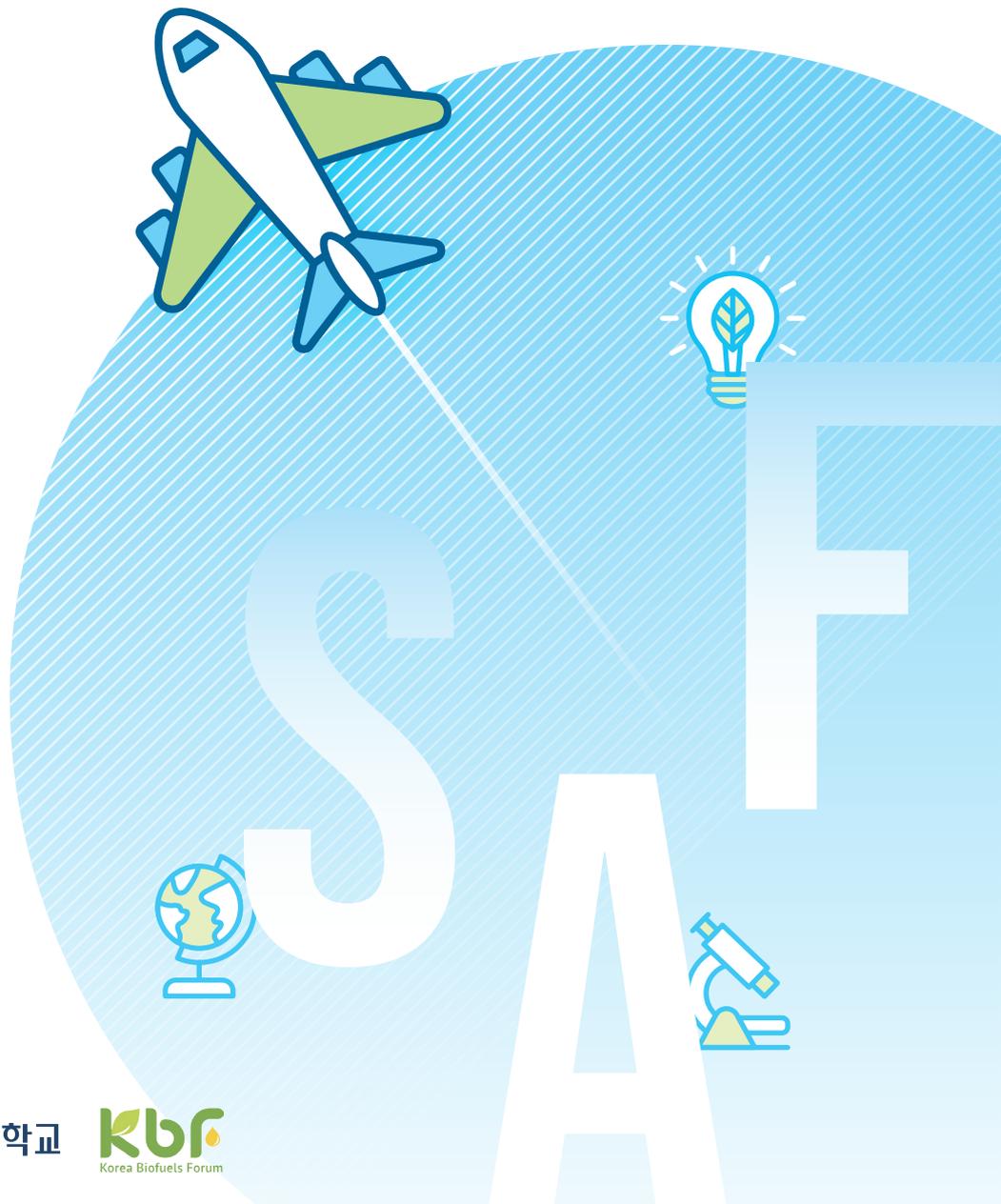


(기술·연구·표준) 동향

바이오항공유의 국내·외 동향



K Petro
한국석유관리원



한양대학교

kbf
Korea Biofuels Forum

본 이슈 리포트는 산업통상자원부의 국가 표준 기술력 향상 사업인 '수송 및 발전 분야의 바이오연료 보급 활성화 기반 조성' 과제의 수행 일환으로 제작되었습니다.

제 1장	개요	3
	항공분야 온실가스 배출 현황 및 전망	3
	바이오항공유 개발 필요성	4
제 2장	바이오항공유 기술동향	5
	주요 SAF 생산기술	5
	국제적으로 인증된 SAF 기술	5
	인증대기중인 SAF 기술	8
	차세대 SAF 생산 기술	8
제 3장	바이오항공유 산업동향	9
	관련 산업현황	9
	해외 주요 기업 동향	9
	국내 주요 기업 동향	12
제 4장	바이오항공유 정책동향	13
	국제민간항공기구(ICAO) 동향	13
	국제항공운송협회(IATA) 동향	14
	세계 SAF 정책 개발 현황	14
	미국의 SAF 정책 동향	17
	유럽의 SAF 정책 동향	18
	일본의 SAF 정책 동향	20
제 5장	R&D 투자동향	21
	SAF 확대를 위한 경쟁적인 R&D 진행	21
제 6장	참고문헌	23

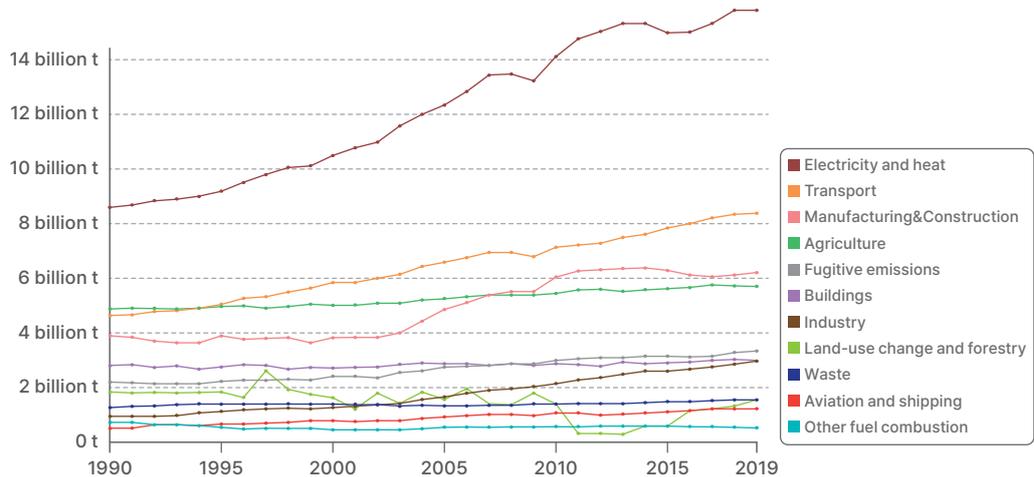
제 1장 개요

✎ 항공분야 온실가스 배출 현황 및 전망

- 2019년 전세계 CO_{2,eq} 배출량은 497.6억톤 (화석연료 및 토지용도 변경 포함)이며, 이 중 화석연료 사용에 의한 CO_{2,eq} 배출량은 371억톤에 해당됨. 이 중 항공 및 배송 분야 CO_{2,eq} 배출량은 13.1억톤이며 직접 화석연료 활용에 따른 항공분야 CO₂ 배출량은 9.1억톤에 해당하여 항공분야 온실가스 배출량은 전세계 배출량의 약 2.6%에 해당함.
- 성층권에서 높은 직접 온실가스 배출은 전체 CO_{2,eq} 배출 기여도를 증가시켜, 일반적으로 전체 CO_{2,eq} 발생량의 6%의 수치로 인용됨 (비행운, NO_x 및 기타 연소 부산물 포함).

Greenhouse gas emissions by sector, World

Emissions are measure in carbon dioxide equivalents(CO_{2eq}).
This means non-CO₂ gases are weighted by the amount of warming they cause over a 100-year timescale.



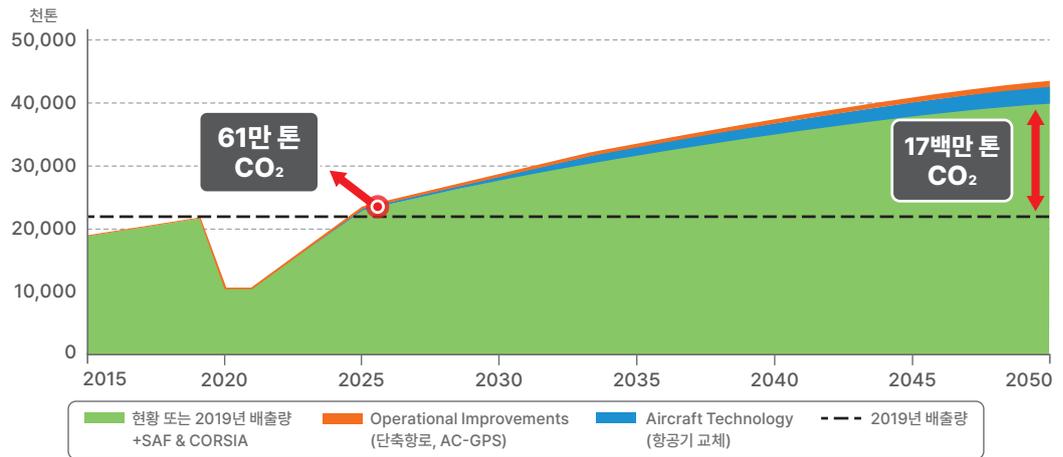
Source: Our World in Data based on Climate Analysis indicators Tool (CAIT).
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions-CC BY

전세계 섹터별 CO_{2,eq} 배출현황¹⁾

- 국내 항공유 소비량은 약 2015년 약 34,400천 배럴에서 2018년 39,900천 배럴로 증가하였으나, 코로나19로 인해 2020년 21,700천 배럴로 감소하였고, 2022년 다시 25,300천 배럴로 증가함.²⁾
- 국제선 탄소배출량은 2016년 1.9천만톤 CO₂에서 2019년 2.2천만톤 CO₂로 약 17% 증가하여, 수송 부문 전체 배출량의 약 16%에 해당됨. 특히 우리나라는 국제선:국내선 = 94:6으로 국제선의 비중이 월등히 높음.
- 국제선 탄소배출량은 2025년 2.3천만톤 CO₂, 2050년 43천만톤 CO₂로 증가 예상 증가할 것으로 예상하여, 2019년 국제항공탄소상쇄감축제도(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA) 기준치를 넘어서는 것으로 전망됨. 이에 따라 국적항공사의 의무탄소 상쇄량은 2025년 61만 톤 CO₂에서 2050년 17백만톤 CO₂로 증가될 것으로 전망됨.

