

助成番号 0705

## 海水の濾過のためのバイオマスプラスチック製濾過膜の開発

田中 孝明

新潟大学工学部機能材料工学科

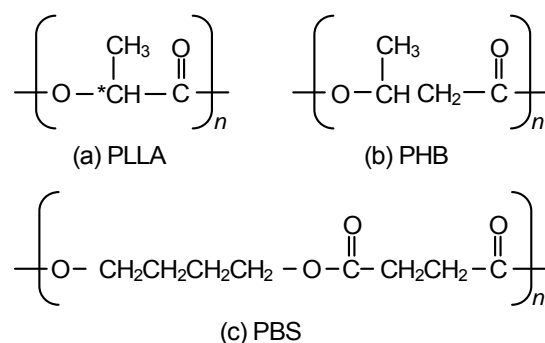
**概要** 海水からの食塩や食品素材の生産における濾過プロセスへの応用を目指して、バイオマスプラスチック製濾過膜の開発を行った。海水中の微粒子を除去するためには主として砂濾過法が用いられているが、後段のイオン交換膜などの微生物汚染を防ぎ、より安全・安心な食品素材の生産を行うために、膜濾過法の併用が有効と考えられる。本研究では環境に優しい材料として注目されている、バイオマスプラスチックを用いて海水濾過用の濾過膜を開発した。

バイオマスプラスチックとしては、ポリ乳酸とポリブチレンサクシネートを、製膜方法としては非溶媒誘起相分離法と熱誘起相分離法を検討したところ、バクテリアを阻止可能な濾過膜としては非溶媒誘起相分離法と熱誘起相分離法を組み合わせることで作製したポリブチレンサクシネート製濾過膜が有効であった。指標となるバクテリアとしては主として乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* (0.7φ × 2.5 μm) を用いた。ポリブチレンサクシネート製濾過膜は 3.4% の NaCl 溶液中でも濾過抵抗もほとんど変化せず、99% 以上のバクテリアの阻止率を示した。この濾過膜を用いて新潟大学の近辺の五十嵐浜から採取した海水に懸濁した乳酸菌懸濁液を濾過したところ、0.85% NaCl 溶液に懸濁した場合とほぼ同じ濾過速度・菌体阻止率が得られた。

## 1. 研究目的

海水は食塩やミネラルなどの食品素材の原料である。海水中の微粒子を除去するためには主として砂濾過法が用いられているが、後段のイオン交換膜などの微生物汚染を防ぎ、より安全・安心な食品素材の生産を行うために、膜濾過法の併用が有効と考えられる<sup>1)</sup>。本研究では環境に優しい材料として注目されている、バイオマスプラスチックを用いて海水濾過用の濾過膜を開発した。

バイオマスプラスチックは生分解性プラスチック<sup>2)</sup>の一種であり、ポリ乳酸、ポリヒドロキシ酪酸、ポリブチレンサクシネートなどが知られている (Figure 1)。これらはエステル結合が加水分解されることにより、環境中やコンポスト化処理装置内で分解される生分解性ポリエステル的一种である。汎用プラスチックは現代社会において日常生活に用いられる消費財や生産プロセスにおける材料として大きな役割を果たしているが、化石資源の保護、二酸化炭素排出削減問題、プラスチックゴミ処理問題などの観点から、



**Figure 1.** Biomass plastics. (a) poly(L-lactic acid), PLLA; (b) poly(3-hydroxybutyric acid), PHB; (c) poly(1,4-butylene succinate), PBS.

近年、バイオマスプラスチックが注目されるようになってきた。

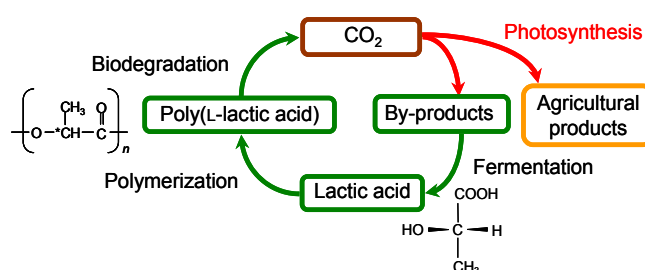
バイオマスプラスチックを始めとする生分解性プラスチックは、水分の存在下で加水分解され、最終的には微生物

により二酸化炭素と水にまで代謝される。生分解性プラスチックの多くは、常温では水中でも分解に数週間から数ヶ月かかるが、コンポスト化処理装置内では微生物の発酵熱により 60 - 70°C となっており、分解速度が促進される (Table 1)。生分解性プラスチック製濾過膜は常温において濾過分離に使用後、目詰まり成分とともにコンポスト化処理装置内で迅速に分解できることが期待できる。なお、生分解性ポリエステルは塩素やフッ素を含まないため、焼却処理も可能である。

