

## EUに追従する英国の合成燃料 (e-SAF) プロジェクト動向

- ◇EU から離脱した英国は、2023 年に EU が法制化した運輸部門での合成燃料利用義務化に追随し、持続可能な航空燃料(SAF)を 2030 年に 10%導入する法制化の準備を進める中、再生可能エネルギーを利用する合成燃料(e-SAF)の義務化についても本格的な検討を開始した。
- ◇2023 年には、e-SAF 製造を目指す新興企業への政府開発支援が 6 社に拡大した。
- ◇SAF 製造プラントは、国内の産業クラスター地域に建設される計画が多く、e-SAF プラントについては、再生可能エネルギーへのアクセスが容易な英国東部地区に集中している。
- ◇e-SAF を含めた SAF 製造法では、Fischer-Tropsch (FT)法が多く採用されており、新興企業 Zero Petroleum は、デモプラントからテストサンプル供給を開始、中東や豪州でのプラント建設に向けた協議を開始した。

## 1. はじめに

合成燃料は、広義には、非石油系の燃料として、バイオマス由来の原料を用いた燃料と再生可能エネルギーを使った非バイオマス系燃料に分かれる。後者は、RFNBO (Renewable Fuels of Non-Biological Origin) や e-fuel、Power-to-Liquid (PtL)と種々の用語が使われている。特に航空分野では、GHG 削減効果を持つ非石油系の持続可能な航空燃料 (SAF)のうち、e-fuel に該当するものを e-SAF と呼ばれている。

欧州連合 (EU) では、2023 年に SAF の導入義務化を定めた ReFuelEU Aviation 規則が成立し、この中で、e-SAF についての義務量を既定した。そのため、EU 域内では、ドイツや北欧に続き、フランスでも原発電力を利用した e-SAF 製造プロジェクトの立ち上げが 2023 年に一挙に報じられた。

これに対し、2020 年 1 月末に EU を離脱した英国は、独自にネットゼロに向けた燃料政策を打ち出しており、航空燃料については、2025 年までに国内に 5 カ所の SAF 製造プラントを新設し、2030 年までに国内航空燃料需要の 10%を SAF に置き換える目標を立てている。

本レポートでは、英国の SAF 製造プロジェクトのうち、e-SAF 製造への取組についてとりまとめた。

1. はじめに
2. 英国の航空分野のネットゼロ政策
3. 国内 SAF 技術開発プロジェクト
4. 新興企業による e-SAF への取組
5. おわりに

## 2. 英国の航空分野のネットゼロ政策

英国政府が2021年10月に発表したネットゼロ戦略では、2030年までに国内航空燃料に10%のSAF混合を実現するため、2025年までに英国で少なくとも5つの商業規模のSAFプラントを建設することが盛り込まれている。

英国では輸送燃料分野での合成燃料の利用に関する政策はEUよりも遅れており、政府の技術開発ロードマップも策定されていない中、2025年からはSAF利用を義務化する方針とされ、当面はバイオマス由来原料によるSAF利用が見込まれる。

2023年3月9日、政府はSAF義務化を盛り込んだエネルギー法の改正案を提出した。

法制化に向けたこれまでの経緯と今後の予定は以下のようになっている。

2021年7月23日～9月19日：第1回SAF義務化に関するコンサルテーション文書の意見募集

2022年7月19日：同コンサルテーションに対する政府回答

2023年3月30日～2023年6月22日：第2回SAF義務化に関するコンサルテーション文書の意見募集

2023年末：同コンサルテーションに対する政府回答（公開遅れ）

2024年：運輸省（DfT）が立法手続きを開始、SAF義務化関係者向けの詳細ガイダンスを発表

2025年1月1日：英国のSAF義務化開始

英国の法制化プロセスの特徴として、“コンサルテーション”は、パブリックコメント手続きを中核としながらも、法案策定の前段階で非公式の協議や関係者等への周知、あるいは、公聴会や諮問という形式をも含む、より広い概念となっている。

2回目のコンサルテーション「A second consultation on reducing the greenhouse gas emissions of aviation fuel in the UK」<sup>2</sup>文書では、英国運輸省（DfT）はSAF導入目標0.5%が「非常に野心的」であることを認めているが、2025年までに0.5%から4%の範囲、2030年10%のSAF導入目標を設定している。

