Contact Information: Dayoung Ahn
E-mail: ady1998@smail.kongju.ac.kr

질소 도핑된 활성탄 전극을 활용한 레독스 반응 탈이온화 공정의 탈염 성능 향상

국립공주대학교 KONG JU NATIONAL UNIVERSITY
KRICT Korea Research Institute of Chemical Technology

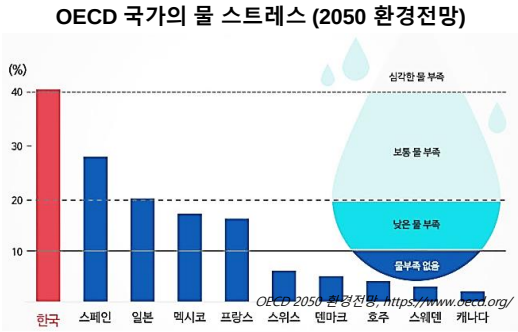
안다영 [1], 김동규 [2,3], 박종혁 [3], 김나영 [1], 임은호 [2], 김춘수† [1]

[1] 공주대학교, [2] 한국화학연구소, [3] 연세대학교

Background

▪ 세계 물 부족 문제 심각성

OECD 국가의 물 스트레스 (2050 환경전망)

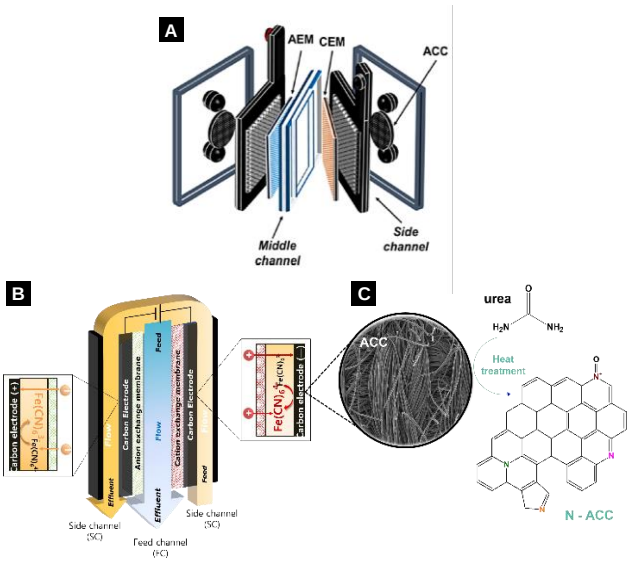


OECD 2050 환경전망, https://www.oecd.org/

✓ 전세계적으로 **물 오염도 및 물 사용량이 증가**하여, 향후 2050년 우리나라 물 스트레스는 OECD 국가 가운데에서 가장 클 것으로 전망됨. (우리나라: 2050년 가용 수자원 대비 물 수요의 비율(물 스트레스) 40%, OECD)

✓ 물부족 문제의 해결 방안 중 하나로 **담수화 공정**에 대한 관심이 증가하고 있음.

▪ Redox-DI (Redox mediated deionization)



Ahn et al, Desalination, Volume 520, 115333, 2021
Kim et al, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 7(19), 16182-16189, 2019

✓ **Redox-DI** 는 친환경 담수화 기술 중 하나인 **CDI (Capacitive Deionization)**을 기반으로 한 선도 기술 공정으로서, 레독스 반응을 일으키는 레독스 커플을 이용하여 전극에 전하 이동 반응을 통해 연속적인 탈염을 가능하게 하는 공정임.

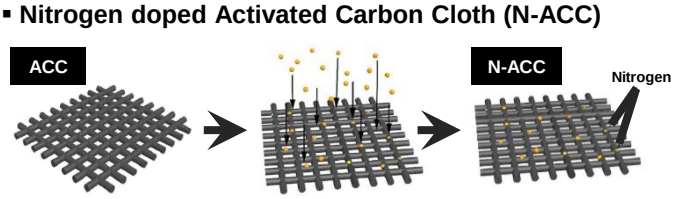
✓ 그러나, 신생 기술인 **Redox-DI**는 연구 초기 단계로, **공정에 영향을 주는 운전 변수(예: 전극 재료, 셀 전위, 유량 및 유입수 농도 등)에 대한 연구**가 미흡한 상황임.

Objective

▪ 따라서 본 연구에서는 기존 Redox-DI 시스템 운전 변수의 최적화를 통한 탈염 효율 향상을 최종 목표로 **Redox mediated deionization (Redox-DI) 적합형 전극 (질소 도핑된 다공성 탄소 전극)**을 제조하였으며, 이에 따른 탈염 성능 기작을 확인함.