**Table 1.** Degradability of common and biomass plastics

Conditions	Common plastics	Biomass plastics
25°C, dry	Undegradable	Undegradable
25°C, wet	Undegradable	Slowly degradable
60°C, dry	Undegradable	Undegradable
60°C, wet	Undegradable	Degradable

ポリ乳酸の原料である乳酸はとうもろこしデンプンをはじめとする各種バイオマスから生産が可能であるため、現在におけるバイオマスプラスチックの代表的な存在である (Figure 2)<sup>3)</sup>。ポリヒドロキシ酪酸はポリマーそのものがバクテリアの中で生産されるが、ホモポリマーでは脆いため、炭素源などの培養条件を工夫して共重合体を生産する方法が開発されている<sup>4)</sup>。ポリブチレンサクシネートのモノマーはコハク酸と1,4-ブタンジオールであるが、近年、バイオマスからのコハク酸の発酵生産が行われるようになってきた<sup>5)</sup>。コハク酸を水素により還元することにより、1,4-ブタンジオールも生産が可能のため、ポリブチレンサクシネートも



**Figure 2.** Production and biodegradation of poly(lactic acid)

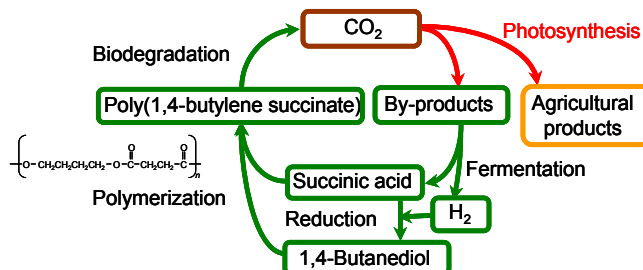
バイオマスプラスチックとして注目されるようになってきた (Figure 3)。なお、還元を用いる水素もバイオマスからの生産が検討されている。

本研究では製塩などの海水を利用する製造プロセスにおいて海水中の微生物を除去するためのバイオマスプラスチック製濾過膜の開発を行った。バイオマスプラスチックとしては現在の主流であるポリ乳酸と今後バイオマスプラスチックとしての生産が期待されるポリブチレンサクシネートを用いた。相分離法<sup>6)</sup>を用いた製膜方法の検討と作製した膜のNaCl溶液および海水を含むバクテリア懸濁液の濾過における性能評価を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 ポリ乳酸製濾過膜の作製

ポリ乳酸としては、主として重量平均分子量  $1.22 \times 10^5$  のポリ-L-乳酸(トヨタ自動車)を用いた。製膜には熱誘起相分離法<sup>7,8)</sup>と非溶媒誘起相分離法<sup>6)</sup>を検討した。熱誘起相分離法においては、ポリ乳酸を1,4-ジオキサン-水-混合溶媒(水分含有率 = 13%)にて溶解後、ステンレス製の型に流し込み、52°Cにて5分間保持後、氷水で冷却することにより相分離と固化を行った。生じたゲルを水で洗浄することにより、多孔質膜とした。非溶媒誘起相分離法においては、ポリ乳酸をクロロホルムまたは1,4-ジオキサン-水-混合溶媒に溶解後、厚さ0.5-1.0 mmのポリテトラフルオロエチレン製のスペーサを貼り付けたガラス板上にキャストし、凝固槽に浸漬することにより、相分離と固化を行った。凝固槽の溶媒には、ポリ乳酸を溶解する溶媒がクロロホルムの場合はメタノールを、1,4-ジオキサン-水-混合溶媒の場合は水を用いた。



**Figure 3.** Production and biodegradation of poly(1,4-butylene succinate)

## 2.2 ポリブチレンサクシネート製濾過膜の作製

ポリブチレンサクシネートとしては、メルトフローレート (MFR) 1.4 g/10 min のビオノーレ 1001 (昭和高分子) を用いた。製膜には主として非溶媒誘起相分離法と熱誘起相分離法を組み合わせた方法を用いた。ポリブチレンサクシネートをクロロホルムに溶解後、47.5°Cにて10分間保持後、厚さ0.5または1.0 mmのポリテトラフルオロエチレン製のスペーサを貼り付けたガラス板上にキャストし、25°Cのメタノール槽に浸漬することにより、相分離と固化を行った。