その中で、現在需要が高まっているバイオマス系SAFについては、原料調達観点からHEFA（水素化植物油）原料に上限を設定し、不足分はe-SAFで補完していくとの考えに基づき、製造時の原発電力の活用、産業部門からのリサイクル炭素の利用、e-SAFの義務化とインセンティブ制度等61項目について意見を求めた。

この中で、e-SAFの導入シナリオを4ケース提示した（図1）。

今回提示された4ケースのうち、最もSAFの比率が高い野心的な4-超高位ケースでも、2030年から2040年のe-SAF比率はEUのReFuelEU Aviation規則の導入目標よりも抑えた数値となっている。

<sup>1</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>

<sup>2</sup> <https://www.gov.uk/government/consultations/pathway-to-net-zero-aviation-developing-the-uk-sustainable-aviation-fuel-mandate>

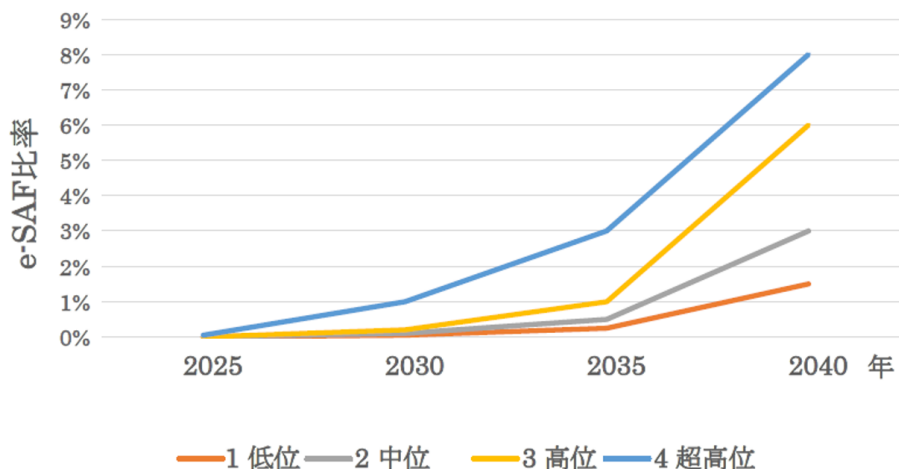


図1 航空燃料総需要に占める e-SAF の義務化範囲

(出所) 英国運輸省

”Pathway to net zero aviation: developing the UK sustainable aviation fuel mandate”<sup>3</sup>

これに対し、英国石連 UKPIA (2023年8月、Fuels Industry UK に改称) は、2023年6月にコンサルテーション全項目に対し 31 頁にわたる意見書<sup>4</sup>を提出した。

この意見書では、政府が進める内燃機関自動車の販売禁止が実行されると、SAF 製造者は併産品となる再生可能ガソリン・軽油の用途が少なくなるため、より技術的な観点から脱炭素規制を考えるべきとの指摘し、また、e-SAF は現状では英国国内での製造見通しが立っていないことから導入義務化は早すぎると意見を述べた。

具体的な法制化内容については引き続き審議動向を注視する必要がある。

### 3. 国内 SAF 技術開発プロジェクト

国連の専門機関である国際民間航空機関 (ICAO) や EU が中心となるグローバルな e-SAF 導入の計画に追随する形で、英国運輸省 (DfT) は、2022年7月に先進燃料ファンド (Advanced Fuels Fund、

<sup>3</sup> <https://www.gov.uk/government/consultations/pathway-to-net-zero-aviation-developing-the-uk-sustainable-aviation-fuel-mandate>

<sup>4</sup> <https://www.ukpia.com/media-centre/news/2023/government-should-set-achievable-targets-for-sustainable-aviation-fuel-or-risk-higher-prices-for-passengers/>

AFF) 5プログラムを立ち上げており、SAF 製造プラント開発の初期段階の FS や FEED を支援するため、2025 年 3 月末までに 1 億 3,500 万ポンドの助成金を割り当てた。

このファンド運営には、英国のコンサルティング企業である Ricardo Energy & Environment と ERM (旧 E4tech) が携わっている。

2022 年の第 1 回公募では 5 社が、2023 年の第 2 回公募では 9 社が採択された。このうち、e-SAF については 2022 年には 1 社、2023 年には 5 社が採択されており、英国が e-SAF に注力し始めたことが明らかとなった。

採択された e-SAF プロジェクトは、いずれも新興企業による提案であることも欧米の状況と類似している。

図 2 に示した英国内に分布する産業クラスターには、GHG 排出量の大きい発電所やセメント工場、製油所、化学プラントがあり、地域のネットゼロ化に向けた産業転換が計画されている。新設される SAF 製造プラントは、これらの地域で建設計画が組まれている。

