

■海外情報

★再生可能エネルギー2023 2028 年までの分析と予測 《第2章:運輸用バイオ燃料》
(Renewables2023 Analysis and forecast to 2028)



Renewables 2023

Analysis and forecast to 2028

目 次

Executive Summary	7	
Chapter 1. Electricity.....	14	
Global forecast summary.....	14	
Net Zero Emissions by 2050 Scenario tracking.....	25	
Regional forecast trends.....	28	
Technology, market and policy trends.....	48	
Chapter 2. Transport biofuels	94	← 翻訳
Global forecast summary.....	94	
Net Zero Emissions by 2050 Scenario tracking.....	102	
Technology, market and policy trends.....	107	
Chapter 3. Heat	114	
Global forecast summary.....	114	
Net Zero Emissions by 2050 Scenario tracking.....	122	
Technology, market and policy trends.....	123	
Special section: Biogas and biomethane.....	131	
Introduction	131	
Biogas today	132	
Biogas and biomethane forecast	137	
Net Zero Emissions by 2050 Scenario tracking.....	140	

第2章 運輸用バイオ燃料

◆世界の動向概要

新興国がバイオ燃料利用の成長の加速を牽引

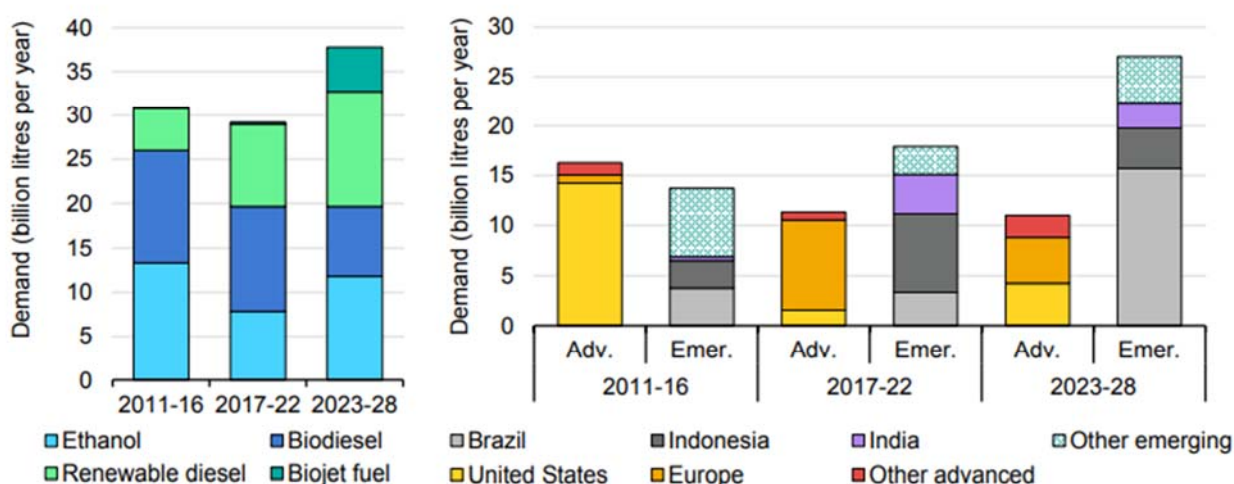
バイオ燃料の需要は、2023年から2028年にかけて過去5年間と比較して約30%（380億リットル）拡大すると予想される。バイオ燃料の総需要は2028年までに23%増加し2,000億リットルになる。再生可能ディーゼルとエタノールがこの増加の3分の2を占め、残りがバイオディーゼルとバイオジェット燃料が占める。

バイオ燃料の新規需要のほとんどは、新興国、特にブラジル、インドネシア、インドである。これら3国はいずれも、強固なバイオ燃料政策、運輸用燃料需要の増加、豊富な原料ポテンシャルを有している。エタノールとバイオディーゼルの使用は、これらの地域で最も拡大している。EU、米国、カナダ、日本などの先進国も運輸政策を強化しているが、電気自動車の普及、車両効率の向上、バイオ燃料の高コスト、技術的限界などの要因により、販売量の伸びは限定的である。再生可能なディーゼル燃料とバイオジェット燃料は、これらの地域の主な成長分野となる。

普及の加速ケースでは、既存の政策が強化され、新しい市場でのバイオ燃料需要が拡大するため、需要の伸びは予測のほぼ3倍になる(本章の「2050年までのネットゼロエミッションシナリオトラッキング」セクションを参照)。

燃料別(左)と経済タイプ別(右)の5年ごとのバイオ燃料需要の伸び、メインケース、2011-2028年

Five-year biofuel demand growth by fuel (left) and economy type (right), main case, 2011-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Adv. = advanced economies. Emer. = emerging economies.

注：Adv. = 先進国 Emer.=新興国

再生可能ディーゼルとバイオジェット燃料の消費量は、予測期間中に 180 億リットル増加し、米国と欧州がこの増加の 80%近くを占める。米国では、インフレ抑制法(IRA)、州レベルの低炭素燃料基準、再生可能燃料基準(RFS)の混合義務などが主な推進力となっている。また、米国は 2021 年に「持続可能な航空燃料グランドチャレンジ」を開始し、2030 年までに 110 億リットルの持続可能な航空燃料(SAF)の新規生産を目標としている。この目標に拘束力はないが、資金提供、研究、協調する努力が伴う。

欧州では、EU が、2030 年までに再生可能エネルギーの割合を倍増させることを目標とする最新の再生可能エネルギー指令(RED III)を承認した。加盟国は、2025 年までに国内政策を再生可能エネルギー29%目標または 14.5%GHG 排出削減目標のいずれかに合致させる必要がある。しかし、バイオ燃料需要の伸びは、指令のダブルカウント（二重計上）条項、運輸用燃料需要の減少、電気自動車と再生可能エネルギーのシェアの増加により、緩やかな伸びにとどまると予測される。

さらに、スウェーデンは、運輸部門のディーゼルの GHG 排出量削減目標を 34%ポイント引き下げることを提案しており、欧州の再生可能ディーゼル需要は 20%以上減少する。同時に、バイオジェット燃料の使用は、フランス、スウェーデン、ノルウェーの国レベルの政策や、2025 年までに SAF 混合率を 2%、2030 年までに 6%、e-フューエルのサブターゲットとして 1.2%とする ReFuelEU Aviation の目標に対応するために拡大する。

一方、エタノールとバイオディーゼルは予測期間中に 13%拡大し、新興国の成長が先進国の減少を相殺する。ブラジルは、フレックス燃料車にニートエタノールを使用することに加えて、2023 年にエタノール最大混合率を 27.5%から 30%に増やすことを目指しているが、インドは、2025/26 年までに 20%の混合目標、エタノール混合の保証、新しい施設への財政支援を通じて、エタノールの拡大を支援している。

欧州のエタノール需要は予測期間中にわずかに増加するが、ガソリン使用量の減少が予想され、エタノール混合率が 10%を超えることがほとんどない米国での減少によって相殺される。

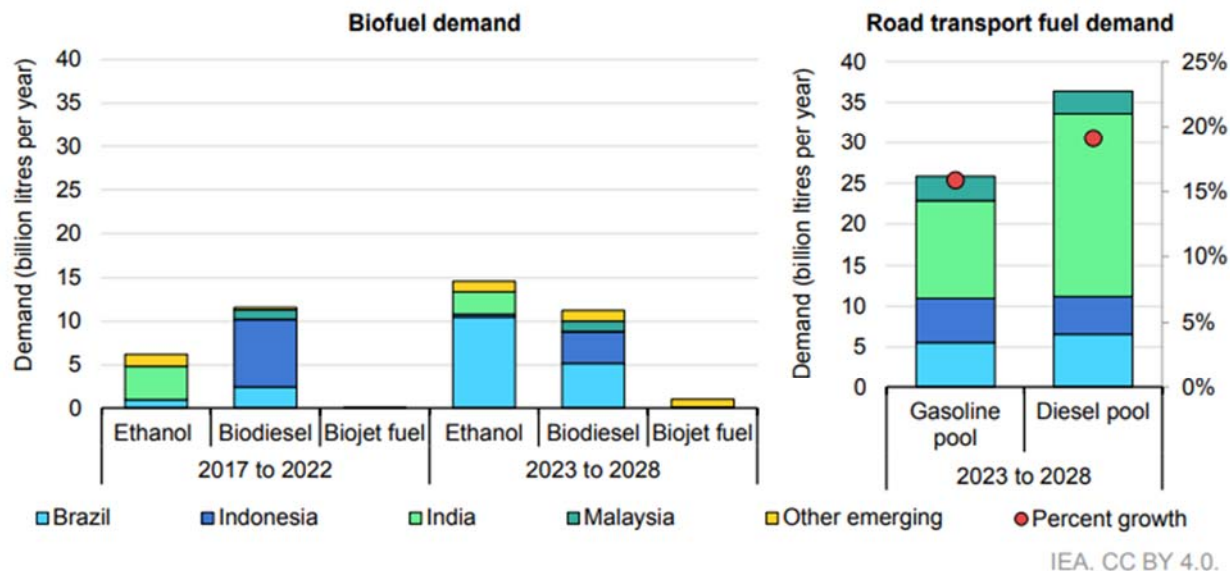
バイオディーゼルの消費量は、混合要件の拡大とディーゼル需要の増加のため、主にブラジル、インドネシア、ブラジルで拡大し続ける。これら 3 つの地域はすべて、再生可能ディーゼルの使用を認め、奨励する計画であるが、メインケースではほとんど普及しないと予測している。米国と欧州は、2028 年に世界のバイオディーゼル需要の 3 分の 1 以上を占める主要市場となるが、再生可能ディーゼルは、その優れた混合特性により、あらゆる新しい成長の要求を満足している。