1) Our World in Data (2023) <https://ourworldindata.org/search?q=CO2+emission+by+sectors> (09 Oct 2023)

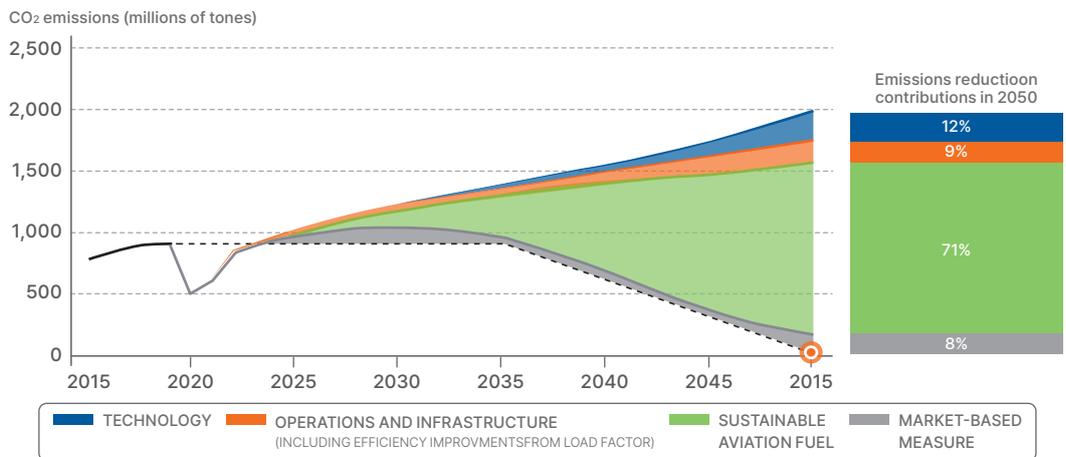
2) Petronet (2023) <https://www.petronet.co.kr/v3/index.jsp> (09 Oct 2023)



항공분야 CO₂ 배출현황³⁾

✎ 바이오항공유 개발 필요성

- 장거리 비행의 경우 상당한 양의 연료를 운반해야 하고 항공유로 사용하는 탄화수소는 다른 에너지원에 비해 매우 고에너지 화합물이기 때문에 항공분야는 다른 분야에 비해 전기화·수소화로 탈탄소화가 매우 어려움.
- 예를 들어 Airbus A380 최대 이륙 중량(maximum take off weight, MTOW)인 약 600톤 중 250톤이 항공유로 현재 어떤 배터리도 이 에너지 밀도에 필적할 수 없음. 기본적으로 장거리 비행에는 제트 연료(특히, 대형 여객기에 동력을 공급하는 데 매우 적합한)를 소비하는, 매우 효율적이고 효과적인 turbofan 엔진으로 구동되는 항공기가 필요함.
- 따라서 특히 장거리 여행에 있어서 저탄소 연료(예: 지속 가능한 원료로 만든 제트 연료)인 바이오항공유 또는 지속가능한 항공유 (Sustainable Aviation Fuel, SAF) 활용이 필수적임.
- Net Zero 2050 달성을 위해서 SAF의 활용이 전체 항공분야 온실가스 감축수단 중 70% 이상 차지할 것으로 예상함.



항공분야 탈탄소화를 위한 공격적인 SAF 배치 시나리오⁴⁾

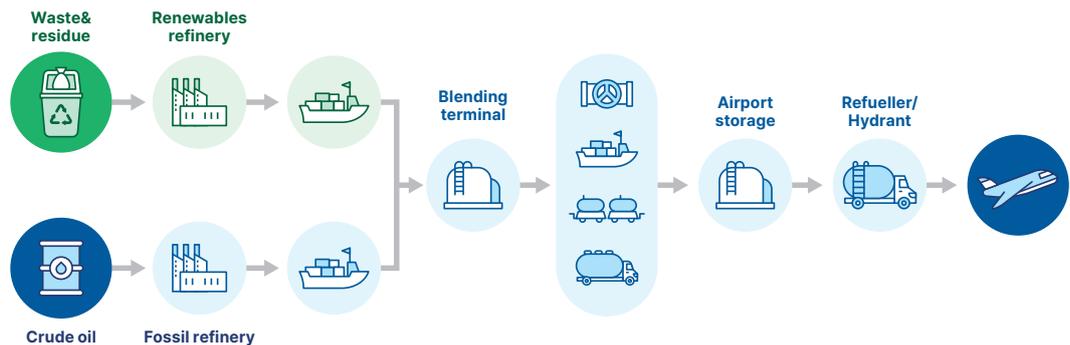
3) IATA (2023), <https://www.iata.org/> (09 Oct 2023)

4) Waypoint 2050 (2023) <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/> (09 Oct 2023)

제 2장 바이오항공유 기술동향

✎ 주요 SAF 생산기술

- 현재 SAF 생산공정 재생가능한 원료 및 생산 기술 경로에 따라 크게 4가지로 분류하고 있음
- OTL(Oil-to-Jet): 폐식용유, 우지, 미세조류 등 동·식물성 유지계 원료의 전이에스테르화 (transesterification) 반응 및 수소 첨가 반응을 통해 SAF를 생산.
- STJ(Sugar-to-Jet): 당질계나 전분질계 포함한 원료(사탕수수, 옥수수, 사탕무 등)로부터 촉매 전환 공정을 통해 탄화수소로 업그레이딩하거나 생물학적 전환 공정을 통하여 SAF를 생산.
- ATJ(Alcohol-to-Jet): 고순도의 에탄올 또는 이소부탄올의 탈수, 올리고머화(Oligomerization) 및 수소화 반응을 통해 SAF를 생산.
- GTJ(Gas-to-Jet): 목질계와 같은 바이오매스 원료를 가스화한 바이오가스, 천연가스, 합성가스 등을 열화학(Fischer-Tropsch; FT) 혹은 생화학 공정을 통해 중간체를 생성한 후 추가 기술을 적용해 SAF를 생산.



기존 연료 공급망 및 인프라에 대한 드롭인 솔루션⁵⁾

✎ 국제적으로 인증된 SAF 기술

- 현재까지 ASTM D7566에서 인증된 바이오항공유 생산기술은 총 8가지가 있으며, ASTM D1655에서 부록으로 수록된 바이오항공유 기술은 3가지가 있음.⁶⁾

⁵⁾ Neste (2021), "Boosting the use of SAF-Sustainable Aviation Fuel" https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/232175/Presentation_Thorsten_Lange_2021-04-14_Neste-SAF.pdf (09 Oct 2023)

⁶⁾ ICAO (2023), "Conversion processes" <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx> (09 Oct 2023)

표 ASTM 인증된 SAF 생산기술

ASTM reference	제조방법	인증 연도	원료	혼합 상한	상용화 회사
ASTM D7566 Annex 1	FT-SPK (Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene)	2009	석탄, 천연가스, 바이오매스	50%	Fulcrum Bioenergy, Red Rock Biofuels, SG Preston, Kaidi, Sasol, Shell, Syntroleum
ASTM D7566 Annex 2	HEFA-SPK (Synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids)	2011	식물성오일, 동물성지방, 폐기름	50%	World Energy, Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
ASTM D7566 Annex 3	HFS-SIP (Synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars)	2014	당분 생성용 바이오매스	10%	Amyris, Total
ASTM D7566 Annex 4	FT-SKA (Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources)	2015	석탄, 천연가스, 바이오매스	50%	Sasol
ASTM D7566 Annex 5	ATJ-SPK (Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene [isobutanol])	2016	바이오 매스로부터 얻은 에탄올, 이소부탄올	50%	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy
ASTM D7566 Annex 6	CHJ (Catalytic hydrothermolysis jet fuel)	2020	트리글리세리드	50%	Applied Research Associates (ARA)
ASTM D7566 Annex 7	HC-HEFA-SPK (Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon-hydroprocessed esters and fatty acids)	2020	해조류	10%	IHI Corporation
ASTM D7566 Annex 8	ATJ-SKA (Alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene with aromatics)	2023	당	50%	Swedish Biofuels
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%	BP, Phillips 66, TotalEnergies, OMV, Eni
ASTM D1655 Annex A1	Co-processed FT (co-hydroprocessing of Fischer-Tropsch hydrocarbons in a conventional petroleum refinery)	2020	Fischer-Tropsch 탄수화물과 석유의 공동처리	5%	Fulcrum
ASTM D1655 Annex A1	Co-processed biomass (co-hydroprocessing of biomass)	2023	바이오매스와 석유의 공동처리	5%	

