

고온플라즈마토론의 이산화탄소 분해 특성

전영현 · ○김성현 · 전영남

조선대학교 환경공학부

키워드 : 플라즈마토치, 지구온실가스, 이산화탄소, 카본블랙, TiO₂

CO₂는 지구복사를 통하여 우주로 나가는 열에너지를 되돌려 기후 변화를 초래하는 주요 원인으로 알려져 있다. CO₂의 주요 배출원은 발전 시설 및 생산 시설이며, 향후 2020년 배출 전망치(BAU) 대비 온실가스 30%를 줄이기 위해 CO₂ 저감기술이 필요한 실정이다. CO₂는 열역학적 계산을 통해 약 1500℃에서 화학적 결합이 깨지는 것으로 알려져 있으며, 탄소와 O₂로의 분해는 약 5000℃ 이상에서 가능한 것으로 알려져 큰 에너지를 공급해야만 분해가 가능하다.

CO₂ 처리에 대한 연구 중 CCS(carbon capture & storage)는 CO₂ 저장 시 누출 위험성과 수송 및 저장 공간 확보에 따른 경제적 비용을 단점으로 가지고 있다. 촉매 개질법은 흡열반응으로 높은 에너지를 요구하고 탄소 침적에 의한 촉매의 비활성화 문제가 적고 촉매의 재생 회수율이 높은 조건이 필요하다. 전기-화학적 환원법은 전극 재질, 전해질의 조성, 온도, pH 등에 대한 문제로 시스템의 대형화가 효과적으로 이루어지지 않고 있다. 생물학적 고정화법은 미생물 및 조류의 성장속도가 느리고, 오염으로 인한 불안정성과 다량의 CO₂를 제거하기 위해서는 넓은 공간이 필요하다. 상기 연구와 더불어 플라즈마를 적용한 코로나 방전, 유전체방전 등 CO₂를 직접 분해하는 방법과 CO₂ 개질에 대한 연구가 시도 되었다. 플라즈마 기술 중 고온 플라즈마 토치는 전극 사이에 불활성 가스를 투입함으로써 안정된 아크를 형성하고 높은 온도를 나타내기 때문에 많은 연구자들에 의해 폐기물 용융 및 개질 그리고 난분해성 물질의 분해에 주목을 받고 있다. 고온 플라즈마 토치는 큰 에너지 공급이 필요한 단점이 있지만 빠른 시동 특성과 플라즈마 중심에서의 기체 온도는 약 20,000K~30,000K 달하는 초고온으로 활성화확종 및 고열량의 가스가 생성이 된다. 이러한 특징은 강한 결합력을 가진 난분해성 유해 물질 및 CO₂ 등의 분해에 적용 가능성을 나타낸다.

본 연구에서는 지구온실가스인 CO₂를 분해하기 위한 목적으로 플라즈마 토치를 적용하여 순수 CO₂ 그리고 CH₄ 또는 TiCl₄ 첨가제에 따른 분해 특성에 대해서 규명하였다. 각 경우의 최적조건에서 CO₂ 전환율은 순수 CO₂만 공급 시에는 12.3%이고, TiCl₄ 첨가제를 주입한 경우는 28.9%, 그리고 CH₄를 첨가한 경우는 100%로 가장 CO₂ 분해가 잘 되었다. 플라즈마에 의해 분해된 CO₂ 재결합 반응을 억제하기 위해 CH₄의 주입이 CO₂ 전환율을 증가시키는데 적합하였다. 결과적으로 CO₂ 1차 분해물질인 CO와 O₂의 재결합을 방지하기 위해 첨가제인 CH₄를 주입하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있었다. CH₄ 주입에 따라 생성된 카본-블랙은 XRD, SEM 분석을 통해 상용 카본-블랙과 유사한 성질임을 확인하였다. TiCl₄ 주입에 따라 생성된 TiO₂는 아나타제상보다 루타일상이 주로 분포하며, CO₂ 주입량이 증가할수록 아나타제상의 질량분율이 증가하고 TiO₂입경이 증가하는 것을 알 수 있었다.

사사: 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A2007144).