

간접토지이용변화를 고려한 바이오디젤 Well-To-Wheel 환경성 분석

강민진¹, 최원재^{1†}

¹ 이화여자대학교 휴먼기계바이오공학부

Well-To-Wheel Analysis of Biodiesel with Indirect Land Use Change consideration

Minjin Kang¹ · Wonjae Choi^{1†}

¹ Department of Mechanical and Biomedical Engineering, Ewha Womans Univ. ¹⁾

Key words : Biodiesel(바이오디젤), Used Cooking Oil(폐식용유), Palm Oil(팜유), Life Cycle Assessment (전과정평가), Well-to-Wheel(WTW), Transesterification (에스테르 교환반응), Indirect Land Use Change (간접 토지 이용 변화)

교신저자, E-mail: wj_choi@ewha.ac.kr

2050 탄소중립 달성을 위해 수송 부문의 온실가스 감축은 필수적이며, 이를 위한 대체 연료로서 바이오디젤이 주목받고 있다. 바이오디젤은 기존 내연기관과의 높은 호환성과 재생 가능성을 바탕으로 도입이 용이하나, 원료 및 공급망에 따라 전과정 환경성 차이가 크게 발생한다. 특히 팜유 기반 바이오디젤의 경우, 토지 이용 변화(Land Use Change, LUC) 및 간접 토지 이용 변화(Indirect Land Use Change, ILUC)에 따른 추가적인 온실가스 배출이 중요한 이슈로 제기되고 있다. 본 연구에서는 폐식용유(Used Cooking Oil, UCO) 및 팜유(Palm Oil) 기반 바이오디젤의 환경성을 비교하기 위해 Well-to-Wheel(WTW) 분석을 수행하였다. 분석 범위는 원료 확보 단계(재배 및 수거), 전처리 및 정제, 에스테르 교환반응, 운송 및 유통, 최종 연소 단계를 포함한다. 특히 팜유 경로에서는 농업 투입재 사용량과 함께 토지 이용 변화(LUC)를 반영하였으며, 추가적으로 미국, 유럽 등 주요 국가에서의 간접적인 토지 전환(ILUC) 효과 적용 현황을 비교하여 간접적인 토지 전환 효과까지 포함하였다. 각 공정별 Life Cycle Inventory(LCI)는 문헌 및 ecoinvent 기반 데이터와 GREET 모델을 활용하여 구축하였다. 분석 결과, UCO 기반 바이오디젤은 원료 생산 단계에서 추가적인 농업 투입 및 토지 이용 변화가 발생하지 않기 때문에 전체 WTW 온실가스 배출량이 상대적으로 낮게 나타났다. 반면 팜유 기반 경로는 재배 단계에서의 농업 투입뿐만 아니라 LUC 및 ILUC로 인한 추가 배출이 전체 배출량에서 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 특히 ILUC를 포함할 경우, 팜유 기반 바이오디젤의 탄소 저감 효과는 크게 감소하거나 경우에 따라 일반 디젤 대비 환경적 이점이 상쇄되는 것으로 분석되었다. 이 연구는 바이오디젤의 환경성이 단순한 재생 연료 여부가 아니라, 원료 공급 구조와 토지 이용 변화까지 포함한 전과정 분석에 의해 결정됨을 정량적으로 제시하였다. 이러한 결과는 향후 국내 바이오디젤 정책 수립 시 폐식용유 기반 연료의 우선 활용과 ILUC를 고려한 지속가능성 평가 기준 마련의 필요성을 시사한다.