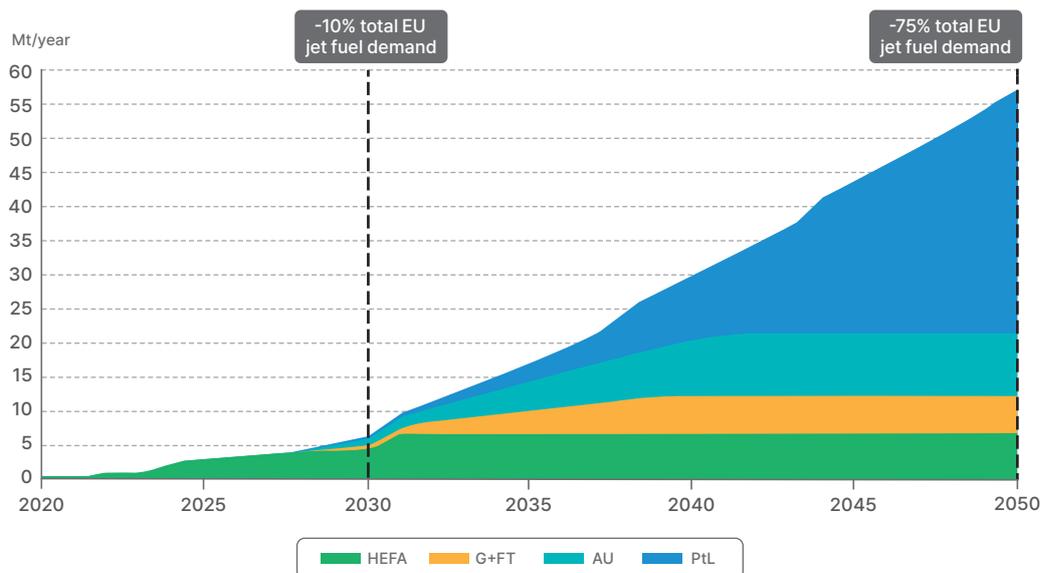
- **ASTM D7566 Annex 1, FT-SPK(Fischer-Tropsch 수소처리 합성 파라핀 등유):** 바이오매스, 석탄, 천연가스 등을 원료로 활용하여 합성가스(CO+H₂)를 생산한 후에 Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) 반응을 통해 파라핀(n-paraffin)을 제조하는 공정. 기존 석유계 항공유에 50%까지 혼합하여 사용 가능.
- **ASTM D7566 Annex 2, HEFA-SPK(수소처리된 에스테르와 지방산으로부터 합성된 파라핀 등유):** 식물성 기름, 폐유, 동물성 지방에서 추출한 지방산 또는 지방산 에스테르를 원료로 하여 수소 처리, 수소화 분해 및 이성화 반응으로 항공유를 제조하는 공정. 분류와 같은 고전적인 정제 공정에서 후속 처리되기 전에 수소 처리를 통해 산소 및 기타 원치 않는 헤테로원자 (S, N 등)를 제거. 기존 석유계 항공유에 최대 50%까지 혼합하여 사용 가능.
- **ASTM D7566 Annex 3, HFS-SIP(수소처리된 발효당으로부터 합성된 이소파라핀):** 당질계 및 목질계 바이오매스를 원료로 가수분해 공정으로 생산된 당으로부터 변형된 효모를 사용하여 발효 및 수소화 처리를 거쳐 이소파라핀(iso-paraffin)을 합성함. 기존 석유계 항공유에 최대 10%까지 혼합될 수 있음.
- **ASTM D7566 Annex 4, FT-SKA(비석유 공급원의 경질 방향족 화합물을 알킬화하여 파생된 방향족 화합물로 합성된 등유):** 바이오매스, 석탄, 천연가스 등 비석유 공급원에서 경질 방향족의 알킬화에 의해 벤젠으로 더욱 강화된 SPK를 합성하며 최대 50%까지 기존 석유계 항공유에 혼합될 수 있음. SAF에 필요한 최소 25% 방향족 범위를 쉽게 충족시키는 방향족 함량으로 인해 유용한 혼합원료임.
- **ASTM D7566 Annex 5, ATJ-SPK(알코올-제트 합성 파라핀 등유):** 전분·설탕(옥수수, 사탕수수, 사탕무, 덩이줄기) 또는 발효된 당을 원료에서 추출한 알코올을 탈수 및 올리고머화 과정을 거쳐 SAF를 생산. 기존 석유계 항공유에 최대 50%까지 혼합될 수 있음.
- **ASTM D7566 Annex 6, CHJ(축매 수열분해 제트 연료):** 폐유 처리에서 파생된 깨끗한 유리 지방산(free fatty acid, FFA) 또는 트리글리세라이드를 원료로 축매 열수분해 장치에서 고압 및 고온에서 반응하여 생성된 화학 물질 혼합물에 후속으로 수소 처리, 수소화 분해, 이성화로 SAF를 제조함. 기존 석유계 항공유에 최대 50%까지 혼합될 수 있음.
- **ASTM D7566 Annex 7, HC-HEFA-SPK(탄화수소 수소처리 에스테르와 지방산으로부터 합성된 파라핀 등유):** 미세조류에서 추출한 유지를 원료로 활용하여 축매 수소 처리, 수소화 분해, 이성화로 SAF를 제조함. 기존 석유계 항공유에 최대 10%까지 혼합될 수 있음.
- **ASTM D7566 Annex 8, ATJ-SKA(방향족을 함유한 알코올-제트 합성 등유):** 당류 및 리그노셀룰로오스의 가수분해를 통해 생성된 중간 생성물인 알코올의 탈수, 올리고머화 등을 통해 방향족을 포함하는 등유를 합성하는 기술임. 기존 석유계 항공유에 최대 50%까지 혼합될 수 있음.
- **ASTM D1655 Annex 1, Co-processed HEFA(기존 석유 정제공정에서 에스테르와 지방산의 공동 수소화 처리):** 기존의 정유 공장의 중간 증류액과 FOG(지방, 오일, 그리스) 처리를 기반으로 하여 SAF를 생산하는 기술임. 기존 석유계 항공유에 최대 5%까지 혼합 가능.
- **ASTM D1655 Annex 1, Co-processed FT(기존 석유 정제소에서 Fischer-Tropsch 탄화수소의 공동 수소처리):** 기존의 정유 공장의 중간 증류액과 FT 바이오 원유 처리를 기반으로 하여 SAF를 생산하는 기술. 기존 석유계 항공유에 최대 5%까지 혼합 가능.
- **ASTM D1655 Annex 1, Co-processed biomass(기존 석유 정제소에서 바이오매스 유래 원료와 공동 수소처리):** 기존의 정유 공장의 중간 증류액과 바이오매스 유래 원료 처리를 기반으로 하여 SAF를 생산하는 기술임. 기존 석유계 항공유에 최대 5%까지 혼합 가능.

인증대기중인 SAF 기술

- **HDO-SK/HDO-SAK**: 수소탈산소 합성등유(Hydrodeoxygenation Synthetic Kerosene)/수소탈산소화 합성 방향족 등유(Hydrodeoxygenation Synthetic Aromatic Kerosene)공정은 Virent社에서 당류계 및 셀룰로오스를 원료로 수소화 및 탈수소화(HDO)를 거쳐 등유 및 방향족 등유 합성하는 기술임. 현재 HDO-SK는 ASTM 인증 비활성화 단계에 있으며, HDO-SAK는 2단계 ASTM 테스트중임.
- **HFP-HEFA-SK**: 고동결점 수소처리 에스테르 및 지방산 합성 등유(High Freeze Point Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Synthetic Kerosene) 공정은 Boeing社에서 개발중인 기술로 재생 가능한 지방, 오일, 및 그리스 (FOG)를 원료로 고빙점 수소처리를 거쳐 등유를 합성함. 현재 ASTM 1단계 OEM 검토 단계임.
- **IH²**: 통합된 가수열분해 및 수소전환(Integrated Hydrolysis and Hydroconversion) 공정은 Shell社에서 개발중인 기술로 다양한 바이오매스를 원료로 통합된 수열분해 및 수소화 전환을 거쳐 SAF를 합성하는 기술임. 현재 ASTM 1단계 OEM 검토 단계임.

차세대 SAF 생산 기술

- **PtL(Power-to-Liquid)**: 재생 가능한 에너지를 활용한 수전해 등을 통해 얻어진 그린수소(수전해 등)와 이산화탄소 등의 원료를 이용하여 액체 탄화수소 연료를 얻는 공정. 석탄이나 가스와 같은 화석연료를 연소할 때 발생하는 산업 폐가스 활용 및 공기중 이산화탄소를 직접 활용할 수 있음.
- 단기적으로는 기존 유지를 원료로 이용하는 HEFA공정을 합성되는 SAF가 주요 기술로 인식될 것이나, 기존 화석원료 유래 항공유를 전량 대체하기 위한 바이오매스 자원이 부족한 상황을 고려할 때 향후 PtL로 합성되는 SAF가 주요 기술로 각광받을 것으로 예상됨.



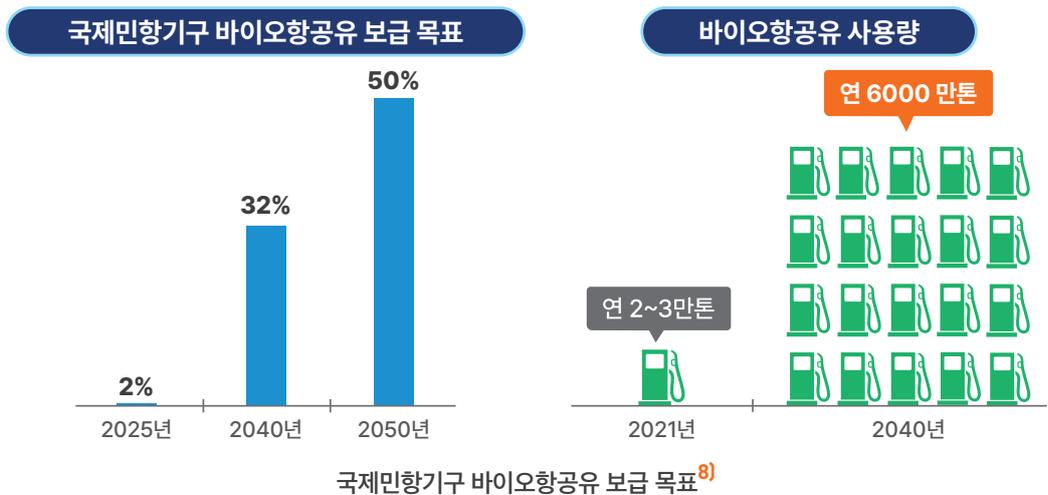
향후 기술 경로별 SAF 산출량⁷⁾

7) World Economic Forum (2021), "Guidelines for a Sustainable Aviation Fuel Blending Mandate in Europe" https://www3.weforum.org/docs/WEF_CST_EU_Policy_2021.pdf (09 Oct 2023)

제 3장 바이오항공유 산업동향

✎ 관련 산업현황

- 항공 산업은 2011년부터 SAF를 사용하고 있으며 현재 450,000편 이상의 상업용 항공편이 SAF를 사용하여 운항하였고, 현재까지 약 40개 이상의 오프테이크 계약이 체결됨. 이에 따라 SAF 생산량은 2030년까지 급속하게 성장할 것으로 예상됨.
- SAF 생산 산업은 처음에는 성장이 더뎠지만, 신규 및 기존 기업이 대량의 SAF를 생산하기 시작한 2019년부터 생산량이 많이 증가하였고 더 많은 기술과 기업이 시장으로 진입함에 따라 규모가 기하급수적으로 성장할 것으로 예상됨.
- SAF 생산량은 크게 증가했지만 기존 화석원료 유래 항공유를 의미있는 볼륨으로 대체하기 위한 상업적 물량은 여전히 적음(현재 항공 부문에서 사용되는 연료의 1% 미만). 상업적 SAF 생산은 2021년 9개의 공항에 일상적으로 공급하는 두 개의 공장(Neste 및 World Energy)으로 제한됨.
- 유럽은 2021년 세계 시장의 56.2%를 차지하는 현저한 점유율을 유지하고 있고 엄격한 에너지 규정의 시행을 통해 유럽의 항공 부문에서 SAF의 채택이 증가하고 있음.



