에너지 안보시대, 바이오연료 정책 확대와 국제곡물시장의 재편

김 학 수*

1. 서론

2022년 러시아-우크라이나 전쟁에 이어 2026년 2월에 재발한 중동 지역의 지정학적인 긴장은 국제에너지 시장과 국제 곡물 시장에 새로운 불확실성을 초래하고 있다. 특히 중동 지역은 세계 확인 원유 매장량의 약 절반을 보유하고 있으며, 호르무즈 해협은 세계 원유 해상수송량의 약 25%가 통과하는 전략적 요충지이다. 따라서 중동 지역의 군사적 긴장은 국제유가뿐 아니라 비료 가격, 해상운임, 식량 가격 등 글로벌 공급망 전반에 영향을 미친다.

이러한 환경 변화는 에너지 정책의 우선순위에도 변화를 불러오고 있다. 과거 각국 정부는 기후 변화 대응과 온실가스 감축을 중심으로 에너지전환 정책을 추진해 왔다. 그러나 최근에는 에너지 안보(Energy Security), 공급망 회복력(Supply Chain Resilience), 전략산업 육성 등이 새로운 정책 목표로 부상하고 있다.

바이오연료는 이러한 변화의 중심에 자리 잡고 있다. 기존에는 온실가스 감축을 위한 보조적 수단으로 인식되었으나, 최근에는 수입 화석 연료 의존도를 줄이고 에너지 공급망을 구축할 수 있는 전략적 에너지원으로 재평가되고 있다. 바이오연료 생산의 주요 원료가 곡물 및 유지 종자이기 때문에 바이오연료 정책 확대는 에너지 시장뿐 아니라 국제 농산물시장에도 직접적인 영향을 미친다.

1.1. 국제 곡물 시장의 구조변화

전통적으로 국제 곡물 시장은 식량(Food)과 사료(Feed)의 수요에 의해 결정됐다. 곡물

* 미국곡물바이오제품협회(U.S. Grains & Bio-Products Council, USGBC) 한국대표.

가격은 생산량, 재고량, 기상 조건, 환율, 무역정책 등에 의해 주로 영향을 받았으며, 에너지 시장의 영향은 제한적이었다. 그러나 2000년대 중반 이후 바이오연료 산업이 성장하면서 상황은 달라지기 시작하였다. 옥수수와 사탕수수는 휘발유에 혼합하는 에탄올 원료로, 콩기름과 팜유는 디젤유에 혼합하는 바이오디젤 원료로 활용되기 시작하였다. 그러나 최근 수년간 바이오 항공유(SAF[1])와 재생 디젤(Renewable Diesel[2]) 시장이 빠르게 성장하면서 이러한 추세는 더욱 강화되고 있다. 여기에 중동 지역의 반복적인 지정학적인 불안이 더해지면서, 바이오연료는 에너지안보를 위한 전략적 대체에너지로 재평가되고 있으며, 안정적인 바이오연료의 공급망 확보 또한 글로벌 에너지 전략의 핵심과제로 부상하고 있다.

이에 따라 국제 곡물 시장은 식량 시장(Food Market), 사료 시장(Feed Market), 에너지 시장(Energy Market)이 결합한 복합시장으로 전환되고 있으며, 곡물 가격은 생산과 소비뿐 아니라 국제유가, 바이오연료 정책에 의해서도 큰 영향을 받게 될 것으로 예상된다.

2. 주요 국가들의 바이오연료 정책의 확대와 에너지 안보

2.1. 에너지 안보 시대의 바이오연료 정책 전환

최근 글로벌 바이오연료 정책은 중요한 전환점을 맞이하고 있다. 과거 바이오연료 정책은 주로 온실가스 감축, 대기질의 개선, 농촌 경제 활성화를 목적으로 추진되었다. 그러나 최근 고유가와 에너지 공급망 불안이 지속되면서 세계 많은 나라들은 바이오연료를 에너지 안보 확보 수단으로 재평가하기 시작했다. 바이오연료는 기존 석유제품의 유통망과 차량 인프라를 그대로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 농업생산과 직접 연계되어 있어 에너지 안보와 농업정책을 동시에 지원할 수 있는 특징을 갖는다. 이러한 이유로 최근 주요국들은 에탄올, 바이오디젤, 재생 디젤, 바이오 항공유(SAF) 확대 정책을 적극 추진하고 있다.

1) SAF(Sustainable Aviation Fuel): 재생 가능한 바이오매스 및 폐기물 자원으로 생산되는 저탄소 항공연료로, 기존 항공유를 대체하여 항공부문의 온실가스 배출 저감에 활용되는 연료.
2) Renewable Diesel(재생 디젤): 폐식용유(UCO), 동물성 지방, 식물성 유지 등 재생 가능한 원료를 수소화(Hydrotreating) 공정을 통해 생산한 디젤 대체 연료로, 기존 석유계 디젤과 화학적 특성이 유사하여 별도의 엔진 개조 없이 사용할 수 있으며 온실가스 배출 저감 효과를 가진다.

2.2. 미국의 에탄올 산업과 재생 디젤 수요 확대

미국은 세계 최대 바이오연료 생산국이자 소비국으로, 국제 옥수수와 대두 및 식물성 유지 시장에 가장 큰 영향을 미치는 국가이다. 미국 바이오연료 정책의 핵심 제도는 재생연료 혼합의무제도(Renewable Fuel Standard, RFS)인데, 이는 2005년 「Energy Policy Act of 2005」에 의해 도입되었고, 2007년 「Energy Independence and Security Act of 2007」를 통해 대폭 확대되었다. 이 제도는 정유업체와 연료 공급업체가 미국 내 수송 연료에 10% 비율로 바이오연료를 혼합하도록 의무화하는 E10 규제를 도입함으로써 바이오연료 산업에 안정적인 수요 기반을 제공해 왔다.

RFS 도입 이후 미국의 에탄올 산업은 빠르게 성장하였다. 중서부의 큰 벨트 지역을 중심으로 약 200개의 에탄올 생산 시설에서 연간 170억 갤런 이상의 에탄올을 생산하고 있다. 이에 미국의 에탄올 산업은 미국 전체 옥수수양의 약 35%를 소비하는 핵심 수요로 미국뿐만 아니라 글로벌 옥수수 시장의 수급과 가격에 직접적인 영향을 미치고 있다.

