

석유 정제업자의 친환경 원료 이용 기술 및 주요국 입법 동향 연구¹⁾

김 태 환 에너지경제연구원 연구위원
박 동 욱 에너지경제연구원 위촉연구원



1) 본고는 대한석유협회의 수탁과제 “석유정제업자의 친환경 원료 이용 기술 및 주요국 입법 동향 연구(2022)”의 연구 내용의 일부를 발췌·보완한 것임.

01 서론

TRENDS AND ANALYSIS

가. 연구의 배경 및 목적

세계적인 탄소중립 추진 속에서 모든 산업이 강화되고 있는 환경규제를 적용받고 있다. 정유산업은 친환경 원료 이용 기술에 주목하며 이러한 환경규제에 대응하고 있다. 최근 국내에서도 「석유 및 석유대체연료 사업법」 일부 개정안이 국회를 통과('24.1.9)하면서 친환경 연료 활성화를 위한 법적 토대가 구축되었다. 즉, 친환경 석유대체 연료 생산과 사용 확대 방안으로 '친환경 정제원료의 투입(Co-processing)'이 허용된 것이다.

이미 미국, 유럽과 같은 해외 주요국에서는 Co-processing 공정을 통한 석유제품 제조가 이루어지고 있고, 이를 통해 생산된 석유제품은 혼합의무화제도(Renewable Fuel Standard, RFS) 이행수단으로 인정받는 추세이다.

본 연구는 이러한 배경 하에 석유정제업자의 친환경 원료 이용의 최근 기술 동향 및 상업화 사례를 조사하고, 나아가 주요국의 Co-Processing 관련 법령

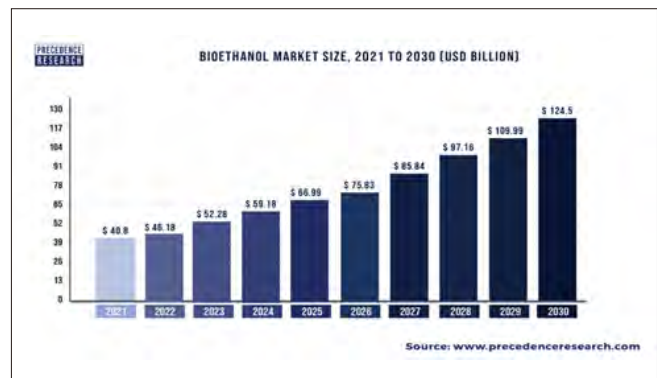
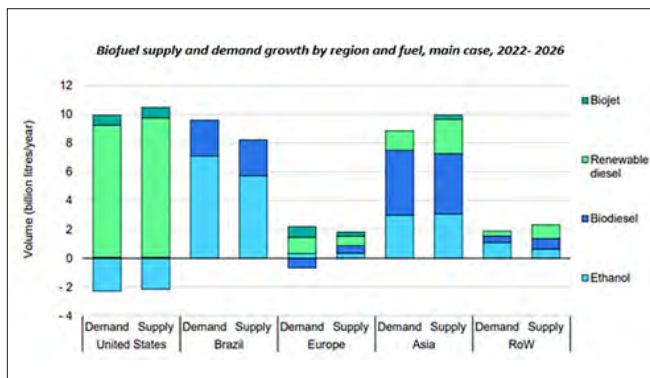
현황을 파악한 뒤, 이를 바탕으로 한 정책적 시사점과 제도 개선 방안 제언을 목적으로 한다.

나. 친환경 바이오연료 국제 동향

최근 글로벌 정유사들의 핵심 키워드 중 하나는 바이오연료이며, 특히 바이오에탄올, 지속가능한 항공유(SAF: Sustainable Aviation Fuel), 재생가능한 디젤(Renewable Diesel) 등에 많은 관심이 집중되고 있다.

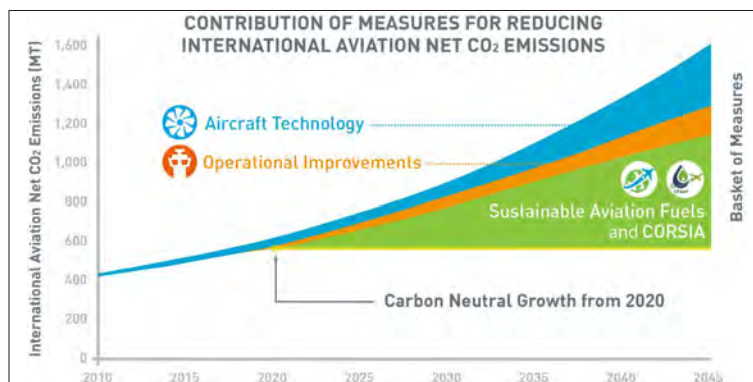
전 세계 바이오에탄올(또는 가솔린) 시장 규모를 살펴보면, 2021년에 408억 달러로 추산되고 2030년까지 약 1,245억 달러에 달할 것으로 예상되며, 2022~2030년 동안 연평균 13.2% 성장할 것으로 예상된다. 최근에는 2세대 바이오에탄올을 생산하는 데 활용되는 식물 폐기물부터의 바이오에탄올 합성이 광범위하게 연구되고 있다. 바이오에탄올 생산 연구를 추구하기 위해 11개 회원국의 21개 산업 및 과학 단체를 소집하여 NILE(New Improvements for Lignocellulosic Ethanol) 프로젝트를 진행 중이고, 이러한 R&D 이니

그림 1 혁신형 SMR을 활용한 Smart Net-Zero City(예시)



출처: IEA(2021), Precedence research(<https://www.precedenceresearch.com/bioethanol-market>)

그림 2 ICAO 온실가스 감축목표



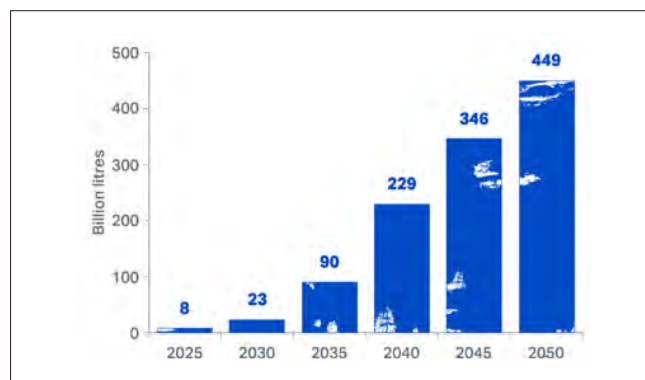
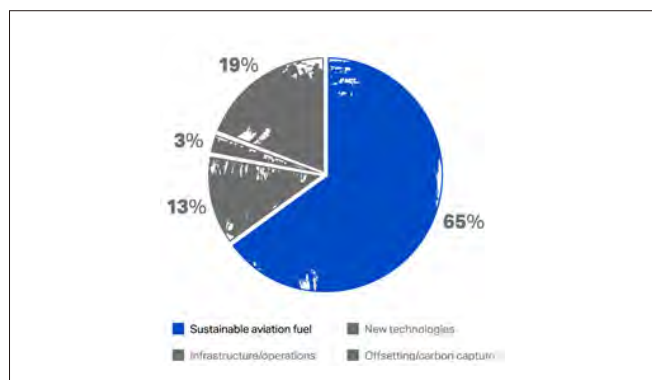
출처: ICAO(2022)

서티브는 시장 확장을 촉진할 것으로 예상된다. 북미의 경우, 2021년 세계 바이오에탄올 시장의 36%를 차지하고, 정부의 엄격한 환경 법규로 인해 휘발유를 대체하는 용도로 사용되고 있고, 기술 발전과 빠르게 확장되는 차량 부문은 향후 7년 동안 이 분야의 수요를 높이는데 크게 기여할 것으로 예상된다.

