

지속가능항공유(SAF), 연료를 넘어 탄소금융으로

김희성 책임연구원, 소재인프라연구센터 (hskim78@posri.re.kr)

목차

1. SAF, 탄소금융 시장으로의 확장
2. 규제시장에서의 수익화: RIN, LCFS, 45Z
3. 자발적시장에서의 수익화: Book & Claim
4. 인센티브 수익 극대화: Value Stack
5. 시사점

Executive Summary

- **SAF(지속가능항공유) 시장은 연료 거래를 넘어, 탄소 집약도(CI) 차이를 크레딧·세액공제·인증서 등으로 수익화하는 탄소금융 시장으로 확장**
 - 연료생산자·상사·투자자에게 CI 관리 역량은 곧 수익 창출 역량이며, 본고는 이를 규제시장, 자발적시장, Value Stack 관점에서 분석
- **규제시장에서는 RIN·LCFS·45Z 등 미국 연방·주(州) 제도가 SAF에 추가 수익을 제공**
 - SAF는 D4 RIN(U\$2.11/갤런)을 통해 가장 큰 수익을 확보하며, LCFS는 원료의 CI에 따라 U\$0.36('26.1월 기준)의 추가 크레딧 수익이 발생
 - 45Z는 CI에 따라 최대 U\$1.0/갤런(기존 U\$1.75에서 축소)의 세액공제를 제공하며, 북미산 원료 요건 신설로 역외산 저CI 원료 기반 사업의 수익성에 직접 영향
- **자발적시장에서는 Book & Claim을 통해 SAF의 탄소 속성을 실물 연료와 분리해 거래**
 - 기업은 Scope 3 감축 수단으로 SAFc를 구매하며, 가격은 일반 자발적 탄소크레딧(약 U\$6/tCO_{2e}) 대비 50~60배 높은 수준에서 형성
 - 다만 CORSIA 등 주요 규제체계에서의 의무이행 인정 여부는 아직 명확히 정리되지 않은 영역으로, 제도 정비 여부가 시장 확대의 변수
- **미국은 RIN·LCFS류·45Z를 결합한 Value Stack 구조를 통해 SAF의 사업 수익성을 뒷받침하는 시장을 구축·운영 중**
 - 인센티브 합계 규모('26.1월 기준)는 U\$2.59~3.15/갤런에 달하며, SAF 가격(U\$4.4/갤런)의 약 59%(캘리포니아 기준)를 차지해 항공유(평균 U\$2.26/갤런)와의 가격 격차를 상당 부분 상쇄
- **SAF 사업은 생산 역량 외에도 탄소 속성을 추적·배분·수익화하는 역량이 앞으로 더욱 중요해질 전망**
 - 원료, 공급 지역, 생산 배분, 판매 시장 선택에 따라 동일한 탄소감축 가치의 수익 규모가 달라짐
 - 미국은 인센티브 중심, EU는 ReFuelEU 기반 의무혼합 중심이라는 점에서 사업 전략도 지역별로 차별화할 필요가 있음

1. SAF, 탄소금융 시장으로의 확장

- SAF(지속가능항공유) 시장은 단순한 친환경 연료 거래를 넘어, 탄소감축 가치를 다양한 형태로 수익화하는 탄소금융(Carbon Finance) 시장으로 진화
 - 탄소감축 가치의 크기는 탄소집약도(CI, Carbon Intensity)에 의해 결정되며, CI는 원료 채취부터 연소에 이르는 전 과정에서 발생하는 온실가스를 에너지 단위당(gCO₂e/MJ)으로 환산한 지표
 - 동일한 생산공정을 사용해도 어떤 원료와 생산경로를 활용하느냐에 따라 CI가 크게 달라짐
 - 이에 따라 연료생산자, 상사, 투자자에게 있어 CI 관리 역량은 곧 수익 창출 역량을 의미
- 본고는 SAF의 탄소감축 가치가 경제적 가치로 전환되는 구조를 세 갈래로 나누어 살펴봄
 - 첫째, RIN·LCFS·45Z 등 정부가 설계한 의무이행·세제 체계를 통해 SAF 공급자가 수익을 확보하는 규제시장(Compliance Market)
 - 둘째, 기업들이 Scope 3¹ 감축 목표 달성을 위해 SAF의 탄소감축 가치를 인증서(SAFc) 형태로 구매하는 자발적시장(Voluntary Market)
 - 셋째, 규제시장에서 RIN·LCFS류·45Z 등 복수의 인센티브가 하나의 SAF 배치(batch)에서 동시에 적층되며 만들어내는 부가가치(Value Stack)

¹ Scope 3: 기업 가치사슬(Value Chain) 전반에서 발생하는 간접 배출로, 출장·물류·원재료 조달 등이 포함

2. 규제시장에서의 수익화: RIN·LCFS·45Z

- SAF의 탄소감축 가치는 미국 내 연방·주(州) 차원의 세 가지 규제수단을 통해 직접적인 현금 흐름으로 전환
 - RIN(연방 재생연료표준), LCFS류(캘리포니아·오리건·워싱턴 등 주 단위 저탄소연료제도), 45Z(연방 세액공제)는 모두 미국 연방 또는 주 정부가 운영하는 제도로, 본 장에서 다루는 인센티브 구조는 미국 시장에 특화된 것
 - 세 인센티브는 원칙적으로 동시 청구가 가능해 SAF 1갤런에 복수의 수익원이 중첩되며, 이 적층 구조와 수익 규모는 4장에서 별도로 다룸