다만 최근 미국 에탄올 시장은 과거와 같은 급속한 양적성장 단계를 지나 안정화 국면에 진입한 것으로 평가된다. 미국 내 휘발유 소비가 정체되고 전기차 보급이 확대되면서 E10 중심의 기존 에탄올 수요는 구조적으로 큰 폭의 성장을 기대하기 어려운 상황이다. 이에 따라 미국 에탄올 산업의 향후 성장동력은 의무 혼합비율의 확대, 수출시장 확대, 그리고 장기적으로는 에탄올 기반 바이오 항공유(Alcohol-to-Jet[3]) 기술 발전과 연계에서 찾을 수 있다.

최근 미국 바이오연료 시장에서 가장 큰 구조적인 변화는 에탄올보다 재생 디젤(Renewable Diesel) 부문에서 나타나고 있다. 재생 디젤은 기존의 바이오디젤과 달리 석유계 디젤유와 화학적으로 유사하여 기존의 디젤 인프라와 엔진에 제한 없이 사용할 수 있는 디젤유의 대체 연료이다. 이러한 특성 때문에 캘리포니아 저탄소 연료 기준(Low Carbon Fuel Standard, LCFS[4]), 연방 RFS, 재생연료 세제 지원 정책 등이 결합하면서 재생 디젤 생산능력과 소비가 빠르게 확대되고 있다.

3) Alcohol-to-Jet(ATJ): 에탄올 또는 이소부탄올 등 알코올 기반 원료를 화학적으로 전환하여 생산하는 지속가능항공유(SAF) 제조기술로, 곡물·당질 작물·농업 부산물 등 다양한 바이오매스 자원을 활용할 수 있는 차세대 SAF 생산 경로이다.

4) CA LCFS(California Low Carbon Fuel Standard): 미국 캘리포니아주가 시행하는 저탄소연료기준 제도로, 수송용 연료의 전과정(Life Cycle) 탄소집약도(Carbon Intensity, CI)를 단계적으로 감축하도록 의무화하고, 기준보다 낮은 탄소집약도의 연료에는 크레딧을 부여하는 시장기반 온실가스 감축 제도이다.

재생 디젤 산업 확대는 미국 대두산업에 직접적인 영향을 미치고 있다. 재생 디젤의 주요 원료는 대두 유, 카놀라유, 옥수수유, 동물성 지방, 폐식용유(UCO[5]) 등인데, 이들 가운데 미국 내에서 안정적으로 조달할 수 있는 대표적 원료는 대두유이다. 최근의 재생 디젤 수요 확대는 대두 유 가격 상승, 대두 착유마진 개선과 착유 가공시설 증설로 이어지고 있다.

2026년 3월 미국 EPA는 RFS "Set 2" 최종 규칙을 통해 2026년과 2027년 재생연료 의무 혼합량(RVO[6])을 확정하였다. 특히 주목할 부분은 바이오매스[7] 기반 디젤(BBD: biodiesel 및 renewable diesel)의 의무량이 대폭 확대되었다는 점이다. EPA는 2026년 BBD 의무량을 90.7억 RIN,[8] 2027년 의무량을 92.0억 RIN으로 설정했으며, 이는 물리적 연료 기준으로 각각 최소 53.3억 갤런, 57.5억 갤런의 BBD 사용을 보장하는 수준이다. 이는 2025년 33.5억 갤런 의무량보다 크게 높은 수준으로 미국 재생 디젤 시장의 구조적 수요 확대를 의미한다.

이번 RVO 확대는 단순히 바이오디젤 수요 증가에 그치지 않고, 재생 디젤 수요를 직접적으로 견인할 가능성이 크다. 이에 따라 향후 미국 재생 디젤 수요는 정책적으로 강하게 뒷받침될 전망이다. 따라서 미국의 재생 디젤 산업은 2026년 이후 RVO 확대를 계기로 단기적으로는 의무 혼합 수요 증가와 RIN 가격지지 효과를 받을 가능성이 높다. 다만 수요 확대는 대두유, 폐식용유, 동물성 지방 등 저탄소 원료 확보 경쟁을 심화시키고, 원료 가격 상승 및 수입 원료 의존 문제를 동반할 수 있다.

중장기적으로는 45Z[9] 청정연료 생산 세액공제, 캘리포니아 LCFS 등 주정부 저탄소 연료 정책과 결합하면서 재생 디젤 생산 확대가 지속될 것으로 예상된다. 다만 이러한 확대는 원료 수급, 수입 원료 규제, RIN 시장 변동성, 그리고 SAF와의 원료 경쟁이라는 제약요인에 의해 속도가 조정될 가능성이 있다.

---

5) UCO(Used Cooking Oil): 음식 조리 후 발생하는 폐식용유로, 바이오디젤·재생디젤(Renewable Diesel) 및 지속가능항공유(SAF)의 주요 원료로 활용되는 폐기물 기반 바이오연료 원료로 탄소강도가 낮아 선호도가 높다.

6) RVO(Renewable Volume Obligation): 미국 환경보호청(EPA)이 재생연료표준(RFS)에 따라 설정하는 연도별 재생연료 의무 혼합량으로, 에탄올·바이오디젤·재생디젤 등의 수요를 결정하는 핵심 정책지표이다.

7) 바이오매스(Biomass): 곡물, 사탕수수, 목재, 농업 부산물, 폐식용유(UCO) 및 기타 유기성 폐기물 등 바이오연료와 바이오에너지 생산에 활용되는 재생 가능한 생물자원.

8) RIN(Renewable Identification Number): 미국 재생연료표준(RFS) 제도에 따라 발급되는 재생연료 인증 크레딧으로, 정유사 등의 연간 재생연료 의무혼합량(RVO) 이행 여부를 확인하고 거래하는 수단이다.

9) 45Z Clean Fuel Production Credit(45Z 청정연료 생산세액공제): 미국 「인플레이션 감축법(IRA)」에 따라 2025년부터 시행된 세액공제 제도로, 연료의 전 과정 탄소집약도(Carbon Intensity, CI)에 따라 지속가능항공유(SAF), 재생디젤, 바이오연료 등 저탄소 연료 생산자에게 세제 혜택을 제공하는 제도이다.