지속가능항공연료(SAF)의 시장성을 보기 위해 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)의 동향을 살펴보는 것이 필요하다. 국제민간항공기구는 제 37차 총회(2010년)에서 국

제항공부문의 온실가스 감축을 위해 2020년 이후부터는 탄소 배출량을 증가시키지 않는다는 온실가스 감축 목표(CNG2020, Carbon Neutral Growth from 2020)와 연비개선 매년 2% 달성이라는 목표를 선언하였다. 이후, ICAO의 제 39차 총회(2016년) 결의문 A39-3에 따라 ICAO 회원국의 항공사는 국제선 운항에 따른 온실가스 배출량에 대해 시장 기반 조치로서 항공사의 온실가스 감축노력 및 초과분에 대해 상쇄하는 제도를 시행하고 있고, 우리나라도 시범 및 자발적 이행 기간(2021년)부터 참여를 선언하였다.

그림 3 2050 넷제로 달성을 위한 감축수단별 기여도(좌), 2050 넷제로 달성을 위한 SAF 요구량(우)



출처: IATA(<https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>)

ICAO의 제41차 총회에서는 항공 운송 탈탄소화에 대한 새로운 장기 목표를 달성하기 위해 향후 수십 년 동안 친환경 혁신과 이행 모멘텀을 가속화해야 한다고 강조하였고, 회원국들은 새로운 CO₂ 배출량 목표를 달성하기 위해 실행 가능한 자금 및 투자 지원 확보의 중요성을 강조하였다. 이에 총회에서 국제항공 탄소 상쇄 및 감축제도(CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)에 대한 첫 번째 정기 검토가 있었고, 각 국은 2024년부터 2019년 CO₂ 배출량의 85%에 해당하는 새로운 기준선을 적용하는 것에 동의하고 2030년 이후 상쇄 요건을 계산하는 데 사용할 수정된 부문별 및 개별 성장 요인에 동의하였다.

국제항공운송협회(International Air Transport Association, IATA)는 항공업계의 탄소 배출 순 제로 목표는 지속가능한 항공연료(SAF), 혁신적인 새로운 추진 기술, 기타 효율성 개선(예: 항공 교통 내비게이션 개선 등)을 통해 배출원을 최대한 줄이는 데 초점을 맞추고 있고, 2050년까지 항공업계가 달성해야 할 배출량 감축 중 약 65%를 SAF가 기여할 것으로 전망하고 있다.

SAF에 관해서는 미국과 유럽이 가장 큰 시장으로, 특히나 유럽이 SAF에 대해 가장 적극적이다. 구체적으로 유럽은 The ReFuelEU Aviation sustainable air transport 이니셔티브를 제시하였고, 주요 내용은 항공유에 탄소세를 부과(항공유 면세 폐지, 향후 10년에 걸쳐 단계적 부과)하고, SAF 혼합 의무를 최소 2%에서 시작해서 2030년 5%, 2050년 63%의 SAF 의무 사용을 제시하였다. SAF 혼합 의무에서 스웨덴의 Preem, 핀란드의 Neste, 스페인의 Repsol 및 독일에 있는 BP의 Lingen 정제소와 같이 유럽 전역의 여러 회사에서 이미 공동처리를 수행하고 있으며 BP에서는 승인된 최대 혼합 한도 5%에서 최대 30%로 늘리기 위해 노력하고 있다.

미국의 연방항공청(Federal Aviation Administration, FAA)은 2050년까지 항공탄소 배출량을 50% 감축 목표를 설정하고 SAF의 개발과 사용을 촉진하기 위해 여러 이니셔티브를 시작하였다. 예를 들어, SAF 개발과 배치 가속화를 지원하기 위해 10년에 걸쳐 40억 달러의 연방 자금을 제공하고, 2030년까지 연간 30억 갤런의 SAF 생산 목표를 설정하였다. 그 외에도 관련법과 규정에서도 SAF 개발과 사용을 촉진하기 위해 노력하고 있다.



02 Co-processing 기술의 정의 및 필요성

TRENDS AND ANALYSIS

가. 기술의 용어 정의

1) 기술의 정의

가) Co-Processing의 개념

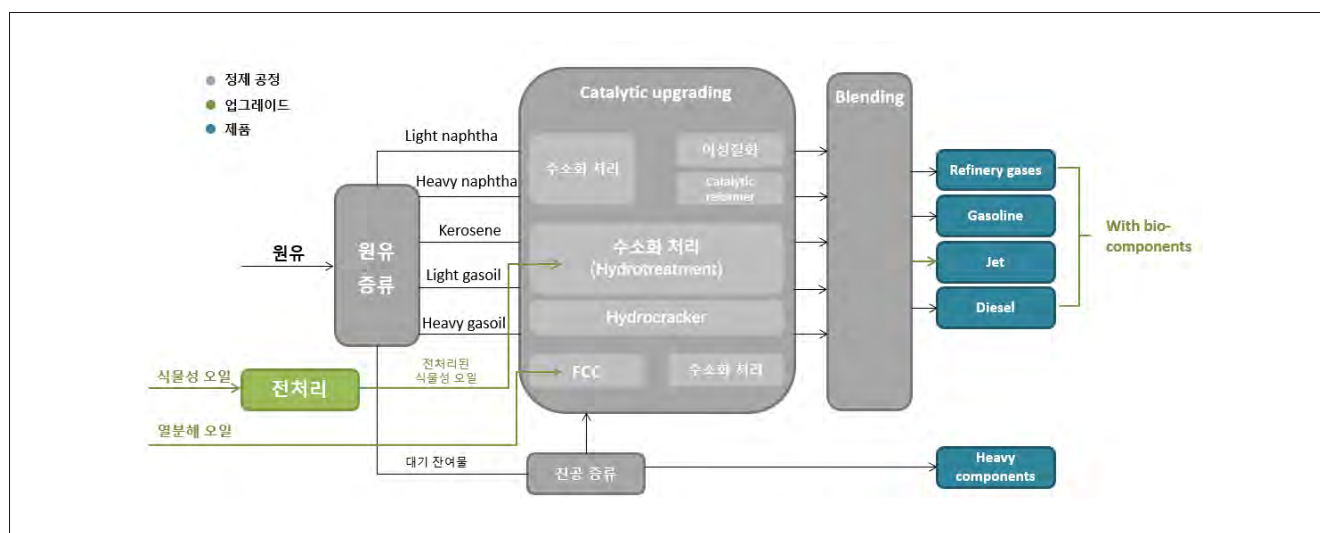
Co-Processing(이하 공동처리, 또는 공동공정)은 재가능한 탄화수소 연료(경유, 휘발유, 항공유 등) 또는 탄화수소 원료(나프타 등)를 생산하기 위해 기존 석유 정제 공정 장치에서 바이오 공급원료(예: 식물성 오일, 조류 기반 오일, 폐식용유 및 동물성 지방과 같은 트리글리세리드 등을 포함) 또는 도시고형폐기물(Municipal Solid Waste)과 중간 석유 증류물(예: 감압 경유 등의 유분)을 동시에 처리 및 변환하는 기술을 의미한다.

공동처리 기술에 의해 생산된 연료는 기존의 석유 연료와 호환되는데 ASTM D1655에 따르면, 수소화 처리

또는 수첨 분해 공정 단위 부피 기준 최대 5%의 바이오원료를 활용하여 항공연료로 전환할 수 있다. 또한 공동처리된 연료는 본질적으로 화석 및 바이오연료 함량을 모두 포함하고 있으므로 기존의 바이오에탄올 또는 FAME(Fatty Acid Methyl Ester) 바이오디젤과 동일한 바이오연료 혼합 제한이 적용되지 않기 때문에 소위 “드롭-인(Drop-in)” 바이오연료 시장 공급을 증가시킬 수 있다.

공동처리 기술은 기존의 정제, 운송 및 저장 인프라를 사용하여 많은 투자가 요구되지 않고, 경제적인 가격으로 저탄소 재생연료를 생산할 수 있으며 정유사에서 공동처리 기술을 거쳐 운송 연료에 대한 온실가스 배출량 감축 의무를 충족할 수 있다.

