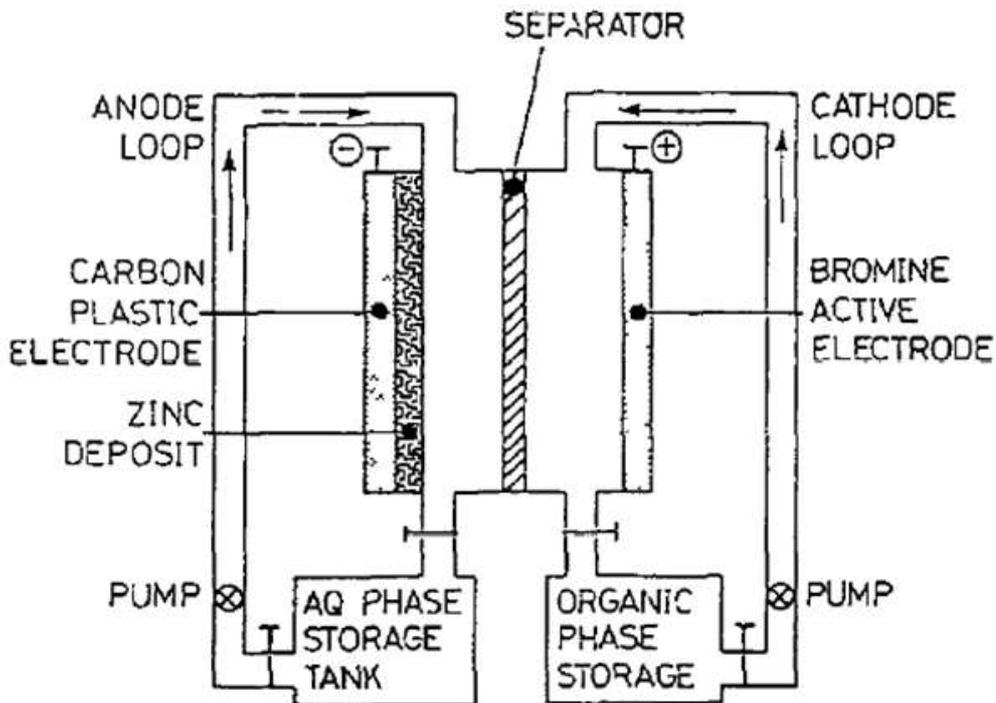


○ Zn-Br RFB 전극 개발 동향

▶ 호주 Murdoch University의 Pritam Singh는 2kW-10kWh Zn-Br battery를 개발하였다고 보고하였으며 여기에 새롭게 개발된 Carbon-PVDF bipolar electrode를 적용하였다고 보고하였음