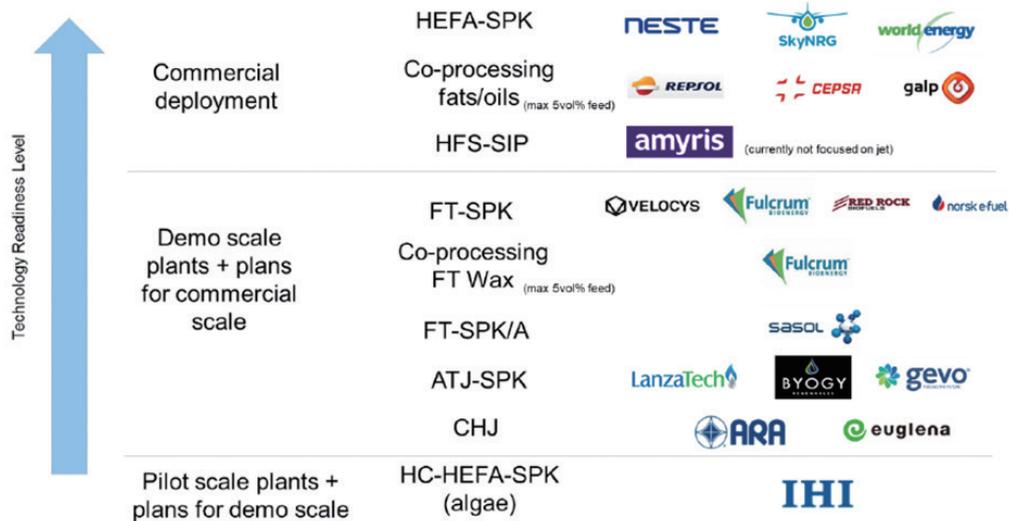
✎ 해외 주요 기업 동향

- **Neste(핀란드)**: 핀란드의 10억 달러 규모의 정유사 Neste는 북미, 아시아, 유럽에 생산시설을 갖춘 세계 최대의 재생 연료 공급업체로 현재 핀란드(2개), 로테르담(1개), 싱가포르(1개) 등에 총 4개의 생산 공장을 보유하고 있는 세계 최대의 SAF 생산 기업임. 로테르담과 싱가포르에 있는 정유 공장에서 연간 3,400만 갤런이던 SAF 생산량을 올해(2023년)에 5억1,500만 갤런으로 늘릴 예정임. 미국의 주요 항공사 3곳 Alaska Airlines, American Airlines과 JetBlue Airways에서 Neste의 연료를 사용하고 있고 Ryanair, Malaysia Airlines과 Etihad 등 항공사에서도 사용중임. Neste는 아시아에서도 일본 최대 항공사인 All Nippon Airways와 획기적인 파트너십을 맺고 있으며, 유럽에서는 네덜란드 국적 항공사인 KLM에 SAF를 공급하고 있음.

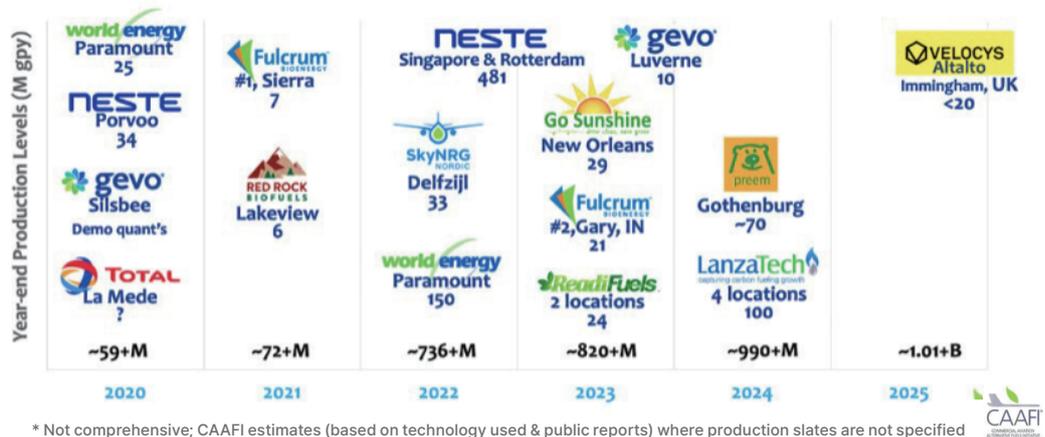
8) 머니투데이 (2022) "폐식용유 잘 팔리는 이유.. 지속가능한 항공연료 시대" <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022042017263278301> (09 Oct 2023)

- **Total(프랑스)**: 2014년부터 수많은 지속 가능한 항공 연료 이니셔티브에 참여하였고 2021년에 샤를 드골 공항에 처음으로 SAF를 공급하고 Le Bourget에서 처음으로 영구적으로 SAF를 공급함. 2020년 Grandpuits 정제소를 50만 유로를 투자하여 SAF 생산 시설로 전환하고 기존 La Mede 공장에서 팜유, 폐유지 및 폐유로부터 5억 7천만 리터의 HVO 및 SAF를 생산하는 생산량을 보완할 예정임. 또한 2024년부터 파리 남동쪽에 있는 원유 zero-crude Grandpuits 플랫폼에서 SAF를 생산할 예정임. 동물성 지방, 폐식용유, 순환 경제에서 발생하는 기타 폐기물 및 잔류물을 활용할 예정임(식물성 기름을 원료로 사용하지 않음). 2025년까지 연간 200만~300만톤의 HVO를 생산하는 것을 목표로 하고 있으며, 2024년에 Grandpuits 시설을 연간 40만 톤의 바이오 정제 공정으로 전환할 예정이고 이를 통해 연 17만 톤의 SAF를 생산할 수 있을 것으로 예상함. 이로써 2030년까지 150만 톤의 SAF를 생산하는 것을 목표로 함.
- **World Energy(미국)**: 북미 최대 규모의 바이오연료 공급업체 중 하나이며 SAF 생산에 참여하고 있으며 캘리포니아의 Paramount 시설은 세계 최초의 SAF 상업 시설이 됨. 2024년까지 연간 1억5천만 갤런의 SAF를 생산할 계획임, 또한 World Energy는 Houston에 있는 기존 자산을 전환하여 2025년까지 연간 2억 5천만 갤런의 SAF를 추가로 생산할 수 있는 새로운 SAF 허브(hub)를 출범하기 위한 첨단 엔지니어링 계획을 시작한다고 발표하였고, 2030년까지 10억 갤런의 SAF를 생산하겠다는 목표를 5년 앞당겨 절반 이상 달성할 수 있을 것이라고 발표함. Los Angeles에 SAF 시설을 운영하고 있으며 3억 7,500만 갤런의 재생 연료를 생산하기 위해 20억 달러 규모의 확장 프로젝트를 진행 중임.
- **Phillips 66(미국)**: 2021년에 Phillips 66 Limited는 폐기물 원료에서 연료 생산을 확장하기 위해 상당한 투자를 진행함. 영국 험버사이드 주 공장의 HVO 생산량을 연간 5천 리터에서 4억 6천 리터로 확대하였고 샌프란시스코에 있는 로데오 공장을 HVO와 항공유를 생산하는 공장으 변경하여 쿠킹오일, 지방, 동물성 지방, 콩기름을 이용하여 40억 리터의 연료를 생산할 수 있으며 이는 전 세계 최대 크기임. (2024년 가동 예정)
- **SkyNRG(네덜란드)**: 현재 40개 이상의 항공사에 SAF를 공급하고 있으며 연간 10만톤 이상의 SAF 생산을 위한 공정 시설을 추진하고 있음. 2021년 전 세계적으로 SAF를 확장하기 위해 Boeing과 파트너십을 맺었고 Alaska Airlines이 참여한 'SkyNRG Americas' SAF 생산 프로젝트에도 투자할 예정임. 최근에는 Bank of America와 2030년까지 10억 갤런의 SAF 생산 및 사용을 지원하는 10년간의 파트너십을 발표함.
- **AltAir Fuel(미국)**: 2015년부터 HVO 기반 SAF를 생산하기 시작하였으며 United Airline(미국)과 공급계약을 맺어 현재 연간 12만 톤 규모의 생산 시설을 운영중임.
- **Gevo(미국)**: 현재 연간 약 3억 7,500만 갤런의 주로 인수 또는 지분, 금융 가능한 SAF 및 프로젝트 부채 자금 조달을 지원할 것으로 예상되는 탄화수소 연료 공급계약을 체결함. Gevo는 2030년까지 10억 갤런의 SAF를 생산하고 상용화한다는 목표를 설정함.
- **Lanzajet(미국)**: Marquis Sustainable Aviation Fuel(Marquis SAF)과 양해각서(MOU)를 체결하여 연간 1억 2천만 갤런의 지속 가능한 생산 시설을 건설함. 조지아주 소퍼턴에 위치한 세계 최초의 ATJ 바이오 공장인 LanzaJet Freedom Pines Fuels는 2023년에 가동될 예정이고 이 공장은 매년 900만 갤런의 SAF와 100만 갤런의 재생 가능 디젤을 생산할 것으로 예상함.

