実験装置は、群馬県城南水処理センター内に設置され、最初沈殿地越流水を原水としてHRT約12時間で運転した。実験に使用した膜は、浸漬型中空糸MF膜(公称孔径 $0.4\mu\text{m}$)であり、使用期間約1年のMF膜1(新膜)、および使用期間約2年のMF膜2(旧膜)を用いた。本研究では、初沈流入水、新膜および旧膜による処理水における総大腸菌ファージ、F⁺特異性大腸菌ファージ(RNAファージ)、ふん便性大腸菌群の挙動を月に1度調査した。なお、城南水処理センターの実際の標準活性汚泥法(HRT約6時間)についても同様に分析を行った。

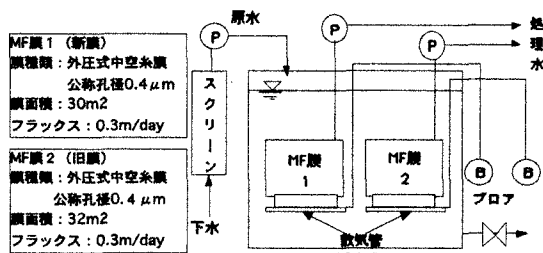


図1 膜実験装置フローシート

また別途、膜のファウリングにより膜処理水のRNAファージ濃度が低下する効果の確認のため室内実験を行った。反応槽20Lの室内実験装置を用い、公称孔径 $0.4\mu\text{m}$ 、面積 0.03m^2 の膜を、フラックス $0.133\text{m}^3/\text{d}$ で運転し、グルコースを主成分とした基質を連続供給した。RNAファージの挙動を調査するに当たっては、RNAファージの純粋株であるQ β を反応槽に直接添加した。

ふん便性大腸菌群の測定はmFC培地を用いたメンブレンフィルター法で測定した。大腸菌ファージは重層寒天法(宿主菌*E.coli* K12)により定量した。試料を $0.45\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過し、ろ過した試料について遊離状態の大腸菌ファージを測定した。吸着状態の大腸菌ファージはろ過したフィルターをビーフエキスを溶出した後に測定した。検出限界値は大腸菌ファージ $0.02(\text{PFU}/\text{ml})$ 、ふん便性大腸菌群 $0.01(\text{CFU}/\text{ml})$ とした。

3.実験結果および考察

図2に現場実験におけるRNAファージの経時変化を示す。初沈流入水は $5.52 \times 10^3(\text{PFU}/\text{ml})$ 、終沈上澄み $1.30 \times 10^1(\text{PFU}/\text{ml})$ 、膜処理水は旧膜で $8.65 \times 10^{-2}(\text{PFU}/\text{ml})$ 、新膜では $3.85 \times 10^{-2}(\text{PFU}/\text{ml})$ であった。表1に初沈流入水に対する平均対数除去率を示した。総大腸菌ファージとRNAファージの平均除去率は、膜分離活性汚泥法の方が標準活性汚泥法に比べ2log以上も高かった。総大腸菌ファージとRNAファージの平均除去率を比較すると、膜分離活性汚泥法では総大腸菌ファージの除去率がRNAファージの除去率も大きかった。これは、一般にRNAファージはDNA大腸菌ファージ(DNAファージ)よりも小さく、

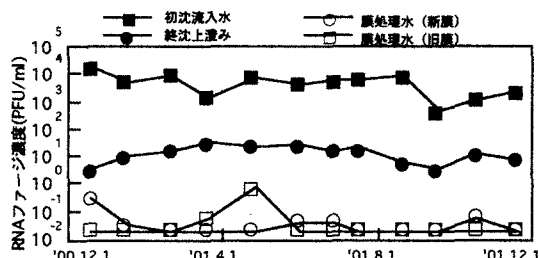


図2 RNAファージの経時変化

キーワード：膜分離活性汚泥法, MF膜, F⁺特異性大腸菌ファージ

連絡先：〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 TEL: 0438-30-4153 FAX: 0438-30-4153

膜を通りやすいためであると考えられる。一方、標準活性汚泥法では RNA フェージの除去率の方が総大腸菌フェージよりも大きかった。旧膜の総大腸菌フェージの平均除去率 5.00log であるのに対し、新膜の平均除去率は 5.27log であり、旧膜の膜劣化を示唆している。ふん便性大腸菌群数の除去率は、膜分離活性汚泥法で 5.72log、6.33log に対して、標準活性汚泥法では 2.45log で約 3log 以上も高かった。

図 3 に現場実験における標準活性汚泥法と膜分離活性汚泥法の活性汚泥 1g 当たり的大腸菌フェージ吸着量を示す。標準活性汚泥で 1.74×10^6 (PFU/g-MLSS) で、膜分離活性汚泥で 2.15×10^5 (PFU/g-MLSS) であり、標準活性汚泥は膜分離活性汚泥に比べ、吸着量が 1 オーダー程度高かった。これは、膜分離活性汚泥の MLSS が標準活性汚泥法の約 6 倍であること、また、膜分離活性汚泥法の HRT が標準活性汚泥法の約 2 倍程度であることが原因として挙げられる。

