

## 초염수부산물농축용지르콘막의 제조와 농축특성

리육룡, 이성호, 봉철웅

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 나라의 경제발전과 인민생활향상에서 전망적으로 풀어야 할 문제들과 현실에서 제기되는 과학기술적문제들을 풀고 첨단을 돌파하여 지식경제건설의 지름길을 열어놓아야 합니다.》

최근 마그네시움, 칼시움, 브롬을 비롯한 많은 유용성분들을 함유한 바다물과 초염수 등의 짠물을 폴리아미드를 비롯한 유기고분자재료로 제조한 투과막으로 담수화하기 위한 연구[1, 2]가 광범히 진행되고있다. 또한 투과막재료로 티탄과 알루미늄의 산화물, 산화 그라펜과 같은 무기재료를 리용하여 이온들을 농축하기 위한 연구[3, 4]도 진행되고있다. 그러나 지르콘막에 의한 초염수의 농축에 대한 연구결과는 발표되지 않았다.

우리는 바다물과 초염수를 비롯한 짠물의 담수화과정에 얻어지는 부산물에 함유되어 있는 유용성분들을 효과적으로 분리농축하기 위하여 초염수부산물농축용지르콘막을 제조하고 그 농축특성을 밝혔다.

### 실 험 방 법

지르콘막제조공정은 그림 1과 같다.

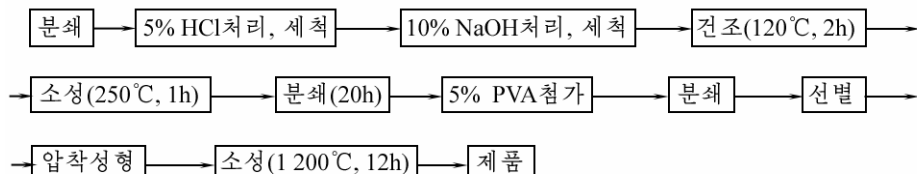


그림 1. 지르콘막제조공정

지르콘분말의 제조방법 300g의 지르콘광을 진동분쇄기로 분쇄하여 흰색의 가루상태의 분말을 얻는다. 이 분말을 400mL 삼각플라스크에 넣고 체적의 1.5~2배 되게 5% HCl용액을 넣는다. 이것을 3일동안 유리막대기로 자주 저어주면서 충분히 반응시킨다. 이 용액을 가열하였다가 식히면서 경사세척법으로 중성이 될 때까지 증류수로 세척한다. 여기에 10% NaOH용액을 체적의 1.5배 되게 넣고 유리막대기로 2일동안 자주 저어주면서 충분히 반응시킨다. 경사세척법으로 중성이 될 때까지 증류수로 세척한다.

용액을 유리러파기(G3)를 리용하여 수류뿔프로 진공러파하여 액체를 제거한 다음 사기그릇에 담아 방온도에서 1차 건조시키고 120°C의 항온건조기에서 2h동안 건조시킨다.

지르콘막의 제조방법 지르콘분말을 사기그릇에 담아 250°C에서 1h동안 소성한다. 다음 지르콘분말을 불밀분쇄기로 20h동안 분쇄한다. 지르콘분말 210g에 5% PVA용액을 6%정도 넣고 잘 혼합한 다음 사기절구에서 분쇄하여 400 $\mu$ m채로 채구멍을 통과하지 않는 지르콘분말이 완전히 없어질 때까지 선별한다. 이것을 제조형타에 넣고 유압프레스(《AN-36》)로 16.5MPa의 압력에서 직경이 46mm이고 두께가 각각 1.9, 2.3, 2.8, 3.9,

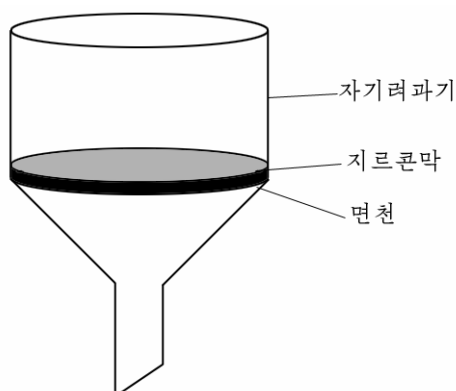


그림 2. 지르콘막역삼투장치

4.2mm인 지르콘막을 제조한다. 지르콘막들을 1 200°C(승온시간 4h, 유지시간 1.5h)에서 12h동안 소성하여 제품을 제조한다.

지르콘막역삼투장치는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 자기려파기의 기공 면우에 얇은 흰색의 면천을 반듯하게 펴고 그우에 앞에서 만든 각이한 두께의 지르콘막을 놓은 다음 접착제로 고정하였다.

지르콘막역삼투장치를 수류뿔프(압력 0.023MPa)와 연결하여 초염수부산물(공급수), 바다물과 찐물을 역삼투시켜 투과수를 얻고 염도와 전기전도도를 측정하였다.

## 실험결과 및 고찰

초염수의 농축에 미치는 지르콘막두께의 영향 지르콘막의 두께에 따르는 투과속도와 염도, 비전기전도도, 염농축률변화는 표 1과 같다.