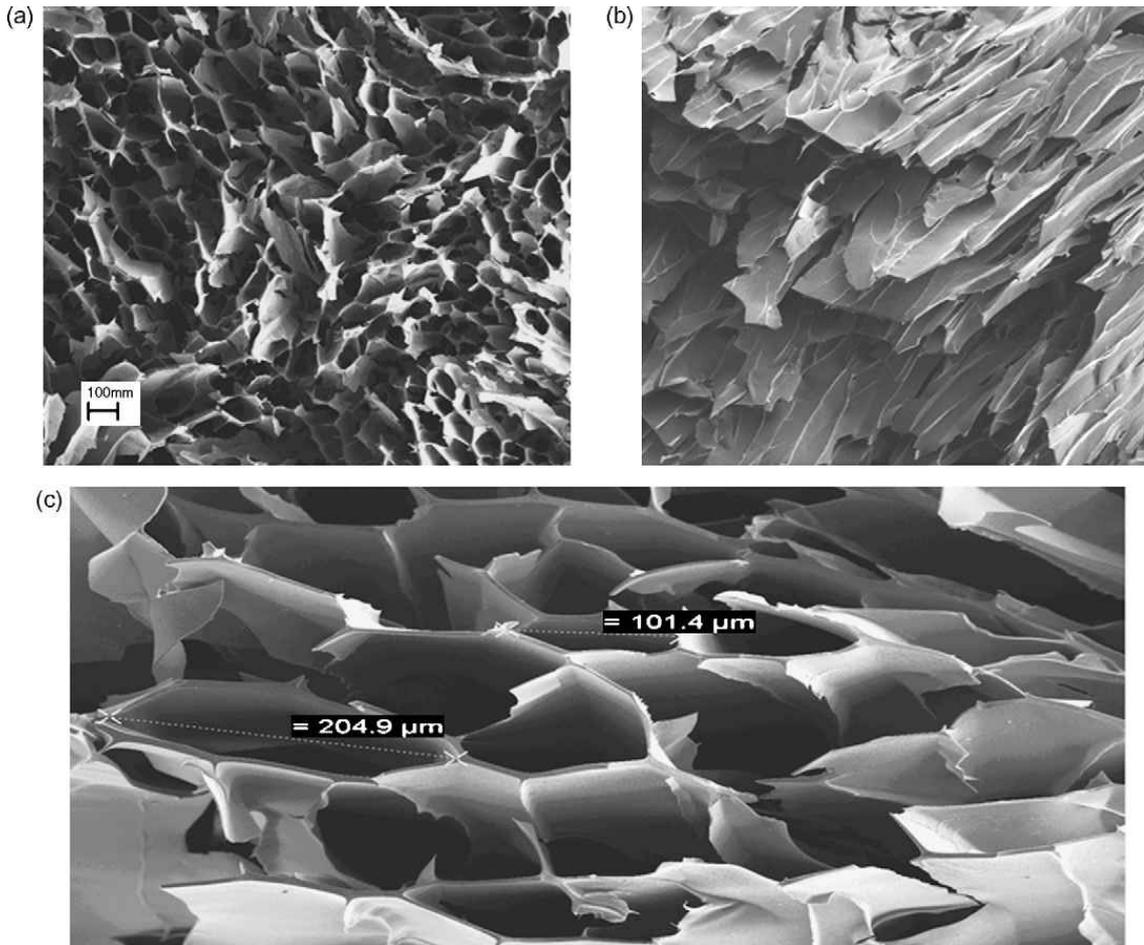
- Pritam Singh가 보고한 바에 의하면 본 연구에서 개발되어 적용된 Carbon-PVDF bipolar electrode는 bromine-rich 전해액에서 안정성을 가지고 있을 뿐만 아니라 bromine쪽 반응에 대한 과전압이 적게 걸리면서 충분한 굽힘강도 값을 가지고 있다고 함



<그림> Pritam Singh가 제안한 Zn-Br 개념도 (출처 : J. Power Sources 35 (1991) 405-410)

▶ France의 David Ayme-Perrot group에서는 Monolithic megaloporous carbon cryogel을 양극 전극으로 사용하기 위한 연구를 수행함

- 그들이 개발한 carbon crygel의 비표면적은 $950\text{m}^2/\text{g}$ 으로 매우 큰 값을 나타냄을 확인할 수 있으며 그들은 개발 소재의 성능 평가를 위해 하기 그림과 같은 Zn-Br cell을 디자인 하여 RFB의 양극 반응에 적용하는 실험을 수행하였음



<그림> David Ayme-Perrot group에서 개발한 Carbon Cryogel 사진 및 macroporous 구조 사진 (출처 : J. Power Sources 175 (2008) 644-650)

- 다양한 전류밀도 (5, 10, 20, 40mA/g)에서 Bromine의 반응성을 평가하는 실험을 수행한 결과 낮은 전류밀도에서는 100 cycle 까지 가역적으로 bromine의 충방전이 가능함을 확인 할 수 있었으며 상기 전극을 이용하여 21.5Wh/kg의 에너지 밀도를 구현하였다고 보고함
- 상기 연구 결과가 가지는 물리적 의미는 비록 성능적으로는 기존의 Zn-Br 전극 소재 대비 우수하진 않지만 carbon-polymer composite 형태가 아닌 다른 형태의 카본 소재를 적용하였다는 것