## 2.3 濾過膜の性能評価

濾過実験は直径25 mmの濾過膜をデッドエンド型濾過装置 (Amicon model 8010, Millipore, 有効濾過面積 = 4.1 cm<sup>2</sup>) に装着し、精製水又は菌体懸濁液を用いて22-25°Cにて行った。膜濾過抵抗  $R$  [m<sup>-1</sup>] は、精製水の定圧濾過実験から求めた体積透過流束  $J$  [m<sup>3</sup>・s<sup>-1</sup>] より次式を用いて計算した。

$$R = \frac{\Delta P}{\mu J} \quad (1)$$

ただし、 $\Delta P$  および  $\mu$  はそれぞれ、濾過圧力 (膜間圧力差) [Pa] および濾液の粘度 [Pa・s] である。水、2.1% NaCl 溶液、3.4% NaCl 溶液の粘度の値には  $8.9 \times 10^{-4}$  Pa・s、 $9.2 \times 10^{-4}$  Pa・s、および  $9.5 \times 10^{-4}$  Pa・s を用いた。

酵母懸濁液は乾燥酵母 (和光純薬; 湿潤時、 $6.4 \times 4.8$  μm) を精製水に懸濁して調製した。

細菌懸濁液として L 培地で培養した大腸菌 *Escherichia coli* ( $0.6\phi \times 1.1$  μm) または MRS 培地を用いて培養した乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* ( $0.7\phi \times 2.5$  μm) を 0.85% NaCl 溶液に懸濁したものを用いた。濾過実験における濾液の濁度 (OD<sub>660</sub>) より、濾過膜の菌体阻止能を評価した。

## 2.4 海水および海水を含む菌体懸濁液の濾過

海水のサンプルは新潟市西区五十嵐2の町にある新川漁港にて採取した。海水は採取後、温度、塩分濃度、pH を測定した。塩分濃度は導電率測定方式塩分濃度計 (SK-5S, 佐藤計量器製作所) にて測定した。ゴミを取り除くため、25°C 一晚静置後、上澄みを濾過実験に用いた。海水の濾過における細菌の阻止性能を評価する場合は、主として乳酸菌 *L. plantarum* を海水に添加した懸濁液を用い、濾液の濁度 (OD<sub>660</sub>) を測定した。

## 2.5 コロニーカウンティング

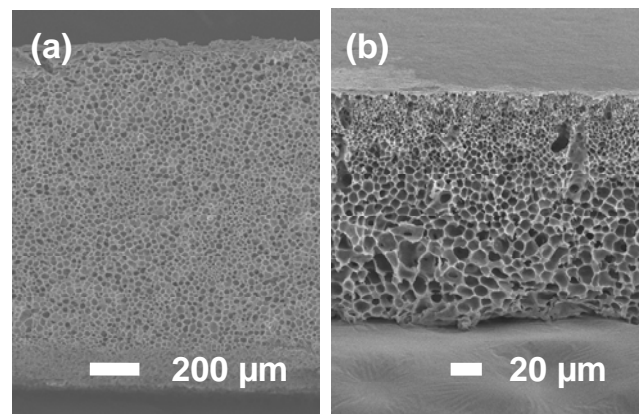
海水中に含まれる一般細菌および大腸菌群の濃度の測定にコロニーカウンティング法を用いた。海水はゴミを取り除くために、濾紙 (No. 5C, Advantec) を用いて濾過を行った。一般細菌計測用の培地には SCD ブイヨン (Soybean-Casein-Digest Broth, Nissui) と寒天を、大腸菌群計測用の培地には EMB 寒天培地 (Eosin-Methylene Blue Agar, Nissui) を用いた。それぞれ、90 mm シャーレにて固化して培地プレートを作製した。海水を滅菌した精製水にて  $10$ 、 $10^2$ 、 $10^3$ 、 $10^4$ 、 $10^5$ 、 $10^6$ 、および  $10^7$  倍に希釈したものを用意し、培地プレート1枚あたり、30 μL ずつ滴下してコンラージ棒にて一様に塗布した。37°C で24時間培養後、生成したコロニーの個数を計測した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 ポリ乳酸製濾過膜の作製

熱誘起相分離法を用いて相分離と固化を行い作製したポリ乳酸製濾過膜 (Figure 4 (a)) は酵母を阻止可能であったがバクテリアは阻止できなかった<sup>9)</sup>。そこで、非溶媒誘起相分離法を用いてポリ乳酸濾過膜の作製を検討した。