2.3. 브라질의 옥수수 에탄올 생산 확대와 바이오디젤 성장[10)]

브라질은 미국과 함께 세계 바이오연료 시장을 주도하는 대표적인 국가이다. 브라질의 바이오연료 정책은 1970년대 오일쇼크 이후 수입 석유 의존도를 낮추기 위해 도입된 국가 에탄올 프로그램(Programa Nacional do Álcool)에서 출발하였다. 이후 브라질은 사탕수수 기반 에탄올 산업과 플렉스 연료 차량(Flex-Fuel Vehicle[11)]) 보급을 결합하여 세계에서 가장 발전된 에탄올 소비 기반을 구축하였다. 이러한 정책 경험은 브라질이 바이오연료를 단순한 환경정책이 아니라 에너지 안보와 농업 경쟁력 강화 수단으로 활용해 왔다.

브라질의 휘발유에 에탄올을 혼합하는 제도는 오랜 기간 높은 의무 혼합비율을 유지해 왔다. 최근까지 브라질은 휘발유에 무수에탄올[12)] 27%를 혼합하는 E27 체계를 운영해 왔으며, 2025년 6월 국가에너지정책위원회(CNPE)는 이를 2025년 8월부터 E30으로 확대하기로 하였으며 경유 차량에 대한 바이오디젤 혼합비율도 B14에서 B15로 상향하였다. 브라질 정부는 이러한 조치가 에너지 자급률을 높이고 연료 가격 안정에 기여할 것이라고 덧붙였다.

최근 브라질 정부는 여기서 더 나아가 에탄올 혼합비율을 30%에서 32%로 상향하는 방안을 추진한다고 밝혔으며, E32가 실현되면 휘발유 수입의존도를 더 낮추고 국내 에탄올 산업의 수요 기반을 확대할 수 있을 것으로 보고 있다. 다만 B16 도입은 기술적 검증과 정책적 결정이 추가로 필요하다는 점에서 시행 시점에는 불확실성이 남아 있다.

원료 측면에서 사탕수수 에탄올은 브라질 바이오연료 산업의 핵심이었으며, 낮은 탄소집약도[13)]와 높은 생산 효율성을 바탕으로 국제적으로 경쟁력을 인정받아 왔다. 그러나 최근에는 사탕수수 에탄올만으로 증가하는 에탄올 수요를 따르기 어려운 구조가 나타나고 있다. 사탕수수 생산은 기상 여건, 수확 주기, 설탕 가격 변동의 영향을 크게 받으며, 국제

10) 본 절은 USDA FAS(2025a)의 자료를 참고하여 작성되었다.
11) Flex Fuel Vehicle(FFV): 휘발유부터 최대 85% 에탄올(E85) 혼합연료까지 다양한 연료를 사용할 수 있도록 설계된 차량으로, 브라질과 미국의 에탄올 연료 보급 확대를 견인한 대표적인 차량 기술이다.
12) 무수에탄올(Anhydrous Ethanol)은 수분 함량이 매우 낮은 에탄올(통상 99% 이상)로 휘발유 혼합용에 사용하며, 함수에탄올(Hydrous Ethanol)은 약 4~5%의 수분을 포함한 에탄올(통상 95~96%)로 브라질에서는 FFV 차량의 단독 연료(E100)로 사용된다.
13) 탄소집약도(Carbon Intensity, CI): 원료 생산부터 연료 제조, 수송 및 최종 사용까지 전 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 에너지 단위당(gCO_2e/MJ)으로 산정한 지표로, 저탄소 연료의 환경성과를 평가하는 핵심 기준이다.

설탕 가격이 높으면 사탕수수가 에탄올보다 설탕 생산으로 배분될 가능성이 커진다. 이러한 배경에서 브라질의 옥수수 에탄올 산업이 빠르게 성장하고 있다.

UNICA(Brazilian Sugarcane and Bioenergy Industry Association[14])에 따르면 2025/26년도 브라질의 옥수수 에탄올 생산량은 약 91억 9천만 리터로 전년 대비 12% 이상 증가하였으며, 전체 에탄올 생산에서 차지하는 비중도 약 27.3%에 달한다. 이는 불과 몇 년 전까지만 해도 보조적 원료였던 옥수수가 브라질 에탄올 산업의 핵심 성장축으로 전환되고 있음을 보여준다. UNEM[15]도 2025/26년 브라질의 옥수수 에탄올 생산능력이 100억 리터 수준에 도달했다고 평가하고 있으며, 일부 전망에서는 2026/27년 옥수수 에탄올 비중이 전체 에탄올 생산의 약 30%에 이를 것으로 보고 있다.

옥수수 에탄올 시설도 빠르게 증가하고 있는데, 최근 자료에 따르면 브라질에는 약 22~25개의 옥수수 에탄올 공장이 가동 중이며, 추가로 다수의 신규 프로젝트가 건설 또는 승인 단계에 있다. 특히 마투그로수, 고이아스, 마투그로수두술 등 중서부 곡창지대가 옥수수 에탄올 산업의 중심지로 부상하고 있다. 이 지역은 브라질 2기작 옥수수 생산의 핵심 지역으로, 풍부한 원료 공급과 상대적으로 낮은 물류비를 바탕으로 옥수수 에탄올의 경제성을 높이고 있다. 또한 옥수수 에탄올 공장은 사탕수수 수확기에 제한되는 전통적 제당·에탄올 공장과 달리 연중 가동이 가능하다는 장점이 있어, 브라질 에탄올 공급의 계절성을 완화하는 역할도 하고 있다.

옥수수의 에탄올용 소비도 빠르게 늘고 있다. 브라질의 옥수수 에탄올 생산능력은 2026년 기준 약 2,100만~2,300만 톤의 옥수수 처리능력에 해당하는 것으로 추정되며, 이는 브라질 전체 옥수수 생산량의 약 15~16% 수준에 해당한다. 2025/26년 브라질 옥수수 생산량이 1억 4천만 톤 내외로 추정되는 점을 고려하면, 옥수수 에탄올은 이미 브라질 국내 옥수수 수급에서 무시하기 어려운 수요처가 되었다. 향후 투자 여건에 따라 2030년대 중반까지 옥수수 처리능력은 3,300만~5,500만 톤 수준까지 확대될 수 있다는 전망도 제시되고 있다.

---

14) UNICA(União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia): 브라질의 사탕수수·에탄올·바이오에너지 산업을 대표하는 협회로, 에탄올 및 바이오연료 산업의 정책 개발, 통계 제공, 대정부 협력 및 국제 홍보 활동을 수행하는 주요 산업단체이다.

15) UNEM(National Corn Ethanol Union): 브라질 옥수수 에탄올 생산업체를 대표하는 산업협회로, 옥수수 기반 에탄올 산업의 발전과 정책 지원을 위한 활동을 수행하고 관련 통계 및 시장 정보를 제공한다.