新興国では、ブラジル、インドネシア、インド、マレーシアが最も成長

予測期間中の世界のバイオ燃料需要と生産量の伸びの 60%以上は、ブラジル、インドネシア、インド、マレーシアで発生する。これらの国全体では、エタノールが 130 億リットル、バイオディーゼルが 80 億リットル増加し、新興国における拡大のほぼすべてを占める。4 カ国はいずれも、包括的な政策、豊富な原料、石油・石油製品の輸入依存度の高さ、運輸需要の高まりなど、主な成長ニーズを共有しており、バイオ燃料は GHG 排出削減計画の中で大きく取り上げられている。これらの要因が、予測期間を通じてバイオ燃料の拡大を後押しすると予想される。

新興国における 5 年ごとのバイオ燃料需要の伸び(左)と自動車交通需要の伸び(右)、メインケース、2023-2028 年

Five-year biofuel demand growth (left) and road transport demand growth (right) in emerging economies, main case, 2023-2028



運輸用燃料の需要が急増する中、ブラジル、インドネシア、インド、マレーシアは、石油輸入への依存を減らすためにバイオ燃料への依存を継続するであろう。4 カ国すべてで、予測期間中にガソリン部分(ガソリンとエタノール)が 15%以上、ディーゼル部分(ディーゼルとバイオディーゼル)が 20%近く拡大すると予想されている。これらの国々は、増大する需要を満たすために、程度の差こそあれ輸入に頼ることになるが(例えば、インドは 90%近くを原油輸入に依存)、4 カ国とも既存の規制を強化している。世界的には、運輸用燃料の需要は 2028 年までにわずか 2%しか拡大しない。

しかし、バイオ燃料は 4 カ国すべてで割高であり、過去 10 年間のエネルギーベースでの平均価格は化石燃料よりも 15~80%高くなっている。したがって、インドネシア、マレーシア、インドでは、個人消費者や企業のコストへの影響を軽減するために、需要目標には燃料補助金による直接的支援が伴っている。

インドネシアは、パーム油ベースのバイオディーゼルとディーゼル燃料のコスト差をカバーするためにパーム油の輸出に課税し、マレーシアも同様のアプローチを採用している、インドは個々のエタノール原料に保証価格を設定し、価格の変化に合わせて定期的に更新し、エタノール税率も変更している。ブラジルでは、最大 27.5%のエタノール混合(予測期間中に 30%に上昇)が義務付けられており、エタノールの課税も低く、炭素削減クレジットにカウントされている。これらの取り組みは、エタノール価格の競争力を維持するのに役立っているが、砂糖、トウモロコシ、ガソリンの価格も一役買っている。歴史的に見ると、4 カ国ともガソリンとディーゼル燃料に補助金を支給してきた。

さらに、4 カ国とも国内の原料は豊富であるが、成長の規模拡大が支配的要素となろう。2022 年のマレーシアとインドネシアのパーム油生産の 19%をバイオディーゼル需要が占めているが、我々のメインケ

ースでは、パーム油の生産量が増加している一方で、この割合は 30%に上昇している。ブラジルでは、サトウキビ由来のエタノール生産の割合は、大幅な成長にもかかわらず、50%近くにとどまると予想されている。同様に、インドでのメインケースでは、サトウキビ生産に占めるエタノール需要の割合が、2022 年の 5%から 2028 年には 7%に拡大する。4 カ国すべてで既存および計画中のバイオ燃料生産能力は、国内需要を支えるのに十分である。

米国、欧州、中国では、電気自動車は石油需要を回避するのに最も大きく貢献

バイオ燃料と再生可能電力は、2028 年までに運輸部門の石油需要を日量 4mboe/日（注：mboe 百万バレル石油当量）近く削減し、予測される運輸用石油需要の 7%以上を削減するとされており、原子力、天然ガス、石炭などの非再生可能エネルギー源からの電力を考慮すると、この値は 9%近くに上昇する。再生可能電力は、予測期間中に 1.3 mboe/日の石油消費の増加を回避することで成長をリードし、バイオ燃料はさらに 0.7 mboe/日の量を回避する。2028 年までに、バイオ燃料は回避された石油需要の 60%近くを占め、残りは再生可能電力になる。

バイオ燃料と再生可能電力はどちらも、米国の低炭素燃料基準や EU の RED など、国内の運輸政策の目標を達成するのに役立つ。歴史的に、バイオ燃料は石油需要を最も減らしてきたが、予測期間中、電気自動車はガソリン分野の削減に大きな割合を占める。それにもかかわらず、バイオ燃料は、ディーゼルおよびジェット燃料分野の石油需要を削減するための主要な選択肢であり続ける。

米国、欧州、中国では、運輸部門における再生可能電力の使用は、小規模ではあるものの、予測期間中に 8 倍に拡大すると予測される。これらの地域では、再生可能電力を使用する電気自動車は、2028 年にバイオ燃料とほぼ同じ 1.3 mboe/d の石油消費を回避する。米国と欧州では、電気自動車の大規模な成長が予測期間中のガソリン需要の減少に寄与している。

一方、ガソリン需要の減少と高濃度エタノール給油所の減少が相まって、米国と欧州両地域のエタノール成長見通しは限定的である。さらに、EU では、内燃機関車よりも効率の良い電気自動車で使用される再生可能電力が指令の 4 倍にカウントされるため、RED の新しい再生可能エネルギー目標の改訂を満たすための主要なコンプライアンス経路となる可能性が高い。

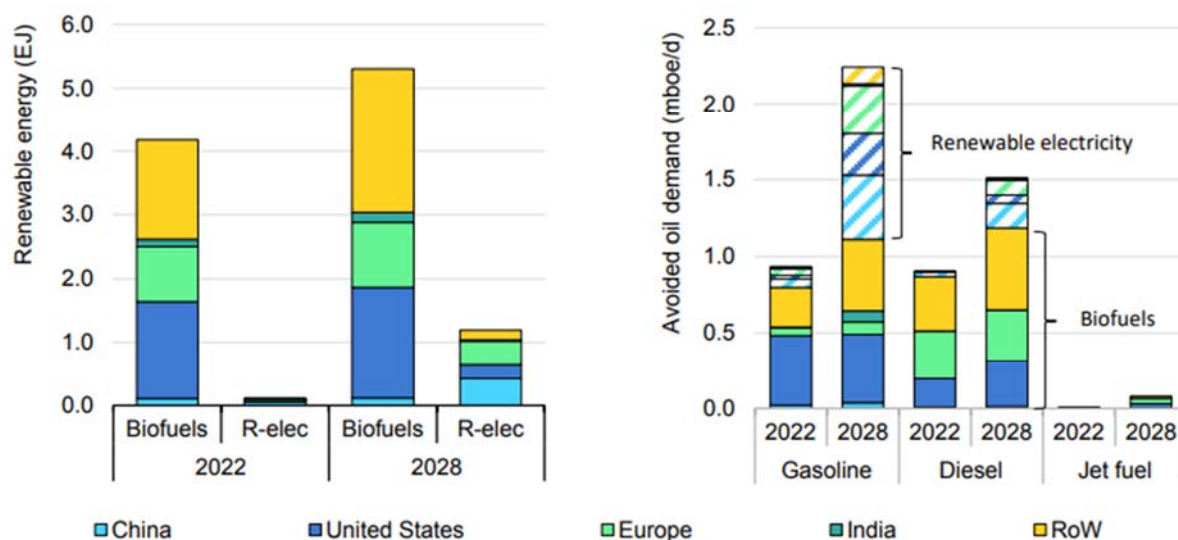
世界の他地域の多くは、しかしながら、バイオ燃料が依然として主要な脱炭素化の選択肢であり、2028 年に回避される石油需要の 90%近くを占めている。ブラジル、インド、インドネシアでは、全体的には高い運輸需要の成長が見込まれることから、電気自動車とその効率改善が液体燃料需要にとって脅威となることはほとんどない。また、これらの地域ではバイオ燃料のシェアが義務付けられており、電気自動車との直接的な競合は避けられる。

それにもかかわらず、ブラジル、インドネシア、インドは電気自動車の計画を立てている。インドネシアは 2023 年に購入インセンティブを開始し、ブラジルは電気自動車の輸入を免税とし、インドは国および州レベルの組み合わせで購入および製造インセンティブを設定している。これらの政策は、電気自動車の販売拡大に役立つが、自動車の総保有は主として内燃機関車になるため、予測期間中の石油需要にはほと

んど影響を与えない。

運輸分野のバイオ燃料と再生可能電力(左)と回避された石油需要(右)、メインケース、2022-2028 年

Biofuels and renewable electricity in transport (left) and avoided oil demand (right), main case, 2022-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: (Right) R-elec = renewable electricity used by electric vehicles. Electric vehicle renewable electricity use is consistent with our main case renewable electricity forecast. Avoided oil demand for electric vehicles accounts for the higher energy efficiency of electric vehicles compared with combustion vehicles. Electricity use for cars, trucks, vans and buses is included, but rail transport is not. (Left) RoW = rest of world. Mboe/d = million barrels of oil equivalent per day. Oil displacement estimates exclude biofuel use in each region and assume electric vehicles substitute for vehicles in the same class (i.e. an electric SUV replaces an equivalent internal combustion vehicle or hybrid). The full methodology is available in the Global EV Outlook.

Source: IEA (2023), [Global EV Outlook 2023](#).

注：R-elec = 電気自動車が使用する再生可能電力。電気自動車の再生可能エネルギー使用量は、我々のメインケースの再生可能エネルギー電力予測と一致している。電気自動車による石油需要の回避は、内燃機関車と比較して電気自動車のエネルギー効率が高いことに起因している。自動車、トラック、バン、バスの電力使用量は含まれているが、鉄道輸送は含まれていない。(左)RoW=その他の地域。mboe/d = 石油換算で日量 100 万バレル。石油代替の推定値は、各地域でのバイオ燃料の使用を除外し、電気自動車が同じクラスの車両に取って代わる(つまり、電気 SUV が同等の内燃機関車またはハイブリッド車に取って代わる)ことを前提としている。方法論の全文は、Global EV Outlook 参照。

資料:IEA (2023), Global EV Outlook 2023.