그림 4 공동처리 기술 경로 요약



나) 기술 관련 용어 정립

공동처리 기술을 활용하여 다양한 바이오연료를 생산할 수 있다. 공급원료, 기술 등에 따라서 대체 연료, 항공 연료, 도로 및 해운 연료, Co-Processing 연료로 구분할 수 있다.

2) 기술의 필요성

가) 공동처리 기술의 역할

공동처리는 기존 석유 정제 공장에서 바이오 유래 공급 원료와 중간 석유 증류물을 공동처리하여 최종

연료를 생산하는 기술이며, 기술의 성숙도는 TRL 8-9 이나 ASTM에 의해 인증된 SAF 생산기술에 혼합상한은 5%로 규정하고 있다. 하지만 공동처리 기술은 기존의 정제, 운송 및 저장 인프라를 사용하여 많은 투자가 필요하지 않기에 경쟁력 있는 가격으로 저탄소 재생 연료를 제공할 수 있으므로 최근 많은 주목을 받고 있다.

비록 ASTM에 의해 바이오 공급원료의 혼합 상한은 5%로 규정하였으나, 이렇게 생성된 연료에는 항공업계의 에너지 전환을 가속화하는데 도움이 되는 재생가능 성분이 포함되어 있다. 따라서, 석유 기반 연료만 사용

표1 기술 관련 용어

구분	분류	의미
대체 연료 일반	드롭인 바이오연료 (Drop-in biofuels)	석유 연료와 기능적으로 동일하고 기존 석유 정제 및 유통 인프라와 완벽하게 호환되는 액체 바이오 탄화수소임.
	전기 기반 연료 (Electricity-based Fuel, e-fuel)	그린 수소로부터 합성된 탄소중립연료를 의미함.
항공 연료	지속가능항공연료 (Sustainable Aviation Fuel, SAF)	폐식용유, 도시고형폐기물, 동·식물성 유지, 해조류 등 재생 및 폐기물 연료로 만들어진 항공 연료임.
	바이오항공유 (Bio-aviation Fuel)	바이오매스로부터 생산된 항공유를 통칭하며 식물성 또는 동물성 바이오매스뿐만 아니라 식용 바이오매스를 원료로 하여 생산할 수 있음.
도로 및 해운 연료	재생가능 디젤 (Renewable Diesel)	식물성 기름, 그리스 또는 동물성 지방에서 생산되고, 주로 농업 폐기물에서 파생함.
	바이오디젤 (Biodiesel Fuel, BD 또는 Fatty Acid Methyl Ester, FAME)	식물성 기름이나 동물성 기름 화학 처리를 통해 경유와 유사한 연료를 제조하여 석유 기반인 경유를 대체하거나 혼합해서 사용하는 연료임.
Co-Processing 연료	수첨바이오디젤 (Hydrotreated Biodiesel, HBD)	수첨(Hydrotreating)반응을 통해 산소를 제거한 탄화수소이므로 기존 산소를 다량 포함한 1세대 바이오디젤 대비 높은 세탄가를 가지고 있어 경유로서의 품질이 우수할 뿐만 아니라 이산화탄소 배출량도 상대적으로 낮고 방향족과 황 성분이 거의 없으며 저장 안정성이 우수한 연료임.
	수첨식물성오일 (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO)	폐식용유, 팜 부산물 등과 같이 식물성 원료에 수첨 반응을 거쳐 생산되는 차세대 바이오오일임.
	HEFA (Hydroprocessing of Esters and Fatty Acids)	식물성 기름, 폐유, 동물성 지방에서 추출한 에스테르 및 지방산을 원료로 하여 수소화 처리를 통해 산소 및 기타 원치 않은 분자를 제거한 '드롭인' 바이오연료이고, 기능적으로 석유 연료와 동등한 탄화수소 재생연료이며 화석연료 대비 높은 배출량 절감 잠재력을 가지고 있는 동시에 환경적으로 지속가능함.

할 때 보다 온실가스 순 배출량이 낮으므로 단기간 동안 많은 투자 없이 기존의 정제소에서 공동처리 기술로 원활하게 SAF를 공급할 수 있을 것으로 예상된다.

HBD(Hydrotreated Biodiesel)는 식물성 오일, 동물성 지방, 폐식용유, grease 등의 다양한 원료로부터 생산이 가능하며, 일반 디젤유와의 혼합에 의해서도 제조가 가능한 바이오디젤이다. 다만, HBD는 저온 유동성이 나빠기에 경유 제품에 있어서 특히 동절기에 가장 큰 문제점으로 작용하나, FAME과는 달리 산소를 전혀 포함하지 않는 일반 탄화수소이므로, 1세대 바이오디젤의 열악한 저온특성 등의 문제가 발생하지 않아 디젤과의 혼합이 어떠한 조성에서도 가능하다.

식물성 오일 및 동물성 지방을 기반으로 한 공동처리 기술은 재생가능한 디젤, 재생가능한 항공유, 바이오프로판 및 재생가능한 나프타(Naphtha)를 생산할

수 있다. 재생가능한 나프타는 추가적으로 가솔린 및 프로판 등의 비화석연료 및 원료로 전환하여 사용이 가능하다.

휘발유, 디젤, 항공연료와 같은 석유 연료는 탄화수소(수소와 탄소 분자)의 복잡한 혼합물을 포함하기 때문에 기존 정제소의 공동처리 기술을 통해서도 생산될 수 있다. 공동처리 기술로 얻은 바이오항공유, 바이오디젤과 휘발유 등은 기존의 석유 의존도를 감소시켜 환경 발자국을 줄일 수 있으며 탄소중립에 기여할 수 있다.

ASTM 인증된 SAF 생산 공동처리 기술은 기존 항공유와의 혼합에 따른 공급 시스템 품질인증 포인트에서 ASTM D7566(바이오항공유 인증)과 ASTM D1655(혼합 이후 인증)에서 제시된 SAF 단독과 혼합 항공유의 품질인증 검사가 필요하다.



표 2 ASTM 인증된 SAF 생산기술

ASTM reference	제조방법	인증 년도	원료	혼합 상한	비고
ASTM D7566 Annex A1	FT-SPK (Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene)	2009	석탄, 천연가스, 바이오매스	50%	수첨탈황공정, 수소화분해, 수소화이성질화 등
ASTM D7566 Annex A2	HEFA-SPK (synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids)	2011	식물성오일, 동물성지방, 폐기름	50%	수소화분해, 수소화이성질화 등
ASTM D7566 Annex A3	HFS-SIP (synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars)	2014	당분 생성용 바이오매스	10%	증류를 통한 이소파라핀 분리
ASTM D7566 Annex A4	FT-SKA (synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources)	2015	석탄, 천연가스, 바이오매스	50%	수소화처리, 증류 등
ASTM D7566 Annex A5	ATJ-SPK (Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene [isobutanol])	2016	바이오매스로부터 얻은 에탄올, 이소부탄올	50%	C2-C5의 추가 상용 목표
ASTM D7566 Annex A6	CHJ (Catalytic hydrothermolysis jet fuel)	2020	트리글리세리드	50%	수첨탈황공정, 수소화분해, 수소화이성질 화 등
ASTM D7566 Annex A7	HC-HEFA-SPK (Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon- hydroprocessed esters and fatty acids)	2020	해조류	10%	수첨탈황공정, 수소화분해, 수소화이성질화 등
ASTM D1655 Annex A1	Co-Processed HEFA (co-hydroprocessing of esters and fatty acids in a conventional petroleum refinery)	2018	FOG(지방, 오일, 그리스)와 석유의 공동처리	5%	정유 공정 중 혼합 사용
ASTM D1655 Annex A2	Co-Processed FT (co-hydroprocessing of Fischer-Tropsch hydrocarbons in a conventional petroleum refinery)	2020	Fischer-Tropsch 탄수화물과 석유의 공동처리	5%	정유 공정 중 혼합 사용

출처: 김태환 외(2023), pp. 10-11 표 재인용

나. 해외 사업화 사례

유럽과 미국은 공동처리를 통해 이미 다양한 바이오 연료를 생산하고 있다. 특히, 유럽의 많은 회사들이 여러 지역에 공동처리 시설을 계획하거나 운영 중에 있다.