정책 측면에서 의무혼합비율이 27%에서 30%로 높아지면 추가적인 무수에탄올 수요가 발생하며, 사탕수수 에탄올 생산이 설탕 가격 및 기후 여건에 따라 변동성이 큰 점을 고려하면, 안정적으로 연중 생산 가능한 옥수수 에탄올이 추가 수요의 상당 부분을 흡수할 가능성이 크다.

더 나아가 브라질의 「Fuel of the Future」[16] 정책은 향후 에탄올 혼합률을 22~35% 범위에서 조정할 수 있는 제도적 기반을 마련하였다. 이에 따라 E30을 넘어 E32 또는 그 이상의 혼합률 확대가 논의될 경우, 옥수수 에탄올 수요는 더욱 확대될 수 있다. 특히 브라질 정부와 업계는 에탄올을 단순한 탄소 감축 수단이 아니라 에너지 안보, 연료 가격 안정, 농업 부가가치 창출을 동시에 달성할 수 있는 전략 연료로 인식하고 있다.

결과적으로 브라질의 옥수수 에탄올 산업은 2024년에 70억 리터 전망 단계를 넘어, 2025/26년에는 90억 리터 이상, 2026/27년에는 전체 에탄올 생산의 약 30% 수준에 접근하는 성장 국면에 진입하였다. 이에 따라 브라질 옥수수 수급에도 구조적 변화를 불러오고 있다. 과거 수출 중심으로 확대되던 브라질 옥수수 생산은 이제 사료, 수출, 에탄올이 동시에 경쟁하는 구조로 전환되고 있으며, 에탄올용 옥수수 소비 증가는 향후 브라질의 옥수수 수출 여력, 내수 가격, DDGS 공급, 글로벌 곡물 시장 경쟁 구도에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2.4. EU의 RED III,[17] 재생 디젤 및 SAF 정책과 곡물·유지류 수급 변화

EU의 바이오연료 정책은 기후변화대응과 에너지 안보 강화를 동시에 추구하는 방향으로 발전해 왔다. 특히 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 이후 EU는 러시아산 화석연료 의존도를 축소하기 위해 바이오연료, 바이오메탄 및 지속가능항공유(SAF)를 에너지 안보 전략의 중요한 수단으로 재평가하고 있다.

EU 바이오연료 정책은 2023년 11월 발효된 RED III를 중심으로 발전하고 있으며, 이는

16) Fuel of the Future(Combustível do Futuro): 2024년 브라질에서 제도화된 차세대 연료 정책으로, 에탄올 혼합비율 확대, 바이오디젤 의무혼합 확대, SAF 및 바이오메탄 보급 촉진 등을 통해 수송부문의 탈탄소화와 에너지 자립을 추진하는 국가 프로그램이다.

17) RED III(Renewable Energy Directive III): EU가 2023년 개정·채택한 재생에너지지침으로, 회원국에 수송부문 온실가스 배출량을 2030년까지 14.5% 감축하거나 재생연료 비중을 최소 29%까지 확대하도록 요구하며, 첨단 바이오연료와 재생가능 비생물기원연료(RFNBO)의 사용 확대를 촉진하는 핵심 정책이다.

러시아-우크라이나 전쟁 이후 에너지 안보와 탄소중립 목표를 동시에 달성하기 위한 핵심 정책 수단으로 평가된다. RED III는 2030년까지 수송부문 온실가스 집약도를 14.5% 감축하거나 재생 에너지 비중을 29%까지 확대하도록 규정하고 있으며, 식량·사료작물 기반 바이오연료에 대해서는 지속가능성 기준과 간접토지 이용 변화(ILUC)[18] 규제를 적용하고 있다. 이에 따라 미국이나 브라질과 달리 곡물 기반 바이오연료의 무제한 확대보다는 폐기물·잔재물 기반 바이오연료 확대에 정책적 우선순위를 두고 있다.

EU 에탄올은 주로 밀, 옥수수, 사탕무를 원료로 생산된다. 최근 E10 보급 확대에 따라 에탄올 소비는 완만하게 증가하고 있으나, 곡물 기반 바이오연료에 대한 정책적 상한이 존재하기 때문에 미국이나 브라질과 같은 대규모 곡물 수요 확대 효과는 제한적이다. 따라서 EU 에탄올 정책이 국제 곡물 시장에 미치는 영향은 상대적으로 크지 않은 것으로 평가된다.

반면 바이오디젤과 재생 디젤(HVO)은 유지 종자 시장에 상당한 영향을 미치고 있다. EU는 세계 최대 수준의 바이오디젤 소비시장 중의 하나이며, 최근에는 전통적 FAME[19] 바이오디젤에서 HVO[20] 중심으로 시장이 빠르게 전환되고 있다. 주요 원인으로는 유채유, 폐식용유(UCO), 동물성 지방, 대두유 등이며, 팜유는 ILUC 규제에 따라 단계적으로 퇴출당하고 있다.

특히 RED III와 회원국의 저탄소 연료 정책은 폐식용유와 동물성 지방을 우대하고 있어 이들 원료에 대한 국제 수요와 가격 상승을 유발하고 있다. 이에 따라 유채유는 여전히 중요한 원료로 활용되고 있으나 상대적 비중은 감소하고 있으며, EU의 원료 확보 경쟁은 글로벌 유지류 시장의 구조적 변화를 초래하고 있다.

SAF 정책은 EU 바이오연료 정책의 또 다른 핵심축이다. ReFuelEU Aviation[21]에 따라 EU 공항에 공급되는 항공연료에는 2025년 2%, 2030년 6%, 2035년 20%, 2050년 70%의

18) ILUC(Indirect Land Use Change): 바이오연료 원료 수요 증가로 인해 농경지 확장, 산림 훼손 또는 초지 전환 등이 간접적으로 발생하여 추가적인 온실가스 배출을 유발하는 현상으로, EU 바이오연료 지속가능성 평가의 핵심 기준 중 하나이다.

19) FAME(Fatty Acid Methyl Ester): 식물성 유지나 동물성 지방을 메탄올과 반응시키는 전이에스테르화(Transesterification) 공정을 통해 생산되는 바이오디젤로, 현재 전 세계에서 가장 널리 사용되는 1세대 바이오디젤이다.

20) HVO(Hydrotreated Vegetable Oil): 식물성 유지, 폐식용유(UCO), 동물성 지방 등을 수소화(Hydrotreating) 공정으로 처리하여 생산하는 재생디젤(Renewable Diesel)로, 기존 석유계 디젤과 유사한 화학적 특성을 가져 별도의 엔진 개조 없이 사용할 수 있다.