- Fulcrum Bioenergy(미국):** Fulcrum BioEnergy는 2021년 영국 리버풀 인근 Essar Oil (UK) Ltd.의 정유 공장에 SAF 플랜트를 개발할 계획이라고 발표하였고 이 프로젝트는 빠르면 2025년에 가동될 수 있다고 밝힘. 연간 넷제로 탄소 운송 연료 약 4억 갤런을 생산할 것으로 예상.
- Idemitsu Kosan Co.(일본):** ATJ기술을 사용하여 SAF 개발 및 상업화에 초점을 맞춘 5개년 프로젝트를 지원하기 위해 NEDO에서 292억엔을 수여받음. 1억 8천만 리터의 에탄올을 1억 리터의 SAF로 전환하는 것을 목표로 파일럿(pilot) 시설을 2026년에 가동할 것으로 예상됨. Idemitsu는 2030년까지 SAF 생산량을 연간 5억 리터로 늘리는 두 번째 시설을 가동하는 것을 목표로 하고 있음.



세계 SAF 생산 기업 현황

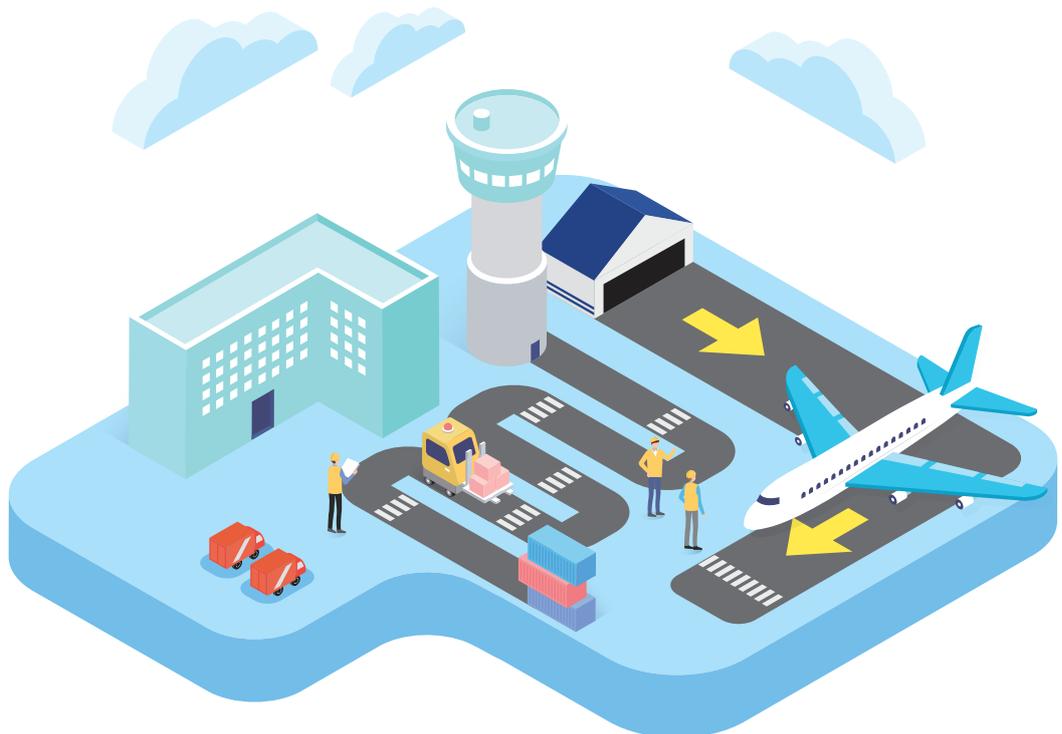


전세계 SAF 생산 예측⁹⁾

9) Fueling Future (2020) https://www.ebaa.org/app/uploads/2021/09/1mabimvxn_print-1.pdf (09 Oct 2023)

✎ 국내 주요 기업 동향

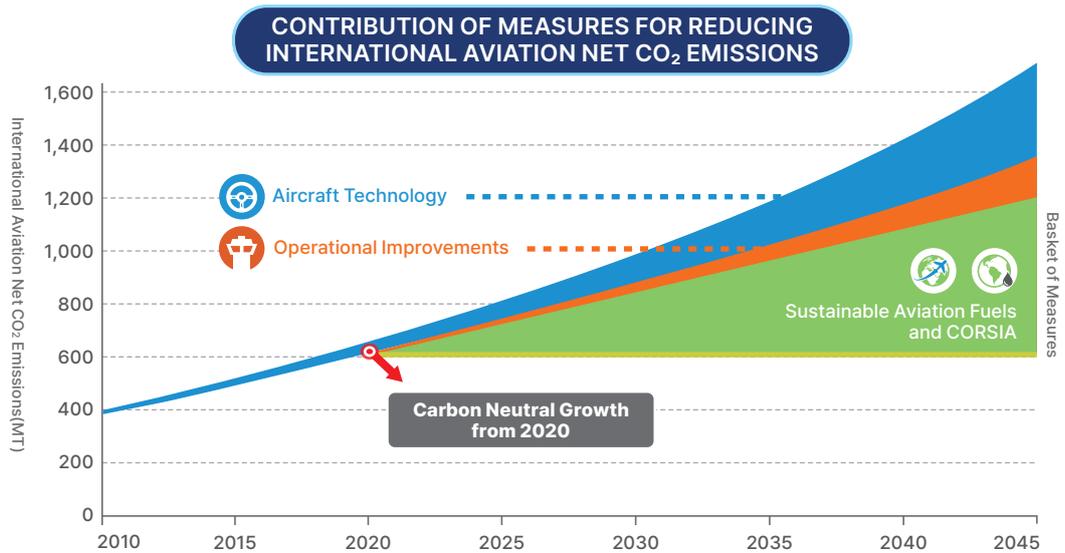
- ICAO는 온실가스 배출량을 2019년 수준으로 동결하고 이를 초과한 항공사는 배출권을 구매해 상쇄토록하는 탄소상쇄감축제도(CORSIA)를 운영중이며, 국내에서는 대한항공, 아시아나항공, 이스타항공, 에어부산, 제주항공, 진에어, 티웨이항공, 에어서울, 에어인천 등 9개 항공사가 참여하고 있음.
- **현대오일뱅크**: 2021년 5월 차세대 화이트 바이오 사업의 구체적인 로드맵을 발표함. 로드맵 2단계로 수소화 식물성 오일(HVO)를 활용하여 SAF를 생산하고, 글로벌 시장을 공략하겠다는 목표를 설정하고, 2021년 6월에는 대한항공과 SAF 제조 및 사용 기반 조성 협력을 위한 업무 협약을 체결함. 2023년에 서남부에 13만t 규모의 바이오디젤 공장을 짓고 화이트 바이오 사업을 추진할 계획이고 HVO를 활용한 SAF 생산뿐만 아니라 글로벌 시장 공략에 나설 예정.
- **SK이노베이션**: '2022년 넷제로 특별 보고서'를 통해 '비온드 넷제로' 전략의 일환으로 폐식용유(Used Cooking Oil, UCO) 등 바이오 원료로 생산한 친환경 항공유를 비롯한 친환경·저탄소 비즈니스를 추진하고 있다고 밝힘. 또 생활폐기물을 가스화해 합성원유(석유 이외의 자원에서 인공적으로 만든 액체원료)를 생산하는 미국 펄크럼 바이오에너지(Fulcrum BioEnergy)에 2000만달러(약 260억원)를 투자하겠다고 발표함.



제 4장 바이오항공유 정책동향

✎ 국제민간항공기구(ICAO) 동향

- ICAO(International Civil Aviation Organization)의 온실가스 감축 목표와 이행 수단: ICAO는 제37차 총회(2010년)에서 국제항공부문의 온실가스 감축을 위해 2020년 이후부터는 탄소배출량을 증가시키지 않는다는 온실가스 감축목표(CNG2020, Carbon Neutral Growth from 2020)와 연비개선 매년 2% 달성이라는 목표를 선언함. 국제항공산업에서 발생하는 온실가스 배출량을 저감하기 위한 수단으로서 항공기 제작기술 및 운항 기술에는 한계가 있음을 인정하고 온실가스 감축목표 달성(CNG2020)하기 위한 수단으로서 연료 및 시장기반 조치를 활용함. ICAO의 제39차 총회(2016) 결의문 A39-3에 따라 ICAO 회원국의 항공사는 국제선 운항에 따른 온실가스 배출량에 대해 시장기반 조치로서 항공사의 온실가스 감축노력 및 초과분에 대해 상쇄하는 제도를 시행하고 있으며, 우리나라는 시범 및 자발적 이행기간 (2021년~)부터 참여를 선언함.



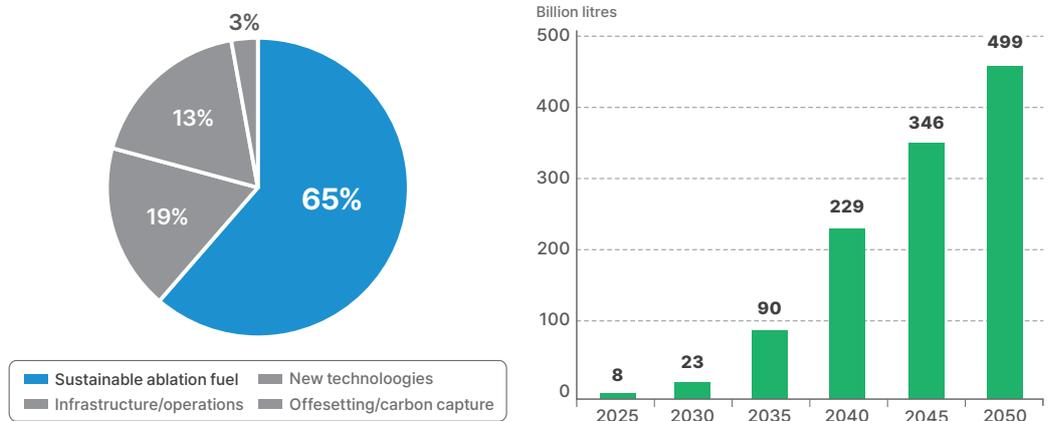
국제민간항공기구의 온실가스 감축목표(CNG2020)¹⁰⁾

- 국제항공탄소상쇄감축제도(CORSIA, Carbon Offsetting & Reduction Scheme for International Aviation): CORSIA는 항공산업의 온실가스 감축 한계를 인정하고 타 분야에서 발생한 온실가스 감축 실적을 목표 달성에 활용하기 위해 설계된 국제항공 온실가스 감축을 위한 시장기반 제도임. 항공사는 자신의 탄소 배출량을 산정 및 검증하여 보고(monitoring, reporting and verification, MRV)하고 ICAO는 상쇄의무량을 국가에 통보하며, 국가는 항공사에게 상쇄의무량을 제시하는 메커니즘임. 이때, 항공사가 이행해야 하는 CORSIA 상쇄의무량은 기준배출량과 항공부문의 성장률을 반영하여 산정하고 항공사는 SAF 사용에 따른 온실가스 감축량을 제외한 나머지에 대해서 상쇄 배출권 구매가 필요함.

