

마이크로웨이브 플라즈마를 이용한 이산화탄소 분해

곽형신, 강민호, 나영호, 엄환섭

광운대학교 전자바이오물리학과

지구상에 존재하는 모든 생물에 의해 배출되는 이산화탄소는 온실가스로서 산업혁명 이후 급격한 농도 증가로 인해 지구 온난화 등의 다양한 환경문제를 초래하고 있다. 지구 온난화의 가시화로 인한 각종 기후 협약 및 탄소배출권 등에 규제로 온실가스 감축의무부과가 확실해져 탈 석유기반 사회로 전환을 위한 이산화탄소를 처리하는 다양한 연구가 각국에서 활발히 진행 중이다. 본 연구에서 마이크로웨이브 플라즈마 토치를 이산화탄소 분해에 이용하게 되었고 그 목적은 이산화탄소가스를 마이크로웨이브로 가열하여 순수한 이산화탄소 플라즈마 토치를 발생함으로써 지구 온난화의 주범인 이산화탄소를 생산적으로 이용하기 위한 것으로 전자파를 발진하는 마그네트론으로는 3kW, 2.45GHz의 주파수를 사용한다. 마이크로웨이브 플라즈마 토치를 이용한 이산화탄소의 분해 시 생성되는 물질을 확인하기 위하여 이산화탄소의 열역학적 평형을 계산하였으며 또한 이산화탄소의 분해 반응의 준 평형상태에서의 속도상수를 이용하여 각 분해반응생성물들의 밀도비율을 계산하였고, 이를 일반화시켜 도시하였다. 위 과정을 통해 고온의 이산화탄소 토치는 탄화수소 연료를 1기압에서 개질할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어 메탄개질은 $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ 의 반응식이 된다. 이때 엔탈피와 엔트로피 변화는 각각 $\Delta H = 247 \text{ kJ/mole}$ 과 $\Delta S = 257 \text{ J/mole/deg}$ 이며 이 반응에 대한 gibbs 자유에너지는 $G = \Delta H - T\Delta S$ 로서 개질 자발반응이 일어나는 온도는 $T = \Delta H / \Delta S = 961 \text{ K}$ 가 된다. 그리고 탄화수소 개질에 참여하는 산소와 CO 라디칼의 밀도가 대단히 높다. 따라서 메탄개질은 이산화탄소 토치를 통하여 1기압에서 쉽게 이루어진다.

Keyword: 이산화탄소 마이크로웨이브 플라즈마 분해

대기압에서 발생시킨 헬륨 플라즈마에서의 산소함유량 증가에 따른 폐암세포의 세포내 활성 산소 종 및 세포주기 변화

조혜민¹, 김선자¹, 정태훈¹, 임선희²

¹동아대학교 물리학과, ²동아대학교 의생명과학과

저온에서 작동하는 대기압 플라즈마 젯은 생체 조직에의 플라즈마 처리를 가능하게 한다. 이에 이온과 전자, 활성 종, 전기장, UV 등을 발생시키는 플라즈마를 암세포에 처리하여 그에 따른 변화를 관찰하였다. 모세관 타입의 젯에 산소를 반응기체로 흘려주어 헬륨 내 산소 함유량에 따른 활성 산소 종의 생성을 확인하였다. 대기압 플라즈마에 의해 생성되는 활성 산소 종(OH, O, electronically excited O (1D), O₂ (1Δg) 등)이 세포에 산화 스트레스를 유발할 것이라 예상되어 인체의 폐암 세포[Human lung cancer cell, A549]에 펄스파의 헬륨-산소 플라즈마를 처리한 후, 세포 내 활성 산소 종의 증가량을 비교하였다. 그 결과 적은 양의 산소를 추가하였을 때 세포 내 활성 산소 종의 농도가 증가되었다. 이때 플라즈마에서 발생하는 활성 산소 종(Reactive Oxygen Species, ROS)들은 광 방출 스펙트럼(Optical Emission Spectroscopy)로 확인하였고, 세포내 활성 산소 종은 DCF-DA 염색을 통하여 분석하였다. 이러한 헬륨-산소 플라즈마가 세포 성장의 어떠한 시기에 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 세포주기 변화를 분석한 결과, 플라즈마 처리 9시간 후부터 G2/M 주기에 머물러 있음을 확인하였다.

Keywords: 대기압 플라즈마, 플라즈마-암세포 상호작용, 활성 산소 종, 세포주기