Figure 4(b)はその一例である。熱誘起相分離法で作製したポリ乳酸製膜がほぼ均一な多孔質構造であったのに対し、非溶媒誘起相分離法で作製した膜は非対称型多孔

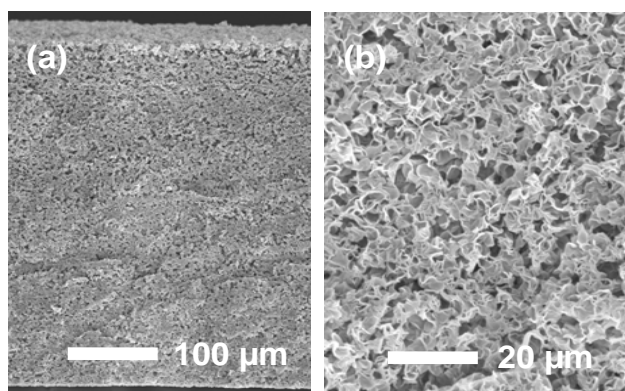


**Figure 4.** SEM photographs of cross-sections of poly (L-lactic acid) membranes. (a) Thermally induced phase separation method, polymer conc. = 10%, solvent 1,4- dioxane containing 13% water; spacer = 0.8 mm; (b) nonsolvent induced phase separation method, polymer conc. = 10%, solvent 1,4-dioxane, coagulation bath water containing 10% water, spacer=0.5 mm.

質構造であった。ポリ乳酸の濃度、溶媒の種類、溶媒中の非溶媒の濃度、非溶媒中の溶媒の濃度、スペーサの厚みなど、製膜条件を60種類以上変化させてポリ乳酸膜を作製したが、 $10^{12} \text{ m}^{-1}$ 以上の濾過抵抗をもつ濾過膜しか作製できなかった。そこで、以下に記すように今回の研究では海水の濾過実験は主としてポリブチレンサクシネート製濾過膜を用いて検討することとなったが、熱誘起相分離法と非溶媒誘起相分離法を組み合わせることで製膜条件を検討することにより、今後、バクテリアの阻止が可能なポリ乳酸製濾過膜の開発を検討する予定である。

### 3.2 ポリブチレンサクシネート製濾過膜の作製

ポリブチレンサクシネート製濾過膜を1,4-ジオキサンおよび1,4-ジオキサン-水-混合溶媒を溶媒として用いて作製したところ、強度の低い多孔質膜しか作製できなかった。そこで、クロロホルムを溶媒として用い、非溶媒誘起相分離法と熱誘起相分離法を用いてポリブチレンサクシネート製濾過膜を作製した。Figure 5には10%溶液を47.5°Cで溶解後、ガラス板上にキャストしたものを25°Cのメタノール槽に浸漬して作製した膜の例を示す。



**Figure 5.** SEM photographs of cross-sections of poly(1,4-butylene succinate) membranes formed via nonsolvent and thermally induced phase separation method: (a) overview, (b) middle part. Polymer concentration = 10%, spacer = 1.0 mm.

多孔質構造を持ち、 $10^{11} \text{ m}^{-1}$ 程度の濾過抵抗をもつ濾過膜となった。25°Cで溶解したポリブチレンサクシネート溶液を25°Cのメタノールを用いて相分離と凝固を行った場合は、ほぼ均質な膜となり、濾過抵抗は $10^{14} \text{ m}^{-1}$ 以上と高かった。高分子溶液の温度が高いと分子の拡散速度が高いため、凝固槽に浸漬したときに、非溶媒メタノールの

高分子溶液への侵入と溶媒クロロホルムへの凝固槽への抽出が迅速に行われて多孔質構造を作製できたと考えられる。作製したポリブチレンサクシネート製濾過膜には濾過抵抗が $3 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$ と高い値を示すものもあったが、本研究においては、精製水の濾過実験により濾過抵抗 $0.9-1.8 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$ の範囲のポリブチレンサクシネート製濾過膜を選択し、濾過挙動を比較する実験においては近い濾過抵抗をもつ膜を選択して用いた。