¹⁰⁾ 제39차 총회 결의문 A39-3 Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), 2016, ICAO

✎ 국제항공운송협회(IATA) 동향

- 제77차 IATA 총회(2021.10)에서 2050 NetZero를 선언하고, 민간 영역에서 선언된 목표로서 ICAO 보다 빠른 목표를 선언함. 기존 목표(2050년까지 2005년 대비 50% 감축)보다 매우 강력한 목표를 제시함.
- SAF의 상업적 생산과 확산을 효율적으로 하기 위한 정책을 개발하고, 다양한 지원 인센티브를 발굴하며, 의무화는 경제적 조치로서 IATA는 이를 선호하지는 않는다고 선언함.
- 또한, 국제적인 지속가능성 표준을 채택하여, 지상 수송수단보다 높은 인센티브 적용을 권고하고, 사용자 친화적인 SAF 회계 처리방식을 장려하며, SAF 연구개발 및 실증을 지원하고, SAF 생산 및 공급을 위한 공공-민간 파트너십 참여를 유도하는 정책을 수립함.



2050 넷제로 달성을 위한 감축수단별 기여도(좌), 2050 넷제로 달성을 위한 SAF 요구량(우)¹¹⁾

✎ 세계 SAF 정책 개발 현황

표 전세계 SAF 정책 현황

국가(지역)	날짜	현황	정책 타이틀	정책 종류	정책 설명
미국(전체)	2021.9.9	IRA에 의해 재정의	Sustainable Aviation Tax Credit	경제적 인센티브	<ul style="list-style-type: none"> · Build Back Better Agenda의 일환으로 SAF에 대한 세금 공제. · 비용을 절감하고 SAF의 국내 생산을 빠르게 확장하기 위한 목적. · 수명 주기 온실 가스 배출량을 최소 50% 감소하도록 요구하며 더 큰 감소에 대해 더 많은 인센티브를 제공.

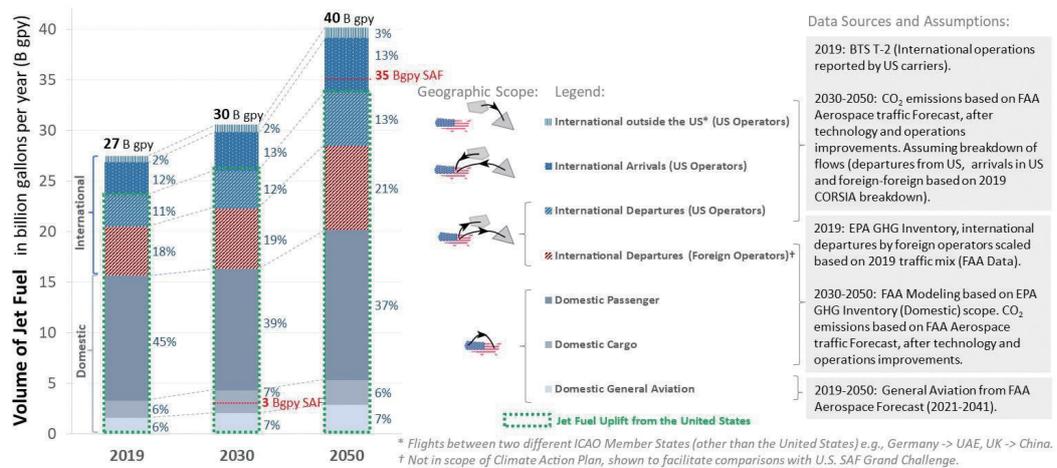
11) Net zero 2050: sustainable aviation fuels

국가(지역)	날짜	현황	정책 타이틀	정책 종류	정책 설명
미국(전체)	2022.4.7	IRA에 의해 재정의	Renewable Diesel and Sustainable Aviation Fuel Parity Act	경제적 인센티브	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지정보청(Energy Information Administration, EIA)가 재생 가능한 디젤 및 SAF의 미국 생산 및 해외 수입에 대해 연료에 사용되는 공급 원료의 유형, 출처 및 부피를 포함하여 보고하도록 요구. · 재생 가능한 디젤 및 SAF 생산 시설이 2005년 에너지 정책법에 따라 에너지부의 Title XVII 대출 보증을 받을 수 있도록 허용. · 석유 기반 디젤과 동일한 성분 사양을 충족하는 재생 디젤의 경우 Energy Independence and Security Act(2007)의 라벨링 섹션에서 면제.
미국 (캘리포니아)	2018.9.27	채택	Low Carbon Fuel Standard (LCFS)	경제적 인센티브	<ul style="list-style-type: none"> · 탄소 집약도 점수를 기준으로 연료 경로 및 프로젝트에 대한 공제.
캐나다 (전체)	2020.12.18	개발중	Clean Fuel Standard	의무화	<ul style="list-style-type: none"> · 액체 화석 연료의 탄소 집약도를 2016년 탄소 집약도 수준에서 줄이기 위해 액체 화석 연료 1차 공급 업체(생산자 및 수입업체)에게 의무화. · 탄소 집약도 감소 요건이 2022년 2.4 gCO_{2,e}/MJ에서 시작하여 2030년 12 gCO_{2,e}/MJ에 도달할 예정. 이를 달성하기 위해 연료 생산 업체는 혁신적인 솔루션과 새로운 연료 옵션을 소비자에게 제공해야함.
캐나다 (브리티시 콜롬비아)	2020.7.13	개발중	Renewable & Low Carbon Fuel Requirements Regulation	의무화	<ul style="list-style-type: none"> · 매년 감소하는 탄소집약도 목표 설정. · 현재 이 법은 항공 및 선박 연료 부문 내 온실가스 감축을 인정하지 않으므로, 담당부처는 온실가스 감축을 포함하도록 법안을 확장할지 여부를 고려중. · 제트 연료 등급과 해양 연료 등급의 두 가지 추가 연료 등급을 추가하여 저탄소 연료 개발 지원.
브라질	2021.11.25	개발중	National Biokerosene Programme	경제적 인센티브	<ul style="list-style-type: none"> · 연방 기관 및 기관이 재정적 인센티브 뿐만 아니라 SAF 프로젝트에 자원 제공 지시.
EU	2021.7.16	개발중	ReFuelEU	의무화	<ul style="list-style-type: none"> · 2025년 2%에서 2050년 70%까지 SAF 사용 의무 제안.
영국	2022.7.19	채택	Jet Zero Strategy	의무화	<ul style="list-style-type: none"> · 2030년까지 제트 연료의 최소 10%의 SAF 사용 의무화. · 영국 SAF 수요를 안정적으로 성장시키고 SAF에 대한 지원을 늘리고 새로운 1억 6,500만 파운드의 Advanced Fuels Fund 형성.

국가(지역)	날짜	현황	정책 타이틀	정책 종류	정책 설명
프랑스	2020.12.12	개발중	N.A.	의무화	· SAF 로드맵은 2022년까지 1%, 2025년 2%, 2030년 5%의 SAF 공급량에 도달 목표. · 고급 공급 원료에 집중.
독일	2020.9.25	개발중	N.A.	의무화	· 연료의 온실가스 감축을 위한 국가 법률(RED II 전환) 및 독일 국가 수소 전략은 2030년에 Power-to-liquid 등유에 대해서만 SAF 에너지 하위 할당량을 2%로 예상.
네덜란드	2020.9.8	개발중	SAF roadmap	의무화	· 국가 또는 EU 수준에서 혼합 명령으로 개발 중인 SAF 로드맵. · 고급 공급 원료에 중점.
노르웨이	2019.11.19	채택	N.A.	의무화	· 2020년 SAF 혼합 0.5% 의무화 시작. · 2030년에는 SAF 혼합 30% 목표 설정.
스웨덴	2020.9.11	개발중	N.A.	의무화	· 2045년까지 탄소 중립 국가 선언. · 2021년 온실가스 0.8% 감축을 위한 입법 제안, 2030년까지 점진적으로 27%로 증가 목표.
핀란드	2019.6.4	개발중	N.A.	의무화	· 2035년까지 탄소 중립 국가 달성. · 2030년까지 SAF 의무 혼합 30%.
스페인	2020.9.8	개발중	N.A.	의무화	· 기후 변화법: 2025년에 2% SAF 공급 목표. · 폐기물 및 잔류물에 특별히 중점을 둔 몇 가지 새로운 바이오리파이너리 계획중.
일본	2022.10.18	개발중	N.A.	목표설정	· 항공 산업의 탈탄소화를 촉진하기 위한 정책 초안에 대한 대중 의견 수집중. · 부분적으로 2050년까지 항공편이 탄소 중립이 되도록 요구하고 항공사가 SAF를 사용하도록 요구.
중국	2022.10.3	채택	China Civil Aviation Green Development Policy and Action	목표설정	· 2025년까지 SAF 50,000톤 사용 목표. · SAF 성능 테스트, 감항 인증, 개발을 위한 새로운 경로 탐색.
뉴질랜드	2021.6.13	개발중	Sustainable Biofuels Mandate	의무화	· 연료 공급업체가 운송 연료에서 발생하는 GHG 배출량을 매년 정의된 비율만큼 줄이도록 요구. · 국내 항공 연료를 포함한 모든 운송 연료에 적용되며 바이오연료가 식량 생산이나 토착 생물 다양성에 영향을 미치지 않음을 입증하기 위해 지속 가능성 기준을 충족하도록 요구. · 연료 공급업체는 규정 준수를 입증하기 위해 연례 보고서를 준비해야 함. 규정을 준수하지 않을 경우 벌금이 부과되지만 연료 공급업체는 배출 감소를 서로 거래하고 2년 동안 연기할 수 있는 능력을 포함한 유연성 존재.

