

選択問題 (先端膜工学分野)

指導教員群記号 : B

正浸透 (Forward osmosis: FO) 法は、水の正浸透現象を利用した省エネルギーな水処理技術として期待されている。FO 法では、FO 膜の両側に供給溶液 (Feed solution: FS) とそれよりも高い浸透圧を有する駆動溶液 (Draw solution: DS) を供給する。このとき、FS 側から DS 側へと浸透圧駆動により自発的な水透過が生じるため、水透過自体には外部からのエネルギーが不要である。希釈された DS を再生し純水のみを取り出すことで、海水淡水化等への応用が期待される。

FO 法は活性層を隔てた濃度差 (浸透圧差) 駆動であるため、膜外近傍や膜内における溶質濃度の変化を考慮する必要がある。図 1 に、活性層および支持層を有する FO 膜での溶質濃度変化の概略図を示す。ここでは各溶液や各層における溶質濃度を $C_1 \sim C_5$ と表記している。水の透過に伴い、膜表面の両側近傍では外部濃度分極 (External concentration polarization: ECP) による濃度差が生じるが、これらはクロスフロー速度の増加などの流体力学的条件の最適化によって軽減することができる。一方、支持層内部では、支持層が DS の拡散を妨げる非攪拌層となるため、水の透過に伴い DS が希釈され、浸透圧が減少する内部濃度分極 (Internal concentration polarization: ICP) が生じる。したがって、膜間の浸透圧差は溶液間の濃度差 ($C_1 - C_5$) ではなく活性層間の濃度差 ($C_3 - C_4$) に依存することになり、これを実効浸透圧差とよぶ。

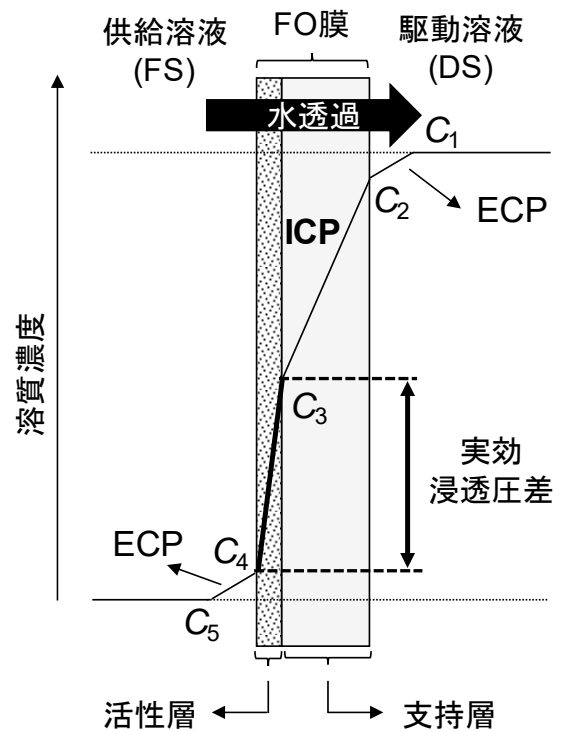


図 1. FO 膜での溶質濃度変化の概略図 (活性層が供給溶液側に接する場合)

【裏面に続く】

以上を踏まえて、FO法に関する次の設問に答えよ。なお、図や式を用いてもよいが字数には加えない。

- (1) FO法を用いて海水淡水化を行うためには、海水よりも高い浸透圧を有するDSが必要である。van't Hoffの式を利用して、298 Kにおける海水(0.60 mol/LのNaCl水溶液とする)の浸透圧を求めよ。ただし、気体定数は $0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。また有効数字を2桁とし、解の導出過程を示すこと。
- (2) FO法に用いられるDSには、高い浸透圧を有すること以外にどのような性質が求められるかをその理由とともに述べよ。(日本語 200 字程度)
- (3) FO膜の支持層として、どのような構造、または材料が適当であると考えられるか。具体例を挙げ、支持層として利用した場合に期待されることについて説明せよ。ただし、濃度分極を考慮して説明すること。(日本語 300 字程度)