1) EU

가) 스웨덴 Preem

Honeywell과 Preem은 재생가능한 연료를 생산하기 위해 상업적 공동처리 시험을 수행하고 있다. UOP의 독점적인 바이오 액체 공급 시스템과 Optimix™ GF Feed Distributor를 활용하여 열분해 오일을 Preem의 Lysekil 정유 공장의 FCC에서 성공적으로 공동처리하여 부분 재생 수송 연료를 생산하였다. 바이오매스 기

반 열분해 오일의 공동처리는 다운스트림 바이오연료 혼합과 비교하여 정제소에서 운송 연료의 탄소 집약도를 크게 줄이는 방법이고, FCC에서 공동처리 된 열분해 오일은 고급 바이오연료에 RED 바이오연료 의무 사항을 충족하는 경제적으로 매력적인 방법이라고 밝혔다. Preem AB는 연간 1,800만 입방미터 이상의 정제 능력을 갖춘 스웨덴 최대 규모의 연료 회사로 휘발유, 디젤, 난방유 및 재생가능 연료를 정제하여 스웨덴 및 전 세계 기업과 소비자에게 판매하고 있다. Preem은 2030년까지 약 500만 입방미터의 재생연료를 생산할 것이며, 이후 세계 최초의 기후 중립 바이오연료를 생산하는 정제 회사가 되는 것을 목표로 하고 있다.

표 3 EU의 HVO/HEFA 생산현황

운영회사	지역	유형	기술현황	생산 능력(톤/년)
PREEM	Gothenburg(스웨덴)	독립(stand-alone)	운영 중	100,000
STI	Gothenburg(스웨덴)	독립	계획 중	100,000
Sunpine	Pitea(스웨덴)	독립	운영 중	100,000
UPM	Lappeenranta(핀란드)	독립	운영 중	100,000
UPM	Kotka(핀란드)	독립	계획 중	500,000
Neste	Porvoo(핀란드)	독립	운영 중	580,000
Neste	Rotterdam(네덜란드)	독립	운영 중	1,000,000
Galp	Sines(포르투갈)	독립	운영 중	72,000
BP	Castellon(스페인)	개조(Retrofit)	운영 중	80,000
Repsol	various(스페인)	개조	운영 중	200,000
Cepsa	La Rabida(스페인)	개조	운영 중	43,000
Cepsa	San Roque(스페인)	개조	운영 중	43,000
ENI	Venice(이탈리아)	개조	운영 중	300,000
ENI	Gela(이탈리아)	개조	계획 중	600,000
Total	La Mede(프랑스)	개조	운영 중	500,000



나) 덴마크 Haldor Topsoe

Haldor Topsoe는 스웨덴 예테보리에 위치한 프레임 정유공장의 재생 수소 처리기 설비를 개선하여 Topsoe의 HydroFlex 기술을 활용하여 재생 원료의 85%를 공동처리 할 수 있으며, 하루 6,600배럴(bpd)의 처리 능력을 갖추게 되었다.

다) 핀란드 Neste

Neste는 핀란드 Porvoo에 있는 정유 공장을 비원유 정유로 전환하고 세계 최초의 재생가능 및 순환 솔루션 사이트로 전환하는 연구를 시작하였다.

기존의 정유 공장을 통해 화석 기반 원료가 부분적으로 재생가능한 원료로 대체할 수 있는 바이오연료를 생산하고, 설비의 공동처리 및 개조, 가용 정제 자산, 경

험 및 노하우의 활용을 통해 장기적으로 Porvoo에서 재생에너지 및 순환 생산량을 늘리는 것을 목표로 하고 있다.

현재 연구 중인 전환은 재생 원료와 순환 원료의 공동처리로 시작되며, 이후에는 기존 설비의 개조를 통해 장기적으로 연간 200만 톤에서 400만 톤의 생산 능력을 확보할 예정이다. Neste는 2050년까지 탄소 배출 제로를 목표로 2030년까지 톤 마일당 CO₂ 배출량을 50% 줄일 계획이다.

라) 이탈리아 ENI

ENI는 2021년 10월부터 타란토(Taranto) 정제소에서 0.5%의 폐식용유(UCO)를 함유한 최초의 공동연료 제품을 생산하고 있으며, JET A1+ENI SAF(공동처리를

통해 만든 바이오 성분 0.5%를 함유한 연료)를 판매하고 있다.

2022년 12월 ENI는 유글레나, 페트로나스와 함께 동남아시아 최대 석유화학 지역 중 하나인 페네랑 복합단지(Pengerang Integrated Complex.PCI)에 바이오 정제소를 개발 및 운영하기 위해 조사를 시작하였다.

연구가 성공적으로 완료되면 이 정제소에서는 연간 약 65만 톤을 처리하고 하루에 최대 12,500배럴의 바이오연료(SAF, HVO, 바이오 나프타)를 생산할 수 있는 능력을 갖출 것으로 예상된다.

ENI에서는 최근 베니스와 젤라의 전통적인 정유 공장을 재구성하여 바이오 공급원료(식물성 오일, 동물성 지방 및 폐식용유)를 가공할 수 있도록 전환하고 폐기물 및 잔여 공급원료를 더 많이 활용하고 있다.

ENI는 2025년까지 300만 톤/년 이상의 바이오 정제 생산 능력을 달성하고 2030년까지 500만 톤/년 이상의 바이오 정제 생산 능력을 달성할 것으로 예상된다.

표 4 ENI 2050년까지 바이오 정제 규모

2022년	2025년	2030년	2050년
110만 톤/년	>300만 톤/년	>500만 톤/년	>600만 톤/년

출처: 김태환 외(2023), p. 45 표 재인용

2) 영국 및 미국

가) 영국 BP

BP는 기존 정제 공장에서 공동처리를 거쳐 SAF를 생산하면 저탄소 산업으로 전환할 수 있고, SAF 생산을 위해 보다 효율적인 독립형 전용 유닛을 구축하는데 도움이 될 것으로 보고 있다. 독일에 있는 BP의 Lingen 정제소는 이미 공동처리를 거쳐 SAF를 생산하고 있고, 독

립형 장치(현재 광범위하게 응용되지 않음)에서 생산되는 SAF는 합성 탄화수소를 포함하는 항공 터빈 연료의 표준 사양인 ASTM D7566을 충족할 수 있다. 이후, 기존 항공연료와 최대 50%까지 혼합하여 ASTM D1655 인증을 다시 받았다.

Air BP에서 공급하는 ISCC EU SAF는 Castellon 정제소에서 화석연료와 폐기물을 함께 공동처리하여 지속가능한 연료를 만들고 있다. Air BP의 이사인 Andreea Moyes는 기존 정제소 내에서 화석연료를 재생가능한 공급원료로 대체하는 핵심 단계인 공동처리는 SAF 생산을 확장하는데 가장 경제적이고 효율적이며, 2050년까지 'Net Zero' 목표 달성에 필요하다고 주장하였다.

현재 공동처리는 항공연료 사양 내에서 최대 5%까지 허용되고, BP에서는 이를 최대 30%까지 늘리기 위한 업계 테스크포스(Taskforce)를 출범할 예정이고, 성공한다면 이는 전체 산업에 큰 도움이 될 것으로 보인다. 단기적으로 BP는 기존 정제소에 인접한 3곳과 2곳의 바이오 정제소 전환을 포함하여 5개의 바이오연료 프로젝트에 투자할 것으로 예상된다.

나) 미국 Chevron

Chevron은 남부 캘리포니아의 EL Segundo 정제소는 미국 최초의 정제소이자 세계에서 몇 안 되는 정제소 중 하나로 재생가능한 공급원료를 공동처리하여 재생가능한 성분과 낮은 탄소 집약도를 가진 항공원료 및 디젤연료를 생산하고 있다.