バイオマス系 SAF プロジェクトと再生可能エネルギーを利用する e-SAF プロジェクトを色分けして示した。商業プラント計画 6 件のうち、3 件の建設地はまだ公表されていない。

3 件の e-SAF プラント建設地には、北海での洋上風力発電にアクセスしやすい産業クラスター地域であるの Humberside と Teesside が選定されている。

Zero Petroleum は商業プラントの建設地を公表していないが、ビジネス展開を図るための小規模生産ができるデモプラント Plant Zero.1 を 2023 年 6 月、ロンドン北西部に位置する Bicester Heritage (ビスター・ヘリテージ) に開設した。

また、図 3 には、英国内の 17 件の SAF プロジェクトにつき各社の合成法を分類して示した。

米国資本の Phillips 66 Humber 製油所での HEFA (水素化植物油) SAF は、英国内で唯一、商業運転が行われており、その他は 2025 年以降に稼働予定となっている。

他の 16 件は、バイオマス資源を用いた合成燃料製造法として、Alcohol-to-Jet (エタノール又はメタノールから炭化水素液体燃料合成)、Gas+FT (ガス化後に FT 合成)、水熱液化 (HTL 法、高温高压下でバイオオイルを生成)、再生可能エネルギーを利用する e-SAF に分類される。

プロジェクト 16 件のうち、10 件が FT 法による SAF 合成であり、その中の e-SAF については 6 件のうち 5 件が FT プロセスとなっている。

---

<sup>5</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/advanced-fuels-fund-competition-winners/advanced-fuels-fund-aff-competition-winners>

