

VII-93

膜分離プロセスにおける大腸菌ファージ及び糞便性大腸菌の挙動

木更津高専 正 高橋克夫 上村繁樹 高石斌夫
 東京大学 正 大垣眞一郎 埼玉大学 正 藤田賢二

1. はじめに

膜分離によって発生する濃縮排水中にはウイルス等の微生物が高濃度に濃縮される。膜分離浄水処理プロセスにおいても濃縮排水の衛生的処理法の検討がなされている。本研究は原水中の微生物の濃縮排水への濃縮について、ウイルス指標として有望視されている大腸菌ファージ及び糞便性大腸菌を用いて検討した。

2. 実験方法

実験条件を表1に示す。RUN 1の膜供給水は河川水を活性炭及び孔径 $0.03\mu\text{m}$ の中空糸膜を透過した水道水で50倍希釈したものであり、RUN 2は50倍希釈河川水にQ β を常時添加した。この原水のQ β 濃度は 10^4 PFU/mLである。また、RUN 2では一部T 4も添加した。河川水は4~7日ごとに採水し7℃に保ち使用した。大腸菌ファージの測定に使用した宿主菌は*E.coli* K12 F'(A/ λ)である。*E.coli* K12 F'(A/ λ)を宿主菌とした場合は、DNAとRNAの両ファージを検出する（総ファージとよぶ）。また、RNA分解酵素を用いることで、DNAファージとRNAファージの分離を行った²⁾。RUN 1の野性ファージの試料は濃度が低いことから、ろ過水で50mL、膜供給水で30~50mL、濃縮排水は10~20mLとした。測定は $0.45\mu\text{m}$ フィルターでろ過した試料について行った。RUN2の試料は0.1mLとしろ過せず直接測定した。RUN2では中空糸に吸着したQ β を測定する目的で、中空糸膜を約40cm切りとり、3%牛肉エキス（pH9.5）に入れ誘出試験を行った。糞便性大腸菌はmFC培地を用いたメンブレンフィルター法によった。

3. 実験結果と考察

膜供給水の調製に用いた河川水の水質の平均値は、総ファージ 110^4 PFU/mL、RNAファージ 44^4 PFU/mL、糞便性大腸菌群 440 CFU/mL、溶解性TOC（DOC） 7.2mg/L 、SS 11.4mg/L であった。**RUN1**：DNAファージとRNAファージの除去率を図1示す。ろ過水にはDNAファージは検出されず、DNAファージ除去率は100%であった。一方、RNAファージ除去率は71~100%であった。図2は各測定の前水中のファージ濃度と濃縮排水中のファージ濃度をプロットしたものである。実線は運転工程から定まる理論濃縮率（24倍に濃縮）で、破線は全く濃縮されい場合を示している。DNAファージの濃縮率はRNAファージよりも大きく、理論値に近いことが分かった。RNAファージは1.7~9.6倍に濃縮されていて、原水濃度よりも大きかった。図3は原水中の糞便性大腸菌濃度と濃縮排水中の糞便性大腸菌濃度を示しているが、糞

キーワード：中空糸精密ろ過膜、膜分離、大腸菌ファージ、糞便性大腸菌

〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 TEL:0438-97-1341 内線431 FAX: 0438-98-5717

表1 実験条件

	RUN1	RUN2
膜供給水	河川水を50倍希釈水	河川希釈水にQ β を添加
膜特性	親水化ポリエチレン中空糸精密ろ過膜（三菱レイヨン）、公称孔径 $0.03\mu\text{m}$ 、膜面積 0.42m^2	
運転	外圧式、流速 $0.67\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 、空気洗浄 逆洗なし	
ろ過工程	ろ過1時間、空気洗浄1分、ドレイン15秒	