21) ReFuelEU Aviation: EU 항공부문의 탈탄소화를 위해 2025년부터 SAF 의무혼합을 시행하고, 2030년 6%, 2050년 70%까지 SAF 사용 비중을 단계적으로 확대하도록 규정한 제도이다.

SAF 혼합이 의무화된다. 또한 e-SAF(Electro-Sustainable Aviation Fuel)[22]에 대한 별도 의무 비율도 단계적으로 도입될 예정이다.

현재 EU SAF 시장은 폐식용유와 동물성 지방이 주요 원료로 사용되는 HEFA 공정이 주도하고 있다. 곡물 기반 에탄올을 활용한 ATJ-SAF[23]도 제도적으로 허용되지만 정책적으로 폐기물·잔재물 기반 원료와 e-SAF가 우선적으로 지원되고 있다. 따라서 EU의 SAF 확대가 미국이나 브라질처럼 옥수수·사탕수수 수요를 직접적으로 심하게 증가시키지는 않을 것으로 전망된다.

종합하면 EU의 바이오연료 정책은 미국·브라질과 달리 곡물 기반 바이오연료 확대보다는 지속가능성 규제, 폐기물·잔재물 활용, 재생 디젤(HVO) 및 SAF 확대에 초점을 맞추고 있다. 이에 따라 국제 곡물 시장에 대한 직접적 영향은 제한적이나, 유채유, 대두유, 폐식용유(UCO), 동물성 지방 등 유지류 시장에는 상당한 구조적 수요 증가를 유발하고 있다. 특히 재생 디젤과 SAF 산업의 동시 성장으로 글로벌 원료 확보 경쟁은 향후 더욱 심화할 것으로 전망된다.

최근 유럽항공업계와 정유업계는 ReFuelEU Aviation 의무 비율 달성을 위해 필요한 SAF 공급량이 충분하지 않을 수 있다는 우려를 제기하고 있다. 특히 폐식용유(UCO)와 동물성 지방 공급부족이 예상되면서 EU는 e-SAF 확대와 함께 미국, 아시아 및 남미 지역으로부터 SAF 원료 수입을 확대할 가능성이 높다. 이에 따라 향후 EU의 바이오연료 정책은 국제 유지류 시장뿐 아니라 글로벌 SAF 공급망 구축에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2.5. 인도의 E20 조기 달성과 곡물 기반 에탄올 수요 확대[24]

인도는 최근 세계에서 가장 빠르게 에탄올 혼합 정책을 확대하고 있는 국가 중 하나이다. 인도의 바이오연료 정책은 원유 수입의존도 축소, 농가소득 증대, 잉여농산물 활용, 대기 오염 완화, 에너지 안보 강화를 주요 목표로 발전해 왔다. 세계 3위 수준의 원유 수입국

22) e-SAF(Electro Sustainable Aviation Fuel): 재생에너지로 생산한 수소(Green Hydrogen)와 대기 또는 산업공정에서 포집한 이산화탄소(CO_2)를 합성하여 생산하는 지속가능항공유(SAF)로, 재생가능 비생물기원연료(RFNBO)의 일종이다.
23) ATJ SAF(Alcohol-to-Jet Sustainable Aviation Fuel): 에탄올 등 알코올 기반 원료를 항공유로 전환하는 SAF 생산기술로, 기존 에탄올 산업 인프라를 활용할 수 있어 차세대 SAF 공급 확대의 유망 경로로 평가받고 있다.
24) 본 절은 USDA FAS(2025b) 자료를 참고하여 작성되었다.

인 인도에서 에탄올 혼합 확대는 단순한 환경정책이 아니라 국가 에너지 안보 전략의 핵심 수단으로 인식되고 있다.

정책적 기반은「National Policy on Biofuels 2018」[25]이며, 2022년 개정을 통해 휘발유나 에탄올 20% 혼합(E20) 목표 시점이 2030년에서 2025/26년으로 앞당겨졌다. 인도는 2021/22년에 E10을 조기 달성한데 이어, 2022/23년 12.06%, 2023/24년 14.60%, 2024/25년 2월 말 17.98%까지 혼합률을 높였다. 이후 2025년 7월에는 월간 혼합률이 19.93%에 도달하면서 E20 목표를 사실상 달성하였다.

E20 조기 달성의 핵심은 원료 다변화이다. 과거 인도 에탄올 산업은 사탕수수 부산물인 당밀에 크게 의존했으나, 최근에는 옥수수, 저품질 곡물, 재고미 등 곡물 기반 원료의 비중이 빠르게 확대되고 있다. 특히 옥수수는 2025/26년 초반 인도 에탄올 생산의 최대 원료로 부상하였다. 업계 자료에 따르면 2025/26년 상반기 인도의 에탄올 공급량은 약 51.5억 리터에 달했으며, 이 가운데 옥수수 기반 에탄올이 51~52%로 사탕수수 기반 원료를 제치고 가장 중요한 원료로 등장하였다.

이러한 변화는 인도 곡물 시장에 구조적 영향을 미치고 있다. 옥수수는 기존에 사료, 전분, 식품용 수요가 중심이었으나, 에탄올 산업이 새로운 대규모 수요처로 등장하면서 옥수수가격과 지역 수급에 영향을 주기 시작했다. 특히 인도 가금류·축산업계는 에탄올용 옥수수 수요 확대가 사료비 상승으로 이어질 가능성을 우려하고 있다. 반면 정부 입장에서는 옥수수와 재고미를 사용한 에탄올 생산이 원유 수입 절감, 농가소득 증대, 재고관리라는 세 가지 정책 목표를 동시에 달성할 수 있는 수단으로 보고 있다.

2026년 6월 현재 인도의 바이오연료 정책은 E20 달성 이후 E20+ 단계로 이동하고 있다. 인도 정부는 E22, E25, E27, E30 등 20%를 초과하는 에탄올 혼합휘발유에 대해서도 세제 면제를 적용하기로 하였다. 다만 기존 차량의 적합성, 연비 논란, 소비자 수용성 등을 고려할 때 단기간에 E25 이상의 전국 의무화가 이루어지기보다는, 플렉스 연료 차량 보급과 병행한 단계적·선택적 확대가 추진될 가능성이 크다.