(1) RIN: 연방 재생연료 의무혼합제도의 크레딧

- RIN(Renewable Identification Number)은 미국 EPA²가 운영하는 연방 재생연료표준(RFS)³ 체계에서 발행되는 크레딧으로, SAF는 일반적으로 D4(바이오매스 기반 디젤) RIN을 생성
 - 정유사·수입사 등 의무이행 당사자는 연간 의무 혼합량(RVO, Renewable Volume Obligation)을 충족하지 못하면 시장에서 RIN 구매가 필요
 - RIN 발생량은 연료의 에너지 밀도를 에탄올 기준으로 환산한 equivalence value에 따라 결정되며, 에너지 밀도가 높을수록 동일 1갤런당 더 많은 RIN이 발생
 - 에탄올 1갤런 당 1RIN(기준), 바이오디젤 1.5RIN, 재생디젤 1.6~1.7RIN, SAF 1.6RIN 부여
 - '26.1월 기준 D4 RIN 가격은 U\$1.32/RIN으로, SAF 1갤런(1.6RIN)에

² EPA(Environmental Protection Agency): 미국 환경보호청

³ RFS(Renewable Fuel Standard): 미국 연방정부(EPA)가 운영하는 재생연료 혼합의무제도로, 연료 공급자에게 일정 이상의 바이오연료 혼합을 의무화하고 RIN을 통해 의무이행을 관리

대해 U\$2.11의 가치를 형성

【 그림 1 】 RIN 종류 및 가격('26.1 월 기준)

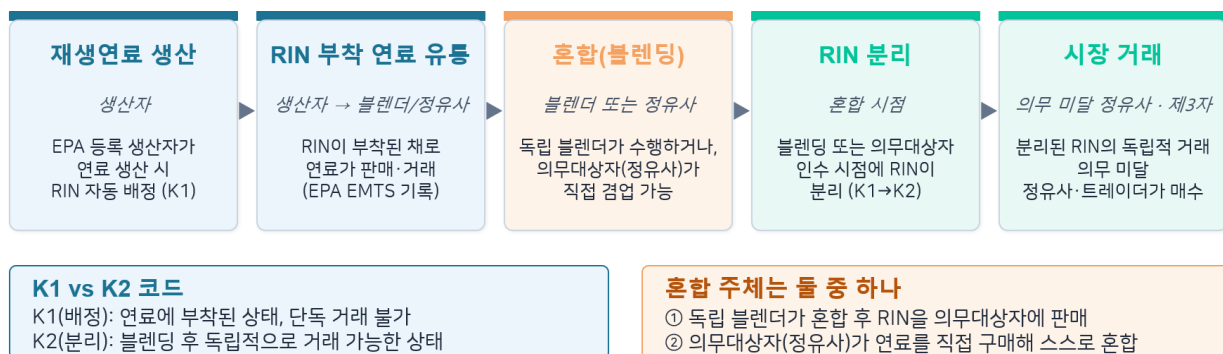
코드 구분	연료 유형	주요 특징	가격 (U\$/RIN)
D6	Renewable Fuel (전통적 재생연료)	옥수수 전분 유래 (생애주기 20%↑ 감축, 2007년 이전 시설은 면제)	1.23
D5	Advanced Biofuel* (첨단 바이오연료)	사탕수수 등 비옥수수 원료 기반 (생애주기 50%↑ 감축)	1.32
D4	Biomass-based Diesel (바이오매스 기반 디젤)	재생 가능 바이오매스 기반 (생애주기 50%↑ 감축)	1.32
D3	Cellulosic Biofuel (셀룰로스 바이오연료)	셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 등 잔재물 기반 (생애주기 60%↑ 감축)	2.39

* 사탕수수 등 비옥수수 곡물 에탄올뿐 아니라 RNG, 재생 나프타-LPG, 석유와 공동처리(co-processing)한 재생디젤 등도 포함됨.
SAF는 일반적으로 D4 RIN을 생성하며, SAF 생산공정에서 함께 나오는 나프타-LPG 등 부산물은 D5(첨단 바이오연료)로 분류

* 자료: Argus('26.1월), EPA RFS 개요 등 POSRI 정리

- RIN은 생산 시점에 연료에 부착(배정)되어 함께 거래되다가 블렌딩 시점(또는 의무대상자 인수 시점)에 분리되어 독립적인 거래 상품이 되며, 분리 이후에는 의무 미달 정유사뿐 아니라 제3자 트레이더도 자유롭게 매매 가능

【 그림 2 】 RIN 생성 및 거래 메커니즘



* 자료: EPA RFS 개요 등 POSRI 정리

(2) LCFS: 탄소집약도(CI) 기준 크레딧·데피짓 제도

- LCFS(Low Carbon Fuel Standard)는 캘리포니아 대기자원위원회 (CARB)가 '10년에 도입한 운송연료 탄소집약도 규제 제도로,

오리건(CFP)·워싱턴(CFS)·캐나다 브리티시컬럼비아(BC-LCFS) 등에서 도 유사 제도 운영 중

○ CARB는 매년 연료 유형별 CI 기준선(Benchmark)을 고시하며 기준선을 지속 강화

- 항공유 대체연료 기준선은 '24년 87.89gCO₂e/MJ에서 '25년 81.70으로
조정되었으며 '26년 80.17, '30년 74.03으로 강화 예정
- 기준선보다 CI가 낮은 연료는 크레딧(Credit)을 생성하고, 높은 연료는
데피цит(Deficit) 발생
 - 크레딧은 가솔린·디젤·항공유 대체연료에서 생성 가능, 데피цит은
가솔린·디젤 부문에서만 발생

【 그림 3 】 크레딧·데피цит 산정 공식

$$\text{Credit / Deficit (MT/gal)} = (\text{CI}_{\text{Benchmark}} - \text{CI}_{\text{Pathway}}) \times \text{Energy}_{\text{displaced}} (\text{MJ/gal}) \times 10^{-6} (\text{MT/gCO}_2\text{e})$$