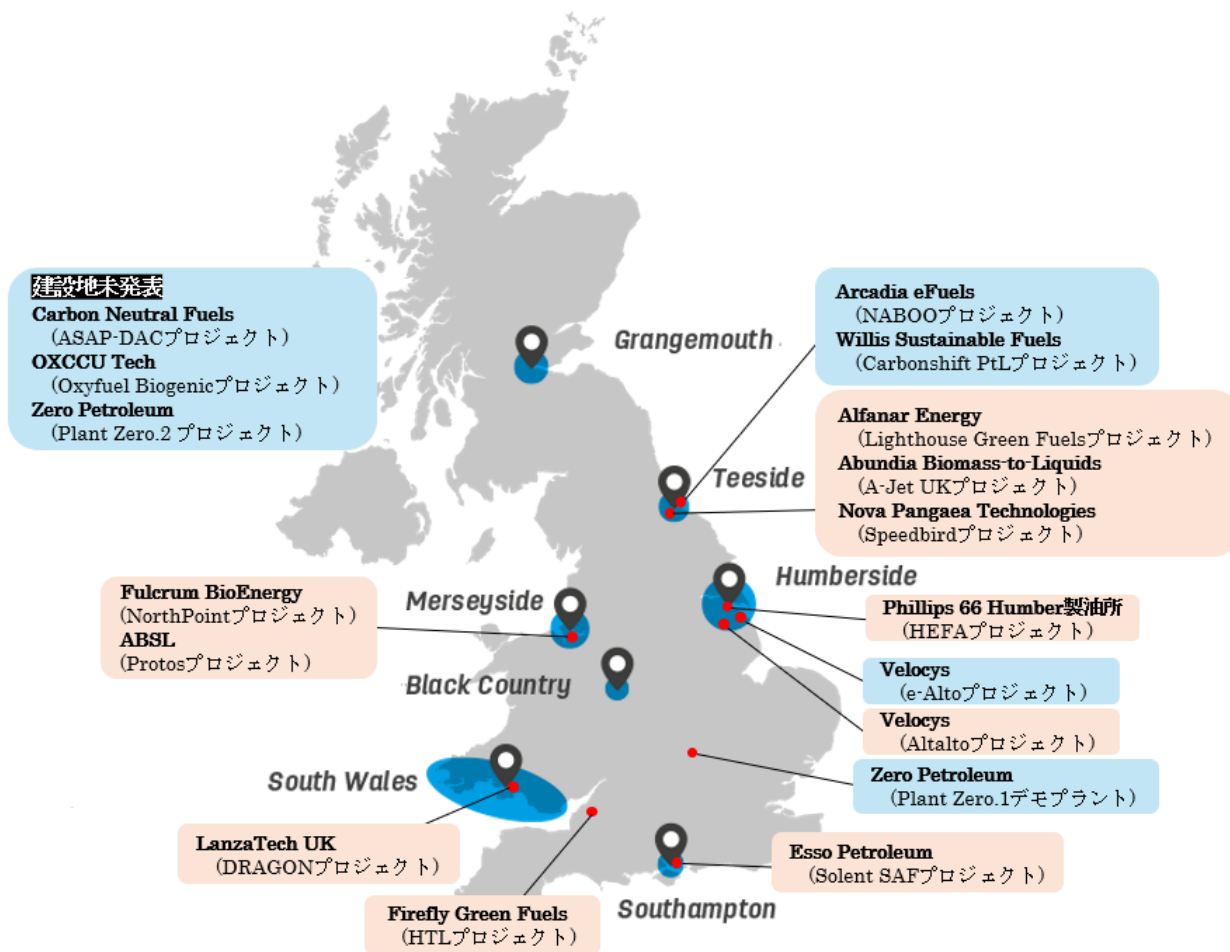


図2 英国の産業クラスター分布と SAF 製造プロジェクトサイト

注：   バイオマス系 SAF プロジェクト   e-SAF プロジェクト  
 (出所) 英国運輸省資料等を基に作成

英国のSAF製造プロジェクト（合成経路別）				
HEFA/ Co-processing	Alcohol-to-Jet	Gas + Fischer-Tropsch	水熱液化 (HTL)	e-SAF (Power-to-Liquid)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Phillips 66 (操業中)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LanzaTech</li> <li>LanzaTech/ Carbon Engineering</li> <li>Nova Pangaea Technologies</li> <li>Esso Petroleum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fulcrum BioEnergy</li> <li>ABSL</li> <li>Alfanar Energy</li> <li>Abundia Biomass-to-Liquids</li> <li>Velocys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Firefly Green Fuels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zero Petroleum</li> <li>OXCCU Tech</li> <li>Willis Sustainable Fuels</li> <li>Carbon Neutral Fuels</li> <li>Arcadia eFuels</li> <li>Velocys</li> </ul>

図3 英国における SAF 製造者の合成経路分類

(出所) 各社報道を基に作成

#### 4. 新興企業による e-SAF への取組

前項で示した英国運輸省の先進燃料ファンドプロジェクト採択者のうち、e-SAF 関係 6 社とも合成燃料製造のために設立された新興企業であり、半数は 2020 年以降に設立されている。

表 1 に示すように、各プラントの稼働開始は 2026 年以降であり、生産規模では Arcadia eFuels が年産 6.8 万トンと他社より大規模なものである。

液体燃料化技術については、OXCCU Tech の CO<sub>2</sub> 直接水素化法を除いて FT 法が採用されている。

ドイツやフランス等では、e-メタノールからの e-SAF 製造法 (MtJ) を選択したプロジェクトもあるが、現時点で英国では採用されていない。

また、液体燃料化技術を積極的に自社技術としてアピールしているケースもある一方、自社技術か他社から技術導入か非公表のケースもある。

表 1 新興企業による e-SAF 製造プロジェクト

企業	商業プラント建設地	プロジェクト名	稼働開始年 /e-SAF生産量	液体燃料化技術
Zero Petroleum	未発表	Plant Zero.2	2026年 最大6,100トン/年	FT法 (自社開発DirectFT®)
OXCCU Tech	未発表	Oxyfuel Biogenic プロジェクト	2026年 最大 7,400トン/年	CO <sub>2</sub> 一段階直接水素化法
Willis Sustainable Fuels	(Teesside地区)	Carbonshift PtL プロジェクト	2026年 最大1.4万トン/年	FT法 (自社開発Carbonshift)
Carbon Neutral Fuels (CNF)	未発表	ASAP-DAC プロジェクト	2027年 最大1.2万トン/年	FT法
Arcadia eFuels (本社：デンマーク)	(Teesside地区)	Nabooプロジェクト	2028年 最大6.8万トン/年	FT法
Velocys	Immingham (Humberside地区)	e-Altoプロジェクト	—	FT法 (自社開発触媒・反応器)

(出所) 各社報道を基に作成

##### (1) Zero Petroleum<sup>6</sup> (2019年3月設立、本社：ロンドン)

自社開発の Direct FT 技術を特徴とした e-ガソリン製造で注目を集めている同社は、e-SAF 製造に技術展開を行うため、2022年7月に英国運輸省の先進燃料ファンドから 350 万ポンドを獲得し、商業プラントの建設を目指す。