バイオジェット燃料の需要は、政策公約の履行により急増すると予想

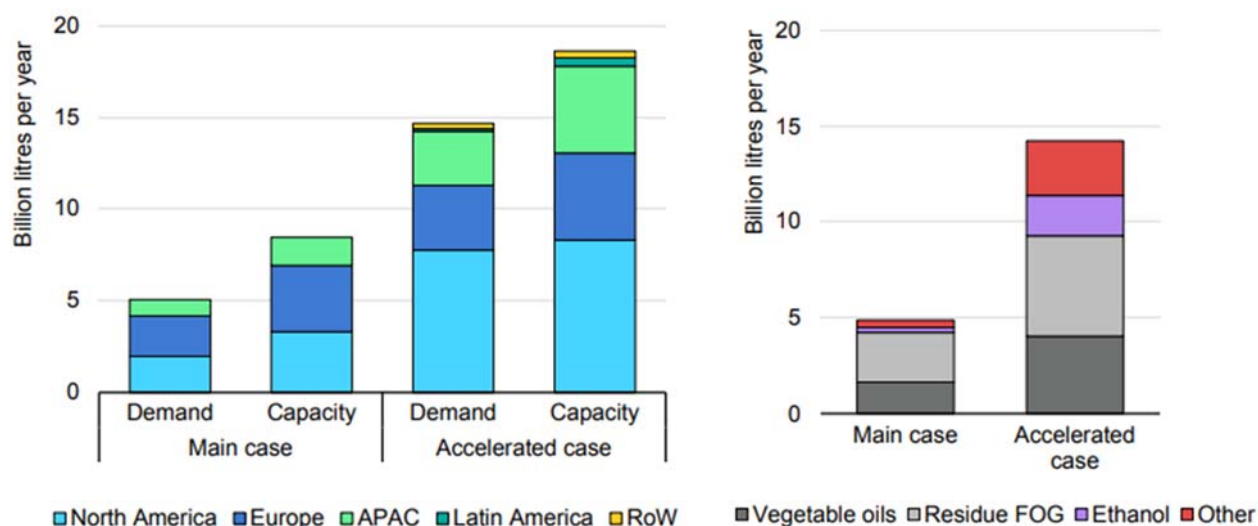
世界的には、バイオジェット燃料の使用は 50 億リットル近く拡大し、2028 年までに世界のジェット燃料供給量の約 1%を占めると予想される。予測では、新たな政策発表と堅調なプロジェクト計画を反映し、メインケースで 20%、加速ケースで 40%上方修正した。

米国、欧州、日本は、強力な政策支援に後押しされ、この成長の最前線に立っている。ブラジル、インド、インドネシア、シンガポール、アラブ首長国連邦、マレーシア、英国における進行中の政策協議と、米国の大きな容量の可能性が相まって、2028 年には需要が 150 億リットル、つまり世界のジェット燃料需要

が 3.5%増加する可能性がある。しかし、この成長を実現するには、政策の実施と原料の多様化にかかっている。

バイオジェット燃料需要と生産能力の追加(左)と原料(右)の 5 年間の増加、メインケースと加速ケース、2023-2028 年

Biojet fuel five-year growth in demand and capacity additions (left) and feedstocks (right), main and accelerated cases, 2023-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: APAC = Asia-Pacific region. RoW = rest of world. FOG = fats, oils and grease. Capacity potential is based on project announcements. Main case potential capacity includes projects under construction, having obtained a final investment decision or highly likely to be constructed. The accelerated case includes all proposed projects that have a planned production date. "Vegetable oils" indicates soybean oil, rapeseed oil, palm oil and corn oil; "Residue FOG" includes used cooking oil, animal fats and palm oil mill effluent; and "Other" covers wood wastes, municipal solid waste and unknown feedstocks.

Sources: Capacity estimates adapted from Argus and S&P data, and company announcements.

注:APAC=アジア太平洋地域。RoW = その他の地域。FOG = 油脂、油、油、グリース。容量のポテンシャルは、プロジェクトの発表に基づいている。メインケースの潜在的な容量には、建設中のプロジェクト、最終的な投資決定を得たプロジェクト、または建設される可能性が高いプロジェクトが含まれる。加速ケースには、製造日が計画されているすべての提案プロジェクトを含む。「植物油」とは、大豆油、菜種油、パーム油及びコーン油を示す。「残留 FOG」には、廃食用油、動物性脂肪、パーム油廃液が含まれる。「その他」は、木くず、都市固形廃棄物、不明原料を対象としている。

出典：生産能力の推定値は、Argus および S&P のデータ、および各社の発表から作成

メインケースでは、IRA クレジット、再生可能燃料基準の再生可能識別番号(RIN)、低炭素燃料基準(LCFS)クレジットなどのインセンティブにより、米国のバイオジェット燃料需要は 2028 年までに約 20 億リットルに引き上げられる。これらのクレジットは、1 リットルあたり 1 米ドル近くに相当する可能性があり¹、化石ジェット燃料との価格差を縮める。一方、2025 年に 2%、2030 年に 6%の混合義務を定めた EU の ReFuelEU 航空法では、2028 年までにバイオジェット燃料のシェアが欧州のジェット燃料需要の 4%に増加すると予測されている。アジア太平洋地域では、日本が 2030 年までに持続可能な航空燃料を 10%にするという目標を掲げ、需要拡大の主な源となっている。

1 バイオジェット燃料の GHG 強度を 18 gCO₂/MJ、LCFS クレジット価格を 60 米ドル/トン、D4 RIN 価格を 1 米ドル/ガロン、IRA SAF 税額控除を 0.41 米ドル/リットルと仮定

加速ケースは、計画された政策の実行と原料の多様化が前提となっている。シンガポール、マレーシア、インドネシア、インド、アラブ首長国連邦、ブラジル、英国で活発に行われている政策議論が実施されれば、2028 年までにバイオジェット燃料の需要がさらに 30%増加すると予想される(詳細な政策リストについては、本章の「2050 年までのネットゼロエミッションシナリオトラッキング」セクションの表を参照)。しかし、加速ケースでは、米国が最も大きな上昇の可能性を秘めている。より厳格な再生可能燃料基準、州レベルの LCFS の引き上げ、IRA クレジットの拡大により、バイオジェット燃料の生産量は 3 倍になり、SAF グランドチャレンジの目標達成に向けて 3 分の 2 が前進する可能性がある。

残渣油脂、油、グリースの供給は限られており、EU の政策では非食品/飼料原料が義務付けられているため、新しい政策を実施するだけでなく、新しい原料源を確立することが重要である。加速ケースでは、計画されている alcohol-to-jet (アルコールからジェットへの) プロジェクトにより、約 20 億リットルの新たな量が供給され、木質残渣と都市固形廃棄物のガス化により、さらに 20 億リットルの可能性がある。

低エミッションの e-フューエルへの要望が航空および船舶分野で高まる

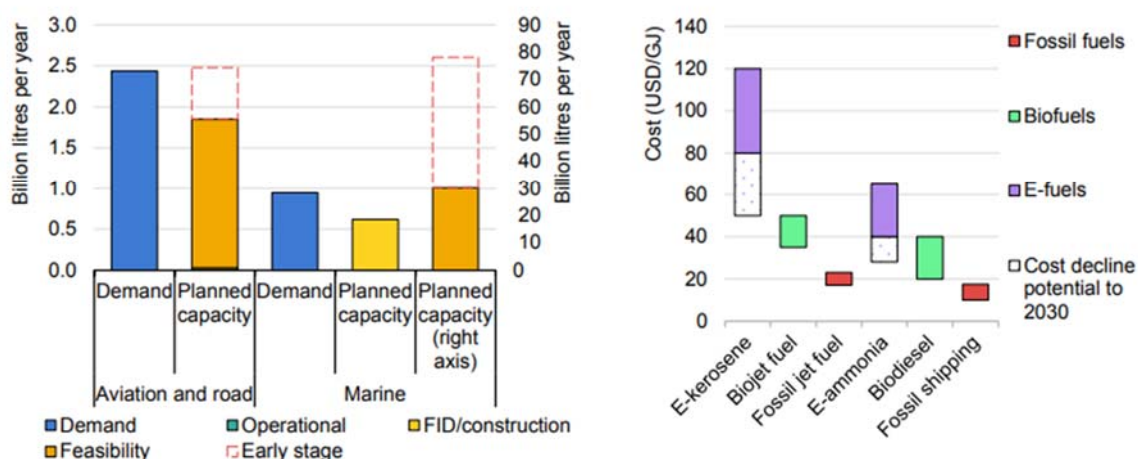
低エミッションの e-フューエル²の特に航空・海運の需要は、EU の運輸政策と業界のオフテイク契約により、2030 年までに 30 億リットル以上に増加すると予測されている。高コスト、需要政策の不足、確実なプロジェクトコミットメントの少なさが e-フューエルの成長見通しを限定的なものにしているが、水素と再生可能電力のコストの低下が、生産の増加と相まって、2030 年までに e-フューエルをバイオジェットやバイオディーゼルあるいは再生可能ディーゼルバイオ燃料に対し競争力のあるものにする可能性がある。しかし、ネットゼロ目標はこの両方のタイプの燃料の導入加速を必要としているので、この潜在的な競争力は、必ずしもバイオ燃料生産を脅かすものとはならない。

また、世界で最も低コストでバイオ燃料製造工場(主にエタノールプラント)から CO₂ を供給するポイントとなるため、e-フューエルは CO₂ を利用する市場を提供することになる。そのため、e-フューエルは、バイオ燃料を補完する低排出エミッション燃料の役割も果たす。実際、エタノール製造工場からの総 CO₂ は、世界のジェット燃料需要の 6%に相当する年間 260 億リットルの e-灯油の生産を支えることができる。さらに、多くのエタノール製造工場は、SAF の強力な目標を持つ国(米国や欧州など)や SAF の目標を採用する野心を持つ国(ブラジルなど)にある。

2 低エミッション e-フューエルは、電解水素を原料とする燃料である。水素を窒素または CO₂と結合させると、e-灯油、e-ガソリン、e-ディーゼル、e-メタノール、e-アンモニアなど、さまざまな燃料製品が生成される。e-灯油、e-ガソリン、e-ディーゼルは比較的簡単に化石燃料と混合できる、e-アンモニアと e-メタノールを運輸用燃料に使用するには、流通インフラと最終用途機器を適応させるための投資が必要である。

2030 年までの e-フューエル需要と計画容量追加(左)、平準化されたコスト範囲(右)

E-fuel demand and planned capacity additions to 2030 (left) and levelised cost ranges (right)



IEA. CC BY 4.0.