● CI Benchmark (gCO₂e/MJ) CARB가 연도별로 고시하는 CI 기준선	● CI Pathway (gCO₂e/MJ) 원료 채취·생산·운송·연소 전 과정을 합산한 해당 연료의 실제 CI	● Energy displaced (MJ/gal) 해당 연료가 대체하는 화석연료의 에너지량
CI Benchmark > CI Pathway → 양수 → Credit 생성		CI Benchmark < CI Pathway → 음수 → Deficit 발생

* 자료: CARB('25.7.16일) 자료 POSRI 정리

- 크레딧은 LRT-CBTS⁴를 통해 발행·거래·소각되며, 최근('26.1월) California
Spot 시장 크레딧 가격은 U\$63.25/MT('22년 초 거래가 U\$150/MT)로
정책·수급에 따라 변동성이 큰 시장

○ SAF는 연료 판매가와 별개로 크레딧 수익이 발생하며, 수익 규모는 원료(Feedstock)가 결정하는 CI 차이에 좌우

- 동일한 원료라도 생산지, 운송거리, 수소 공급 방식 등 생산
경로(Pathway)에 따라 CI가 달라지며, CARB는 CA-GREET 모델을 활용해

⁴ LRT-CBTS(Low Carbon Fuel Standard Reporting Tool and Credit Bank & Transfer System): CARB가 운영하는
LCFS 크레딧 발행·거래·소각 관리 시스템

개별 Pathway로 CI를 인증 및 관리

【 그림 4 】 주요 원료별 CI 비교표(CARB 인증)

구분	원료	원료 조달 지역 (운송 방법)	생산시설 (지역)	CI (gCO ₂ e/MJ)	Pathway
폐기물·부산물	UCO	북미 (트럭)	Phillips 66 Rodeo (캘리포니아)	22.00	AJF001B05920700
	UCO	중국 (해상)	Phillips 66 Rodeo (캘리포니아)	30.36	AJF001B08251700
	Tallow (동물성·가금류 지방)	미국 콜로라도 (철도)	REG Geismar (루이지애나)	24.50	AJF002B04214000
	Tallow (동물성·가금류 지방)	호주 딘모어 (트럭+해상)	AltAir Paramount (캘리포니아)	28.00	AJF002B02681005
	증류 옥수수유	북미 (철도+트럭)	Montana Renewables (몬테나)	31.66	AJF003B05281601
	증류 옥수수유	북미 (트럭)	AltAir Paramount (캘리포니아)	36.50	AJF003B05920400
작물 기반	카놀라유	북미 (해상+철도)	Phillips 66 Rodeo (캘리포니아)	53.89	AJF006B08250500
	카놀라유	북미 (철도)	Montana Renewables (몬테나)	55.53	AJF006B05281301
	대두유	북미 (바지선+해상+철도)	Phillips 66 Rodeo (캘리포니아)	58.29	AJF005B08250200
	대두유	아르헨티나 (해상)	Phillips 66 Rodeo (캘리포니아)	65.42	AJF005B08252900

CI < 30
CI 30-44
CI 45-59
CI ≥ 60

* 자료: CARB('26.5.19 updated) 데이터 기반 POSRI 정리

- '26년 항공유 CI 기준선(80.17) 대비 원료별 크레딧 수익은 UCO 기반 U\$0.48/갤런, 대두유 기반 U\$0.12/갤런으로 약 U\$0.36/갤런의 수익 차이 발생
 - '22년 초 크레딧 가격 기준으로는 두 원료 간 격차가 U\$0.82/갤런 까지 확대
- 연간 1,000만 갤런(약 3만톤) 거래 기준 현재 크레딧 가격에서도 UCO 기반은 연간 약 U\$480만, 대두유 기반은 약 U\$120만의 크레딧 수익이 발생하며, 원료 선택만으로 연간 약 U\$360만(약 55억원*)의 수익 차이 발생

* U\$1= 1,514원 ('26.6.17일)

【 그림 5 】 원료 CI 차이에 따른 크레딧 수익 비교

UCO (CI: 22.00 AltAir Paramount 북미 조달) $(80.17 - 22.00) \times 126.37 \times 10^{-6}$ = 0.00735 MT/gal • CI Benchmark : 80.17 gCO₂e/MJ (CARB 2026년) • CI Pathway: 22.00 gCO₂e/MJ • Energy: 126.37 MJ/gal	대두유 (CI: 65.42 Phillips 66 Rodeo 아르헨티나 조달) $(80.17 - 65.42) \times 126.37 \times 10^{-6}$ = 0.00186 MT/gal • CI Benchmark : 80.17 gCO₂e/MJ (CARB 2026년) • CI Pathway: 65.42 gCO₂e/MJ • Energy: 126.37 MJ/gal
--	--

원료	CI (gCO ₂ e/MJ)	생성 크레딧 (MT/갤런)	수익 (U\$65/MT 기준)
UCO (북미, AltAir)	22.00	0.00735 MT	U\$0.48/갤런
대두유 (아르헨티나, P66)	65.42	0.00186 MT	U\$0.12/갤런
차이	43.42	0.00549 MT	U\$0.36/갤런