Materials and methods

▪ Nitrogen doped Activated Carbon Cloth (N-ACC)



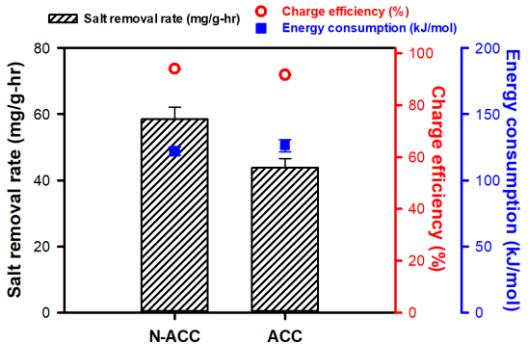
✓ **Activated carbon cloth (ACC)**는 낮은 가격과 유연성, 높은 활용도 및 넓은 표면적과 기공 등의 높은 상업적 이용 가치로서 Redox-DI의 전극으로 많은 이점을 띰.

✓ 그러나, **ACC**는 낮은 전기 전도성과 지속 가능한 레독스 반응이 일어나기 위한 활동 공간의 부족함 등의 몇 가지 문제점을 가짐.

✓ **질소 도핑한 다공성 탄소 전극 (N-ACC)**을 통해 ACC의 문제점을 보완하고 탈염 용량을 향상시키도록 설계함.

Results & Discussion

▪ Redox-DI의 탈염 성능 및 질소 도핑에 따른 성능 향상



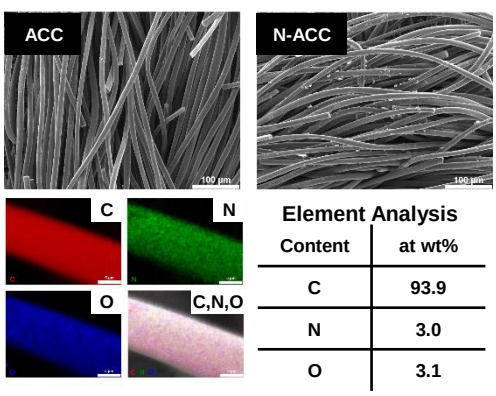
✓ Redox-DI 전극의 질소 도핑을 통해 **높은 전도도 감소**를 확인하였고 모듈의 **탈염 효율이 약 15 mg/g-hr 증가** 하는 것이 입증되었음.

→ **ACC** (activated carbon cloth): **43.7 mg/g-hr SRR**

→ **N-ACC** (Nitrogen doped activated carbon cloth): **58.4 mg/g-hr SRR**)

*SRR: salt removal rate (mg/g-hr)

▪ Redox-DI의 질소 도핑 탄소 전극 표면 분석

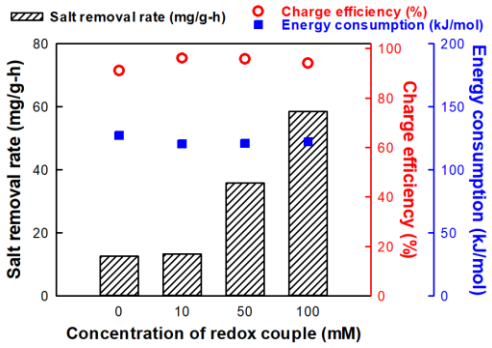


Element Analysis

Content	at wt%
C	93.9
N	3.0
O	3.1

✓ 탄소 전극 질소 도핑을 통한 Redox-ED의 성능 향상은 **질소 도핑에 따른 탄소 전극의 전극 용량 증가**로 설명 가능함.

▪ Redox-DI의 레독스 커플 영향 평가



Ahn et al, Desalination, Volume 520, 115333, 2021

✓ N-ACC를 전극으로 사용한 Redox-DI 시스템에서 레독스 반응이 레독스 커플의 농도에 따라 안정적으로 운전되는지에 대한 탈염 성능 기작을 확인함.

✓ 레독스 커플의 농도가 증가함에 따라 탈염 효율 또한 안정적으로 증가하였음.

Conclusion

▪ 본 연구에서는 산화/환원 반응과 다공성 탄소 전극의 질소 도핑을 통해 기존 DI 시스템의 에너지 효율을 향상시킴으로써 전체 운영 및 자본 비용을 최소화한 **Redox-DI 적합형 전극 개발**에 성공함.

▪ 전극 질소 도핑 기술을 융합함으로써 고효율 탈염 성능을 갖는 차세대 수처리 및 탈염 시스템으로 성공 가능성을 확인함.

▪ 실제 공정 적용을 위한 스케일 업과 운전 기술에 대한 추가적인 연구를 통해 보다 향상된 탈염 성능이 기대됨.

Acknowledgement

▪ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2021R1I1A3040360), and by the KRICT project (No. SI2161-113) from the Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT).