

1. 국외 DCFC 기술 개발 현황-II

가. 고체산화물 전해질 DCFC

(1) 이론적 배경

고체산화물 전해질 연료전지(Solid Oxide Electrolyte Direct Carbon Fuel Cell, SO-DCFC)는 기존의 SOFC 기술과 소재를 활용한다는 점에서 큰 장점이 있다. 상대적으로 높은 운전온도는 해결하여야 할 과제일 것이다.

Fig. 1에 SO-DCFC의 기본 원리를 도시하였다. 공기극(Cathode)에서 생성된 산소 이온(O^{2-})은 고체 산화물 전해질을 통하여 연료극(Anode)으로 이동한 후 탄소 원자와 반응하여 이산화탄소를 생성시킨다. 이 과정에서 4개의 자유전자를 내놓는다.

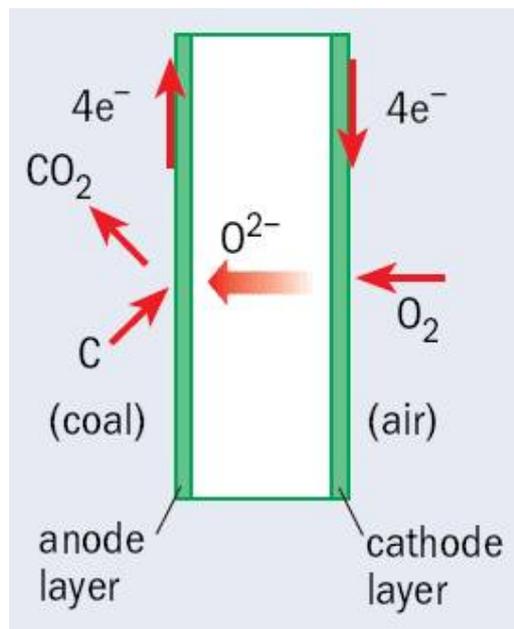
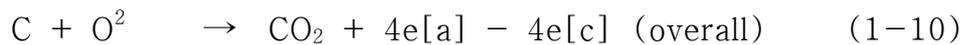


Fig. 1 직접탄소 연료전지의 원리

(2) 용융탄산염 연료극 DCFC

미국의 민간 연구기관인 SRI International의 Balachov 그룹은 고체 산화물을 전해질로 사용하고 용융탄산염과 탄소의 혼합물을 연료극으로 사용하는 일종의 융합 개념의 DCFC 데모 시스템을 개발하였다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 이미 널리 사용되고 있는 튜브 형태의 YSZ 전해질과 LSM 공기극을 사용하였으며, 연료극으로는 Li_2CO_3 , K_2CO_3 및 Na_2CO_3 을 적절히 혼합한 후에 탄소 가루를 첨가한 탄산염 혼합물을 사용하였다. 집전부로는 니켈 망을 사용하였다.

실험 결과, 카본 블랙부터 고형 유기물까지 다양한 연료를 사용하여 거의 유사한 출력 성능이 나타남을 확인하였으며, 약 $950\text{ }^\circ\text{C}$ 운전 하에서 출력밀도 100 mW/cm^2 의 성능을 얻을 수 있었다.

SRI 에서는 2009 년까지 100 kW 급 프로토타입을 완성하고, 2020년 까지는 상용화 준비를 완료하여 노후 석탄화력발전소 장비의 대체 장비로 활용하는 사업 모델을 제시하고 준비 중이다 (Fig. 4).

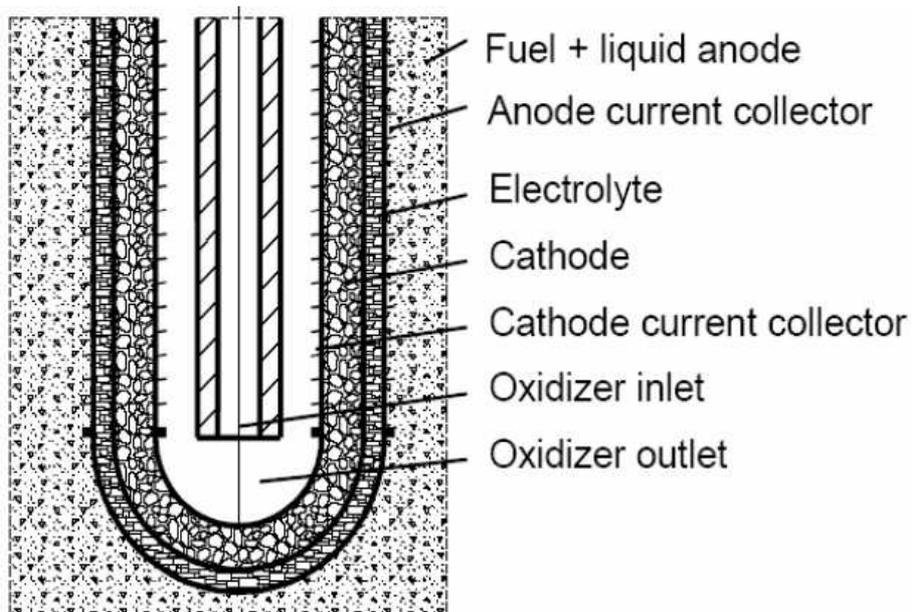


Fig. 2 SRI에서 개발한 용융탄산염 전극 직접탄소 구조

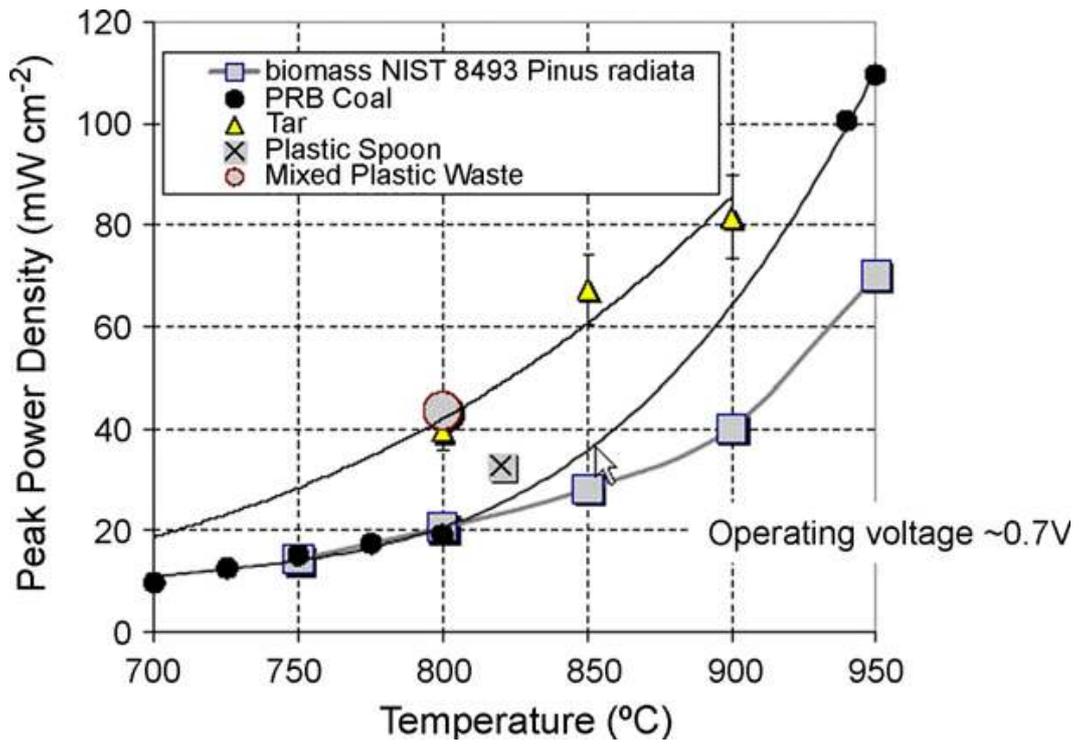


Fig. 3 SRI에서 개발한 용융탄산염 전극 직접탄소 연료전지 성능

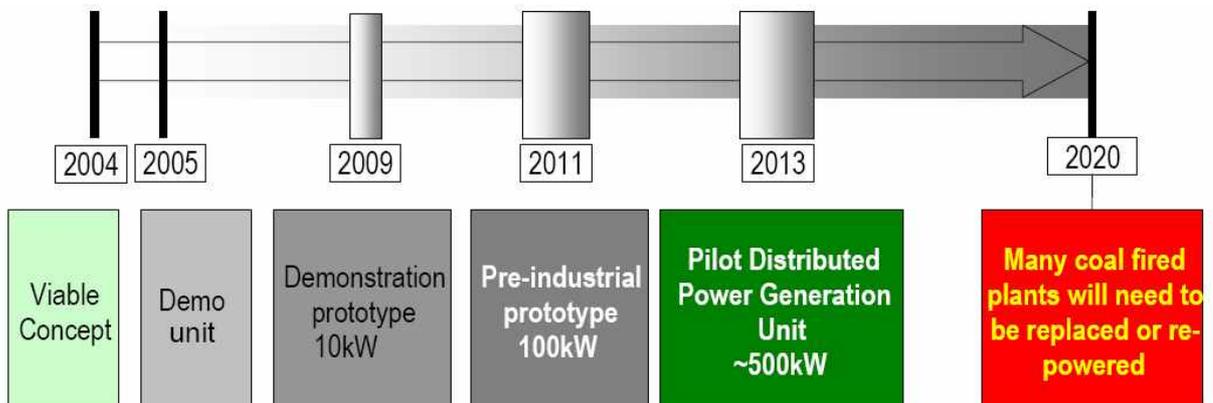


Fig. 4 SRI의 상용화 전략

(3) 탄소 연료극 DCFC

미국의 민간 기업인 CellTech Power LLC에서는 고체 탄소를 직접 연료로 사용하는 고체산화물 전해질 DCFC 기술을 연구 중이다. YSZ 전해질과 LSM 공기극을 사용하였으며, 연료극 집전부로 백금 망을 사용하였다.