* 자료: CARB('26.5.19일) 자료 기반 POSRI 추정

○ 저탄소연료 생산자와 의무이행 당사자(화석연료 정유·수입사) 간 직접 거래 외에 상사 등 제3자를 통한 거래 시장도 형성

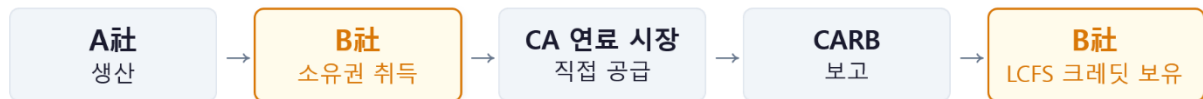
- 상사는 타이밍 미스매치(분기 발행·연말 수요 집중) 해소, 소규모 크레딧의 물량 집계, 지역 간 크레딧 가치 차이를 활용한 차익거래 등을 통해 수익을 창출
 - '26.1월 기준 오리건 CFP 현물가 U\$174/MT, 동월 캘리포니아 LCFS 거래가 U\$63.25/MT로 오리건이 약 2.75배 높은 수준
- 생산자는 상사와의 장기 오프테이크 계약을 통해 가격 불확실성 없이 안정적 수익을 확보
- 상사가 연료의 소유권을 직접 취득해 SAF·재생디젤 등을 캘리포니아 시장에 공급할 경우 해당 LCFS 크레딧을 직접 생성·보유·매도 가능
 - 단, 연료 생산자로부터 Fuel Reporting Entity 지위를 이전 받았거나, 생산자가 해당 물량에 대해 LCFS에 참여하지 않아야 함(LCFS 규정 §95483)
- Mercuria Energy America(MEA)는 환경상품 트레이딩 부문을 통해 LCFS 크레딧·RIN을 함께 거래

【 그림 6 】 공급 주체에 따른 LCFS 크레딧 귀속 예시

예시 ① 생산자 A社가 직접 공급



예시 ② 상사(트레이더) B社가 소유권 취득 후 공급



* 자료: CARB, LCFS Regulation §95483 자료 활용 POSRI 구성(가상의 예시)

(3) 45Z: 연방 청정연료생산 세액공제

□ 45Z는 미국 IRA⁵에서 도입된 SAF 생산자 대상 연방 세액공제로, CI에 따라 공제액이 달라지는 구조이며 생산자가 IRS⁶에 직접 환급 신청

- 생산자가 청구한 세액공제는 미국 연방 세법(IRC⁷ §6418)에 따라 제3자(투자자 등)에게 현금으로 양도 가능
- 연료의 CI가 낮을수록 공제 규모는 증가하며 CI 50(kgCO₂e/mmBTU) 이상이면 공제액 미발생, CI 0 이면 최대 공제액인 U\$1.0/갤런을 수령

【 그림 7 】 45Z 세액공제 산정 공식

세액공제(U\$/갤런) = 최대 공제액(U\$1.0/갤런) × 배출계수

배출계수 = (50 - CI [kgCO₂e/mmBTU]) ÷ 50

* gCO₂e/MJ → kgCO₂e/mmBTU 환산 계수: 1.055

* 자료: Federal Register("26.2.4일) 자료 POSRI 정리

- 예시: CI 40 g/MJ(=42.19 kg/mmBTU)인 SAF의 경우, 배출계수는 (50-42.19)/50 ≈ 0.156이 적용되어 45Z 세액공제는 ≈ U\$0.16/갤런

⁵ IRA(Inflation Reduction Act): 미국 인플레이션감축법

⁶ IRS(Internal Revenue Service): 미국 국세청

⁷ IRC(Internal Revenue Code): 미국 연방 세법

- '25.7월 OBBBA⁸ 서명으로 최대 공제액이 기존 U\$1.75/갤런에서 U\$1.0/갤런으로 축소되었으나, 적용 기한은 '27년에서 '29년까지 2년 연장
- OBBBA는 원료 출처 요건도 신설해 '26.1.1일 이후 생산 연료는 원료가 북미(미국·캐나다·멕시코)산이어야만 45Z 적용 가능
 - 중국, 러시아, 북한, 이란과 연관된 특정 외국 단체(SFE)⁹는 '25.7.4일부터, 외국 영향 단체(FIE)¹⁰는 '27.7.4일부터 청구 자격 배제

3. 자발적시장에서의 수익화: Book & Claim

- 2장에서 살펴본 RIN·LCFS·45Z가 미국 내 규제 의무 이행과 연계된 시장이라면, Book & Claim은 SAF의 탄소감축 가치를 분리해 특정 국가·지역에 국한되지 않고 거래할 수 있는 자발적 시장
- SAF는 현재 일부 공항에만 공급되어 항공사·기업이 사용을 원해도 물리적 접근이 어려운 경우가 많음
 - 항공기는 전 세계를 운항하며 귀항 비행을 위해 현지 공항에서 재급유가 필요하나, SAF 공급은 유럽·북미 등 일부 지역에 제한
- 이에 SAF 업계는 실물 연료와 환경적 속성(Environmental Attributes)을 분리해 거래하는 Book & Claim 모델을 도입
 - 생산자는 SAF를 실제 공항에 공급하는 동시에 환경적 속성을 별도의 인증서(SAFc) 형태로 분리해 전 세계 수요처에 판매 가능
 - 환경적 속성이란 연료 생산 과정에서 발생하는 다양한 환경적

⁸ OBBBA(One Big Beautiful Bill Act): '25.7월 서명된 미국 연방 법률로, 45Z 세액공제 한도 축소 및 원료 출처 요건 신설 등을 포함

⁹ 특정 외국 단체(SFE, Specified Foreign Entity): 중국·러시아·북한·이란 정부가 직접 소유하거나 통제하는 기업, 중국 국영기업 또는 이들 4개국 정부 지분이 일정 비율 이상인 회사

¹⁰ 외국 영향 단체(FIE, Foreign-Influenced Entity): SFE 또는 특정 국가로부터 일정 수준의 지분, 이사회 영향력, 또는 계약상 통제를 받는 기업

특성을 의미하며, Book & Claim 시장에서는 이 중 탄소배출 감축 효과에 해당하는 탄소 속성(Carbon Attributes)이 거래의 핵심 대상

- 재생에너지 시장의 REC와 유사한 개념으로, 물리적 흐름과 탄소 속성의 흐름을 분리한다는 점이 핵심
- SAFc 구매 기업은 실제 급유 여부와 무관하게 해당 감축분을 Scope 3 감축 실적으로 활용 가능
 - 가치사슬 외부의 감축량을 구매해 상쇄(Offsetting)하는 일반 탄소크레딧과 달리, SAFc는 자사 가치사슬 내 배출량(Scope 3) 자체를 줄이는 감축(Reduction) 수단이라는 점에서 차별화(상쇄 ≠ 감축)

□ Book(등록) → Transfer(이전) → Claim(소각)의 3단계로 운영

- (Book) SAF 생산자가 ISCC, RSB, ClassNK 중 하나의 인증을 받아 원료·생산공정·CI 정보를 레지스트리에 등록하면 SAFc 발행
 - SAFc는 발행 시점에 chain of custody¹¹와 트레이더 인증¹²을 보유한 주체에게 귀속되며, 생산자뿐 아니라 해당 물량을 취급하는 공급자(상사 등)도 귀속 대상
- (Transfer) 발행된 SAFc는 레지스트리 내 계정 간 이전을 통해 거래되며, 판매자는 이전 이후 해당 탄소감축분에 대한 권리를 상실
- (Claim) 구매자가 SAFc를 소각(retire)하면 해당 기업만 온실가스 감축 효과를 주장 가능
- 항공사의 Scope 1¹³ 감축과 기업의 Scope 3 감축을 구분 관리하기

¹¹ Chain of Custody(관리연계): 인증된 SAF 물량의 지속가능성 속성이 공급망을 거치며 누구에게 귀속되는지를 추적·관리하는 체계

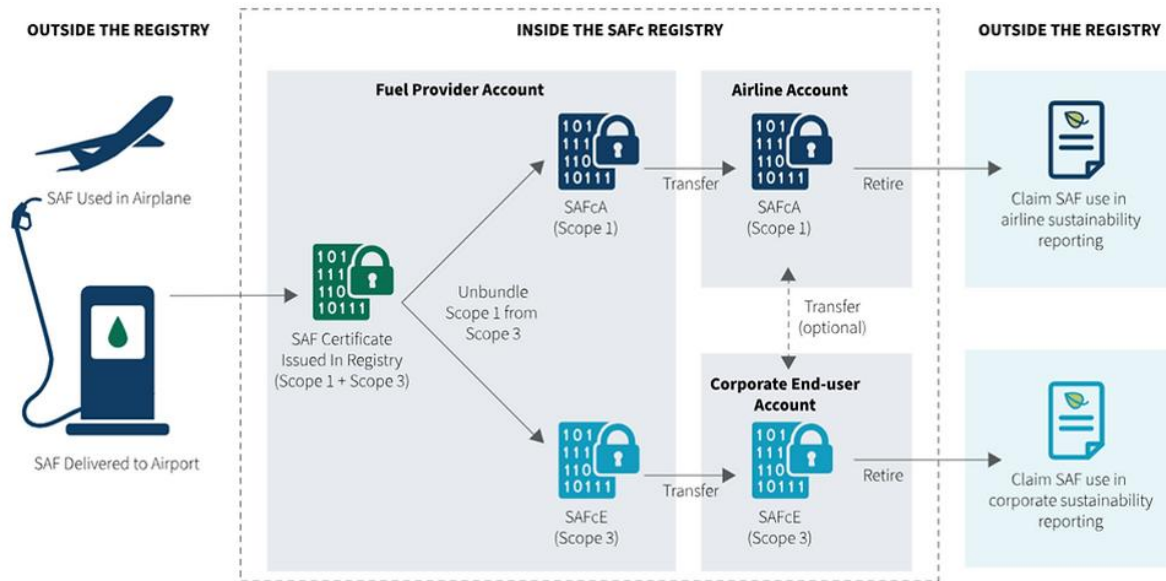
¹² 트레이더 인증: 상사·트레이더의 CoC(관리연계) 운영 체계를 제3자 인증기관이 감사해 부여하는 자격으로, RSB Book & Claim Trader는 별도 증빙 없이 SAFc 발행이 가능하나 ISCC-ClassNK(mass balance) Trader는 공항 등 control point까지의 물리적 인도 증빙이 추가로 필요

¹³ Scope 1-2: GHG Protocol의 온실가스 배출 구분 기준 중 Scope 1은 기업이 직접 소유·통제하는 설비가 연료를 연소하면서 발생하는 직접배출, Scope 2는 구매한 전력·열 등 에너지 사용에 따른 간접배출을 의미(Scope 3은 각주1 참조)

위해 SAFcA(Scope 1)·SAFcE(Scope 3) 회계 체계가 등장

- SAFcA(Scope 1): 항공사의 직접배출(Scope 1) 감축 효과를 귀속하기 위한 인증 체계
- SAFcE(Scope 3): 항공 운송 과정에서 발생하는 간접배출(Scope 3) 감축 효과를 기업에 귀속하기 위한 인증 체계

【 그림 8 】 SAFc 발행 및 Scope 1-3 감축분의 분리 귀속



*자료: RMI('25.5월)

- 동일 SAF 배치에서 SAFcA·SAFcE 동시 발행·활용은 가능하나, 동일 Scope 내 동일 감축 효과를 복수 기업이 동시에 주장하는 것은 이중계산으로 금지
 - 예시: 동일 SAFcE를 Microsoft와 DHL이 동시에 Scope 3 실적으로 주장하는 것은 불허

□ 인증기관과 레지스트리가 SAFc 시장의 신뢰성을 뒷받침

- SAF의 지속가능성 인증과 SAFc 발급·등록은 서로 다른 절차이며, 둘 다 뒷받침되어야 시장의 신뢰성이 확보되는 구조

- SAF의 지속가능성 인증은 ICAO¹⁴가 공식 인정한 ISCC, RSB, ClassNK 세 곳에서 연료 자체가 인증된 원료·공정을 거쳐 온실가스 감축 기준을 충족했는지를 검증
- SAFc의 발급·이전·소각 이력은 레지스트리(RSB Registry, SAFc Registry(RMI·EDF), IATA¹⁵ SAF Registry 등)를 통해 관리
 - SAF 인증기관이 특정 레지스트리를 강제하지 않아 트레이더가 플랫폼을 선택하는 구조이며, 플랫폼별 기준이 달라 상호운용성 확보는 향후 과제
 - 이에 따라 동일 물량이 여러 레지스트리에 중복 등록되는 이중 발행(double issuance) 리스크가 존재하며, 레지스트리 간 상호검증 체계는 아직 시범 단계

○ 현재 수요는 기업의 Scope 3 감축 수요가 주도

- Microsoft, Meta, Morgan Stanley, DHL 등이 임직원 출장 및 화물 운송 과정의 Scope 3 배출 감축 수단으로 SAFcE를 구매하며, SABA (Sustainable Aviation Buyers Alliance)가 기업 수요를 집계해 공동구매를 추진
- 항공사 대상 SAFcA 거래는 CORSIA¹⁶ 1단계('24~'26년, 자발적 참여)에서는 항공사들이 더 저렴한 EEU¹⁷ (U\$20/tCO₂e 내외)를 선호해 제한적이나, '27년 2단계 의무화 이후 수요 확대 예상

□ SAFc는 가격 협상이 당사자 간 직접 협상으로 이루어져 공개 시세가 없으나, 주요 사례와 지표를 통해 tCO₂e당 약 U\$300~400

¹⁴ ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구): 유엔 산하 전문기구로, 193개 회원국이 참여하여 국제 민간항공의 안전, 보안, 효율, 환경 보호를 위한 표준과 권고안을 제정 및 운영

¹⁵ IATA(International Air Transport Association): 전 세계 약 340개 항공사를 회원으로 둔 민간 항공업계 협회로, 글로벌 항공 운송의 80% 이상을 대표

¹⁶ CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, 국제항공 탄소상쇄·감축제도): ICAO가 '16년에 도입한 제도로, 국제항공 부문의 탄소중립 달성을 위해 항공사에 온실가스 상쇄·감축 의무를 부과하며, SAF를 감축 수단으로 인정함

¹⁷ EEU(CORSIA Eligible Emissions Units, CORSIA 적격배출단위): ICAO가 승인한 탄소크레딧으로, 항공사가 기준선을 초과하는 국제항공 배출량을 상쇄하는 데 사용되며, 1단위는 1톤의 CO₂ 감축·제거를 의미

수준으로 추정

- (구매약정 역산) '24.4월 SABA 집단구매에서 20여 개사가 5년간 약 U\$2억으로 50만 tCO_{2e} 규모 SAFc 구매 약정 → 암묵단가 약 U\$400/tCO_{2e}
- (프리미엄 환산) 유럽 SAF 프리미엄(화석 항공유 대비 톤당 평균 U\$1,100)을 SAF 1톤당 감축량(약 3.21tCO_{2e}, HEFA 기준)으로 나누면 약 U\$340/tCO_{2e}
- (지불의사 조사) RMI의 23개 기업 구매자 조사 결과 평균 WTP는 U\$300/tCO_{2e}
- 일반 자발적 탄소크레딧(VCM) 평균 거래가(약 U\$6/tCO_{2e}) 대비 약 50~60배 높은 수준으로, 제한적인 인증 SAF 공급과 기업의 Scope 3 감축 수요 확대가 프리미엄을 지지

□ 다만 Book & Claim의 규제·회계상 인정 수준은 영역별로 온도차가 있어 향후 시장 확대의 변수

- CORSIA 의무이행에 SAFc 같은 제3자 발행 인증서를 활용할 수 있는지는 ICAO 공식 입장과 업계 레지스트리 운영 방식 사이에 해석 차이가 있어, 아직 명확히 정리되지 않은 영역
- SBTi¹⁸·GHG Protocol¹⁹은 자발적 시장(Scope 3) 회계기준을 정립 중으로, 최종 가이드는 '26~'27년경 발표 예정

4. 인센티브 수익 극대화: Value Stack

□ SAF 1갤런이 만드는 수익은 연료 판매가뿐 아니라 2장에서 다룬

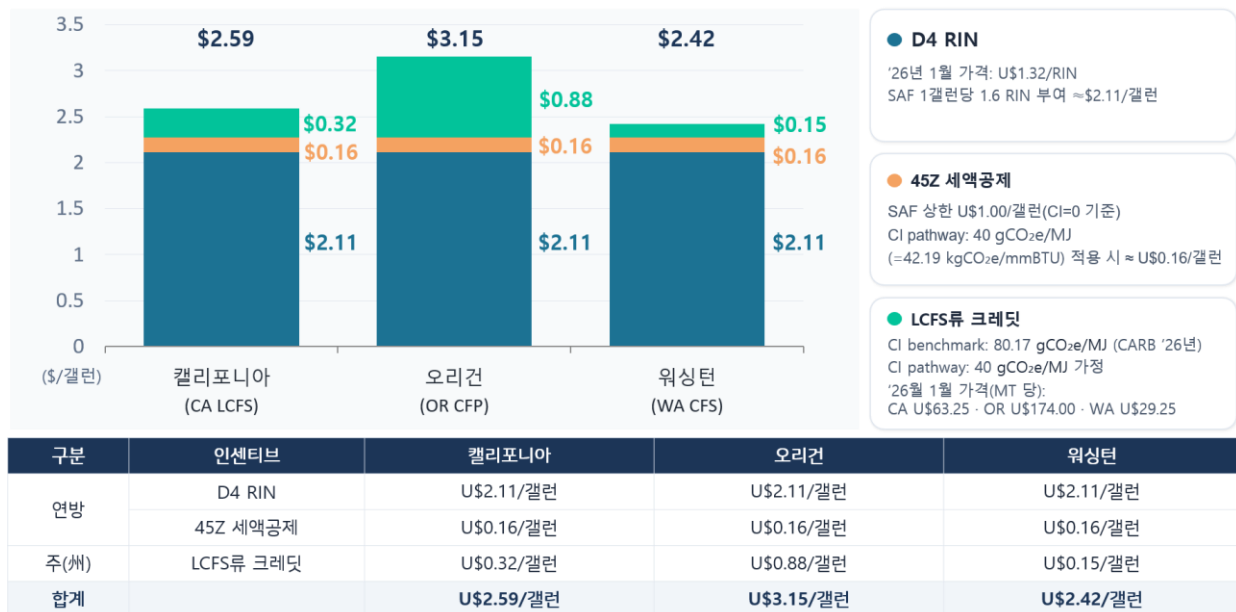
¹⁸ SBTi(Science Based Targets initiative): 기업의 넷제로 및 온실가스 감축 목표의 적정성을 검증하는 국제 이니셔티브