Notes: FID = final investment decision. Aviation and road demand estimates are based on offtake agreements for e-fuels and EU policy commitments to 2030. Marine demand estimates are based on offtake agreements for e-ammonia and e-methanol to 2030. Planned capacity is based on the IEA Hydrogen Project Database. Planned marine capacity includes methanol and ammonia specifically for transportation purposes. Fuel cost estimates are based on the levelised cost of production for e-fuels and biofuels. Fossil fuel prices are market averages.

Sources: For SAF offtake agreements and global hydrogen offtake agreements for green ammonia: Argus (2023), [The Role of Low-Emissions e-fuels in Decarbonising Transport](#).

注：FID=最終投資決定。航空および自動車交通需要の推定は、e-フューエルのオフテイク契約と2030年までのEUの政策コミットメントに基づいている。船舶需要の推定は、2030年までのe-アンモニアとe-メタノールのオフテイク契約に基づいている。計画容量は、IEA水素プロジェクトデータベースに基づいている。計画されている船舶向け容量には、特に輸送目的のメタノールとアンモニアが含まれる。燃料費の見積もりは、e-フューエルとバイオ燃料の平準化生産コストに基づいている。化石燃料の価格は市場平均である。

出典: グリーンアンモニアの SAF オフテイク契約およびグローバル水素オフテイク契約: Argus (2023), [The Role of Low-Emissions e-fuels in Decarbonising Transport](#).

航空分野では、主に RefuelEU 航空プログラム(2030/31年までにe-ケロシンを最低0.7%、平均1.2%にすること)、RED III(2030年までにe-フューエル1%のサブターゲット)、ドイツのSAF義務化(2030年までにe-ケロシンを2%)によってe-フューエルの使用が促進される。また、RED IIIのコミットメントを満たすために自動車交通市場もある程度成長するが、それはe-ケロシン生産の副産物として生産されるe-ガソリンで満たされる可能性がある。

一方、燃料生産者と消費者の間のオフテイク契約が、e-アンモニアとe-メタノールの船舶部門の需要を押し上げる。2030年までの年間10億リットル弱を対象とするオフテイク契約が、過去2年間に発表された。国際海事機関は、2030年までに船舶用燃料の5~10%をネットゼロまたはほぼネットゼロの供給源から調達することを目指しているため、この分野での増加の可能性はかなりのものだが、この目標をサポートするための新しい政策は2027年まで期待されていない。EUもReFuelEUの海事法を承認しているが、e-フューエルの要件は2034年まで導入されないため、この分析には反映されていない。

さらに、米国にはe-フューエルの義務はないが、RFSクレジットと州レベルのLCFSクレジットに加えて、水素、SAF、炭素回収のためのIRAクレジットの合計価値は、クレジット市場価格に応じて80米ドル/EJに達する可能性がある。しかし、これらのインセンティブは、e-ケロシンの確実なプロジェクトコ

ミットメントにまだつながっていない。

これまでのところ、予測される需要は、2030 年までの確実なプロジェクトコミットメントを上回っている。しかし、EU の e-フューエル義務化は 2023 年に導入されたばかりで、ほとんどのオフテイク契約も導入されたため、今後数年間で最終的な投資決定が増えると思われる。航空業界では、約 25 億リットルの容量追加計画により、義務化とオフテイク契約を満たすために e-フューエルを直接供給する。しかし、海運に使用できる e-アンモニアは、農業市場や発電用途にも使用できる。複数の潜在的な市場にアクセスできることは、この燃料の投資リスクを軽減するのに役立ち、より多くの確実な計画の e-アンモニアプロジェクトのコミットメントがある理由となっている。

◆2050 年までのネットゼロエミッションシナリオの追跡

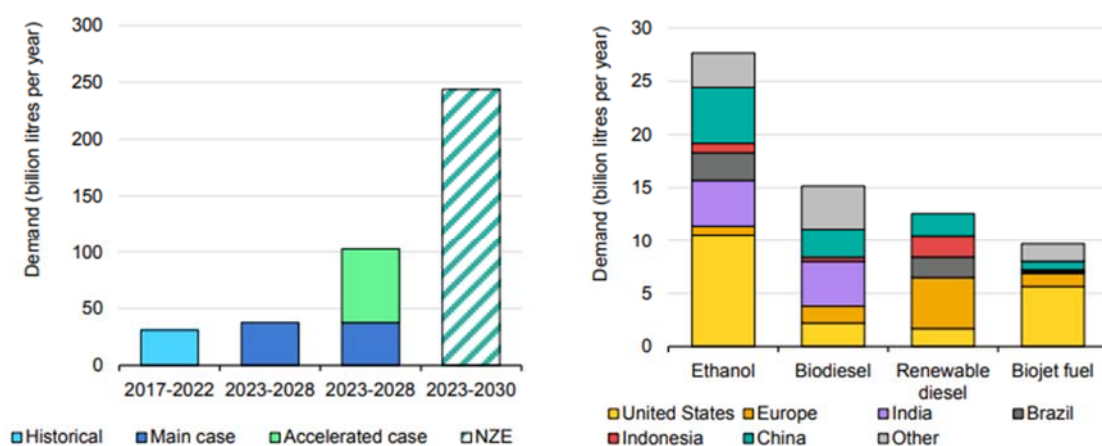
バイオ燃料生産は IEA ネットゼロ目標に届いていない

加速ケースでは、バイオ燃料の生産はネットゼロシナリオの目標を下回っている。ギャップを埋めるためには、既存の政策の強化、新たな目標の設定、原料供給の拡大、バイオジェット燃料の使用量の増加が不可欠である。メインケースでは必要な成長の 15%しか達成できないが、加速ケースでも、世界のバイオ燃料生産はネットゼロ目標の 40%近くまでしか増加しない。

加速ケースの場合、予測期間中の年平均成長率は 8%以上に達し、過去の 2 倍以上になる可能性がある。この成長のほぼ半分である 290 億リットルの新規需要は、米国、欧州、インドなどの既存市場(エタノール)における政策強化によるもので、さらに 210 億リットルは新規市場(インドのバイオディーゼルとインドネシアのエタノール)によるものである。バイオジェット燃料は第 3 の成長パスであり、世界の航空燃料の約 3.5%をカバーするまでに拡大し、メインケースの 1%から増加する。しかし、それぞれの柱は独自の課題に直面している。

2017-2030 年の需要成長率(左)と加速ケースの追加需要成長率(2023-2028 年)(右)の予測

Forecast vs Net Zero Scenario demand growth, 2017-2030 (left) and additional demand growth in the accelerated case, 2023-2028 (right)



IEA. CC BY 4.0.

Note: NZE = IEA Net Zero Emissions by 2050 Scenario.

Source: IEA (2023), [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach](#).

注：NZE = IEA Net Zero Emissions by 2050 Scenario(2050 年までの排出量ネットゼロシナリオ)
出典:IEA(2023)、[Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5° C Goal in Reach](#)(ネットゼロロードマップ:1.5° C 目標達成を維持するためのグローバルな道筋)

米国、欧州、インドでは、供給の拡大は、既存の政策の強化、高濃度エタノール混合の促進、原料供給の多様化に一部依存している。加速ケースでは、EU は 2030 年までに運輸分野の目標を、メインケースの 29%を上回る 32%に引き上げることを目指している。新たな成長のほとんどが非食用/飼料作物からもたらされると予想されるため、新しい原料供給と加工技術が必要になる。

米国では、E15 エタノール給油所の迅速な展開と E15 混合の許容量の恒久化を前提として、さらなる成長が見込まれており、平均的なエタノール混合率は約 13%に達している。欧州と同様に、再生可能ディーゼル生産を加速させるには、廃棄物や残渣を利用できる加工技術の迅速な展開と、食料や飼料生産と競合しない植物原料を生産するための革新的な農業が必要である。加速ケースでは、高濃度エタノールブレンドと原料の入手可能性の向上により、2025 年以降の RFS 要件が高くなる。インドは、エタノール生産を拡大し、E20 給油所の数を増やし、サトウキビと糖蜜以外の原料を多様化することで、20%の混合目標を達成する。

インドではバイオディーゼル、インドネシアではエタノール、ブラジルとインドネシアでは再生可能ディーゼルの生産を拡大するために、新たな包括的な政策パッケージが必要になろう。例えば、インドでバイオディーゼル生産を発展させるには、生産能力の拡大、ディーゼル燃料とのコストギャップの解消、原料供給増加が必要である。インドは植物油の 60%を輸入しているため、原料の増加は、廃食用油と動物性脂肪、または被覆作物・限界地で栽培された植物油に由来する必要がある。アフリカでも、8 カ国がさまざまな開発レベルでバイオ燃料の混合目標を掲げており、2028 年までにアフリカ大陸の需要を 20 億リットル以上引き上げる可能性がある。

一方、インドネシアは、明確な目標、持続可能性に関するガイダンス、サトウキビ生産の拡大、エタノール生産を増やすための財政支援が必要である。同様に、ブラジルとインドネシアが再生可能ディーゼルの供給を拡大するためには、再生可能ディーゼル生産が既存のバイオディーゼル生産をどのように補完するかについての技術仕様、価格支援、およびガイダンスを確立する必要がある。

バイオジェット燃料の使用量は、加速ケースで大幅に拡大し、2028 年までに世界の航空需要の 3.5%にまで上昇する。この市場シェアの達成は、主に米国だけでなく、欧州と日本がバイオジェット燃料の目標を達成するかどうかにかかっている。また、これらの地域では、原料の制限を回避するために、新しい原料源(限界地で栽培された植物油など)や加工技術(アルコールからジェット燃料への変換など)を採用する必要がある。