2023年春、オックスフォード近郊に世界初の「完全な機能を備えた」合成燃料工場 (Plant Zero.1) と謳ったデモプラントを開設した。

既にモーターレースや空軍プロペラ機での実証試験を実施済みであり、2024年にはデモプラントの増強も計画されている。

元 F1 エンジニアである Paddy Low が設立した同社は、2023年、英国内メディア<sup>7</sup>で数多く紹介され

<sup>6</sup> <https://www.zero.co/>

<sup>7</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=LhVwJlSv8mA>

ると共に、国際的な事業展開も目指しており、ボーイング社、ロールスロイス社、アブダビ国営石油会社 (ADNOC) などの業界大手とパートナーシップ契約を結び、最近では合成燃料を製造する初のフォーミュラ 1® オフィシャルパートナーとなった。

さらに、本年 3 月 18 日には、オーストラリア南部に位置する南オーストリア州政府と、合成燃料プラント建設に関する覚書 (MoU) に調印しており、早ければ 2026 年に生産を開始する機会を探っている。

同社が提案する商業規模の生産工場は、同社の技術とグリーン水素、再生可能電力、炭素回収を組み合わせ、高性能機械、輸送インフラ、航空を含む既存の内燃機関で使用される、

今回提案のプラントが現地で完成すれば、年間 6 千 KL~1.2 万 KL の 100%カーボンニュートラルなガソリン、航空燃料、ディーゼル燃料が生産され、毎年最大 6 万トンの GHG 削減効果が見込まれる。

このプラント建設計画の重要な要素はグリーン水素の調達であり、同社は南オーストリア州政府の水素関連産業の雇用計画の一環として、同州で製造されたグリーン水素を使用するオプションについて協議を行っている。

## (2) OXCCU Tech<sup>9</sup> (2021 年 7 月設立、本社：オックスフォード)

2021 年にオックスフォード大学化学科からスピニアウトした同社には、最初の資金提供者としてイタリアの石油大手 ENI が含まれている。

自社開発触媒を使って、逆水性ガスシフト(RWGS)と FT 合成の 2 段階プロセスを 1 段階の直接水素化プロセスとして統合したことが特徴であり、現在、The University of Sheffield Translational Energy Research Centre (TERC) と英国 Coryton (国際的な燃料ブレンダー、元 bp 製油所跡地で操業) と組み、デモプラント建設を検討している。Zero Petroleum と同様に、英国運輸省の先進燃料ファンドプログラムで採択されており、e-SAF 開発資金 280 万ポンドを 2023 年 11 月に調達した。

このプロジェクトでは、商業規模のプラントを 2026 年から稼働する予定で、フル稼働時には年産 7,400 トンの e-SAF 製造を見込んでいる。

そのため、3 年以内に、サイズの異なる 2 つのデモプラント (1 号基を Oxford 空港、2 号基場所は未発表) を建設した後、商業プラント建設に移行するとしており、中東での建設も視野に入るとしている。

## (3) Willis Sustainable Fuels (UK)<sup>10</sup> (2022 年 8 月設立、本社：ティーズサイド)

民間航空機エンジンの大手リース会社であり、航空サービスの世界的プロバイダーである米国 Willis Lease Finance Corp. (WLFC) の英国子会社である。

2023 年、英国運輸省 (DfT) 先進燃料ファンドから 470 万ポンドの助成金を獲得した。

産業クラスター Teesside を拠点とするこのプロジェクトでは、2026 年にプラントを稼働し、フル稼

<sup>8</sup> <https://dti.sa.gov.au/articles/zero-petroleum-fuels-south-australian-expansion-plans>

<sup>9</sup> <https://www.oxccu.com/>

<sup>10</sup> <https://www.willissustainablefuels.com/>

働時には年産 1.4 万トンの e-SAF 製造を見込んでいる。2024 年 3 月には建設承認が下りている<sup>11</sup>。

(4) Carbon Neutral Fuels<sup>12</sup> (2022 年 4 月設立、本社：ロンドン)

2023 年、英国運輸省 (DfT) 先進燃料ファンドから 138 万ポンドの助成金を獲得した。

FEED 作業を 2024~2025 年に完了し、2027 年にプラント稼働開始、フル稼働時には年産 1.2 万トンの e-SAF にスケールアップする予定であるが、建設地は未発表である。