¹⁹ GHG Protocol: 기업의 Scope 1-2-3 배출량 산정 기준을 제시하는 국제 탄소회계 표준

복수의 인센티브와 탄소 크레딧이 층층이 쌓이는 구조로 형성되며, 업계는 이를 Value Stack이라 칭함

- Value Stack은 미국의 운송연료 전문 컨설팅펌 Stillwater Associates가 매월 지역별·원료별로 분석해 발표하는 업계 통용 분석 개념
- RIN·45Z·주(州) 저탄소연료제도(캘리포니아 LCFS, 오리건 CFP, 워싱턴 CFS)는 원칙적으로 동시 청구 가능하며, 이 적층을 통해 SAF 갤런당 U\$2.59~3.15 수준의 수익이 발생
 - 동일한 SAF라도 캘리포니아·오리건·워싱턴 중 어느 시장에 공급하느냐에 따라 갤런당 최대 U\$0.73(오리건·워싱턴 간)까지 수익 차이 발생

【 그림 9 】 미국 서부 해안 3 개 주 SAF Value Stack 비교 ('26.1 월 기준)



※ OR CFP·WA CFS 값은 CA LCFS의 CI 기준선(80.17)을 공통 적용한 값으로, 각 주의 자체 모델(OR-GREET 등) 적용 시 다소 달라질 수 있음, 실제 연료 CI 값은 40으로 가정

*자료: POSRI 추정

- '26.1월 기준 캘리포니아 Value Stack(U\$2.59)은 SAF 가격(U\$4.4/갤런)의 약 59%로, 탄소감축 인센티브가 SAF 사업 수익성을 뒷받침하는 핵심 요인

- '26.1월 기준 미국 서부 해안 SAF 가격은 U\$4.4/갤런 수준이었던 반면,

같은 시기 미국 항공유 가격은 U\$2.08~2.44(평균 U\$2.26)/갤런으로 SAF가 약 2배 높은 수준

- 캘리포니아 Value Stack(U\$2.59)이 이 가격 격차(U\$2.14/갤런)를 상쇄

○ 다만 Value Stack은 RIN·LCFS류·45Z 등 규제시장 인센티브만을 반영한 수치로, 3장에서 다룬 SAFc를 통한 자발적 시장 가치는 미포함

- 동일 물량에 대해 규제시장 인센티브와 SAFc를 병행 인정할 수 있는지 여부는 아직 통일된 기준이 없으며, 추가성(Additionality) 인정 범위를 둘러싼 논의가 지속 중
- 따라서 Value Stack과 SAFc는 단순 합산 가능한 가치라기보다, 제도·레지스트리·회계기준별 인정 범위에 따라 실현 가능성이 달라지는 별도의 수익 경로로 이해할 필요

□ Value Stack 극대화는 SAF 1배치가 이론적으로 도달 가능한 최대 가치(RIN, LCFS류 크레딧, 45Z 모두 실현)에 얼마나 근접하느냐의 문제로, 원료·생산·지역·시점에 대한 의사결정이 실현 범위를 좌우

○ (원료공급자·생산자) 저CI 원료 확보와 45Z 자격 충족이 동시에 가능한 포트폴리오 구성이 관건

- '26.1월 이후 45Z는 북미산 원료만 인정해, 역외산 저CI 원료(중국산 UCO 등)는 RIN·LCFS류 크레딧 자격은 유지되나 45Z를 잃는 트레이드오프 발생
- RFS Set 2²⁰에서 제안됐던 RIN 역외산 50% 삭감 조항은 최종규칙에서 빠졌으나 '28년경 재추진 가능성이 있어, 이 트레이드오프가 RIN까지 확대될 가능성 존재

○ (생산자·정유사) SAF와 RD(재생디젤) 중 어느 쪽에 생산을 배분할지는 Value Stack 비교로 결정

- 현재는 RD가 D4 RIN 발급량(최대 1.7 vs SAF 1.6)에서 SAF보다 큰 우위를 확보하며 우위의 핵심은 RIN 격차

²⁰ RFS Set 2: EPA가 '26.4월 확정한 '26~'27년 재생연료 의무혼합 규칙

- LCFS류 크레딧의 경우 RD의 SAF 대비 에너지 함량(129.65 vs 126.37 MJ/gal) 차이로 인한 갤런당 추가 크레딧은 약 0.0001톤 수준으로 미미(CI 기준선 80.17, 실제 연료 CI 40 가정)
- 다만 '27년부터 RFS Set 2 규칙에 따라 RD·SAF의 RIN 발급량이 모두 1.5로 낮아져(RD 1.6~1.7→1.5, SAF 1.6→1.5) RIN 측면의 격차가 사라질 예정
- 또한 워싱턴주의 SAF 세액공제(연 2,000만 갤런 생산 시 발효, 최대 U\$2/갤런), 자발적시장에서의 SAFc 확대(RD에는 없는 SAF 고유의 수익 경로)가 맞물리며 수익성 우위가 SAF로 이동할 가능성
- **(상사·트레이더) 동일 SAF를 어느 시장에 공급하느냐에 따라 인센티브 가치가 크게 달라져, 지역별 가격차를 활용한 공급 배분과 저장 인프라를 통한 시차 차익이 핵심 수익원**
- '26.1월 기준 오리건 CFP(U\$174/MT)는 캘리포니아 LCFS(U\$63.25/MT)의 약 2.75배로, Delta Air Lines가 '25.9월 오리건 주 포틀랜드공항에 SAF 공급을 시작한 것도 이 격차에 따른 것으로 분석