加速ケースでは、既存の政策が実施されることを前提として、ブラジル、インドネシア、中国、インドでのバイオジェット燃料開発も含まれる。ブラジルのプロジェクトは大豆油に、インドネシアはパーム油に、インドと中国は先進燃料に頼らざるを得ない。2028 年までに、2%のバイオジェット燃料を混合すると、航空券の価格が 1.5%近く上昇し、例えばニューデリーとチェンナイ間のフライト（訳者注：約 1,090 マイル）で 1 米ドルの追加に相当する。

バイオ燃料生産を IEA ネットゼロシナリオに合わせるためには、新規市場への参入、原料供給量増加、技術展開の加速、GHG 排出原単位の削減が必要である。ネットゼロシナリオでは、2022 年のほぼゼロから、2030 年までにバイオ燃料が船舶燃料の 8%、航空燃料の 10%を占めるとされている。これは、加速ケースの予測を大きく上回る。

バイオ燃料需要の 80%以上は、世界の運輸用燃料需要の半分しか占めていない米国、ブラジル、欧州、インドネシアの四つの市場に集中しているため、これらの市場から得られた政策の教訓は、他の地域での生産拡大に活かすことができる。同時に、確実な持続可能性の枠組みに裏打ちされた土地生産性の向上と残渣回収を通じて、従来型および廃棄物ベースの原料供給の拡大が必要である。

大量の農林業残渣にアクセスするための新しい処理技術も 2030 年までに 5 倍に増やす必要があり、ほとんどが商業化以前の状態であるため、大幅な開発支援が必要である。最後に、GHG 排出原単位に対処するために、バイオ燃料プロジェクトに適用される CCUS などの技術は、原料需要を減らしながら、GHG 排出量を非常に効果的に削減できる。いずれの場合も、不確実性を最小化し、投資を刺激するためには、予測可能な長期政策が不可欠である。

表 2.1 ポリシーと前提条件、メインケースと加速ケース（その 1）

国または地域	メインケースと加速ケースのポリシー、前提条件、およびブレンドレベル
米 国	メインケース:既存の再生可能燃料基準のコミットメントは引き続き有効。IRA の規定は、法律で示されている通り実行される。エタノールの混合率は 10.7%に達し、輸出量は 2028 年までに 70 億リットルと 2018 年レベルに達する。再生可能ディーゼルは、先進的な開発段階のプロジェクトで計画された量に応じて拡大する。再生可能ディーゼルの混合率は、2028 年に 9%に達する。バイオディーゼル燃料の混合率は 2.7%に低下するが、バイオジェット燃料の需給は拡大し、すべてのジェット燃料に 2%混合する。バイオジェット燃料は、2028 年の再生可能ディーゼル生産の約 15%を占める。 加速ケース:再生可能燃料基準の強化により、IRA クレジットの延長、E15 混合燃料給油所の配備、およびより強力な州レベルの LCFS と相まって、国内のバイオ燃料需要は押し上げられる。これらの政策を組み合わせることで、エタノールで 13%、バイオディーゼルで 4%の混合率を達成する。再生可能ディーゼルの混合率は 10%に増加し、先進的な開発段階のプロジェクト以上の生産能力追加が必要になる。バイオジェット燃料の混合率は 8%に拡大し、SAF グランドチャレンジの目標達成までの道のりの約 3 分の 2 を達成する。エタノールの生産量は、既存のエタノール製造能力を使用して、国内需要と純輸出需要の両方を満たすために増加する。
ブラジル	メインケース:ブラジルではエタノールの混合義務化が 30%に引き上げられ、含水エタノールの購入が拡大し、2028 年までに混合率の合計が 58%に達する。バイオディーゼルのグレードは 2023 年に B11 に達し、2025 年までに B15 に上昇する。計画プロジェクトの追加に基づいて、2028 年までに再生可能ディーゼルは少量ブレンド(0.8%)される。この予測は、大豆油価格が 2021/22 年の記録から下落するものの、過去の水準と比較して高止まりすることを前提としている。 加速ケース:ブラジルは、メインケースと同様に B15 混合目標を達成しているが、再生可能ディーゼルと共処理も受容しているため、再生可能ディーゼルのさらなる成長により、2028 年には 3%の混合が見込まれる。エタノールの混合はわずかに拡大するが、2028 年にはより急速に拡大し 62%になる。一部のエタノール混合には 30%の混合要件が継続される。含水エタノール(100%エタノール)の販売が残りのエタノール需要を占める。2028 年までにバイオジェット燃料の混合を 2%にすることを義務付ける航空 GHG 排出削減目標が実施する。エタノール、バイオディーゼル、再生可能ディーゼル、バイオジェット燃料は十分な国内消費量が生産され、輸出需要を満たすためにエタノールの生産量はさらに増加する。
インド	メインケース:インドは 2028 年までに全国平均 13%のエタノール混合を達成し、すべての燃料エタノールを国内で生産する。E20 は 2023 年から発売されるが、予測では車両の互換性がないためエタノールの拡大が制限される。バイオディーゼルの混合率は約 0.25%にとどまる。 加速ケース:インドは 2026 年に 20%のエタノール混合義務を達成し、5%のバイオディーゼル混合目標に向けて前進し、車両の互換性の問題を解決し、廃食用油の回収を確立することを前提にすると、2028 年までに 4.5%に達する。国内生産を支え続け、需要の最大 20%の燃料用エタノールの輸入が可能になる。また、インドはバイオジェット燃料の混合率を 2028 年までに国際線で 2%にするという野心的な目標を掲げている。これには、専用の政策支援と、残渣油、油脂のための新しい原料パス、限界土地/被覆作物で栽培された植物油、そしてアルコールからジェット燃料のキャパシティの開発が必要である。
中 国	メインケース:エタノールやバイオディーゼルの政策に大きな変化はない。エタノールの混合は 2%近く、バイオディーゼルは 0.5%にとどまる。エタノールの輸入は、2020/21 年の水準で安定する。バイオディーゼルの輸出は 2022 年の水準に近いレベルにとどまり、再生可能ディーゼルの輸出は、先行開発段階で計画されているプロジェクトの追加に応じて拡大する。 加速ケース:中国は、2028 年までに国内航空におけるエタノールを 4.5%、バイオディーゼルと再生可能ディーゼルを 3.5%、SAF を 1.3%の混合目標とするなど、バイオエコノミー計画に沿った政策を実施する。米国などから需要の最大 10%のエタノール輸入を引き続き認める。バイオディーゼル燃料の輸出は継続しているが、再生可能ディーゼル燃料とバイオジェット燃料の輸出はゼロに落ちる。両燃料の生産は、ディーゼル車や船舶でのバイオ燃料の使用拡大計画に続いて、国内需要を満たすために使用される。

表 2.1 ポリシーと前提条件、メインケースと加速ケース（その 2）

国または地域	メインケースと加速ケースのポリシー、前提条件、およびブレンドレベル
インドネシア	メインケース: バイオディーゼルの混合は、2028 年までに輸送用で 35%、非輸送用で 35%近くに増加する。主にバイオディーゼルで 34%、次いで再生可能ディーゼルが 3%の混合となる。バイオディーゼルの使用は、互換性の問題から 35%未満にとどまっており、再生可能ディーゼルは計画されたプロジェクトに限定されている。エタノールの需要は、燃料販売業者の目標と、より多くのディーゼル燃料に混合したいインドネシアの意向を反映して、混合率は 0.8%まで拡大する。バイオジェット燃料の生産と利用は、計画されたプロジェクトに基づいて増加し、2028 年までにジェット燃料需要の 2%に達する。 加速ケース: インドネシアは、輸送および非輸送用燃料の消費に関する B40 の義務を満足し、B45を目指す。これには、再生可能ディーゼルの製造能力を追加する必要がある。また、インドネシアは 2025 年までに 2%、2028 年までに 4%の SAF 混合を義務付けている。生産のほとんどが内需に充てられているため、輸出は依然として小さい。エタノールの混合率は 2028 年までに 10%に達する。
欧州	メインケース: EU 加盟国は、再生可能エネルギー指令 III またはより厳しい独自の国内目標を実施し、非 EU 諸国も国内目標を達成する。バイオジェット燃料の使用は、ReFuelEU の目標である 2025 年までに 2%、2030 年までに 6%、2028 年までに 4%に達するため拡大する。ReFuelEU の提案によると、飼料/食用作物ベースの燃料は対象外であり、燃料は RED II、附属書 IX、パート A またはパート B の要件を満たす必要がある。 - ドイツの GHG 排出削減目標は、2028 年までに 7%から 18%に引き上げられる。バイオディーゼルとエタノールの混合は安定しており、再生可能ディーゼルは 3.5%に拡大する。 - フランスは、9%のエタノールと 9.9%のバイオディーゼルの混合目標(エネルギーベース)を達成する。エタノールの混合は、E85 の継続的な支援を前提として 15%に増加する。バイオディーゼル混合は横ばいのまま。再生可能ディーゼルの混合率は 3.5%に拡大し、バイオジェット燃料は 2028 年までに 4%に達する。 - スペインでは、エタノールの混合率は 6%に上昇し、バイオディーゼルの混合は横ばいだが、再生可能ディーゼルの混合は 6%に、バイオジェット燃料の混合は 3.5%に拡大する。 - フィンランド、オランダ、英国では、エタノールの混合率が 10%近くに達する。スウェーデンは、バイオディーゼル/再生可能ディーゼルの混合義務を 2030 年までに 58%から 8%に、エタノールの混合義務を 2028 年までに 24%から 8%に下げる。また、バイオジェット燃料の混合率は 3%に達する。フィンランドは、2030 年までに 34%という目標から、2027 年までに 22.5%に下げる。イタリアでは、再生可能ディーゼルの混合が 5%に拡大。 - 英国は、2030 年までに SAF を 10%混合するという目標に向けて前進し、2025 年から義務化する。ノルウェーは、SAF0.5%という目標に向けて努力を続ける。 - ポーランドは E10 を導入し、2028 年までにエタノールの混合率を 10%近くに近づける。 加速ケース: スウェーデンとフィンランドは、GHG 強度と混合要件を再設定する。欧州委員会は、RED を輸送用再生可能エネルギーの割合を 32%に強化する。EU は、バイオ燃料の持続可能性要件を維持・強化しており、一部の輸入を制限している。英国は、2030 年までに SAF を 10%、2028 年までに 6%の混合率を達成するという目標を掲げている。
その他の国	メインケース: カナダは 2023 年もクリーン燃料基準を継続。マレーシアの B20 義務化が実施される。タイは 2028 年までに E15 の混合を達成し、E20 の目標を前進させ、政府の支援計画に基づいてバイオディーゼルの使用を 10%に拡大する。シンガポールの再生可能ディーゼル燃料とバイオジェット燃料の生産は、世界の他の地域内の不足を補うために拡大する。アルゼンチンのバイオディーゼル燃料の混合率は 10%、エタノールは 12%に上昇する。コロンビアは 2028 年までに 10%のエタノール混合を達成し、バイオディーゼルの混合は予測期間中に 12%に上昇する。日本は 2030 年までに SAF の使用率を 10%にすることを目標としている。 加速ケース: カナダは米国に続き、SAF を支援している。マレーシアは、産業分野でバイオディーゼル混合を 20%に拡大し、HVO/SAF 製油所と国内のバイオジェット燃料使用を支援する。シンガポールは 2030 年までに SAF5%導入を目指しており、アラブ首長国連邦は 7 億リットルの SAF 目標を達成し、そのうち 4 億リットルはバイオジェット燃料による。ブラジルは 2028 年までにバイオジェット燃料の混合率を 2%にする航空の GHG 排出原単位目標を実施し、コロンビアは 13%のバイオディーゼル混合を追求する。タイは 2026 年までに 20%のエタノール混合を達成し、10%のエタノールの輸入を許可する。エジプト、ガーナ、ケニア、ナイジェリア、モザンビーク、南アフリカ、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエは、2028 年までに最大 10%のエタノール混合と 5%のバイオディーゼル混合を義務化。