2021년 3분기에 이 정제소는 하루 약 2,000배럴의 바이오 공급원료를 공동처리를 시작했고, 재생 디젤과 지속가능한 항공연료를 생산하고 있다.

03 해외 주요국의 Co-processing 관련 법령현황

TRENDS AND ANALYSIS

본 장은 미국, EU, 일본을 중심으로 이들 국가의 석유산업 관련 법령 및 규제 체계를 살펴보고, 이들 국가가 Co-processing을 어떻게 규정하고 있는지, 나아가 석유정제업자의 Co-processing을 허용하고 있는지 여부를 살펴보고자 한다. 또한, 국내 정책적 시사점 도출을 위해 Co-processing을 통해 생산된 석유제품의 RFS 인증여부를 조사하였다.

나, 국내법과 같이 원료를 제한하지는 않으므로, Co-processing을 통한 석유제품 제조가 위법하지 않다. 또한 해당 석유제품을 RFS의 이행수단으로 인정하고 있다. 구체적으로, 미국은 석유산업을 국내법과 같은 형식은 아니지만 대체로 환경보호와 관련하여 연방법, 주법 등에 의해 규제가 이루어지고 있다. 관련 법령은 아래에 제시되어 있다.

1) 미국

미국은 석유제품 제조를 주로 환경보호의 관점에서 규제하고 있으며, 품질기준 등을 정하고는 있

표 5 미국 석유산업의 규제 법령 개관

미국 법률 및 규정	주요 내용
Mineral Leasing Act of 1920	석유를 포함한 여러 종류의 광물 개발을 위한 공공 토지의 임대를 관리
Clean Air Act	산업이 대기 중 오염물질을 제한하도록 요구하며, 특히 석유 정제 과정에서 발생하는 오염물질에 대한 규제가 있음
Clean Water Act	미국의 각종 수면에 대한 오염물질 배출을 규제하며, 석유 시설은 폐수 배출에 대한 허가를 받아야 함
Resource Conservation and Recovery Act	유해 및 비유해 고형 폐기물의 관리를 감독하며, 석유 생산에서 발생하는 특정 폐기물을 규제하고 있음
Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act	유해 물질로 오염된 사이트의 정화를 관리하며, 누출로 인한 책임이 이 법에 따라 발생할 수 있음
Endangered Species Act	어떤 석유 활동이 멸종 위기에 처하거나 위협받는 종이나 그들의 서식지에 영향을 줄 수 있으면 이 법에 따라야 함
National Environmental Policy Act	연방 기관이 제안된 행동의 환경 영향을 평가하도록 요구하며, 석유 생산이나 정제에 관련된 많은 행동이 NEPA 검토를 받을 수 있음
Oil Pollution Act, 1990	석유 유출로 인한 해양 오염을 방지하고 처리하기 위한 규제

석유제품 품질 등에 관해서는 <표 6>의 법령이 적용된다. 법제도상 Co-processing의 개념을 살펴보면, 연료와 연료 첨가제에 대한 규정인 40CFR Part80 중 Subpart M(Renewable Fuel Standards, RFS) §80.1401은 재생 식별번호(RIN), 고급 바이오연료, 바이오크루드, 바이오경유, 바이오가스, 바이오매스 기반 경유, 가솔린 등에 대해 광범위하게 정의하고 있다.

동 조항에 따르면 Co-processing은 재생가능한 바이오매스(renewable biomass) 또는 바이오중간제품(biointermediate)이 동일한 유닛(들)에서 화석연료나 기타 재생가능하지 않은 원료와 동시에 공정되어 부분적으로 재생가능한 바이오매스 또는 바이오중간제품에서 유래하는 연료를 생산하는 것으로 정의된다.

“Co-processed/Co-processing”이라는 용어는 재생연료의 양을 표시하기 위한 고유 번호인 재생가능 식별번호(RIN)의 생성, 할당에 관한 40CFR §80.1426 (f) (1) 표1(RIN 생성용 각 연료 경로별 D 코드)에서 다음과 같이 표시된다.

미국의 석유정제업 관련 법령은 국내법과 같이 석유 사업에 대한 것은 아니지만 주로 환경 관련 법제에서 석유정제업을 정의하고 있다. 미국의 환경규제상 석유 정제시설은 석유를 증류하거나 미완성 석유 파생물의 재증류, 분해 등을 통해 휘발유, 휘발유 혼합 원료, 나프타, 등유, 증류 연료유, 잔류 연료유, 윤활유 또는 아스팔트를 생산하는 시설로 정의된다(40CFR §98.250). 또한 청정대기법(the Clean Air Act, CAA)에서도 유사한 취지의 정의규정을 두고 있다(40CFR §60.101a).

미국은 기본적으로 “석유”를 정제하는 것을 원칙으로 하면서 “미완성 석유 파생물(unfinished petroleum derivatives)”을 활용하는 것도 석유정제에 해당하는 것으로 보고 있다. 더불어 “Definitions for Petroleum Refinery ICR”²⁾에 따르면 석유제품의 개념정의에서 “원유 등을 기반으로 하는 정제시설에서 가공하여 생산되는 모든 정제 및 반정제 제품을 포함한다”고 하면서 “Co-processing을 통한 석유제품”을 포함하는 것으로 정의한다.

표 6 미국 석유제품 품질 관련 법령

법률	내용	예시
Clean Air Act	석유제품의 황 함량, 질소 산화물, 휘발성 유기 화합물 등에 대한 제한을 설정하여 제품의 환경 영향을 줄이기 위한 기준을 설정	자동차 연료의 황 함량 등에 대한 제한을 설정
Renewable Fuel Standard	Clean Air Act를 근거로 설정된 이 기준은 석유 기반 연료를 생산하는 회사들이 일정 비율의 재생 가능 연료를 사용하도록 의무화함	석유 기반 연료 생산 회사들이 생산하는 연료의 일부를 바이오디젤이나 에탄올 등의 재생 가능 연료로 대체해야 함
주 및 지방 단위의 규제	각 주나 지방 단위에서도 석유제품의 품질에 대한 추가적인 규제를 설정할 수 있으며, 이는 연료의 환경 성능, 에너지 효율 등을 향상시키기 위한 취지임	캘리포니아 주는 석유기반 연료의 카본 강도를 줄이기 위한 규제를 설정하였음

출처: 김태환 외(2023), p. 64 표 재인용

2) CAA§144에 따라 EPA가 시행한 석유정제업에 대한 업계 전반의 정보수집요청(Information Collection Request, ICR)



표 7 40CFR §80.1426 (f)(1)의 Co-processed/Co-processing 용어

	연료종류	공급원료	생산 공정 요건
F	바이오디젤, 재생 경유, 제트연료 및 난방유	콩기름; 일년생 지피작물에서 추출한 기름; 광합성으로 자란 조류에서 추출한 오일; 생 물학적 폐유/지방/그리스; 카멜리나 사티바 오일; 증류기 옥수수 기름; 증류기 수수 오 일; 혼합 증류기 옥수수 기름과 수수 기름	다음 중 하나 : 에스테르화 전처리를 한 또는 하지 않 은 에스테르교환, 에스테르화 또는 수소처리; 재생 바 이오매스와 석유를 co-process한 공정을 제외함
G	바이오디젤, 재생 경유, 제트연료 및 난방유	카놀라유/유채씨유	다음 중 하나 : 공정 에너지를 위해 천연가스 또는 바이 오매스를 사용하는 에스테르교환 또는 수소처리; 재생 바이오매스와 석유를 co-process한 공정을 제외함
H	바이오디젤, 재생 경유, 제트연료 및 난방유	콩기름, 일년생 지피작물에서 추출한 기름; 광합성으로 자란 조류의 기름; 생물성 폐기 름/지방; 카멜리나 사티바 기름; 증류 옥수 수 기름; 증류 수수기름; 혼합된 증류 옥수 수 기름과 수수기름; 유채/라피시드 기름	에스테르화 전처리를 한 또는 하지 않은 에스테르교 환, 에스테르화 또는 수소처리; 재생 바이오매스와 석 유를 co-process한 공정만을 포함함
M	재생 가솔린 및 재생 가솔린 혼합 원료; Co-processed 셀룰로오스계 경유, 제트연료와 난방유	작물 찌꺼기, 상업화 전 잔가지, 나무 찌꺼 기, 도시폐기물의 생물성 성분; 분리수거된 음식물 쓰레기의 셀룰로오스 성분; 일년생 보호작물의 셀룰로오스 성분	촉매 열분해 및 업그레이드, 가스화 및 업그레이드, 열촉매 수소탈산소화 및 업그레이드, 직접 생물학 적 전환, 천연 가스, 바이오가스 및/또는 바이오매 스를 유일한 공정 에너지원으로 활용하는 생물학 적 전환 및 업그레이드(사용된 프로세스가 셀룰로오 스 바이오매스를 연료로 전환하는 경우 제공) 셀룰 로오스 바이오매스를 연료로 전환시키는 유일한 공 정 에너지원으로 바이오가스 및/또는 바이오매스를 활용하는 모든 공정