### 3.3 海水中の細菌濃度の計測

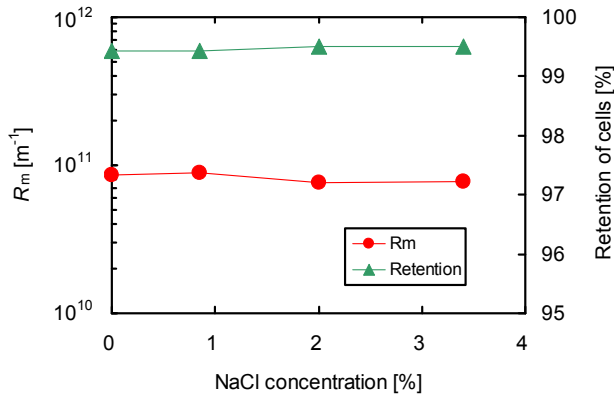
新潟市五十嵐浜の新川漁港から2007年8月2日に採取した海水中の一般細菌濃度と大腸菌群の濃度を測定するためにコロニーカウンティングを行った。対照実験として行った大腸菌懸濁液においてはSCD寒天プレート(一般細菌用)、EMB寒天プレート(大腸菌群用)ともコロニーが観察されたが、海水のサンプルを用いた寒天プレートからはコロニーが計測されなかった。このことから、採取した海水中の細菌は $3 \times 10^2 \text{ cfu mL}^{-1}$ 未満であることが分かった。7-9月期の水深30m以浅の沿岸海域のバクテリア濃度は $10^2-10^4 \text{ cfu mL}^{-1}$ とされている<sup>10)</sup>。今回のコロニーカウンティングの結果も同じ範囲にある。しかし、10mLのデッドエンド型濾過装置を用いて濾過実験を行った場合に、コロニーカウンティング法による菌体濃度の減少による評価を行うことは困難と考えられる。そこで、今回の研究では、別途培養した乳酸菌*L. plantarum*をNaCl溶液または海水に添加した菌体懸濁液を用いてバイオマスプラスチック濾過膜の評価を行い、並行して大量の海水を濾過する実験系を構築することにした。

### 3.4 NaCl存在下でのポリブチレンサクシネート濾過膜の濾過特性

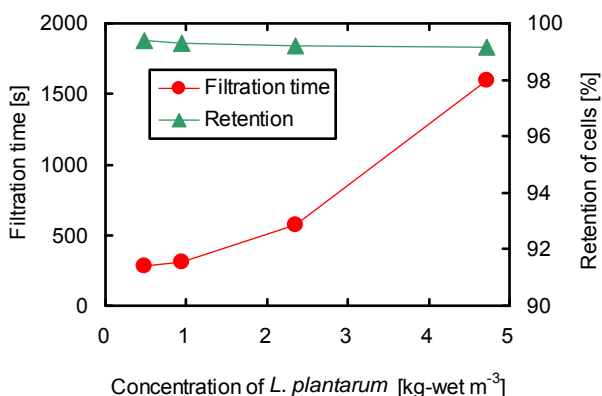
海水の濾過を行うためには、3%程度のNaClを含む溶液中にても濾過膜の抵抗や菌体阻止率を維持される必要がある。Figure 6に濃度の異なるNaCl溶液を用いたときの膜の濾過抵抗とそれぞれNaCl溶液に乳酸菌*L. plantarum*を懸濁したものをを用いて濾過を行った結果を示す。0.0-3.4%のNaClの存在下においては、膜濾過抵抗は $1 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$ 、菌体阻止率は99%以上を維持できた。菌体阻止率は対数減少値(log reduction value, LRV)で表示するとLRV>2であった。

また、*L. plantarum*を3.4% NaCl溶液に懸濁した菌体懸濁液を菌体濃度 $0.47-4.7 \text{ kg-wet m}^{-3}$ の範囲で変化させて

濾過を行ったところ、濾過時間は菌体濃度の増加とともに増加したが、菌体阻止率は99%以上(LRV > 2)であった(Figure 7)。なお、菌体懸濁液の濾過においては、濾過の進行とともに透過流束が低下したため、単位濾過面積あたりの濾液量  $v = 0.02 \text{ m}$  のときにおける濾過時間で比較した。

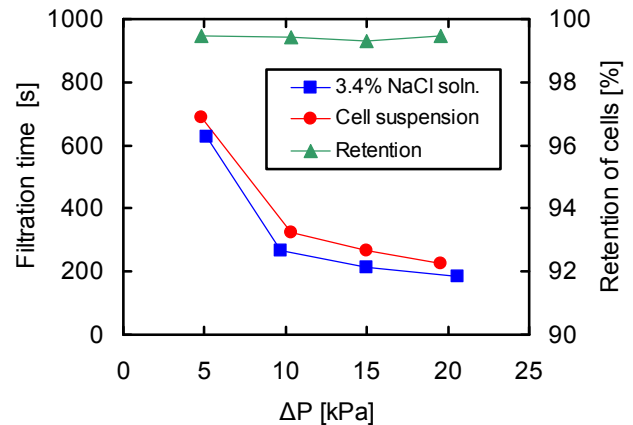


**Figure 6.** Effect of NaCl concentration on permeation resistance and retention of *L. plantarum* cells ( $0.49 \text{ kg-wet m}^{-3}$ ) of poly(1,4-butylene succinate) membrane.  $\Delta P = 10 \text{ kPa}$ .