✎ 미국의 SAF 정책 동향

- SAF Grand Challenge (2021.09):** SAF에 대한 연방 정책의 가장 명확한 성명으로, 미국 에너지부(DOE, Department of Energy), 교통부(DOT, Department of Transportation) 및 농림부(USDA, United States Department of Agriculture)가 비용 절감, 지속 가능성 향상, SAF의 생산 및 사용 확대를 시도하는 정부 차원의 양해 각서(MOU)를 개시한 결과임. 기존 연료에 비해 수명 주기 온실 가스 배출량 최소 50% 감소를 목표로, 2030년까지 SAF 생산량 연간 최소 30억 갤런 이상 증가하여 항공연료 수요 10% SAF 대체, 2050년까지 항공 연료 수요(연간 350억 갤런)를 100% SAF 대체를 목표로 함.



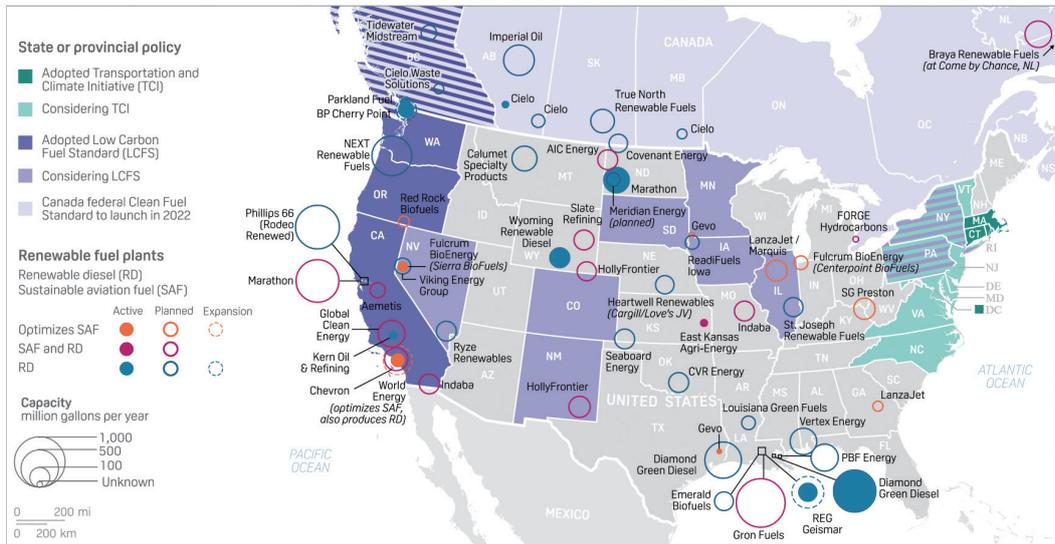
SAF Grand Challenge Roadmap 개요 ¹²⁾

- Inflation Reduction Act (IRA):** 2023-2024 내 판매 또는 사용된 SAF가 바이오매스 기반에서 미국에서 생산되며, 미국 내 항공기 연료 탱크로 이송되고, 수명주기 배출량의 최소 50% 이상 감소 될 경우 갤런당 \$1.25 세금을 공제함. 갤런당 \$1.25 이상의 금액은 50% 이상의 GHG 감소를 기준으로 하며 1% 추가 감소마다 갤런당 \$0.01씩 증가하여 최대 갤런당 \$1.75 세금 공제가 가능함. IRA에서 SAF 세금 공제가 만료되는 2024년에 이어 2025년 새로운 청정연료 생산에 대한 세금 공제를 생성함. 해당 바이오매스를 이용하여 미국에서 생산되고 배출 계수가 50 kg CO₂e/MMBtu 이하인 SAF에 대해 갤런당 크레딧 기본 금액은 갤런당 \$0.35이며 임금 및 건설 요건이 충족될 경우 갤런당 \$1.75로 증가함.
- 지속 가능한 하늘법(U.S. Sustainable Skies Act):** 2021년 SAF 사용에 대한 인센티브를 강화하기 위해 지속 가능한 하늘법(Sustainable Skies Act) 도입함. 크레딧은 50% 이상의 수명 주기 GHG 절감 효과가 입증된 SAF를 공급하는 블렌더에 대해 갤런당 \$1.50부터 시작하며 갤런당 최대 \$2까지 더 높은 GHG 달성에 대한 보상을 제공함. 이 법안은 적극적인 SAF가 환경 무결성을 보장하기 위한 보호 조항 중 하나로 ICAO 지속 가능성 기준 전체 활용을 요구함. 미국에서 SAF 생산 시설의 수를 확장하기 위해 5년 동안 10억 달러의 보조금 지원을 포함함.

12) SAF Grand Challenge Roadmap, 2022

- 범캘리포니아 지역의 LCFS(Low Carbon Fuel Standard):** 2018년 캘리포니아 대기 자원 위원회(CARB)는 대체 항공 연료를 “옵트인”으로 포함하여 SAF가 인출 없이 연료 풀에서 규정 준수 크레딧을 얻을 수 있도록 함. SAF는 별도의 프로그램을 선택하여 LCFS 필수 준수 의무에서 면제함. CARB에서 SAF가 2019년부터 LCFS 크레딧을 생성하도록 허용하였으며, 2030년까지 SAF 20% 이상 CARB에 할당된 특정 계획을 수립함. 이러한 인센티브는 연방 RFS 및 연방 BTC를 통한 인센티브와 함께 쌓을 수 있음.
- RFS(Renewable Fuel Standard):** SAF 생산 활성화를 위해 항공 연료 생성 준수 의무 없이 규정 준수 단위를 생성 (“옵트인” 방식)함. SAF가 적정 공급원료를 사용하여 수소 처리로 생산되거나 셀룰로오스로부터 생산되는 경우 RIN(Renewable Identification Numbers, 재생 식별 번호)를 생성하도록 허용함. 예를 들어 수소처리 방식의 경우 갤런당 1.6 RIN을 형성하고, 셀룰로오스를 활용할 경우 갤런당 1.7 RIN을 생성하도록 허용함. 이 접근 방식은 SAF가 재생 가능 디젤에 비교하여 더 경쟁력을 갖게 하고 의무 사용 책임 없이 SAF에 대한 친숙도를 높이는 데 활용함.

US REFINERS JUMP ON THE RENEWABLE FUEL BANDWAGON



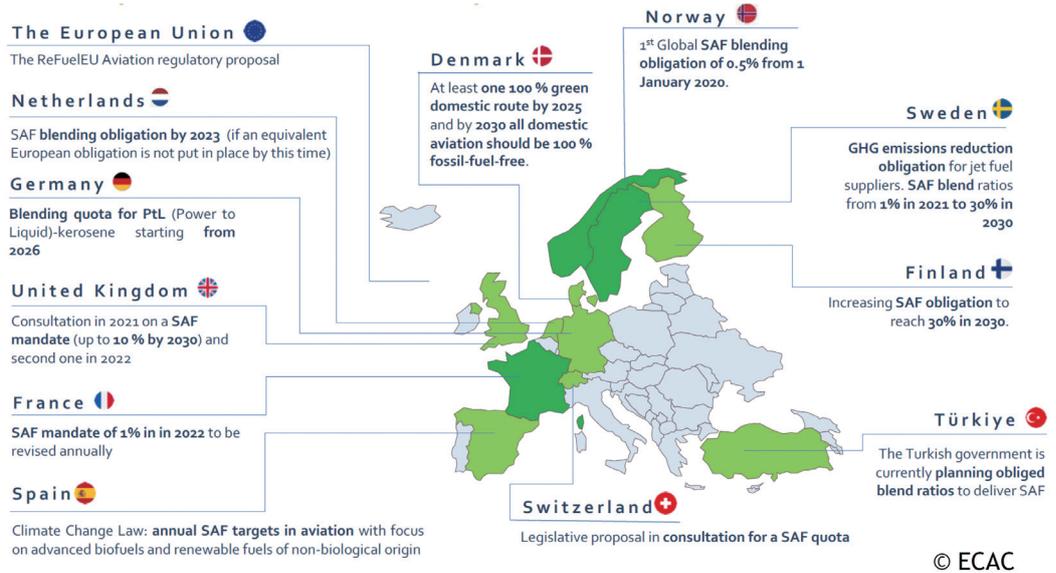
Source: S&P Global Platts; EIA

미국의 SAF 정책 채택 현황¹³⁾

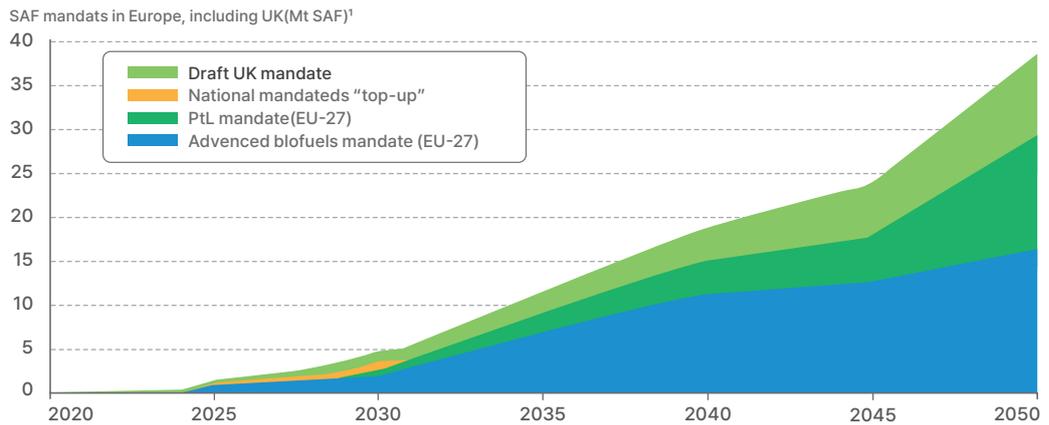
✏️ 유럽의 SAF 정책 동향

- EU의 2050 탄소중립 목표:** 법적 구속력이 있으며, 2021.06.30 유럽 기후법(European Climate Law)과 파리조약에 명시함. 2030년 순배출량 감축목표를 55%까지 상향. 이 목표는 제안된 법안의 “Fit for 55” 패키지를 통해 구현함.
- EU의 재생에너지지침 (Renewable Energy Directive, RED):** 운송에 대한 특정 목표와 함께 EU의 재생 가능 에너지 목표 설정함. 하지만, SAF는 운송 대상을 준수하는 데 사용할 수 있지만 의무는 아님. 고급 및 PtL 연료에 대한 하위 목표를 설정하고, 식품 및 공급 원료에 대한 캡을 설정하였으며, 간접 토지 사용 변경(Indirect Land Use Change, ILUC) 위험이 높은 공급 원료에 대한 단계적 폐지를 설정함. 항공 연료의 더 높은 가격 격차를 인식하고 SAF가 식품 또는 공급 원료에서 제공하지 않는 경우 1.2배 크레딧을 인정함.