CO2 原料は直接空気回収 (DAC) による CO2 とバイオマス由来 CO2 を混合して利用する。

DAC 技術は、英ロンドンに拠点を置く新興企業 Mission Zero Technologies<sup>13</sup>の技術を採用した。

(5) Arcadia eFuels<sup>14</sup> (2021 年設立、本社：米国テキサス州オースチン)

2023 年、英国運輸省 (DfT) 先進燃料ファンドから 1,240 万ポンドの助成金を獲得した。

Teesside を拠点とするこのプロジェクトは、2028 年のプラント稼働を目指し、フル稼働時には年産 6.8 万トンの e-SAF を生産する予定である。

同社は、2021 年設立時はデンマークに本社を置いていたが、2023 年に米国に拠点を移した。

同社の第 1 号プラントの建設地はデンマークであり、2026 年に年産 10 万 KL のプラントが稼働する予定となっている。このプラントの液体燃料化技術は、デンマーク Topsoe の FT 技術を採用した。

英国のプロジェクトは 2 カ所目となり、3 カ所目のプラントは米国メキシコ湾岸で建設すると一部報じられているが公式発表はなされていない。

(6) Velocys<sup>15</sup> (2006 年 2 月設立、本社：オックスフォード)

Velocys は、自社開発触媒と小型反応器からなる FT 反応器を開発しており、米国での SAF 製造プロジェクトの拡大を念頭に 2023 年 10 月、オハイオ州に反応器の製造工場を立ち上げた。

バイオマスガスからの FT 合成技術を展開した e-Alto プロジェクトでは、天然ガス発電所から回収する CO2 と北海の風力発電を利用したグリーン水素から e-SAF を製造する。

プロジェクトパートナーとして、触媒製造委託先の Clariant Catalysts、フランスのエンジニアリング会社 Technip Energies に加え、e-SAF 需要家である British Airways が参画している。

プロジェクトには総額 2,200 万ポンドを割り当てており、英国運輸省先進燃料ファンドからの 250 万ポンドは、FS、pre-FEED に使用するとしている。

同社は 2023 年に一時資金難に陥る事態となったが、新たな資本が注入され 2024 年 1 月に非公開会社として経営を再出発した<sup>16</sup>。

<sup>11</sup> <https://www.willissustainablefuels.com/sustainable-aviation-fuels-updates>

<sup>12</sup> <https://cnf.energy/>

<sup>13</sup> <https://www.missionzero.tech/>

<sup>14</sup> <https://arcadiaefuels.com/>

<sup>15</sup> <https://velocys.com/>

<sup>16</sup> <https://velocys.com/2024/02/12/velocys-secures-us40mm-of-growth-capital-and-begins-new-chapter-as-a-private-sustainable-aviation-fuel-technology-company/>



#### 4. おわりに

EU から離脱した英国では、気候変動対策を重視する政府のネットゼロ政策を反映し、エネルギー産業の転換の取組が進められる中で、2025 年からの SAF 義務化開始に向けた政府及び民間の取組の一つとして e-SAF に焦点を当て現状を整理した。

現時点の政府案では、2030 年から 2040 年の e-SAF 目標は EU の ReFuelEU Aviation 規則の導入目標よりも抑えた数値となっている。

供給面では、英国運輸省 (DfT) は、SAF 製造プラント建設を支援するため、2022 年 7 月に先進燃料ファンドプログラムを立ち上げ、2025 年 3 月末までに 1 億 3,500 万ポンドの助成金を割り当て、現在、e-SAF プロジェクト 6 件を支援している。

e-SAF 製造プロジェクトは、いずれも新興企業が手掛けており、技術面や資金面での課題を克服しつつ、国内での事業展開だけでなく、国際展開も図っていることが注目される。

英国の現状計画のプラント能力だけでは、十分な SAF 供給量は確保できないため、今後、国内や国外からの調達を目指した新たなプロジェクトの立ち上げが予想される。

このように、欧州の 2050 年ネットゼロに向けた SAF を含めた輸送用燃料の動向調査においては、EU 政府の動きに加え、各国が独自に打ち出す法制化や技術開発支援政策にも着目し、わが国のエネルギー産業への影響や関わりについて引き続き分析を行っていく。

(問い合わせ先)

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター 調査国際部 jrepo-0@pecj.or.jp

本調査は、一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター (JPEC) が資源エネルギー庁からの委託により実施しているものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2024 Japan Petroleum and Carbon Neutral Fuels Energy Center all rights reserved