**Figure 7.** Effect of cell concentration on filtration time (at  $v = 0.02 \text{ m}$ ) and retention in the filtration of *L. plantarum* cell suspension in 3.4% NaCl solution with poly(1,4-butylene succinate) membrane.  $1.10 \times 10^{11} \text{ m}^{-1} < R_m < 1.32 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$ .  $\Delta P = 10 \text{ kPa}$ .

Figure 8 には *L. plantarum* を 3.4% NaCl 溶液中に懸濁した菌体懸濁液を用いて 5 - 20 kPa の範囲で濾過圧力を変化させて濾過実験を行ったときの濾過時間と菌体阻止率を示す。菌体阻止率はいずれの場合も 99% 以上(LRV > 2)であった。濾過圧力を 5 kPa から 10 kPa に増加すると



**Figure 8.** Effect of transmembrane pressure on filtration time (at  $v = 0.02 \text{ m}$ ) and retention in the filtration of *L. plantarum* cell suspension ( $0.45 \text{ kg-wet m}^{-3}$ ) with poly(1,4-butylene succinate) membrane.  $1.37 \times 10^{11} \text{ m}^{-1} < R_m < 1.75 \times 10^{11} \text{ m}^{-1}$

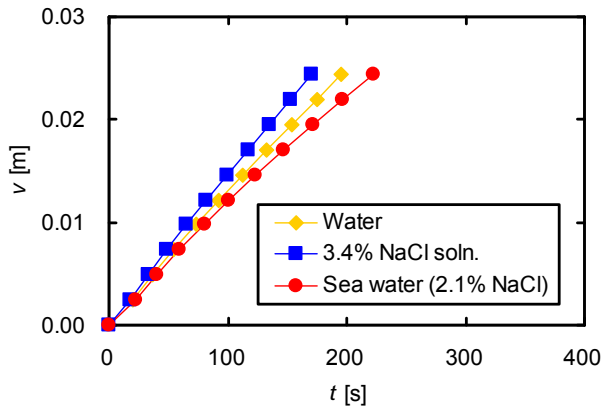
濾過時間は圧力にほぼ反比例して半減したが、10 kPa から 20 kPa に増加したときは、20%程度しか減少しなかった。これは菌体を含まない 3.4% NaCl 溶液の場合も同様であった。この原因として 10 kPa 以上では膜が圧縮され、膜の濾過抵抗が増加したためであると考えられた。そこで、以下では濾過圧力 10 kPa で濾過実験を行った。

### 3.5 ポリブチレンサクシネート製濾過膜を用いた海水の濾過

新潟市五十嵐浜の新川漁港から 2008 年 1 月 22 日及び 30 日に採取した海水を用いて濾過実験を行った。採取時(午後 2 時頃)の気温、水温とも  $7^\circ\text{C}$  前後であったが、一晚  $25^\circ\text{C}$  にて静置後、濾過実験に用いた。採取した海水の pH は 7.82 - 7.86、塩分濃度は 2.4 - 2.8% であった。理科年表<sup>11)</sup>によると 1 - 3 月期の新潟市沿岸においては、塩分濃度 3.32% (PSAL = 33.2) であり、測定値はこれより低い値であった。新川漁港の近くには新川が流れているため、塩分濃度が若干低い可能性が考えられた。また、測定した塩分濃度は NaCl 溶液を基準とする導電率にて測定した値であり、PSAL は海水 1 kg 当たりの固形分濃度に相当するため、PSAL 値よりも低い値となったことも考えられる。

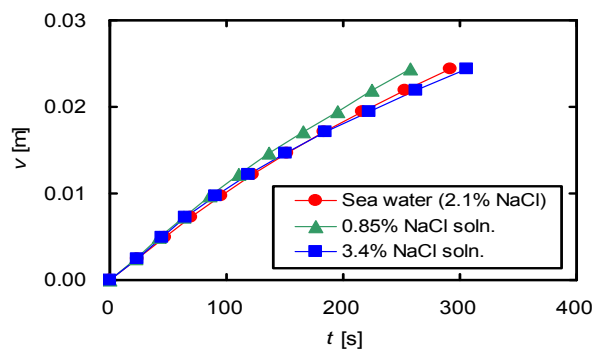
採取した海水を一晚  $25^\circ\text{C}$  にて静置後、上澄みを濾過実験に用いた。採取時に混入した固形物はほぼ除去されたため、無色透明であった。このため、当初計画していた砂濾過に相当する濾過(ナイロンメッシュや濾紙による濾

過)は省略した。Figure 9 に海水の濾過実験結果を示す。精製水や 3.4% NaCl 溶液とほぼ同じ濾過挙動を示したが、濾過の進行とともに濾過速度が低下する傾向が見られた。



**Figure 9.** Filtration of sea water with poly(1,4-butylene succinate) membrane.  $7.52 \times 10^{10} \text{ m}^{-1} < R_m < 9.12 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$ .  $\mu_{\text{water}} = 8.9 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ ,  $\mu_{2.1\% \text{ NaCl}} = 9.2 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ , and  $\mu_{3.4\% \text{ NaCl}} = 9.5 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ .  $\Delta P = 10 \text{ kPa}$ .