표 8 EU의 석유제품 및 석유산업 규제 관련 법령

분야	법률번호	주요내용
석유유통	2009/73/EC 2009/72/EC	유럽 내 가스 및 전기 시장 통합, 에너지 공급업체간 경쟁 촉진, 고객의 에너지 공급 업체 선택 확대
석유제품	98/70/EC	가솔린과 디젤 연료의 황 함량 제한, 대기오염 물질 배출 감소 목표 설정
석유제품	2009/28/EC	에너지 공급의 20%를 재생에너지원으로 충당하는 목표 설정, 석유기반 연료의 일부를 바이오연료로 대체하는 것을 명시
석유사업	2013/30/EU	EU 해상에서의 석유 및 천연가스 활동에 대한 안전 기준 설정, 위험관리 전략 수립 요구
석유산업	2011/92/EU	큰 규모의 석유 및 가스 개발 프로젝트에 대한 환경영향평가 요구

출처: 김태환 외(2023), p. 79 표 재인용

2) EU

EU도 역시 미국과 마찬가지로 주로 환경규제와 같은 법령으로 석유제품 및 석유산업을 규제하고 있다. 관련된 주요 법령은 <표 8>과 같다.

석유정제에 관한 EU 자료에 따르면³⁾ 석유정제는 원유(crude oil)를 구성요소로 분해하여, 자동차, 선박, 항공기 엔진용 연료, 윤활유와 같은 새로운 제품으로 선택적으로 개질하여 완제품을 공정하는 것으로 정의하고, 정제 부산물 또한 석유화학 공정에서 플라스틱, 발포제와 같은 물질을 만드는데 사용될 수 있다. EU는 2013년 EU 석유정제 회의(EU refining roundtable)에 이어 EU 석유정제 포럼(EU Refining Forum)을 구성하여 석유정제업과 EU의 안정적인 석유공급에 영향을 미칠 수 있는 예정된 규제 관련 제안을 검토하였다.⁴⁾ 집행위원회는 석유정제 적합성 확인(Fitness Check)⁵⁾을

통하여 EU 석유정제 분야가 환경, 기후행동, 과세, 에너지 분야와 관련된 다수의 EU 입법에 의해 어떠한 영향을 받는지 평가하였다.⁶⁾ 결론적으로 EU는 석유정제의 개념과 관련하여 그 원료에 대한 특별한 제한을 두고 있지 않다.

Directive 2009/28/EC에서 재생 연료 표준을 설정하고 있는데 동 지침은 에너지 소비에 대한 재생 에너지의 비율을 증가시키는데 목표를 두고 있고, 주요한 내용은 <표 9>와 같다.

Co-processing을 통한 바이오연료(Co-processed biofuels)가 재생에너지 지침 2009/28/EC에서 정하는 목표에 산입될 수 있으므로, EU 회원국은 자국 내의 Co-processing을 통한 바이오연료의 양을 재생에너지 목표에 산입할 수 있다.⁷⁾

2023년 6월 EU위원회는 “Renewable energy - method

3) https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/oil-refining_en

4) https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/oil-refining/eu-refining-forum-meetings_en

5) 집행위원회가 더 나은 규제정책의 일환으로 2012년 규제의 적합성과 성과(Regulatory Fitness and Performance (REFIT)) 프로그램을 도입하여 조치 중 하나로 EU의 조치가 목적과 기대효과에 비추어 적절한지 증거에 기반한 비판적 분석을 제공하는 적합성 확인을 실행함.

6) https://commission.europa.eu/law/law-making-process/evaluating-and-improving-existing-laws/refit-making-eu-law-simpler-less-costly-and-future-proof_en

7) <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/24/12753>

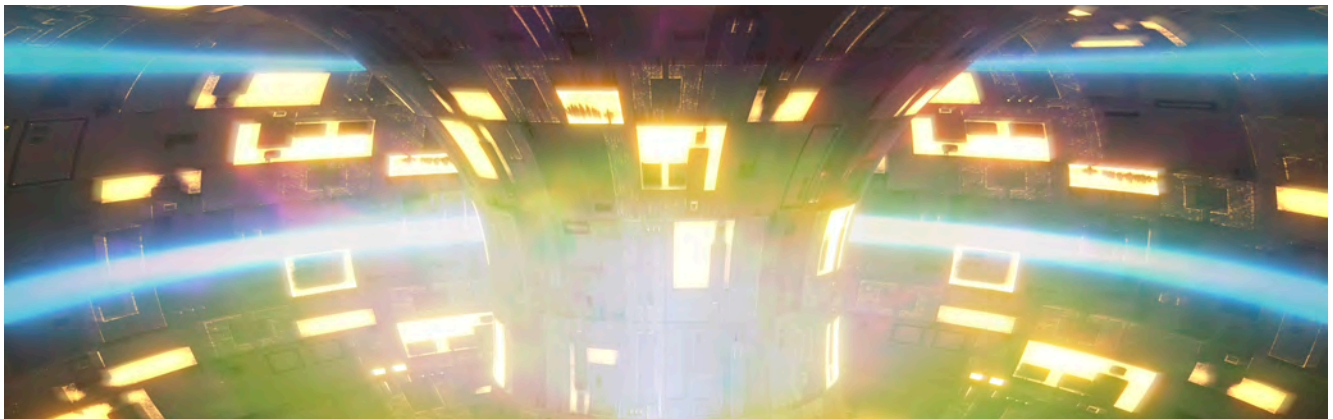
for calculating the share of renewables in the case of Co-processing”(재생에너지 - 공동공정의 경우 재생에너지 비율 산정방식)이라는 규정을 채택하였다.⁸⁾ 동 규정은 재생에너지 지침 2018/20/EU 제28조 제5호에 근거하여 공동공정에서 화석연료와 함께 공정되는 바이오매스 원료에서 생산된 수송용 바이오연료와 바이오가스함량 결정 방법을 정하기 위한 법률이다.⁹⁾ 동 규정안의 서문에서 Co-processing을 다음과 같이 설명하고 있다.

Co-processing은 바이오매스 원료를 화석원료와 함께 공정하여 최종 연료로 변환하는 정유유닛(unit)을 의미함. 바이오매스 원료는 예를 들어 식물성 오일, 톨유나 열분해 오일과 같은 지질 기반 물질일 수 있고, 화석 원료는 일반적으로 원유에서 유래함. 이러한 원료의 혼합으로 생산되는 최종 연료는 통상 디젤 연료, 휘발유, 프로판 가스, 액화 석유가스 구성성분이 있음. 결정적으로 공동 공정된(Co-processed) 연료는 바이오연료, 바이오가스를 함유하고 있음.