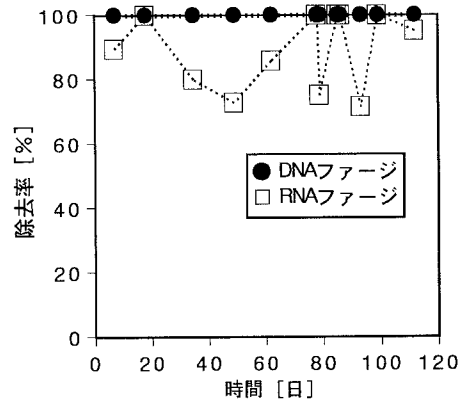


図1 野生ファージ除去率

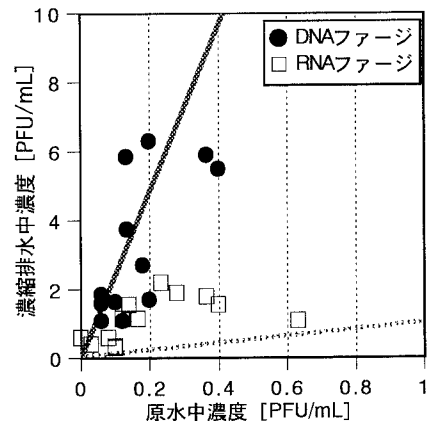


図2 野生ファージの濃縮

便性大腸菌はほぼ理論どおりに濃縮していて、文献2と同様の結果が得られた。

RUN2: 図4にQβの除去率を示す。初期に40%程度であったが、24日以後90~99.8%に増加した。図5に原水中のQβと濃縮排水中のQβ濃度をプロットした。Qβの濃縮率は理論濃縮率よりも低く、濃縮排水の濃度は原水濃度に近い値であった。しかし、運転開始後14日では5.7倍に濃縮されていて、ろ過初期の濃縮率は高い値を示した。Qβのろ過実験の後、T4をろ過した。結果を図5中に示した。T4の濃縮率はQβよりも理論値に近いことが分かった。膜に供給されたQβの総量（Qβ_{inf}）、ろ過水へ流出するQβの総量（Qβ_{fil}）、濃縮排水へ流出するQβの総量（Qβ_{drain}）を評価し、ろ過工程1サイクルにおけるQβのマスバランス³⁾を計算した。同時に中空糸を約40cm程度切り出し、中空糸膜に吸着捕捉されたと考えられるQβを牛肉エキスで誘出定量した（Qβ_{elute}）。Qβ_{inf}からQβ_{drain}及びQβ_{fil}を差し引いてQβ_{inact}とした。Qβ_{inact}は膜に吸着されているQβ総量になる。結果を図6に示した。ろ過継続にともないQβ_{fil}比は減少するものの、Qβ_{drain}比は10%程度でほぼ一定であった。また、Qβ_{elute}比は初期に30%程度で以後減少した。この結果、Qβ_{inact}比はろ過の継続にともない増大する一方であった。ろ過の継続にともないQβ除去率は増加するものの濃縮排水や膜誘出水のQβ量は増加せず、膜で除去されたQβの多くは、膜面や濃縮排水中の懸濁物質中で不活化している可能性が考えられる。このように、膜で除去率されたQβの90%以上が不活化したとすると、その機構や関係する因子についての解明が重要となる。

4. まとめ

大腸菌ファージ及び糞便性大腸菌の濃縮排水への濃縮率について以下の知見を得た。

- 1) DNAファージの濃縮率はRNAファージよりも大きかった。
- 2) ろ過初期（膜の汚染が少ない場合）には濃縮率が大きく、ろ過の進行にともない減少する傾向がみられた。
- 3) 膜で捕捉された大腸菌ファージの多くは膜面や濃縮排水中の懸濁物質中で不活化している可能性が予想された。
- 4) 糞便性大腸菌の濃縮率はほぼ理論どおりであった。

参考文献

- 1) 土木学会編「自然水系における大腸菌ファージの消長」環境微生物学研究法、技法堂出版、pp.309-312,1993.
- 2) 大瀧雅寛他「膜処理プロセスにおける野生大腸菌ファージの挙動」第33回環境工学研究フォーラム講演集、B-2,pp.48-50 (1995.12).
- 3) 李錫憲 他「MF膜利用型浄水プロセスのウイルス除去特性について」第32回環境工学研究フォーラム講演集、pp.66-68,1995.

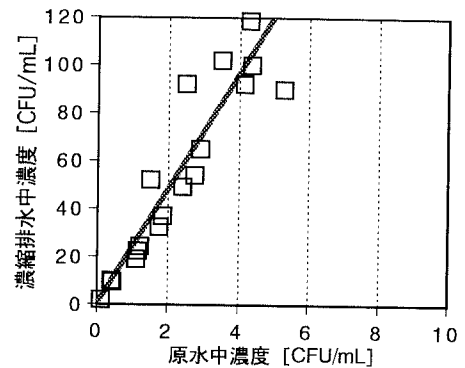


図3 糞便性大腸菌の濃縮

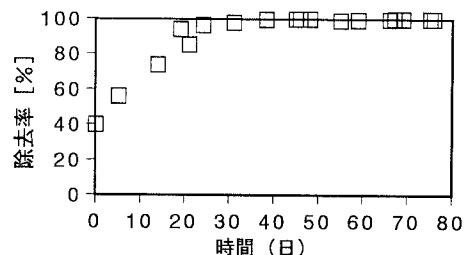


図4 Qβの除去率

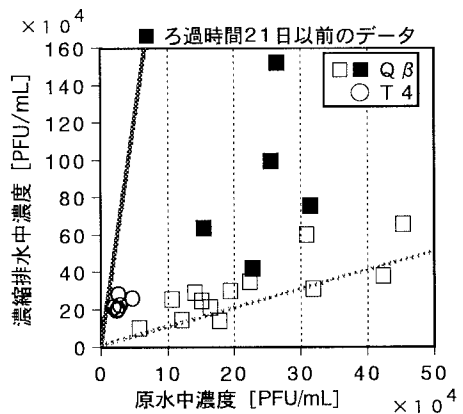


図5 QβとT4の濃縮

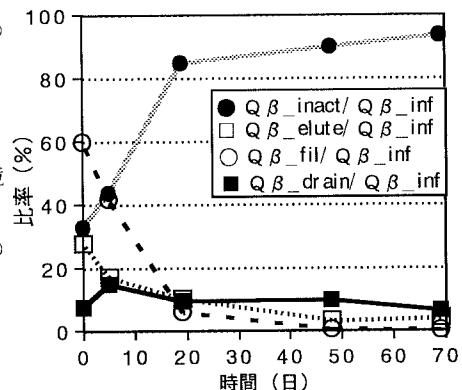


図6 Qβのマスバランス