◆技術・市場・政策動向

各国はバイオ燃料 1 リットルあたり 1～4 セントを補助

バイオ燃料は通常、混合される化石燃料よりも高価である。しかし、燃料価格への影響は比較的小さく、米国、ブラジル、欧州、インドネシア、インドでは、過去 13 年間で混合燃料 1 リットル当たり 1～4 セント(エネルギー換算ベース)³ となっている。これは、税引き前のガソリンとディーゼル燃料の価格の 2～7%上昇に相当する。

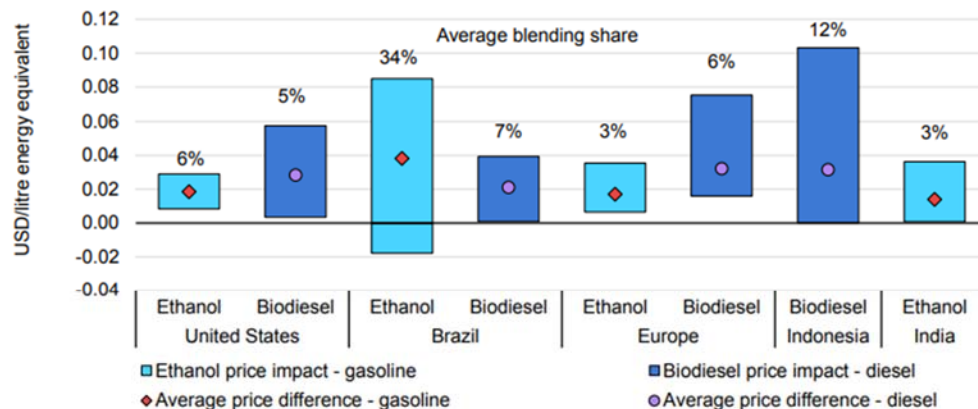
3 すべてのブレンド率とコストの見積もりは、量あたりではなく、リットルあたりのエネルギー換算ベースで見積もられている。例えば、米国でのエタノールの混合は、量ベースでは 10%近くだが、エネルギーベースでは 6%近くである。

ブラジルなど、より安価なバイオ燃料がある国は、同様の財政支援により、より高い混合率を達成する。例えば、ブラジルでは、過去 13 年間で平均して、34%のエタノール混合燃料(エネルギーベース)1 リットルあたり 4 セント余分にコストがかかっている。米国では、6%のブレンド(エネルギーベース)により、価格は 1 リットルあたり約 2 セント上昇した。

各国政府は、エネルギー安全保障、GHG 排出削減、農業支援の目標を達成するために、これらの追加コストを受容している。しかし、原料コストや原油価格の変動などの変数は、これらコスト平均に影響する可能性があり、価格の変化に対応し、高コストを軽減できる柔軟なサポートメカニズムが必要である。

バイオ燃料混合に対する補助金範囲と燃料別平均混合シェア (エネルギーベース)、2010-2023 年

Implicit subsidy ranges for biofuel blends, and average blending shares on an energy basis by fuel, 2010-2023



IEA, CC BY 4.0.

Notes: The blended cost is the total value of the gasoline with ethanol, or the biodiesel/renewable diesel with conventional diesel. Implicit subsidies are calculated by subtracting the gasoline or diesel price from the blended cost. The octane benefit of ethanol is estimated at USD 0.02-0.05/litre depending on the year and country, and it is incorporated into ranges and averages. Price differences are based on energy equivalents, not volumes, and ranges reflect annual averages between 2010 and 2023. Average blending shares indicate each region's biofuel energy share in total transport energy demand. For Brazil, anhydrous and hydrous costs were estimated separately and then combined for an average cost. Sources: Pre-tax market prices for gasoline, diesel, ethanol, biodiesel and renewable diesel are from Argus and S&P Global. Prices include production and distribution.

注:混合コストは、ガソリンとエタノール、またはバイオディーゼル/再生可能ディーゼルと従来のディーゼル燃料の合計値。補助金は、混合コストからガソリンまたはディーゼル燃料の価格を差し引いて計算した。エタノールのオクタン価向上効果は、年と国に応じて 0.02～0.05 米ドル/リットルと推定され、範囲と平均に組み込まれている。価格差は、量ではなくエネルギーベースに基づき、範囲は 2010 年から 2023 年までの年間平均である。平均混合シェアは、総輸送エネルギー需要に占める各地域のバイオ燃料エネルギーシェアを示している。ブラジルの場合、無水コストと含水コストを別々に見積もってから、平均コストを算出した。

出典:ガソリン、ディーゼル、エタノール、バイオディーゼル、再生可能ディーゼルの税引き前市場価格は、Argus と S&P Global による。価格には生産と流通が含まれる。

各国政府は、バイオ燃料のコストギャップを埋め、生産を刺激し、消費者をコスト上昇から守るために、さまざまなツールを導入している。インドネシアでは、パーム油の輸出税でバイオディーゼル燃料のコストを助成し、一方で米国では 1 リットルあたり 0.26 米ドルのバイオディーゼル混合税額控除を与えている。IRA を通じて税額控除を拡大し、GHG 排出量を削減するためのインセンティブを追加する予定である。インドは、エタノール生産者がコストを賄える水準でエタノールの購入価格を設定し、エタノールおよびエタノール混合燃料の税率を引き下げた。一方、欧州全体で政策アプローチは異なり、税制上の優遇措置を提供する国(フランスの 85%エタノールブレンドに対する税制優遇措置など)を提供する国もあれば、コストを消費者に転嫁する国もある。

しかし、バイオ燃料に必要な財政支援のレベルは急速に変化する可能性がある。インドネシアでは、パーム油価格の上昇とバイオディーゼルの義務化により、補助金費用が 2019 年の 1 セントから 2021 年には 1 リットル当量あたり 10 セントに押し上げられ、補助金の調整とブレンドの増加停止につながった。ブラジルも同様の状況に直面しており、大豆油価格の上昇により、2021 年には混合ディーゼル燃料のコストがほぼゼロから 1 リットル当たり 4 米セント上昇し、バイオディーゼル義務化による増加が鈍化した。しかし、ガソリン価格の高騰や砂糖価格の低さなどの好条件により、ブラジルではエタノールの混合が経済的に有益な場合がある。

バイオディーゼル混合のコストギャップは予測期間中に拡大するが、エタノールは安定

バイオディーゼル混合燃料価格は、特に米国とインドネシアにおいて、混合率上昇と原料価格上昇に伴い上がると予測されている。逆に、エタノール混合燃料価格は、サトウキビやトウモロコシなどの主要原料の価格が安定または低下しているため、一部の地域では横ばいまたは低下する可能性がある。

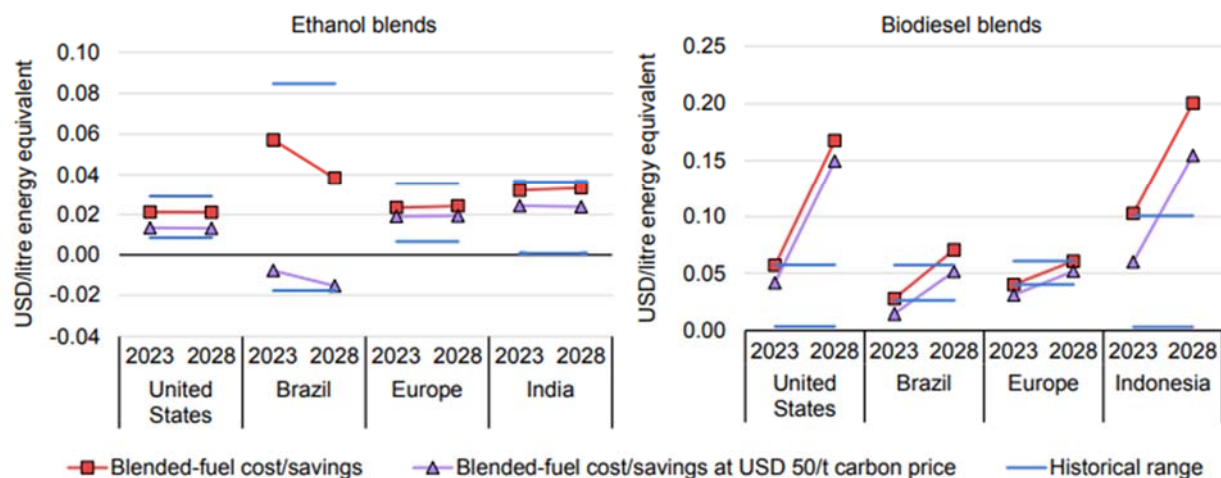
ただし、これらの推計値は、世界の人口増加、食生活パターン、作付率、収量改善などのマクロトレンドに基づいており、世界の需給の影響を受けるためあくまでも目安である。農産物の価格は年によって大きく変動する可能性があり、バイオ燃料生産コストの主要な決定要因となっている。