図 4 に現場実験における標準活性汚泥法と膜分離活性汚泥法中の活性汚泥内の大腸菌フェージの存在状態を示す。標準活性汚泥の遊離フェージが 3.6% であるのに対し、膜分離活性汚泥では 0.4% であった。膜分離活性汚泥の遊離フェージ濃度は 7.35 (PFU/ml) であり、新膜の処理水の総大腸菌フェージは 5.50×10^{-2} (PFU/ml) であった。膜の公称孔径が $0.4 \mu\text{m}$ であるのに対し、大腸菌フェージの大きさは一般に $20 \sim 100 \text{nm}$ ¹⁾ と言われている。したがって膜処理水の大腸菌フェージ濃度は膜分離活性汚泥内の遊離フェージ濃度と同じになると考えられるが、長期間継続して使用している装置は、膜のファウリングの影響で見かけの孔径が小さくなったことでフェージ濃度が低下したものと考えられる。

図 5 に室内実験装置における Qβ の経時変化を示す。新しい膜を使用した場合、遊離状態の Qβ 濃度と膜処理水の Qβ 濃度はほぼ同じであった。しかしながら、実下水を使用した長期連続実験では、膜のファウリングの影響が示唆されており、今後、室内実験を継続してこの影響について調査していく予定である。

4.まとめ 膜分離活性汚泥法における大腸菌フェージの平均対数除去率は、標準活性汚泥法に比べ 2log 程度高いことが確認された。膜分離活性汚泥法および標準活性汚泥法における汚泥内の大腸菌フェージは、95%以上が吸着状態で存在していることが確認された。

参考文献 1) 佐藤敦久編著 (1992) 水処理 技報堂出版 pp.37~42

謝辞 本研究では高崎市下水道局および城南水処理センターの皆様に御協力を頂きました。ここに記して謝辞とします。

表1 平均対数除去率

平均値 (標準偏差)	総大腸菌 フェージ (PFU/ml)	RNA フェージ (PFU/ml)	糞便性大 腸菌群数 (CFU/ml)
①初沈流入水 (STD)	1.02E+04 (6.47E+03)	5.52E+03 (5.20E+03)	4.00E+05 (4.20E+05)
②膜処理水[MF膜1] (STD)	5.50E-02 (6.26E-02)	3.85E-02 (6.50E-02)	7.67E-01 (7.60E-01)
Log (①/②)	5.27	5.16	5.72
③膜処理水[MF膜2] (STD)	1.03E-01 (1.85E-01)	8.65E-02 (1.66E-01)	1.89E-01 (2.03E-01)
Log (①/③)	5.00	4.81	6.33
④標準活性汚泥法 処理水 (STD)	4.88E+01 (3.88E+01)	1.30E+01 (1.03E+01)	1.41E+03 (1.50E+03)
Log (①/④)	2.32	2.63	2.45

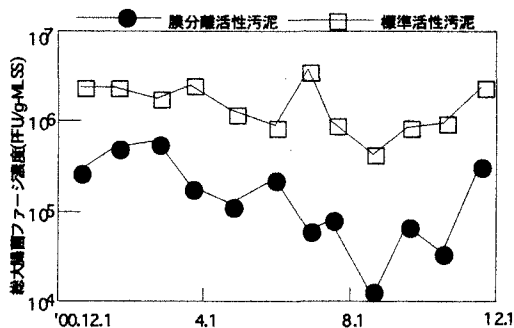


図3 活性汚泥の総大腸菌フェージ吸着量

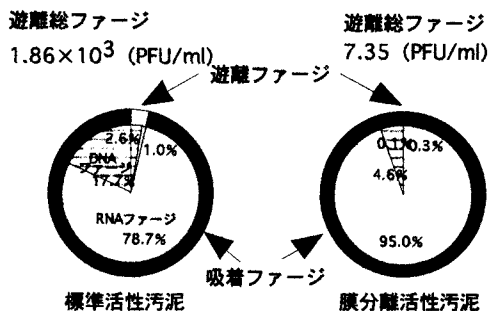


図4 フェージの存在状態

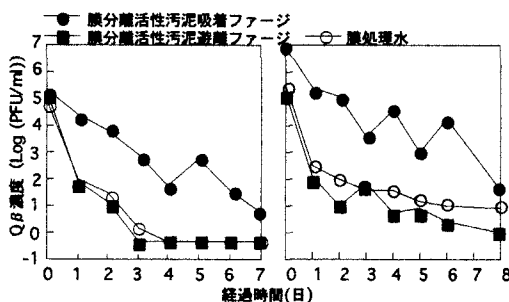


図5 Qβの経時変化