

석유가 펄프를 만날 때 -전 지구적 아젠다와 바이오에탄올의 의미-



엄 병 환
한경대학교 화학공학과 교수

IMF 직후의 일이다. 미국을 방문하기 위해 오리건 주 포틀랜드 (Portland, Oregon, OR)로 입국하던 나는 입국심사에서 된통 당한 적이 있다. 국가부도사태를 맞은 한국을 비롯한 여러 나라의 젊은이들이 별다른 이유 없이 입국을 거절당한 것이다. 지금도 입국심사대에만 서면 그때의 경험 때문인지 약간의 공포와 함께 아주 불편하다. 미국 입국심사만 통과하면 세계 어디든 통과한다는 말이 있을 정도다. 하지만 이렇게 콧대 높은 미국도 정작 까다롭게 생각하는 나라가 있다. 미국인을 입국심사대에서 막 대하는 국가, 바로 브라질이다. 국제 유가가 배럴(barrel) 당 100 달러를 넘나들 때, 절반에 못 미치는 배럴당 45 달러의 바이오에탄올을 제공하는 나라, 에너지 독립으로 브라질의 배짱과 콧대가 드높다.

바이오에탄올은 곡물의 전분 성분을 발효해서 증류 공정을 거치면서 만들어진다. 자동차 연료로 사용되는 에탄올은 증류 공정에 따라 순도 95% (hydrous)와 99% (anhydrous)의 두 종류가 있다. 순도 95% 에탄올

은 자동차에 바로 사용하기에는 무리가 있지만, 순도 99% 에탄올은 기존 휘발유와 최대 20% 까지 섞어도 무방하다. 기름 값이 천정부지로 오르다 보니 보완재인 바이오 에탄올을 두고 국가 경쟁이 치열하다. 세계에서 바이오 에탄올을 가장 많이 생산하는 나라는 미국이다. 하지만 최대 수출국은 브라질이며 그 다음으로 중국과 인도가 뒤를 잇고 있다. 미국은 옥수수를 원료로 연간 약 183개의 에탄올 공장에서 450억 리터를 생산한다. 이 수치는 우리나라 연간 휘발유 소비량인 7억 8400만 리터의 60배에 해당한다. 대단한 양이 아닐 수 없다.

미국은 전 지역에 E10 (바이오 에탄올 10% + 휘발유 90%) 사용을 법으로 의무화하여 현재 시행되고 있다. 에너지 자립을 위해 2006년 부시행정부부터 현재 재선 오바마 행정부에 이르기 까지 미국은 자동차연료의 바이오 패러다임 전환을 포함한 강력한 에너지 정책을 구사하고 있다. 2008년 오바마 정부는 더욱 강력한 환경 정책을 내 놓았다. 2020년부터 미국에서 생산되고 수입

되는 차는 갤런당 35마일 (리터당 15 km)로 현행보다 40% 이상 연료효율을 높여야 한다는 것이다. 자동차용 바이오연료의 의무 사용량도 2022년까지 360억 (약 1360 억 리터) 갤런까지 늘려야 한다. 현재의 양 보다 무려 5-6배 높은 수치다. 오바마 대통령은 2011년 연초연설에서 2025년까지 현재 수입원유의 양을 1/3로 줄이겠다고 천명한 바 있다. 원유시추에 우호적이지 않은 오바마 정부로서는 바이오 에탄올의 사용량을 점진적으로 확대하겠다는 맥락이다. 이 목표치는 현재 옥수수만으로는 어렵도 없는 수치다. 곡물인 옥수수를 연료를 만드는데 무한정 소모시킬 수는 없는 노릇이다. 한정된 땅에서 나는 먹거리를 연료로 사용하는 것에 대해 환경론자들의 비판이 거세고 곡물가격은 항상 일정하지 않다. 따라서 전체에서 210억 갤런은 곡물이 아닌 또 다른 바이오 에탄올의 원료인 목질계 바이오매스에 기댈 수밖에 없게 되었다.

곡물을 대신하는 목질계를 통한 에너지 자립 정책과 바이오 에탄올 생산 강화 계획은 말처럼 쉬운 일이 아니다. 세계 과학과 경제를 주도하는 미국이지만 목질계 바이오에탄올 개발은 생각 이상의 경제적 손실을 안고 가야 하는 문제가 대두된 것이다. 특정 바이오매스를 위한 전 공정을 개발 및 건설한다는 자체가 경제 강대국 미국으로서도 상당한 부담감으로 여겨진 것이다. 일례로 폐 목질계 바이오매스를 가스화 하여 에탄올 생산하겠다는 미국최초의 목질계 바이오매스 에너지 플랜트인 레인지 바이오퓨얼 (Range Biofuel, Soperton, GA)사는 건설과 동시에 초기투자 비용 회수 및 여타 경제성 문제로 잠정 생산을 중단하는 사태에 이르렀다. 고민 끝에 미국은 최근 이러한 개발 및 생산시설의 높은 비용문제를 돌파하기 위해 솔루션을 제시하였다. 기존의 화학플랜트를 활용하는 것이다. 초기투자비용을 낮출 뿐만 아니라

바이오에탄올의 가격 경쟁력을 대폭 끌어 올리는 강력한 솔루션은 펄프 & 바이오리파이너리 (Pulp & Biorefinery) 공정이다.