エタノール混合燃料価格は、混合率と原料価格上昇の両方が緩やかであると予想されるため、過去の歴史の範囲内にとどまる可能性がある。例えばブラジルでは、エタノールの混合率は予測期間中に 10%ポイント上昇するが、ガソリンとのコスト差は 1 リットルあたり 6 セントから 4 セントに低下する。2023 年は、天候による供給の混乱や、ロシアのウクライナ侵攻後の供給リスクによる穀物価格の上昇圧力が続いていることから、砂糖とトウモロコシの価格がピークに近づいたため、コストが低下した。

欧州と米国では、原料価格が歴史的な水準付近にとどまる中、ブレンド価格の緩やかな増加が予想されている。インドでは、原料価格は横ばいだが、エタノール混合が増加しているため、混合燃料のコストは過去の上限付近まで上昇している。

2010 年から 2028 年におけるメインケースの補助金範囲の予測と過去の平均

Forecast implicit subsidy ranges in the main case, and historical averages, 2010-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: The blended cost is the total value of the gasoline with ethanol (left) and the biodiesel/renewable diesel with conventional diesel (right). Implicit subsidies are calculated by subtracting the gasoline or diesel price from the blended cost. Historical ranges are based on average annual maximum and minimum implicit subsidies between 2010 and 2023. Future gasoline and diesel prices are equal to average prices between 2010 to 2023, whereas future biofuel prices are based on estimated production costs using forecast feedstock prices from the [OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032](#).

注:混合コストは、ガソリンとエタノール(左)とバイオディーゼル/再生可能ディーゼルと従来のディーゼル(右)の合計値。補助金は、混合コストからガソリンまたはディーゼル燃料の価格を差し引いて計算。過去の範囲は、2010 年から 2023 年までの年間平均、最大、最小の補助金に基づいている。将来のガソリンとディーゼル燃料価格は 2010 年から 2023 年までの平均価格と同じだが、将来のバイオ燃料の価格は、OECD-FAO 農業見通し 2023-2032 の予測原料価格を使用した推定生産コストである。

バイオディーゼルブレンドの消費量は、ブレンドシェアと原料価格が上昇するにつれて、主要市場で増加すると予想される。例えば、米国では、バイオディーゼルと再生可能ディーゼルの合わせたシェアは、予測期間中に 20%近く上昇する。大豆油やパーム油などの植物油原料の価格も、生産が制約される中、世界的に需要が増加しているため、過去の歴史的な水準を上回るレベルで推移すると予想される。米国と欧州では、より高価な再生可能ディーゼルの消費量の増加が加速していることも、コスト上昇の一因となっており、再生可能ディーゼルの優れた混合特性が価格上昇の理由となっている。

これらの価格上昇を緩和するには、農業生産性の向上や新しい加工技術による原料供給の拡大と多様化など、いくつかの戦略が必要になる可能性がある。燃料の炭素強度を下げることは、より効率的な原料使用にも貢献し、カーボンプライシングを実施することで、バイオディーゼルブレンドの相対的なコストを削減できる可能性がある。

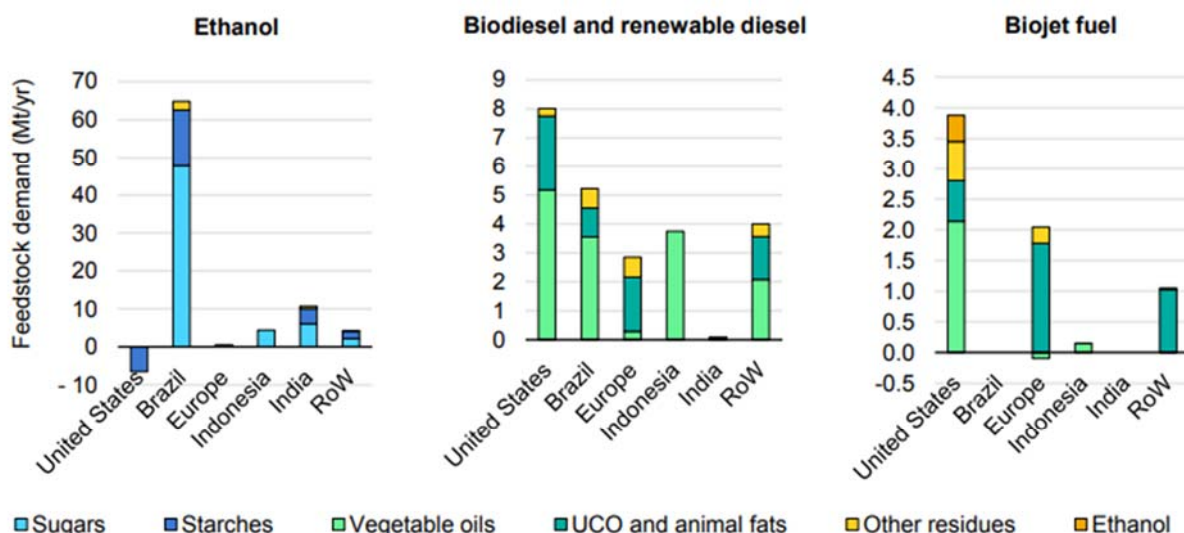
作物がバイオ燃料成長の大部分を支えているが、廃棄物や残渣の需要は増加する

予測期間中の新規バイオ燃料需要の 75%近くは、ブラジルのサトウキビや米国の植物油など、従来の作物で賄われている。しかし、バイオ燃料生産に使用される植物油の割合は、2022 年の 19%から 2028 年には 24%に上昇すると予想されており、世界の供給を圧迫している。廃食用油や動物性油脂などの残渣油脂やグリースの使用は、政策上の優遇措置を受けている欧米で最も拡大している。一方、エタノール、

再生可能ディーゼル、バイオジェットの生産に使用される農林業残渣や都市廃棄物は、2028 年までに 2 倍以上になる。

バイオ燃料原料需要の伸び:燃料・地域別、主な事例、2023-2028 年

Biofuel feedstock demand growth by fuel and region, main case, 2023-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: RoW = rest of world. UCO = used cooking oil. Forecast feedstock demand is based on the production forecast, planned capacity additions (with stated feedstock preferences) and policy-imposed feedstock limits.

注:RoW =その他の地域。UCO = 廃食用油。予測原料需要は、生産予測、計画生産能力追加(記載された原料供給希望を含む)、および政策によって課される原料の制限に基づいている。

サトウキビとトウモロコシを中心とする作物は、予測期間中の新規エタノール生産の 95%以上を支えている。世界的に見ると、バイオ燃料生産に指定された糖類とデンプンの割合は、わずか 1%ポイント上昇して 14%に達している。ブラジルでさえ、砂糖の供給拡大とトウモロコシ由来のエタノール生産の増加により、エタノール生産量が 40%増加したにもかかわらず、エタノール専用のサトウキビの割合は横ばいのままである。米国では、予測期間中のエタノール生産のわずかな減少により、トウモロコシのエタノール需要はわずかに減少する。他の地域では、エタノール原料の新規需要は最小限にとどまっている。

米国は、再生可能ディーゼル原料の新規需要の半分以上を占めており、主に植物油と残留油脂、油、グリースである。世界的には、植物油の需要は 2028 年までに 40%以上拡大し、米国とカナダでの植物油生産の増加を牽引している。それにもかかわらず、バイオ燃料の需要は植物油の生産よりも急速に増加し、供給を圧迫する。

税額控除と融資プログラムが、木材廃棄物を再生可能ディーゼルに転換するいくつかのプロジェクトを通じて原料の拡大を支援しているが、計画量はまだ少ない。ヨーロッパでは、RED と国の政策が廃棄物や残渣による生産を誘導しているが、他の地域ではインドネシアのパーム油とブラジル的大豆油がほとんどの生産追加を賄っている。

廃棄物と残渣は、予測期間中のバイオジェット燃料の成長の約 60%を占めると予想される。米国では、Fuelling Aviation's Sustainable Transition loan プログラムなどの助成金や融資プログラムが新たな生産パスを支援し、バイオジェット燃料専用の税額控除は GHG 排出量の少ない燃料に対するメリットとなっている。EU では、ReFuelEU 航空法により、食品や飼料作物が除外されており、バイオジェット燃料生産者は廃食用油、動物性脂肪、その他の残渣油に向かっている。米国と同様に、木質廃棄物やその他の残渣に依存するいくつかのプロジェクトが動き始める可能性がある。

バイオ燃料生産者は、今後 5 年間で GHG 排出量削減にもっと注力する必要がある

今後 5 年間で、自動車用燃料需要の約 40%がライフサイクルの炭素削減を奨励する政策によりカバーされ、従来のバイオ燃料混合義務からシフトする。これらのクレジットの価値は市場によって異なり、米国ではバイオジェット燃料が約 0.5 米ドル/リットル、ブラジルではエタノールが 0.03 米ドル/リットルに相当する。この変化により、液体バイオ燃料は、電気自動車やバイオガスなどの他の GHG 排出削減技術と直接的に競合することがしばしばある。