바이오디젤 부문은 에탄올에 비해 성장 속도가 느리다. 「National Policy on Biofuels

25) National Policy on Biofuels 2018: 인도 정부가 2018년에 발표한 국가 바이오연료 정책으로, 에탄올·바이오디젤·첨단 바이오연료의 생산 및 사용 확대를 통해 에너지 안보 강화, 원유 수입 의존도 감소, 농가 소득 증대 및 온실가스 배출 감축을 추진하는 종합 정책이다.

2018」은 2030년까지 경유의 바이오디젤 5% 혼합(B5)을 목표로 제시했으나, 실제 혼합률은 낮은 수준에 머물러있다. 인도 정부는 폐식용유, 비식용 유지, 동물성 지방 등을 바이오디젤 원료로 활용하려 하고 있으나, 원료 수거 체계 미비, 높은 생산비, 품질관리 문제로 인해 에탄올만큼 빠르게 성장하지 못하고 있다. 따라서 인도의 바이오디젤 정책이 대두유나 팜유 등 국제 유지류 시장에 미치는 영향은 아직 제한적이다.

SAF는 인도 바이오연료 전략의 새로운 축으로 부상하고 있다. 인도 정부는 국제선 항공편을 중심으로 2027년 1%, 2028년 2%, 2030년 5%의 SAF 혼합 목표를 제시하고 있다. 초기 SAF 원료는 폐식용유, 농업 잔재물, 비식용 유지 등이 될 가능성이 커서 단기적으로 SAF가 곡물 수급에 미치는 직접영향은 제한적이지만, 장기적으로 에탄올 기반 Alcohol-to-Jet(ATJ)[26] 기술이 상업화되면 인도의 곡물 기반 에탄올 산업은 항공연료 시장과도 연결될 수 있다.

결국 인도의 바이오연료 정책은 에탄올 부문을 중심으로 곡물 시장에 가장 빠르게 영향을 미치고 있다. E20 조기 달성은 사탕수수뿐 아니라 옥수수와 재고미에 대한 에너지용 수요를 확대하고 있으며, 이는 인도 국내 옥수수 수급과 사료 시장에 새로운 압력으로 작용할 수 있다.

2.6. ASEAN 국가들의 팜유 바이오디젤 확대와 SAF 공급망 구축

ASEAN[27]은 세계 바이오연료 시장에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 에너지 안보 강화, 수입 석유 의존도 축소, 농가소득 증대 및 온실가스 감축을 목표로 다양한 바이오연료 정책을 추진하고 있다. 미국·브라질·인도와 달리 ASEAN 바이오연료 산업은 옥수수나 곡물보다 팜유, 코코넛유, 카사바, 사탕수수 당밀, 폐식용유(UCO) 등 열대작물과 유지류를 중심으로 발전해 왔다. 따라서 ASEAN의 바이오연료 정책은 국제 곡물 시장보다 국제 식물성 유지 시장과 바이오연료 원료시장에 더 큰 영향을 미치는 것이 특징이다.

인도네시아는 ASEAN에서 가장 적극적인 바이오디젤 정책을 추진하는 국가이다. 세계

26) ATJ(Alcohol-to-Jet): 에탄올 등 알코올을 원료로 화학적 전환 과정을 거쳐 항공유를 생산하는 기술로, 지속가능항공유(SAF)의 주요 생산 경로 중 하나이다.

27) ASEAN(Association of Southeast Asian Nations): 동남아시아국가연합으로, 역내 경제성장과 정치·안보 협력을 촉진하기 위해 설립된 지역 협력기구이며, 현재 인도네시아, 말레이시아, 태국, 필리핀, 베트남, 싱가포르, 브루나이, 캄보디아, 라오스, 미얀마 등 10개국이 회원국으로 참여하고 있다.

최대 팜유 생산국인 인도네시아는 2025년부터 B40 의무혼합제를 시행하고 있으며, 이를 통해 경유 수입을 줄이고 국내 팜유 수요를 확대하고 있다. 정부는 장기적으로 B50 도입도 검토하고 있으나, 원료 공급과 재정지원 여건에 따라 시행 시점은 유동적이다. B40 시행은 연간 수백만 톤 규모의 추가 팜유 수요를 창출하여 국제 팜유 수급과 가격에 직접적인 영향을 미치고 있으며, 대두유·유채유 등 다른 식물성 유지 시장에도 파급효과를 미치고 있다(USDA FAS, 2025c, 2025d).

말레이시아 역시 팜유 기반 바이오디젤 정책을 운용하고 있으나, 전국 B20 확대는 높은 팜유 가격과 인프라 비용 문제로 지연되고 있다. 최근에는 바이오디젤 소비 확대보다 SAF 생산 및 수출 허브 구축에 정책적 관심이 집중되고 있으며, 폐식용유(UCO), 팜유 부산물, 농업 잔재물을 활용한 SAF 산업육성을 적극 추진하고 있다(USDA FAS, 2026).

태국은 오랫동안 E10, E20, E85 등 다양한 에탄올혼합 휘발유를 보급해 왔으며, 최근에는 E20을 중심으로 연료 시장을 운영하고 있다. 정부는 일반휘발유(E10 RON91)의 비중을 축소하고 E20 사용을 확대해 왔으나, 전기차(EV) 보급 확대와 연료 소비구조 변화로 인해 향후 에탄올 수요증가 속도는 과거보다 둔화될 것으로 전망된다. 바이오디젤 부문에서는 팜유 가격과 재고상황에 따라 혼합비율을 탄력적으로 조정하고 있으며, 현재 B7이 기본의무 혼합률로 운영되고 있다. 과거 B10과 B20 보급을 추진한 바 있으나, 최근에는 연료 품질과 경제성을 고려하여 B7 중심체계를 유지하고 있다.

필리핀은 사탕수수·당밀 기반 에탄올과 코코넛유 기반 바이오디젤을 운영하고 있다. E10 의무혼합을 유지하고 있으며, 바이오디젤 혼합률도 B4로 상향되었다. 이에 따라 코코넛유 수요는 증가하고 있으나, 식용 및 수출용 코코넛유 시장과의 경쟁도 심화하고 있다. 또한 향후 E20 확대가 논의되고 있으나 국내 사탕수수 생산 확대에는 토지 및 생산성 제약이 존재해 에탄올 수입의존도가 점차 높아질 가능성이 있다(USDA FAS, 2025e).