5. 시사점

- 미국 규제시장에서의 SAF 탄소 감축의 경제적 가치는 지역 최적화와 정책 노출 관리가 경쟁요소
- UCO 등 저CI 원료는 공급이 제한적인 반면 글로벌 SAF 수요가 증가해 원료 확보 경쟁이 심화되고, 원료 공급자는 연료 판매가 외에 환경가치를 반영한 프리미엄 협상이 가능
- 상사는 저장 인프라와 공급 시점·지역 조정을 통해 크레딧 가치가 높은 시점·시장으로 물량을 배분함으로써 추가 수익 확보 가능
- 45Z의 북미산 원료 요건, RFS Set 2의 RIN 역외산 규제 재추진 가능성 등 정책 변화는 역외산 원료 기반 사업의 수익성에 직접 영향

□ SAFc 구매 자발적 시장은 물리적 공급 제약을 우회하는 새로운 탄소금융 자산의 등장

- Book & Claim은 SAF의 물리적 공급 제약을 극복하고 탄소감축 가치를 독립적인 거래자산으로 전환함으로써 새로운 탄소금융 시장을 형성
- 다만 CORSIA 의무이행에 활용할 수 있는지는 ICAO 공식 입장과 업계 레지스트리 운영 방식 사이에 해석 차이가 있고 SBTi-GHG Protocol 기준도 정립 중이라, 규제·회계상 인정 여부가 향후 시장 확대의 변수
- 레지스트리 간 상호운용성이 표준화되면 SAFc는 ESG 수단을 넘어 SAF 프로젝트의 투자·금융조달을 지원하는 핵심 시장으로 발전할 가능성

□ SAF 사업은 생산 역량 외에도 탄소 속성을 추적·배분·조합하는 탄소금융 역량이 앞으로 더욱 중요해질 전망

- 두 시장을 관통하는 공통점은 SAF라는 물리적 연료보다 거기서 분리되는 탄소 속성이 별도 가치 단위로 거래된다는 점이며, 이를 어떻게 인식, 추적, 배분하느냐가 수익 규모를 결정
- 원료·지역·생산 배분·시장 선택·보유 시점 등 모든 의사결정은 결국 '동일한 탄소 속성을 어디서, 언제, 누구에게 귀속시킬 것인가'의 문제로 귀결
- 신규 진입 기업의 핵심 역량은 원료 확보와 설비 투자에 더불어, 탄소 속성 인증·추적 체계에 대한 이해와 복수 시장을 모니터링해 최적 조합을 찾는 운영 역량으로 수렴

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서]

Airlines for America(A4A) (2024.04), "U.S. Airline Principles on Use of Book and Claim"

Argus (2026.01), "Argus Americas Biofuels Issue 26-19"

CARB (2025.07), "Low Carbon Fuel Standard Regulation — OAL Approved Unofficial Version"

CARB (2026.05), "LCFS Pathway Certified Carbon Intensities"

Ecosystem Marketplace (2025.05), "State of the Voluntary Carbon Market"

Federal Register (2026.02), "Section 45Z Clean Fuel Production Credit" (REG-121244-23)

IATA (2025.05), "Excessive SAF Fees in the EU – a lost opportunity to abate 2.7 million tonnes of CO2"

ICAO (2023), "ACT-SAF Series #6: SAF Accounting and Book and Claim Systems"

ICAO (2026.01), "Book and Claim Explained: Sustainable Aviation Fuels Accounting and CORSIA"

IETA (2025.09), "Oregon Clean Fuels Program(CFP) at a Glance"

Regneener (2026.04), "Buying CORSIA Credits: A Buyer's Guide for 2026"

RMI (2024.09), "Unraveling Willingness to Pay for Sustainable Aviation Fuel"

RMI (2025.05), "A Step Toward Increased Access to Sustainable Aviation Fuel"

RMI-EDF, "SAFc Registry Rulebook" (상시 업데이트, docs.safcregistry.org)

RMI-EDF, "SAFc Registry User Guide: VI. SAF Certificates" (상시 업데이트, docs.safcregistry.org)

RSB (2021.12), "RSB Book & Claim Manual v2.0"

S&P Global (2026.05), "Platts launches European SAF Cost of Abatement Price Assessment May 11"

SABA (2024.04), "SABA Announces Historic Agreements to Purchase Sustainable Aviation Fuel Certificates to Grow Investment in Clean Fuel Technologies"

Stillwater Associates (2025.03), "Tracking the Stacks: Comparative Values for RD and SAF in West Coast Markets"

Stillwater Publication (2025.09), "August 2025: ICE Launches Market for Trading Physical LCFS Credits"

Sylvera (2026.05), "LCFS Credit Price: What Drives It, Where It's Heading, and How to Use CI Data"

Terrain Ag (2025.08), "One Big Beautiful Bill = Big Biofuel Benefits"

[홈페이지]

Airlines for America, Argus US Jet Fuel Index (<https://www.airlines.org/impact/#jet-fuel-prices>)

EPA, Renewable Fuel Standard Program 개요 (<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard/overview-renewable-fuel-standard-program>)

Mercuria, "Net Zero Solutions" (<https://mercuria.com/what-we-do/net-zero-solutions/>)