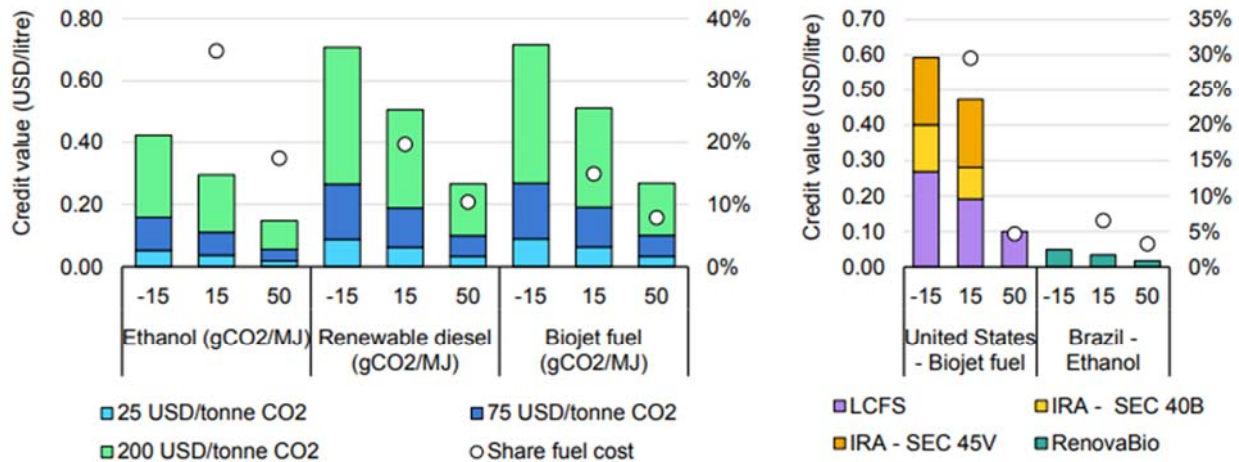
削減された GHG 排出量のトン当たりの低炭素燃料基準クレジットは、ディーゼル燃料やジェット燃料に代わるバイオ燃料の平均クレジット価格は 0.20 米ドル/リットルに近いが、最大 0.50 米ドル/リットルの価値がある。また、よりクリーンな燃料にはより高い価値が割り当てられており、GHG 強度の低い再生可能ディーゼル 1 リットル(15 g CO₂-eq/MJ)は 0.20 米ドル/リットルで、高強度(50 g CO₂-eq/MJ)燃料のクレジットは 2 倍になる。

米国、カナダ、EU は、ブラジルの RenovaBio や米国、カナダのさまざまな州や地方の政策など、既存のイニシアチブに加えて、予測期間中に GHG 排出削減を直接奨励する政策を実施する。提案される各政策は独自の制度設計となるが、一般的には GHG 排出削減目標、ライフサイクル排出係数、クレジット取引市場、および燃料適格性のルールが確立されている。これらのクレジットの価値は、地域や時間経過によって大きく異なる可能性がある。例えば、カリフォルニア州のクレジットは 200 米ドル/トン-CO₂ 以上上昇したが、2023 年の平均取引量は 75 米ドル/トン-CO₂ 弱だった。ブラジルでは、2023 年に RenovaBio のクレジットは 23 米ドル/トン-CO₂ で取引され、ピークに近い水準に達した。

米国は IRA で異なるアプローチを提供し、税額控除を GHG 排出量性能にリンクさせ、それによって漸進的な改善に対するインセンティブを維持している。例えば、SAF のクリーン燃料生産税額控除では、化石燃料よりも GHG 強度が 50%低い SAF に対して 0.33 米ドル/リットルが提供される。ただし、最低基準を上回った燃料には、0.13 米ドル/リットルの追加が用意されている。このクレジットは、低炭素燃料基準クレジットを持っている州の低炭素燃料標準クレジットや、クリーン水素製造のための他の IRA クレジットと組み合わせることもできる。ただし、航空部門やその他の燃料使用における最終的な GHG 排出原単位を規制するものではない。国際海事機関(IMO)も、国際船舶用燃料の低炭素燃料基準や炭素価格の導入を検討しているが、詳細が公表されていないため、我々の予測には織り込んでいない。

炭素原単位、クレジット価値、燃料の種類に基づく低炭素燃料基準型政策の価値(左)と既存の炭素原単位政策に基づく炭素クレジット価値(右)

Value of low-carbon fuel standard-type policies based on carbon intensity, credit value and fuel type (left), and carbon credit value based on existing carbon intensity policies (right)



IEA. CC BY 4.0.

Notes: LCFS = low-carbon fuel standard. IRA = Inflation Reduction Act. Credit values in the left graph are based on the difference between the example biofuel lifecycle carbon intensities (-15, 15 and 50 g CO₂/MJ) and default lifecycle carbon intensities for gasoline (85 g CO₂/MJ), diesel (89 g CO₂-eq/MJ) and jet fuel (89 g CO₂/MJ). "Share of fuel cost" is the value of the carbon credit relative to the estimated levelised cost of production for ethanol, renewable diesel and biojet fuel in 2023. US biojet credits in the right graph are based on an LCFS credit value of USD 75/t CO₂ and the value of Sec. 40B – sustainable aviation fuel credit – beyond the minimum threshold and IRA Sec. 45V for hydrogen with a carbon intensity below 0.45 kg CO₂-eq/kg H₂. Biojet fuel in the United States is also eligible for the RINS under the RFS (estimated at USD 0.48/litre) and the base Sec. 40B value of USD 0.33/litre. Fuel share is based on the levelised cost of producing biojet fuel using low-GHG-intensity hydrogen and used cooking oil. Brazil's ethanol value is based on the average 2023 RenovaBio credit value of USD 23/t CO₂ and the value per litre of ethanol at different lifecycle GHG intensity values. The share of fuel cost of these credits is based on the estimated levelised production cost for sugarcane ethanol in Brazil for 2023.

(注)LCFS = Low-carbon Fuel Standard(低炭素燃料基準)。IRA = インフレーション抑制法。左のグラフのクレジット値は、ガソリン(85 g CO₂/MJ)、ディーゼル燃料(89 g CO₂-eq/MJ)、ジェット燃料(89 g CO₂/MJ)のバイオ燃料ライフサイクル炭素強度(-15、15、50 g CO₂/MJ)の例とデフォルトのライフサイクル炭素強度の差に基づいている。「燃料費シェア」は、2023年のエタノール、再生可能ディーゼル、バイオジェット燃料の推定平準化生産コストに対するカーボンクレジットの価値。右のグラフの米国のバイオジェットクレジットは、LCFS クレジット値 75 米ドル/t CO₂、および炭素強度 0.45 kgCO₂-eq/kgH₂ 未満の水素の 40B 条(持続可能航空燃料クレジット)の最低閾値を超える 40B 条および IRA 45V 条の値に基づいている。米国のバイオジェット燃料は、RFS に基づく RINS の基準(推定 0.48 米ドル/リットル)および 40B 条の基本値 0.33 米ドル/リットルにも適格である。燃料シェアは、低 GHG 強度の水素と廃食用油を使用したバイオジェット燃料製造の平準化コストに基づいている。ブラジルのエタノール値は、2023 年の RenovaBio クレジット平均値 23 米ドル/t CO₂ と種々のライフサイクルのエタノール 1 リットルあたりの GHG 原単位値に基づいている。これらのクレジットの燃料コストシェアは、2023 年のブラジルのサトウキビエタノールの推定平準化生産コストに基づいている。

GHG 排出量中心の政策に焦点が移る中、バイオ燃料生産者は炭素強度削減の取り組みを強化する必要がある。例えば、ブリティッシュコロンビア州では、12 年間におけるエタノール生産で 50%、再生可能ディーゼルで 65%の GHG 排出原単位が減少した。今後 5 年間で、バイオ燃料産業のほとんどで同様の改善が必要になるであろう。

排出量を削減するための効果的な戦略には、原料の慎重な選択、プロセスのエネルギー効率改善、バイオ燃料生産施設の炭素強度の削減、革新的な農業慣行の採用が必要である。例えば、ブラジルでは、サトウ

キビのエタノール生産は、砂糖生産の副産物であるバガスからのバイオエネルギーを利用して、炭素強度を削減し、エネルギー効率を高めている。

国際的には、世界的に認証した GHG 排出原単位値を確立することで、貿易の改善に役立ち、低炭素原料が多い地域がそうでない地域に燃料を販売できるようになる。現在、毎年約 200 万トンの CO₂ がエタノール施設から回収されており、さらに 20 の施設で約 1,500 万トンの CO₂ を回収する計画が立てられている。

運輸部門の GHG 排出削減目標と価格

地 域	政策名称	目 標	実施日	価格範囲
米 国	インフレ抑制法	ターゲットなし	2022	最大 0.46 米ドル/ リットル(GHG 排 出原単位による)
州レベルの 低炭素燃料基準	カリフォルニア州、 オレゴン州、 ワシントン州 の低炭素燃料基準	カリフォルニア州 - 2030 年までに 20%削減 オレゴン州 - 2030 年までに 20%削減 ワシントン州 - 2034 年までに 20%削減	カリフォルニア - 2011 オレゴン - 2016 ワシントン - 2023	カリフォルニア - 22~ 206 米ドル /t CO ₂ オレゴン州 - 47~ 165 米ドル/t CO ₂
ブラジル	RenovaBio	2031 年までに 9,500 万トンの炭 素削減クレジット	2020	7~40 米ドル/ t CO ₂
カナダ	クリーン燃料規制	2030 年までに 13%削減	2023	未定
地方レベルの 低炭素燃料基準	温室効果ガス削減法 (再生可能および低炭 素燃料要件)	2030 年までに 30%削減	2013	15~360 米ドル/ t CO ₂
EU	再生可能エネルギー 指令	2030 年までに 14.5%削減；再生 可能エネルギーシ ェア 29%(オブショ ン)	2025	未定
ドイツ		2030 年までに 25%削減	2016	最大 670 米ドル/ t の CO ₂ (前のペナ ルティ率)
スウェーデン		従来は 2030 年ま でにディーゼルで 66%削減、ガソリ ンで 28%削減	2018	最大 670 米ドル/ t の CO ₂ (前のペナ ルティ率)