표 1. 지르콘막의 두께에 따르는 투과속도와 염도, 비전기전도도, 염농축률변화

막두께/mm	투과속도 ( $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ )	염도/ $^{\circ}\text{Be}$		비전기전도도/( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )		염농축률/%
		공급수	투과수	공급수	투과수	
1.9	7.50	9.1	7.5	$4.38 \cdot 10^4$	$4.01 \cdot 10^4$	18
2.3	2.14	9.1	5.4	$4.38 \cdot 10^4$	$3.67 \cdot 10^4$	41
2.8	0.55	9.1	4.6	$4.38 \cdot 10^4$	$3.51 \cdot 10^4$	49
3.9	0.05	9.1	1.8	$4.38 \cdot 10^4$	$2.86 \cdot 10^4$	80
4.2	0.02	9.1	1.7	$4.38 \cdot 10^4$	$2.85 \cdot 10^4$	81

표 1에서 보는바와 같이 지르콘막의 두께가 두터워짐에 따라 공급수의 투과속도와 투과수의 염도가 급격히 감소한다. 이것은 막의 두께가 두터워짐에 따라 지르콘분자들이 서로 겹치면서 기공크기가 작아지기때문이다.

또한 지르콘막의 두께가 두터워짐에 따라 투과수의 비전기전도도가  $4.01 \cdot 10^4 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로부터  $2.85 \cdot 10^4 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 크게 감소한다. 이것은 지르콘막이 두터워질수록 지르콘분자들에 의하여 생기는 기공크기가 작아질뿐아니라 포집되는 이온들의 양이 많아지기때문이다. 따라서 지르콘막의 두께를 1.9mm로 선정하였다.

초염수의 농축에 미치는 공급수의 농도의 영향 염농도가 서로 다른 공급수(찐물 25g/L, 바다물 50g/L, 초염수 100g/L)를 각각 150mL씩 취하여 역삼투장치에 넣고 공급수의 농도에 따르는 투과속도와 염도, 비전기전도도, 염농축률변화를 고찰한 결과는 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 염농도가 짙어짐에 따라 투과속도가 떠진다는것을 알수 있다. 이것은 공급수의 농도가 짙어지면 지르콘막에서 무기염들의 농축현상이 일어나면서 지르콘막의 기공들을 메우기때문이다.

또한 공급수의 염도가 높아짐에 따라 투과수의 염도도 높아진다. 이것은 공급수의 염도가 높아지면 지르콘막을 투과하는 무기이온들의 양이 많아지기때문이다.

표 2. 공급수의 농도에 따른 투과속도와 염도, 비전기전도도, 염농축률변화

공급수	투과속도 ( $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ )	염도/ $^{\circ}\text{Be}$		비전기전도도/ $(\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1})$		염농축률/%
		공급수	투과수	공급수	투과수	
짙물	15.95	2.5	1.6	$3.77 \cdot 10^4$	$3.16 \cdot 10^4$	36
바다물	9.95	4.8	3.2	$4.12 \cdot 10^4$	$3.27 \cdot 10^4$	33
초염수	8.40	9.1	7.5	$4.38 \cdot 10^4$	$3.36 \cdot 10^4$	18

표 2에서 보는바와 같이 공급수의 비전기전도도가 커짐에 따라 투과수의 비전기전도도가 약간 커진다는것을 알수 있다. 이것은 투과수에서 공급수보다 전기를 나르는 이온들의 양이 적으며 공급수의 염농도가 짙을수록 지르콘막을 투과하는 이온의 양이 상대적으로 많아지기때문이다.

지르콘막의 농축특성비교 우리가 제조한 지르콘막과 현재 리용되고있는 폴리아미드막과 초산섬유소막에 의한 염농축률을 비교한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 지르콘막, 폴리아미드막 및 초산섬유소막에 의한 염농축률

막종류	염도/ $^{\circ}\text{Be}$		전기전도도/ $(\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1})$		염농축률/%
	공급수	투과수	공급수	투과수	
초산섬유소막	9.1	4.8	$4.38 \cdot 10^4$	$3.46 \cdot 10^4$	47
폴리아미드막	9.1	2.3	$4.38 \cdot 10^4$	$3.37 \cdot 10^4$	75
지르콘막	9.1	1.8	$4.38 \cdot 10^4$	$2.86 \cdot 10^4$	80
지르콘막두께 1.9mm, 초산섬유소 및 폴리아미드막두께 0.3mm					

표 3에서 보는바와 같이 초산섬유소막에 의한 염농축률은 47%이고 폴리아미드막에서는 75%, 지르콘막에서는 80%로서 지르콘막의 농축효과가 제일 높다.

## 맺 는 말

지르콘막으로 초염수부산물농축에 리용할 역삼투기를 제작하고 지르콘막의 농축특성을 평가하였다.

공급수의 농도가 짙고 지르콘막의 두께가 얇아짐에 따라 염농축률은 낮아진다. 지르콘막은 현재 리용되고있는 초산섬유소막이나 폴리아미드막보다 농축효과가 더 높다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. M. Javadi; Desalination, 368, 202, 2015.
- [2] L. F. Greenlee; Water Res., 43, 2317, 2009.
- [3] S. S. Badawy; Australian J. Basic and Applied Sciences, 5, 11, 236, 2011.
- [4] R. K. Joshi; Applied Materials Today, 1, 1, 2015.

주제108(2019)년 10월 5일 원고접수

## **Preparation and Concentration Characteristics of Zircon Membrane for Brine Water By-Product Concentration**

*Ri Uk Ryong, Ri Song Ho and Pong Chol Ung*

We made the zircon membrane and reverse osmosis apparatus based on it, and estimated the concentration characteristics of the zircon membrane.

As the concentration of feed water gets higher and the thickness of zircon membrane gets thin, the lower the ratio of salt concentration becomes low.

Keywords: zircon membrane, reverse osmosis, bittern water, concentration