Figure 10 には *L. plantarum* を懸濁した海水を用いた濾過実験の結果を示す。菌体を添加しない場合と比較して濾過時間は長くなったが、0.85% NaCl 溶液や 3.4% NaCl 溶液に懸濁した場合と同様の濾過挙動を示した。*L. plantarum* をサンプルの場合は、海水に含まれる成分の影響よりも添加した菌体の影響が大きいため、濾過挙動の差が小さくなったと考えられる。なお、菌体阻止率はいずれのサンプルにおいても 99% 以上 ( $\text{LRV} > 2$ ) であった。



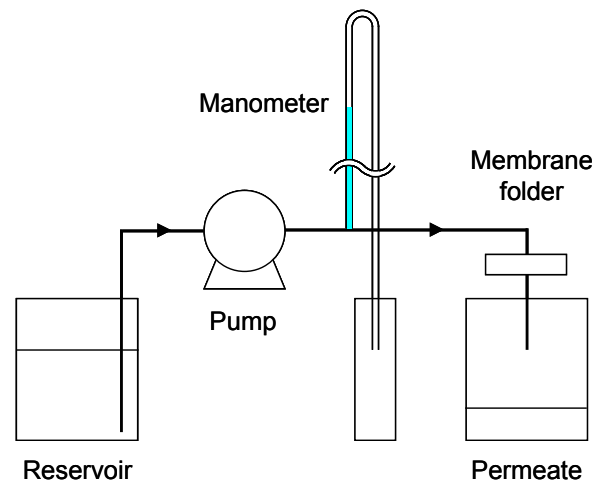
**Figure 10.** Filtration of *L. plantarum* suspensions ( $0.40 \text{ kg-wet m}^{-3}$ ) in sea water and saline with poly(1,4-butylene succinate) membrane.  $8.9 \times 10^{10} < R_m < 9.83 \times 10^{10} \text{ [m}^{-1}]$ .  $\mu_{0.85\% \text{ NaCl}} = 8.9 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ ,  $\mu_{2.1\% \text{ NaCl}} = 9.2 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ , and  $\mu_{3.4\% \text{ NaCl}} = 9.5 \times 10^{-4} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ .  $\Delta P = 10 \text{ kPa}$ .

### 3.6 海水の定速濾過実験

新潟市五十嵐浜の新川漁港から採取した海水中の菌体濃度は  $3 \times 10^2 \text{ cfu mL}^{-1}$  未満であったため、今回の研究においては乳酸菌 *L. plantarum* を添加して、バクテリアの除去特性を比較した。しかし、最終的には海水中の菌体の除去を目的とする。今回主として用いた定圧濾過装置では容量が 10 mL であるため、メンブランフォルダーを使用して大量の濾過を行えるようにした。また、実際の運用を考えて送液ポンプを用いた定速濾過システムを構築した。定速濾過の場合、濾過の進行に伴う濾過抵抗  $R$  の増加は次式のように

$$\Delta P = \mu J R \quad (2)$$

圧力損失  $\Delta P$  に反映するため、水柱マンノメーターで測定できるように設定した (Figure 11)。



**Figure 11.** Schematic diagram of constant rate filtration system

Figure 12 に予備的な海水濾過実験の結果を示す。透過流速  $5 \times 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  にて 1 時間の濾過が可能であり、Figure 10 の場合と比較して単位濾過面積当たり 7 倍の濾液量が得られた。また、海水の場合は水の場合と比較して経時的に濾過抵抗が高くなる傾向が見られた。今後は Figure 11 のシステムを用いて種々の条件で海水の定速濾過を行い、圧力損失の変化と菌体阻止率を評価し、濾過条件の最適化を検討する予定である。