최근 ASEAN 바이오연료 시장에서 가장 주목받는 국가는 베트남이다. 베트남은 2026년 6월부터 전국적으로 E10 휘발유를 도입하면서 ASEAN 최대의 신규 에탄올 수요시장으로 부상하고 있다. 업계에서는 E10 전국 의무화가 연간 약 2억 8천만~3억 갤런 규모의 신규 에탄올 수요를 창출할 것으로 전망한다. 그러나 국내 연료용 에탄올 생산능력은 예상 수요를 맞추기에 부족한 수준이어서 상당량의 에탄올을 수입에 의존할 가능성이 크다. 이에 따라 베트남은 향후 미국산 에탄올의 주요 수출시장 가운데 하나로 부상할 것으로 전망된다.

최근 ASEAN 국가들의 바이오연료 정책에서 나타나는 공통적인 변화는 의무혼합 확대 속도가 국내 원료 생산 및 바이오연료 생산능력 확대 속도를 상회하고 있다는 점이다. 특히 베트남, 필리핀, 싱가포르를 중심으로 에탄올과 SAF 수요가 빠르게 증가하고 있으나, 국내 원료 공급 기반은 이를 충분히 뒷받침하지 못하고 있다. 이에 따라 ASEAN은 점차 바이오연료 순수입 지역으로 전환될 가능성이 크다.

SAF는 ASEAN 바이오연료 정책의 새로운 성장축으로 부상하고 있다. 싱가포르는 2026년부터 SAF 1% 사용을 목표로 하고 있으며, 2030년에는 3~5% 수준까지 확대할 계획이다. 인도네시아, 말레이시아, 태국도 SAF 로드맵을 수립하고 있으며, 팜유 부산물, 폐식용유(UCO), 동물성 지방 등을 활용한 SAF 생산 확대를 추진하고 있다. 그러나 SAF 부문에서는 바이오디젤 산업과 원료 경쟁이 심화할 가능성이 크다. 특히 폐식용유, 동물성 지방, 팜유 부산물 등의 공급이 제한적이기 따라서 향후 SAF 원료와 완제품 SAF의 국제 교역이 확대될 것으로 예상된다.

싱가포르는 SAF 생산국이라기보다 소비 및 물류허브로 발전할 가능성이 높다. 국내 원료 기반이 거의 없어 대부분의 SAF를 수입에 의존할 수밖에 없으며, 향후 아시아 SAF 트레이딩 및 블렌딩 허브 역할을 수행할 것으로 전망된다. 반면 인도네시아와 말레이시아는 풍부한 팜유 자원을 바탕으로 바이오디젤과 SAF 원료공급국의 역할을 유지할 가능성이 높다.

종합하면 ASEAN의 바이오연료 정책은 미국·브라질·인도와 달리 곡물 시장보다 팜유, 코코넛유, 카사바, 당밀, 폐식용유 등 열대작물과 유지류 시장에 더 큰 영향을 미친다. 특히 인도네시아의 B40 정책과 ASEAN 전역의 SAF 확대는 국제 팜유 및 폐식용유 시장의 구조적 수요를 증가시키고 있으며, 향후 글로벌 바이오연료 원료 확보 경쟁을 더욱 심화시키는 요인으로 작용할 것으로 전망된다.

또한 ASEAN은 장기적으로 두 개의 시장으로 구분될 가능성이 크다. 인도네시아와 말레이시아는 팜유 기반 바이오디젤이나 SAF 원료공급국의 역할을 유지하는 반면, 베트남·필리핀·싱가포르 등은 에탄올과 SAF 순 수입국으로 전환될 가능성이 크다. 이는 향후 미국·브라질 등 주요 바이오연료 생산국과 ASEAN 소비국 간 교역 확대를 촉진할 것이며, 글로벌 바이오연료 공급망이 원료생산국과 연료 소비국 간 분업 구조로 재편되는 계기가 될 것으로 예상된다.

3. 결론 및 전망

3.1. 결과 요약

본 원고를 통해 최근 글로벌 바이오연료 정책 확대가 국제 곡물 시장 구조에 미치는 영향을 살펴보고 향후 원료 수급과 가격 변동성 변화에 대한 시사점을 도출하고자 하였다. 주요 국가들의 바이오연료 정책은 과거의 탄소 감축과 농업의 활성화 측면에서 추진되었으나 이제는 에너지 안보 중심 정책으로 전환되고 있는 것에 주목해야 할 것이다. 세계 주요 국가들은 바이오연료를 단순한 환경정책 수단이 아니라 에너지 안보와 공급망 회복력을 강화하는 전략산업으로 재평가하고 있는 것이다.

특히 미국, 브라질, 인도, 유럽연합(EU), 동남아시아국가연합(ASEAN) 국가들은 에탄올, 바이오디젤, 재생 디젤, 지속가능항공유(Sustainable Aviation Fuel, SAF) 확대 정책을 적극 추진하고 있으며, 이러한 정책은 국제 곡물 시장에 새로운 구조적 수요를 창출하고 있다고 보아야 할 것이다.

3.2. 국제 곡물 시장 구조변화의 의미

국제곡물시장에서 바이오연료 정책이 미치는 영향력은 더 확대될 것이 분명하다. 식량(Food)과 사료(Feed)의 자원으로써의 전통적인 곡물의 기능은 바이오연료 산업 성장에 따라 에너지(Energy) 생산을 위한 핵심 원료로 활용되고 있으며, 최근에는 탄소 감축(Carbon Reduction)을 위한 전략적 자원으로까지 인식되고 있다. 특히 옥수수는 에탄올과 ATJ(Alcohol-to-Jet) 기반 SAF의 원료로 활용될 가능성이 커지고 있으며, 대두유와 팜유는 재생 디젤이나 바이오디젤 산업의 핵심 원료로 사용되고 있다.

이는 국제 곡물 시장이 단순한 농산물시장에서 식량·사료·에너지·탄소시장이 결합한 복합시장으로 전환되고 있음을 의미한다. 향후 곡물 가격은 생산량과 재고수준뿐 아니라 국제유가, 탄소 가격, 바이오연료 정책, SAF 수요 등에 의해 영향을 받을 가능성이 더욱 커지고 있다.

3.3. SAF 확대와 국제 곡물 시장에 미칠 영향

향후 국제 곡물 시장에 가장 큰 영향을 미칠 요인 가운데 하나는 SAF 산업의 성장이다. 국제민간항공기구(ICAO)의 국제항공 탄소 상쇄 및 감축 제도(CORSIA[28]), 유럽연합의 ReFuel-EU Aviation 등은 향후 SAF 수요 확대를 견인할 것으로 예상된다.