표 9 2009/28/EC(Renewable Energy Directive, RED)의 주요 내용 ①

구분	내용
지속 가능한생산	생물 연료 및 액체 바이오매스 제품의 지속 가능한 생산을 위한 기준을 설정. 기후 변화에 대한 영향, 생물 다양성, 땅의 사용 등을 고려함
생물 연료의 사용	생물 연료는 그들이 대체하는 비재생 연료에 비해 기후 변화에 미치는 영향을 최소 35% 감소시켜야 함.
폐기물 및 잔여물의 사용	폐기물 및 잔여물로부터 제조된 생물 연료는 추가적인 요구사항 없이 재생 가능한 에너지 목표에 2배로 계산됨
“Co-processing” 규제	지속 가능성 기준을 충족하는 연료가 “Co-processing”을 통해 생성되면, 재생 가능한 에너지 목표에 기여할 수 있으나, “Co-processing”에 대한 명확한 규정은 없음

출처: 김태환 외(2023), p. 84 표 재인용



8) 동 법안의 초안에 대해 2022년 6월22일부터 동년 7월20일까지 회원국의 의견을 수렴하였으며, 2023년 6월 5일 EU 위원회에서 최종적으로 ‘채택’하였음. 최종적으로 법안이 통과된 것은 아니며, 이후 유럽집행위원회가 제출한 입법적 행위(안)에 대해서 유럽의회와 이사회가 공동으로 채택하여야 종국적으로 법안이 통과됨.

9) https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12711-Renewable-energy-method-for-calculating-the-share-of-renewables-in-the-case-of-Co-processing_en

3) 일본

일본은 국내 「석유사업법」과 유사하게 “석유정제업 등의 사업활동을 조정하고 석유를 안정적으로 공급”하기 위해 「石油業法」을 두고 있었으나 2001년 폐기되었다.¹⁰⁾ 폐기된 법률은 ‘석유정제업’을 “특정설비를 이용하여 석유제품의 제조를 행하는 사업”으로 정의하고 있었는데,¹¹⁾ 국내법과 같이 그 원료를 정의에 포함하고 있지 않았다. 석유제품 제조의 원료를 제한한 것은 아니지만, 특정설비의 요건을 하위법령(시행령)에 규정함으로써 시설규제 형식을 취하고 있었다. 현재도 「石油の備蓄の確保等に関する法律(석유의 비축 및 확보 등에 관한 법률)」에서 위와 동일한 정의를 두고 있고,¹²⁾ 「揮発油等の品質の確保等に関する法律(석유제품 품질에 관한 법률)」에서는 석유정제업 등을 직접 정의하지 않지만, ‘가공’을 “정제 이외의 방법으로 석유제품의 품질을 조정하는 것”으로 정의하고 있다(동법 제2조 제5호). 즉, 두 법률에서 원료 등을 제한한 바는 없다.

일본은 국내법과 같은 방식으로 일반적 재생에너지 혼합 의무를 법적으로 강제하고 있지 않다. 그러나 특정 에너지사업자¹³⁾에 대해 바이오에탄올 이용목표 등의 계획을 작성·제출하도록 하고, 매년 그 계획에 따라

바이오에탄올 이용 목표를 달성하도록 의무를 부과하는 법제도를 시행하고 있다.

일본의 「에너지 공급구조 고도화법(エネルギー供給構造高度化法¹⁴⁾」은 에너지공급사업자의 비화석에너지원 이용 등을 촉진함으로써 에너지의 안정적이고 적절한 공급을 확보하는 것을 목적으로 하는 법률이다.

이 법령을 전제로 경제산업부대신은 바이오에탄올 이용목표 등에 관한 ‘판단기준(고시)’을 제정한다.¹⁵⁾ 경제산업부대신이 이와 같은 ‘판단기준’ 고시를 수립·시행하면, 특정 정유사는 이에 따라 계획서를 작성하고 제출한다.

경제산업부대신은 판단기준에 비추어 볼 때, 대처가 미흡한 경우 조치를 명령할 수 있으며, 이에 따르지 않은 경우 벌칙이 부과된다. 현재 동 고시는 제2차까지 공고되었으며, 제3차 고시안에 대해서는 이해관계자 등의 의견을 수렴한 바 있다.¹⁶⁾

제1차 및 제2차 공고된 고시의 내용을 비교하면 <표 10>과 같다.

차기 판단기준안(3차 공고)의 내용은 2050년 탄소중립 실현을 위해 식용유 유래 에탄올의 이용 목표량을 원유확산 기준 50만kL/년으로 유지하며, 차세대 에탄

10) 당시 법령에 따라 때 석유정제업을 영위하기 위해서는 허가를 받아야 했으며, 설비시설 및 증설에 있어서도 정부의 인가를 받아야 했음. 국제석유시장의 발달과 경쟁이 격화되는 상황에서 정부의 수급조정은 실효에 맞지 않는다는 비판에 따라 폐지됨으로써 석유정제업으로의 진출은 규제가 완화되어 신고 후 자유롭게 석유제품의 생산이 가능함. 다만 석유제품의 품질을 규제하는 법령은 존재함.

11) “この法律で「石油精製業」とは、特定設備を用いて石油製品の製造（石油製品以外の物品の製造工程における技術的理由による石油製品の副生を除く。）を行なう事業をいう”

12) 「石油の備蓄の確保等に関する法律」第二条 5. この法律において「石油精製業」とは、特定設備を用いて指定石油製品の製造（指定石油製品以外の物品の製造工程における技術的理由による指定石油製品の副生を除く。）を行う事業をいい、「石油精製業者」とは、石油精製業を行う者をいう。

13) 전년도 휘발유 제조 및 공급량이 60만kL/년 이상.

14) 정식 법률명은 “エネルギー供給事業者によるエネルギー源の環境適合利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律(에너지공급사업자의 에너지원의 환경친화적 이용 및 화석에너지 원료의 효율적 이용 촉진에 관한 법률에 관한 법률)”임.

15) 고시의 명칭은 「エネルギー供給構造高度化法の判断基準」임.

16) 기존 개정안에 대한 의견수렴 과정 및 주요 제시의견에 대한 검토는 “エネルギー供給構造高度化法に基づく次期判断基準の方針案に対する意見公募手続の結果について(에너지 공급구조 고도화법에 따른 차기 판단기준 정책안에 대한 의견공모 검토 결과)”참고, <https://public-comment-e-gov.go.jp/servlet/Public?CLASSNAME=PCM1040&id=620222032&Mode=1>

표 10 일본 「에너지 공급구조 고도화법」에 따른 판단기준 고시의 1차 및 2차 공고 내용 비교

구분	1차 공고	2차 공고
이용 목표	- 바이오에탄올을 원유환산 50만kL/년 사용 - 설비투자에 필요한 기간을 고려하여 단계적으로 인상	목표 유지(50만kL/년)
배출량	휘발유 대비 온실가스 배출량 50% 감소	온실가스 배출량을 휘발유 대비 50%에서 45%로 낮춤
조달처	국내산, 브라질산	국내산, 브라질산, 미국산
차세대 바이오 등	이용량 2배로 계산	- 차세대 바이오에탄올 이용 목표 규정(2023년 이후 1만kL/년) - 목표 달성을 위한 수단으로 바이오 제트 연료도 계상할 수 있음 - 차세대 바이오에탄올의 이용량 2배 카운트 유지 - 바이오 제트 연료는 특정 원료에서 유래한 경우 2배로 계산

출처: 김태환 외(2023), p. 90 표 재인용

을 이용 촉진을 위한 노력을 지속하기로 하였다.

공고의 대상 기간은 5년으로 하되, 차기 고시 내용에 대해서는 바이오연료를 둘러싼 세계 정세 변화 등을 감안하여 대상 기간인 5년을 기다리지 않고 필요에 따라 유연하게 재검토하기로 하였다.

현행 판단기준의 LCGHG(Life Cycle Greenhouse Gasses) 배출량 기본값과 재검토 후의 기본값을 비교하면 <표 11>과 같다.