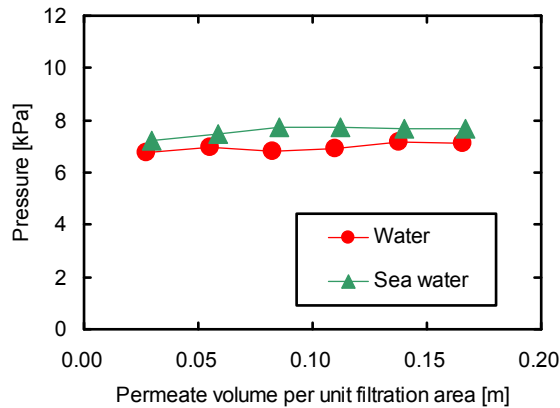


Figure 12. Constant rate filtration of water and sea water

#### 4. 結言

本研究では、海水の濾過のためのバイオマスプラスチック製濾過膜を開発し、NaCl 溶液中、および海水中の濾過特性を検討した。ポリ乳酸製濾過膜に関しては熱誘起相分離法で作製したポリ乳酸製濾過膜は酵母菌体は阻止可能であるが、バクテリアが阻止できなかったため、非溶媒誘起相分離法での製膜を試みた。現在のところ、ポリブチレンサクシネート濾過膜と比較して濾過抵抗の高い濾過膜しかが作製できていないが、非対称性多孔質構造を有するポリ乳酸膜が作製できているため、今後、条件を検討することにより濾過抵抗の低いポリ乳酸膜を作製できると期待できる。ポリブチレンサクシネート製濾過膜は非溶媒誘起相分離法と熱誘起相分離法を組み合わせることにより、バクテリアの阻止可能な濾過膜が作製できた。この濾過膜は3.4%のNaCl溶液中においても99%以上(LRV > 2)のバクテリア *L. plantarum* の阻止率を示した。本研究において濾過膜の評価に用いた濾過装置の容量が小さかったことと新潟市五十嵐浜から採取した海水中の一般細菌および大腸菌群の濃度が低かったことのため、海水中の濾過における菌体阻止率を評価することができなかった。そこで大量の海水を濾過が可能な定速濾過システムとポリブチレンサクシネート製濾過膜を用いて海水の濾過を行ったところ、低い圧力損失で1時間以上の濾過が可能なが示された。今後はバイオマスプラスチック製濾過膜を用いた濾過における海水中のバクテリアの阻止性能と濾過膜の耐久性の評価、およびファウリングを抑制しつつ長期間定速濾過を行うための操作条件の検討が必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) H. Strathmann, "Ion-Exchange Membrane Separation Processes (Membrane Science and Technology Series 9)," pp. 305-307, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands (2004).
- 2) G. A. Gross and B. Kalra, "Biodegradable Polymers for the Environment," Science, 297 (2002) 803-807.
- 3) J. Lunt, Large-scale production, properties and commercial applications of polylactic acid polymers, Polym. Degrad. Stabil. 59 (1998) 145-152.
- 4) E. Rudnik, "Compostable Polymer Materials," pp. 18-21, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands (2008).
- 5) H. Song and S. Y. Lee, "Production of succinic acid by bacterial fermentation," Enzyme Microb. Technol., 39, 352-361 (2006).
- 6) M. Mulder, "Basic principles of membrane technology, 2nd ed.," Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands (1996).
- 7) D. R. Lloyd, K. E. Kinzer, H.S. Tseng, Microporous membrane formation via thermally induced phase separation. I. Solid-liquid phase separation, J. Membr. Sci., 52 (1990) 239-261.
- 8) D. R. Lloyd, S. S. Kim, K. E. Kinzer, Microporous membrane formation via thermally induced phase separation. II. Liquid-liquid phase separation, J. Membr. Sci., 64 (1991) 1-11.
- 9) T. Tanaka and D. R. Lloyd, "Formation of poly(L-lactic acid) microfiltration membranes via thermally induced phase separation, J. Membr. Sci., 238 (2004) 65-73.
- 10) 宗宮功, 津野洋, 環境水質学, p. 176, コロナ社, 1999年.
- 11) 国立天文台編, 理科年表 平成20年版, p. 614, 丸善, 2007年.

No. 0705

## Development of Filtration Membranes of Biomass Plastics for Filtration of Sea Water

Takaaki Tanaka

Department of Materials Science and Technology, Niigata University

### Summary

Removal of bacteria by filtration is one of the key technologies to produce more safe food materials from sea water and maintain the production equipments. We developed and evaluated microfiltration membranes of biomass plastics to apply the sea water filtration. Biomass plastics membranes can dispose in composting facilities after clogging of the membranes. Among the membranes prepared in this study, membranes of poly(1,4-butylene succinate) by mixed method of non-solvent induced phase separation and thermally induced phase separation showed high performance in bacterial suspensions of *Lactobacillus plantarum* ( $0.7\phi \times 2.5 \mu\text{m}$ ). The membrane also showed low filtration resistance and high bacteria reduction ( $> 99\%$ ,  $\text{LRV} > 2$ ) in 3.4% saline and sea water.