현재 SAF 생산은 폐식용유(UCO)와 동물성 지방을 활용하는 HEFA(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids[29]) 기술이 주도하고 있으나, 원료공급량의 제약으로 인해 장기적으로는 에탄올 기반 ATJ 기술의 비중이 확대될 가능성이 크다. ATJ 산업의 확대는 미국과 브라질 에탄올 산업의 성장뿐 아니라 국제 옥수수 수요 증가로 이어질 수 있다.

따라서 향후 국제 곡물 시장은 도로용 바이오연료뿐 아니라 항공연료와 나아가 선박유[30] 시장의 영향을 동시에 받게 될 것으로 보인다.

3.4. 가격 변동성과 공급망 리스크 전망

향후 국제 곡물 시장의 또 다른 특징은 가격 변동성의 확대이다. 기후 변화에 따른 생산불 확실성, 지정학적리스크, 국제 유가 변동, 바이오연료 정책 확대, 원료 민족주의(Resource Nationalism) 확산 등이 복합적으로 작용하면서 가격 변동성이 과거보다 커질 가능성이 크다.

특히 일부 국가들이 팜유, 폐식용유(UCO), 식물성 유지류 등의 수출을 제한하거나 국내 우선 공급 정책을 강화하고 있어 국제 공급망 리스크도 확대되고 있다. 과거에는 곡물 생산량 감소가 가격 상승의 주요 원인이었다면, 앞으로는 에너지 시장변화와 정책 변화도 중요한 가격 결정요인으로 작용할 것으로 예상된다. 이에 따라 국제 곡물 시장 분석 역시 농업 부문 중심 접근에서 에너지·환경·탄소시장까지 포함하는 통합적 접근이 요구된다. 한국은 세계적인 곡물 수입국이자 에너지 수입국이라는 이중적 특성이 있다.

---

28) CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation): 국제민간항공기구(ICAO)가 도입한 국제항공 탄소상쇄 및 감축제도로, 국제항공 부문의 탄소배출 증가분을 상쇄하고 지속가능항공유(SAF) 사용을 촉진하여 항공부문의 탄소중립 달성을 지원하는 글로벌 시장기반 제도이다.

29) HEFA(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids): 폐식용유(UCO), 동물성 지방 및 식물성 유지 등을 원료로 수소화 공정을 거쳐 생산하는 지속가능항공유(SAF) 제조기술로, 현재 상업 생산의 대부분을 차지하는 대표적인 SAF 생산 경로이다.

30) 에탄올 선박유(Ethanol Marine Fuel): 바이오에탄올 또는 저탄소 에탄올을 선박용 연료로 활용하는 기술 및 연료 체계로, 국제해사기구(IMO)의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 대체 선박연료 중 하나로 평가받고 있다.

따라서 국제 곡물 시장과 에너지 시장의 구조변화는 한국경제에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 한국은 다음과 같은 정책 방향을 검토할 필요가 있다.

첫째, 식량안보와 에너지 안보를 통합적으로 고려하는 국가 공급망 전략을 구축할 필요가 있다.

둘째, 미국과 브라질 등 주요 바이오연료 공급국과의 협력을 강화하여 에탄올 및 SAF 원료 공급망을 안정적으로 확보할 필요가 있다.

셋째, 국제 곡물 시장 분석 과정에서 국제유가, 바이오연료 정책, 탄소 정책을 함께 고려하는 통합 모니터링체계를 구축할 필요가 있다.

넷째, 국내 폐기물 기반 바이오매스 자원의 회수 및 활용 체계를 강화하여 장기적인 원료 확보 능력을 확대할 필요가 있다.

다섯째, SAF 확대에 대응하여 항공산업, 정유산업, 농업 부문 간 협력체계를 구축할 필요가 있다.

결론적으로 바이오연료는 더 이상 농업정책의 부수적 수요기반이 아니라 국제 곡물 시장 구조와 가격 형성을 결정하는 핵심 변수로 자리매김하고 있으며, 이러한 변화는 향후 세계농업과 에너지산업의 새로운 패러다임을 형성할 것으로 전망된다.

■ 참고문헌

International Energy Agency(IEA)(2025), World Energy Outlook 2025, Paris: IEA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO)(2025), The State of Agricultural Commodity Markets 2025, Rome: FAO.

United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service(USDA FAS)(2025a), Brazil: Biofuels Annual, Washington, DC: USDA.

_____(2025b), India: Biofuels Annual, Washington, DC: USDA.

_____(2025c), Indonesia: Biofuels Annual, Washington, DC: USDA.

_____(2025d), Indonesia: After a Decade, Indonesia is Updating Its Biofuel Roadmap, Washington, DC: USDA.

_____(2025e), Philippines: Biofuels Annual, Washington, DC: USDA.

_____(2025f), Vietnam Issues Plan to Expand Ethanol Blending, Washington, DC: USDA.

_____(2026), Malaysia: Biofuels Annual, Washington, DC: USDA.

U.S. Environmental Protection Agency(EPA)(2026), Renewable Fuel Standard Program: Standards for 2026 and Beyond (Set 2 Rule), Washington, DC: EPA.

UNICA(2026), Sugarcane and Ethanol Market Reports.

UNEM(2026), Brazil Corn Ethanol Industry Outlook.

〈법령〉

Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 on the Promotion of Energy from Renewable Sources (Renewable Energy Directive III, RED III), EUR-Lex(https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj), 검색일: 2026. 6. 24.

Regulation (EU) 2023/2405 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 on Ensuring a Level Playing Field for Sustainable Air Transport(ReFuelEU Aviation), EUR-Lex(https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj), 검색일: 2026. 6. 24.

Renewable Fuel Standard Program: Standards for 2027 and Beyond(Set Rule 2 Final Rule), U.S. Environmental Protection Agency(https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard/final-renewable-fuel-standards-2026-and-2027), 검색일: 2026. 6. 24.

〈온라인 자료〉
USDA Foreign Agricultural Service(https://www.fas.usda.gov), 검색일: 2026. 6. 14.
EPA Renewable Fuel Standard Program(https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard), 검색일: 2026. 6. 14.
European Commission Energy(https://energy.ec.europa.eu/index_en), 검색일: 2026. 6. 14.
UNICA(https://www.unica-network.eu/), 검색일: 2026. 6. 14.
IEA Bioenergy(https://www.ieabioenergy.com/), 검색일: 2026. 6. 14.