용융탄산염을 사용하지 않고 탄소 입자를 직접 연료로 사용함으로써 시스템의 구조와 신뢰성을 개선시킬 수 있었으나 성능은 다소 떨어지는 결과를 보였다. 이들은 1002 °C 운전을 통하여 50 mW/cm²의 출력을 얻었다.

또다른 미국 민간 기업인 CCE (Clean Coal Energy) 는 Fig. 5에서와 같이 SOFC 와 유동층 기술을 융합한 DCFC 개념을 고안하였다. 그러나, 아직까지 이 아이디어는 구체적인 시스템으로 실현되지는 못하고 있다.

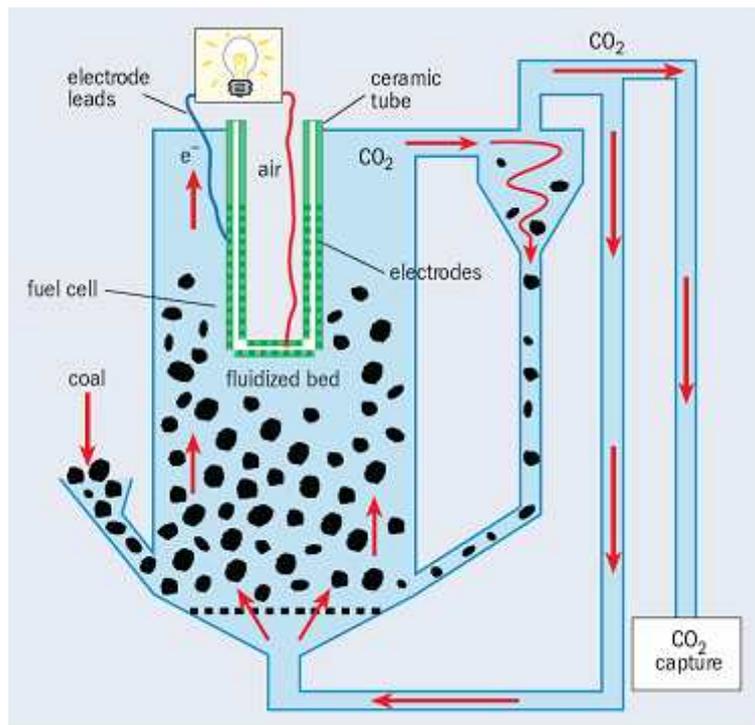


Fig. 5 CCE에서 제안한 유동층 기술이 접목된 DCFC 시스템