이 본 연구결과의 의의라고 판단됨

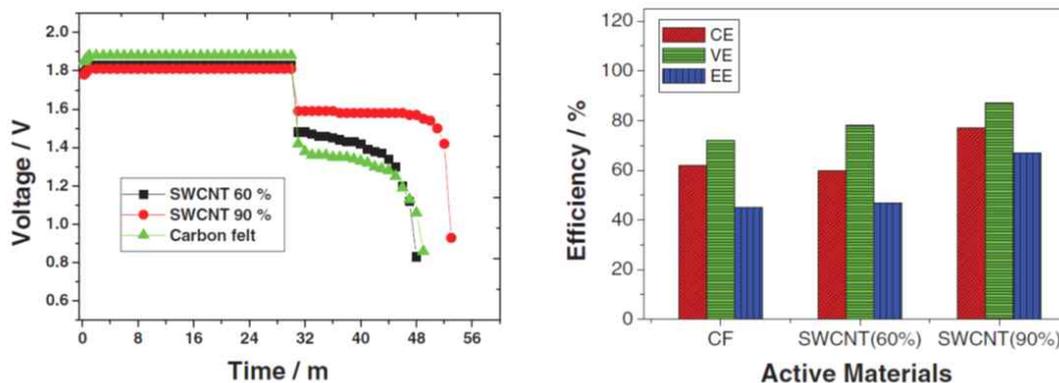
▶ 호주의 Institute of Energy and Earth Resources, Division of Mineral Chemistry의 Cathro는 Plastic-Bonded-Carbon(PBC) 전극을 개발하기 위하여 PP(Polypropylene) binder와 다양한 종류의 카본 블랙을 이용하여 최적 조성을 찾아내는 연구를 수행함

- 본 연구에서 기본 전극 조성은 카본 블랙 30wt%, PP binder 65wt%를 사용하였고 전극의 인성(Toughness)을 향상시키기 위하여 5wt%의 carbon fibre를 사용하여 기판을 제조한 후 그 위에 60wt%의 Black Pearls 2000과 PP binder 40wt% 조성의 top-layer를 추가로 코팅한 2층 구조의 전극을 사용하였음
- Top-layer를 추가로 코팅하여 만들어진 2층 구조의 전극의 전기화학 특성을 평가한 결과 사용되는 카본 소재의 종류 및 카본 함량에 따라 특성 차이가 발생함을 확인하였음
- 사용 카본 소재는 케첸블랙 또는 Black Pearls 2000과 같이 전도성이 높은 카본 소재를 사용하는 것이 전극 저항을 감소시키는 것을 확인할 수 있으며 PBC 구조의 전극 개발 시 60~80wt% 정도의 카본이 함유되어야 전도성 및 반응성이 나타남을 본 연구에서 확인할 수 있음

▶ 인도의 Central Electrochemical Research Institute의 Vijayamohan K. Pillai group에서는 Carbon nanotube(CNT)를 Zn-Br RFB의 전극으로 사용하고자 하는 연구를 수행하였음

- 그들은 CNT의 우수한 전기화학적 반응성, 전기전도성 및 우수한 기계적 강도와 같은 특성을 Zn-Br RFB용 전극으로 사용하고자 하였음
- $2\text{Br}^-/\text{Br}_2$ redox couple에 대한 CNT 전극의 전기화학 반응성을 확인하기 위하여 CV test를 실시한 결과 CNT의 양이 많아질수록 $2\text{Br}^-/\text{Br}_2$ redox couple의 산화-환원 반응성이 향상됨

- Zn-Br RFB용 전극으로 CNT를 사용하기 위하여 그들은 Dipping 방법을 이용하여 CNT를 카본펠트 표면에 도입한 후 실제 Zn-Br RFB에 적용하여 실험 한 결과 CNT가 도입된 전극은 CNT가 도입되지 않은 전극 대비 에너지 효율이 30%이상 향상됨을 확인할 수 있음
- CNT 도입에 의해 Zn-Br RFB의 전기화학 특성이 향상되는 이유는 CNT가 가지고 있는 우수한 전기화학적 활성화도 및 전기전도도로 인해 $2\text{Br}^-/\text{Br}_2$ redox couple의 전기화학 반응성이 크게 개선되었기 때문인 것으로 그들은 설명하고 있으며 CNT를 이용한 연구가 향후 Zn-Br RFB의 전극 개발 연구에 큰 도움이 될 것이라 주장하고 있음



<그림> CNT 전극 적용 유무에 따른 Zn-Br RFB의 수명 특성 결과 (출처 : ECS Journal of Solid State Science and Technology 2 (2013) M3182-M3186)

▶ 참고 자료

- Cathro KJ, Cedzyska K, Constable DC, Preparation and performance of plastic-bonded-carbon bromide electrode, J. Power Sources, 19 (1987) 337-356
- Singh P, Jonshagen B, Zince Bromine Battery for Energy Storage, J. Power Sources 35 (1991) 405-410
- Ayme-Perrot, D., Walter, S., Gabelica, Z., Valange, S., Evaluation of Carbon Cryogels Used as Cathode for

Non-flowing Zinc-Bromine Storage Cells, J. Power Sources
175 (2008) 644-650