바이오리파이너리 기술은 기존 석유화학 증류공장의 정제 공정과 거의 유사하다. 이 바이오리파이너리 기술과 펄프공정과 융합이 각광받고 있는 이유는 석유화학 정제공정에서 생산되는 가솔린 생산단가에 비해 상대적으로 원료원가대비 정제기술에 투자되는 비용이 상당히 적게 들어간다는 것이다 (그림 1). 뿐만 아니라, 펄프공정은 석유정제공정과 반대로 원료인 펄프목재 원가가 전체공정 비용의 35%에 불과할 정도로 낮다. 따라서 생산비용을 낮추어 경제성을 끌어올리면서 지속가능한 수송용 바이오 에너지를 개발하고 상용화 하는 최적의 방안은 '석유화학의 정제 기술' 과 '펄프공장' 과의 기술 융합이라고 미국은 판단하고 있는 실정이다. 2006년부터 미국정부는 14개 지역을 선정 이런 기반의 연구과제와 상용화에 7천억 달러 (대략 7,700 억원) 이상을 투자하고 있다.

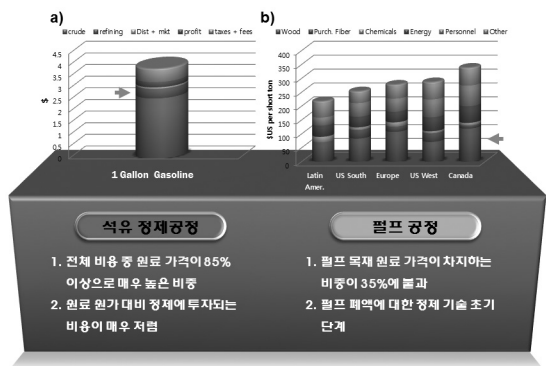


그림 1. 세금 및 공정단가를 포함한 갤런 당 가솔린 가격.
 (a) 원료가격: 전체부분 중 85% 이상 차지,
 자료출처: Department of Energy in California State) Kraft Lineborad Mill 생산단가 분포.
 (b) 원료가격: 전체부분 중 35%,
 자료출처: SRS.FS.USDA.gov, from Jaakko Poyry Management Consulting)

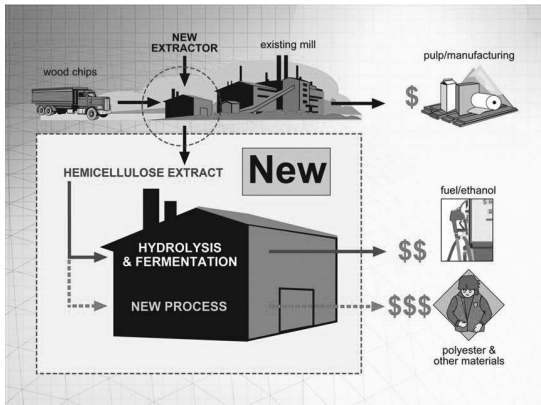


그림 2. 펄프 & 바이오파이네리 핵심공정 기술 및 생
산품 개략도 (그림제공 : 메인주립대학교).

미국 정부의 강력한 에너지 정책 의지에 따라 연구기관 역시 바빠졌다. 이 분야에서 융합 연구개발의 선두주자는 메인 주립대학의 바이오 산림연구소 (Forest Byproducts Research Institute, University of Maine)이다. 메인은 미 연방에서 선정된 14개 지역 중 한 곳이기도 하다. 미국 에너지 부는 2006년부터 이 연구기관이 펄프 & 바이오파이네리 공정을 활용해 바이오 에너지를 만들어내고 다른 친환경 물질을 개발하도록 690만 달러 (대략 76억원)를 지원해왔고 향후 1035만 달러 (대략 150억원)에 이를 계획이다. 펄프 & 바이오파이네리 기술의 4대 핵심공정은 기존의 펄프생산 공정에 생물화학적 공정 즉, 헤미셀룰로오스-추출공정, 당화공정, 액상추출공정, 그리고 발효공정이다. 기존 공정한 펄프 공정을 기반으로 지속적인 펄프생산과 동시에 추가된 생물화학적 공정을 통하여 바이오에탄올, 고부가 바이오화학제품 정제 및 바이오플라스틱과 같은 고분자 제품 등을 생산 한다는 개념이다 (그림 2).