13) S&P Global Platts, EIA



유럽의 SAF 사용 의무화 현황¹⁴⁾



유럽의 SAF 사용 의무화로 예상 사용량¹⁵⁾

- **EU의 배출권거래제도 (Emission Trade System, ETS):** GHG 배출 제한을 위한 상한선 거래 메커니즘으로, 항공분야는 2008년도에 ETS에 포함되어 2012년부터 운영중임. 현재 유럽경제지역 내 항공편, 영국, 스위스로 출발하는 항공편에 적용중에 있으며, 주로 다른 ETS 분야 허용을 통해 2013-2020년 항공분야 2억톤의 순배출량 감소를 달성함. EU ETS 지침을 통한 ICAO CORSIA의 구현을 보장하고 CORSIA에 대한 광범위하고 효과적인 참여를 촉진함. 유럽 내 항공편은 EU ETS 적용 및 유럽 외 항공편은 CORSIA를 적용하고 있으며, SAF 전개를 가속화하기 위해 화석 연료와 SAF 사이의 가격 격차의 일부 또는 전체를 충당하기 위해 2천만 ETS 허용량을 예약함.

14) European Civil Aviation Conference

15) SkyNRG

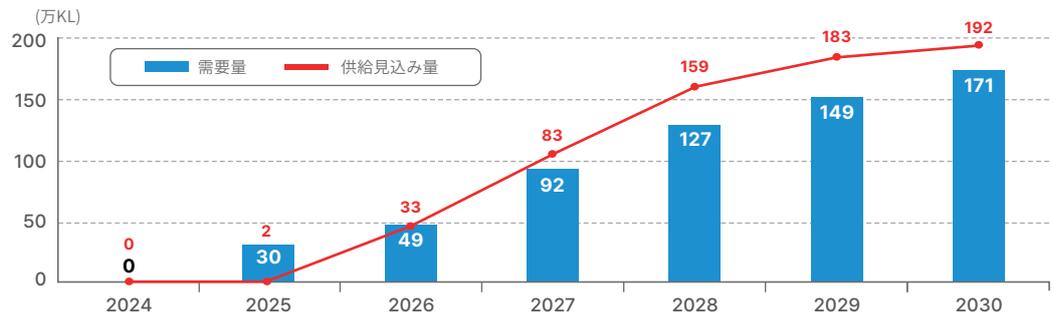
- ReFuelEU Aviation: European Commission(EC)에서 2021.07에 항공 연료 공급업체에 대한 혼합 의무를 통해 EU에서 SAF의 공급과 수요를 늘리기 위한 ReFuelEU Aviation 발표하고, 2023.05에 수요의무공급량을 확정함. 명령은 국가 수준이 아닌 EU 수준에서 적용(지침이 아님)하고 있음. SAF 최소 사용량을 2025년 2%에서 시작하여 5년 간격으로 증가하여 궁극적으로 2050년 70% SAF 의무 혼합을 목표로 하고 있음. 특히, 2030년부터 e-fuel에 대한 0.7%의 하위 의무가 포함되며 2050년에는 35%로 점차 증가하는 것을 목표로 함.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SAF	2%	6%	20%	34%	42%	70%
e-fuel	-	1.2%	5%	10%	15%	35%

ReFuelEU 단계적 SAF 사용량 목표 상황

일본의 SAF 정책 동향

- 2030년 현재 SAF 사용량으로서 「일본 항공사의 연료 소비량의 10%를 SAF로 대체」를 목표로 하고 있음. 이 목표를 달성하기 위해서는 국제적으로 경쟁력 있는 국내 생산 SAF의 개발 및 제조를 촉진하고, 공급 측면의 공급업체 및 사용자 측면의 항공사와 협력하여 미래 공급망을 구축 예정임.



일본의 SAF 생산량 예측¹⁶⁾

- “에너지 공급 구조 고도화에 관한 법률”에 따라 2030년까지 SAF의 공급 목표량이 법적으로 규정. 수요 측면의 요구에 따라 항공 연료 소비의 최소 10% (171 만 kL에 해당)의무화 목표를 설정함. 171 만 kL 중 일본 항공사의 총 이용 목표는 880,000kL로 가정함.
- 공급 측면에서 필요하고 충분한 SAF 제조 능력과 원자재 공급망(개발 및 수입 포함)을 확보하고, 국제적으로 경쟁력 있는 가격으로 SAF를 안정적으로 공급할 수 있는 시스템을 구축하고, 수요 측면에서 SAF를 안정적으로 조달할 수 있는 환경을 조성을 위한 지원 조치를 마련함.

16) GX 기본 정책 참조 자료 (09 Oct 2023)

제 5장 R&D 투자동향

✎ SAF 확대를 위한 경쟁적인 R&D 진행

- **HEFA 기반 SAF 제조 기술:** 향후 팜유를 원료로 이용하는 HEFA SAF가 유럽에서 활용 금지가 예상됨에 따라 폐기물 및 부산물 기반의 동식물성 유지 원료를 중심으로 R&D가 진행되고 있으며, Neste(핀란드), Honeywell-UOP(미국), Total(프랑스), Air BP(영국) 등이 기술을 보유하고 있음.
- **Co-processing 기반 SAF 제조 기술:** 동식물성 유지 및 비유지 등의 원료 종류 및 수급 한계 극복이 가능하고 기존 정유사 설비를 활용할 수 있어 메이저 정유사에서 상용화 공정 개발 진행중임. Preem(스웨덴), Neste(핀란드), Repsol(스페인) 및 BP(독일) 등 유럽 전역의 여러 회사에서 R&D 투자중임.
- **열분해 오일 유래 SAF 제조 기술:** 장기적 수급 가능한 목질계 바이오매스 기반 원료를 적용 가능함. 수열액화 기술은 하수, 분뇨 및 식품 가공 폐기물과 같은 다양한 저비용 습식 공급 원료를 처리가 가능함. 현재 상업용 실증 단계에 있으며 2030년 이후에 출시될 가능성이 높음.
- **Gas-FT 기반 SAF 제조 기술:** 셀룰로오스 또는 도시고형폐기물을 원료로 활용 가능하며, 현재 TRL 6~8에 해당하는 기술 수준으로 향후 연료도입 가능성 높음. Fulcrum(미국), Velocys(영국) 등 회사에서 R&D 진행중.
- **ATJ 기반 SAF 제조 기술:** 적용 가능한 원료 종류 및 수급이 장기적으로 용이함. 알코올 및 기타 비유지 원료를 활용 가능하고, 현재 TRL 5~7에 해당하는 기술 수준이며 SAF도입 가능성이 높음. Gevo(미국), Red Rock(미국), LanzaJet(미국) 등 회사에서 R&D 진행중.
- **미세조류 유래 유지 활용 SAF 제조 기술:** 일부 아시아 국가에서 유지 원료 수급 제약으로 미래 지향형 기술로 국가 R&D를 중심으로 투자를 진행하고 있음.
- **e-Fuel형 SAF 제조 기술:** 이산화탄소 및 그린 수소 등의 탄소중립 원료를 활용하여 SAF 제조하는 것으로, 유럽의 일부 완성차 업체에서 R&D를 주도하고 있으며, 현재 상용규모 공정이 개발중에 있음. 국내 정유사에서도 기술을 개발중에 있으며, 향후 바이오매스 유래 원료 수급의 한계를 고려할 때 주요 SAF 생산 기술로 각광받을 가능성이 매우 높음.



제 6장 참고문헌

1) Our World in Data (2023)

<https://ourworldindata.org/search?q=CO2+emission+by+sectors> (09 Oct 2023)

2) Petronet (2023)

<https://www.petronet.co.kr/v3/index.jsp> (09 Oct 2023)

3) IATA (2023)

<https://www.iata.org/> (09 Oct 2023)

4) Waypoint 2050 (2023)

<https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>
(09 Oct 2023)

5) Neste (2021), “Boosting the use of SAF-Sustainable Aviation Fuel”

https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/232175/Presentation_Thorsten-Lange_2021-04-14_Neste-SAF.pdf (09 Oct 2023)

6) ICAO (2023), “Conversion processes”

<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>
(09 Oct 2023)

7) World Economic Forum (2021), “Guidelines for a Sustainable Aviation Fuel Blending Mandate in Europe”

https://www3.weforum.org/docs/WEF_CST_EU_Policy_2021.pdf (09 Oct 2023)

8) 머니투데이 (2022), “폐식용유 잘 팔리는 이유... 지속가능한 항공연료 시대”

<https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022042017263278301> (09 Oct 2023)

9) Fueling Future (2020)

https://www.ebaa.org/app/uploads/2021/09/1mabimvxn_print-1.pdf (09 Oct 2023)

10) 제39차 총회 결의문 A39-3 Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), 2016, ICAO

11) Net zero 2050: sustainable aviation fuels

12) SAF Grand Challenge Roadmap, 2022

13) S&P Global Platts, EIA

14) European Civil Aviation Conference

15) SkyNRG

16) GX 기본 정책 참조 자료 (09 Oct 2023)

17) Airport Council International (2021)

<https://www.ati.org.uk/wp-content/uploads/2022/06/saf-integration.pdf> (09 Oct 2023)

(기술·연구·표준) 동향

바이오항공유의 국내·외 동향



한양대학교



본 이슈 리포트는 산업통상자원부의 국가 표준 기술력 향상 사업인 '수송 및 발전 분야의 바이오연료 보급 활성화 기반 조성' 과제의 수행 일환으로 제작되었습니다.