차세대 바이오에탄올에 대해서는 제조 기술의 확립 시기 및 공급망 구축 전망 등으로 인해 본격적인 상업적 생산을 2020년대 후반으로 예상하고, 이용목표(매년 1만kL)의 대상기간은 2028년~2032년까지 5년간으로 변경하였다. 달성 방법(2배수 계산 등)에 대해서는 현행 규정 내용을 유지하였다. 향후 차세대 바이오에탄올의 제조 계획이 앞당겨지는 등 상황 변화가 있을 때, 검토위원회를 개최하여 대상 기간의 시작 시기를 앞당기는 등 각 규정을 재검토한다.

표 11 현행 판단기준의 LCGHG 배출량 기본값과 재검토 후의 기본값 비교

(g-CO₂eq/MJ)

구분	1차 공고	2차 공고
미국산 옥수수 추출 에탄올	43.15 휘발유 대비 △51	36.86 휘발유 대비 △58
브라질산 사탕수수 추출 에탄올	33.61 휘발유 대비 △62% 감소	28.59 휘발유 대비 △68% 감소
휘발유	88.74	88.74

출처: 김태환 외(2023), p. 91 표 재인용

04 시사점 및 정책제언

→ TRENDS AND ANALYSIS

세계 정유산업은 온실가스 감축을 위해 탄소중립원유(원유+탄소 포집/이용/저장(CCUS), 바이오매스, 폐플라스틱 등 다양한 원료를 분리·정제하여, 액체연료 기반의 탄소중립-탄화수소 제품을 생산하는 모습으로 점차 변모하고 있다. 저탄소 경제체제로의 이행하는 과정에서 고에너지 밀도와 에너지 이동성이 크게 요구되는 항공, 선박, 군사분야에서는 액체 기반의 연료가 절대적으로 필요하다. 우리 정부는 이처럼 다양한 에너지 지원이 이용되도록 다양한 기술개발 지원과 정책적 제도의 뒷받침을 하고 있다.

본고에서 논의한 공동처리(Co-processing) 기술은 환경적·경제적 관점에서 가능성이 풍부한 기술로 이미 일부 국가에서는 상업화 된 사례가 보고되고 있다. 미래 저탄소 석유산업의 모습을 그려볼 때, “원료의 대

체”는 가장 핵심적인 변화 중 하나로 공동처리는 이러한 변화에 현실적으로 기여할 수 있는 혁신적인 수단이다. 다행스럽게도, 우리 국회도 지난 '24년 1월 「석유 및 석유대체연료 사업법」을 일부 개정하여 친환경 연료 활성화를 위한 법적 토대를 구축하였다. 이러한 법 개정 취지를 살리기 위해서 구체적인 후속조치 마련이 필요한 시점이다.

한 가지 눈에 띄는 후속 과제로, 국내법은 재생연료 의무혼합제도(RFS, Renewable Fuel Standard)의 이행 수단으로 공동처리를 통한 석유제품을 포함시키지 않고 있다. 앞서 살펴본 것처럼 미국의 경우는 RFS 제도에서 공동처리 제품을 RFS 이행 수단으로 인정해주고 있고, EU 역시 새로운 규제체계에서 이를 RFS 이행수단으로 인정해주고 있다.



일본은 특정 에너지사업자에 대해 바이오에탄올 이용목표 등의 계획을 작성·제출하도록 하고, 매년 그 계획에 따라 바이오에탄올 이용목표를 달성하도록 의무를 부과하는 법제도를 시행하고 있다. 그러나 국내 「신재생에너지법」은 공동처리 공정을 통한 석유제품을 RFS 이행수단으로 인정하지 않아 친환경 석유대체연료 보급 확대를 위해서는 이를 개선하기 위한 법률 개정이 필요하다.

한편, 세계 바이오연료 시장에서 우리 기업이 경쟁 우위를 차지하기 위해서는 산업 내 규모의 경제(economies of scale)를 달성하는 것이 필요하다. 친환경 바이오연료 시장은 아직 개화 초기 단계인 만큼, 이를 육성시키기 위한 정부의 정책적 지원이 중요한 시기이다. 예컨대, 정부가 “신성장·원천기술 분야”에 공동처리 기술과 관련된 친환경 석유정제 원료 이용 기술을 포함시킨다면(세액공제), SAF 시장이 빠르게 성장하는

만큼, 우리 기업들의 신속한 투자 결정에 도움이 될 것으로 예상된다. 아울러 국내에서는 확보가 어려운 탄소 중립 원료는 해외에서 생산이나 수입할 수 있도록 정부의 법·제도적 지원도 필요할 것이다.

끝으로, 이번 법안 개정으로 친환경 원료 이용의 법적 토대가 마련된 만큼, 정부는 민간의 투자를 유인할 수 있는 인센티브를 마련하는 등 우리 기업이 글로벌 친환경 바이오연료 시장을 선점할 수 있도록 다양한 지원책을 마련하고 있는 것으로 전해진다. 우리 기업도 이번 기회를 새로운 성장 동력으로 삼고 새로운 부가가치 창출로 부응하길 바라며, 나아가 국내외 정유산업이 전 지구적 온실가스 감축에 기여하는 친환경 산업으로 거듭날 수 있기를 기대한다.

참고문헌

국내 문헌

- 김성균(2024), “석유 및 석유대체연료 사업법” 개정의 의의, 에너지 브리프, 2024.2
- 김태환 외(2023), 석유정제업자의 친환경 원료 이용 기술 및 주요국 입법 동향 연구, 대한석유협회, 2023
- 산업통상자원부 보도참고자료, 「석유 및 석유대체연료 사업법」 개정안 국회 통과, 대한민국 정책브리핑, 2024.1.9

외국 문헌

- ICAO, Environmental Report, 2022
- IEA, Renewables, 2021
- O’Connell, A., and Su, J., Ringsred, A., Prussi, M., Saddler, J., N, Scarlat, “Tracking the Biogenic Component of Lower Carbon Intensive, Co-processed Fuels-An Overview of Existing Approaches” Applied Sciences, 24(12), 2022, 12753

웹사이트

- BIOFIT 홈페이지, https://www.biofit-h2020.eu/policy_conference/BIOFIT_Industry_Session_Refineries_1Coproprocessingofbiomassinrefineriesoptionsandexperiences.pdf
- Biofuels, a key contribution to the transport transition(<https://www.eni.com/en-IT/operations/energy-evolution/biorefineries.html>)
- e-gov パブリック・コメント, <https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/Public?CLASSNAME=PCM1040&id=620222032&Mode=1>
- European Commission, (https://commission.europa.eu/law/law-making-process/evaluating-and-improving-existing-laws/refit-making-eu-law-simpler-less-costly-and-future-proof_en)
- European Commission, (https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12711-Renewable-energy-method-for-calculating-the-share-of-renewables-in-the-case-of-Co-processing_en)
- European Commission, (https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/oil-refining/eu-refining-forum-meetings_en)
- European Commission, (https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/oil-refining_en)
- Honeywell and Preem conduct commercial co-processing trial to produce renewable fuel(<https://www.mrchub.com/news/393147-honeywell-and-preem-conduct-commercial-co-processing-trial-to-produce-renewable-fuel>)
- IATA 홈페이지, <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>
- MDPI, (<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/24/12753>)
- Neste launches a strategic study on transitioning its Porvoo refinery to a renewable and circular site and ending crude oil refining in the mid-2030s (<https://www.neste.com/releases-and-news/renewable-solutions/neste-launches-strategic-study-transitioning-its-porvoo-refinery-renewable-and-circular-site-and>)
- Precedence research 홈페이지, <https://www.precedenceresearch.com/bioethanol-market>
- Renewable fuels and products(<https://www.chevron.com/operations/new-energies/renewable-fuels-and-products>)
- The role of co-processing in aviation's transition to a low-carbon future(<https://www.bp.com/en/global/air-bp/news-and-views/views/the-role-of-co-processing-in-aviation-s-transition-to-a-low-carb0.html>)