우리의 이 분야에 대한 현황과 준비는 어떤가? 규모의 차이는 있지만 우리 정부 역시 지난 10년 동안 바이오매스와 바이오에너지에 대한 관심으로 투자를 지속해

왔다. 하지만 미국과 달리 10여년이 지난 현재 상용화를 위한 어떤 축적된 결과물이 도출되고 있지 못하다는 것이 지배적 견해다. 정부의 지속적인 사업관리가 부족하고 연구집단의 혁신적인 돌파와 연구결과 관리가 만족스럽지 못하기 때문인 것으로 알고 있다. 하지만 한국이 바이오에너지 분야에서 실패하고 있다고 낙담할 필요는 없을 것 같다. 현재의 시행착오를 과정으로 보고 지속적인 관심과 투자가 있다면 분명 우리 역시 만족할 만한 수준에 도달할 것이다.

그대로 적용하기는 무리가 있겠으나 미국이 진행하고 있는 바이오에탄올 상용화 모델을 적용시킨다면 우리나라는 어느 정도 바이오에탄올을 생산할 수 있을까? 내가 참여한 메인대학 바이오 산림연구소의 다년간의 연구 축적물과 현재 진행하고 있는 한국 연구재단 및 지식경제부의 연구결과를 종합해보면 상당한 가능성을 발견할 수 있다. 현재의 기술진행 상태라면 국내 펄프공장 (신무림 P&P, 구 동해펄프)에 생물화학적 융합기술을 적용한다면 대략 연간 바이오 에탄올 14,000톤 정도를 생산할 수 있을 것으로 전망할 수 있다. 이 규모는 국내에 E5 (5% 에탄올 + 95% 휘발유)를 실시할 수 있는 수준으로, 국내 휘발유 소비기준으로 E5를 충분히 공급하고도 4,600 톤 정도가 남는 양이다. 물론 아직도 해결해야 할 기술적 제도적 과제가 산적해 있지만 더 중요한 것은 수치상으로는 우리 역시 이 분야에 대한 낙관적 전망이 가능하다는 것이다.

우리나라 경제의 수입 에너지 의존은 두 말할 필요 없이 심각한 수준이며 갈수록 국가에 위협이 되고 있다. 강대국들이 에너지 자립을 천명하고 화석연료 확보에서 대체에너지와 바이오 연료 개발로 오래전에 패러다임을 전환시킨 것은 앞으로 미래는 에너지 전쟁이라는 점을 분명히 말해준다. 미국, 중국, 브라질, 유럽 등 세계의

강국들이 새로운 에너지 개발에 사활을 걸고 있고 바이오 연료의 생산에 촉각을 곤두세우는 이유는 바로 국가의 머지않은 미래가 안정적이고 깨끗한 에너지 공급에 달려있다고 확신하기 때문이다. 한국도 이제 신재생에너지와 대체연료 개발을 늦출 수 없는 지점에 도달했다. 한국은 교토의정서 1차시기 (2008-2012) 의무 시행국은 아니지만, 최근 발리로드맵 (Bali Roadmap, 제13차 기후 변화 총회)에서는 교토의정서 2차시기 (2013-2017)부터 한국은 온실가스의 측정 가능하고 검증 가능한 방법의 자발적 감축을 협상하는 대상에 포함된다. 1인당 석유소비 5위, 이산화탄소 배출량 세계 9위인 한국으로서는 발등에 불이 떨어진 셈이다. 우리가 특별히 관심을 기울이지 않고 있는 동안 에너지자립과 탄소규제라는 두 개의 장벽에 갑자기 봉착하게 된 것이다.

얼마 전 몰아닥친 미국의 수퍼 허리케인 샌디는 진풍경 하나를 연출했다. 기름을 넣기 위해 고속도로를 메워 버린 차들과 아비귀환의 주요소 풍경이 그것이다. 이 풍경을 보면서 마음이 착잡한 건 정부각료나 에너지와 환경을 다루는 학자들뿐이었을까? 아마 이제 모든 세계인

이 에너지와 환경이 한 묶음이라는 사실을 직시하고 있을 것이다. 화석 에너지의 과다사용과 지구 온난화 그로 인한 삶의 파괴, 제아무리 과학과 기술이 발달하여도 자연의 엄청난 파괴 앞에서 속수무책이라면, 절제된 자원의 사용 그리고 친환경 에너지로의 시급한 전환만이 우리의 미래를 안전하게 한다는 사실을 피부로 절감하고 있는 것이다. 한 보고서의 의하면 한국은 20년 사이 이산화탄소 배출량이 90~95% 정도 증가 했다고 한다. 아직 우리 국민에게는 이 모든 수치들이 피부로 와 닿지 않는 이야기일지 모르겠다. 하지만 이번 여름 우리 역시 수퍼 태풍을 맞이했고 매년 예사롭지 않다. 에너지와 국가경제 그리고 에너지와 지구환경이라는 두 개의 피할 수 없는 도전이 하나의 묶음으로 다가온 것이다. 이제 국민들은 정부의 차분하지만 적극적인 대응과 연구집단의 획기적 성과로 “클린 코리아”를 열어 주길 고대하고 있다.

기획: 홍성구 bb9@hknu.ac.kr