

■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3章:特別セクション : バイオガスとバイオメタン》

(Renewables2023 Analysis and forecast to 2028)



# Renewables 2023

Analysis and forecast to 2028

## 目次

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

## 特別セクション： バイオガスとバイオメタン

### ◆はじめに

IEA の再生可能エネルギーに関する市場レポートシリーズで、初めてバイオガスに特化したセクションを設けた。バイオガスの生産量は 1990 年代に増加し始め、それ以来増加傾向にあるが、種々の要因が重なり、過去 2 年間で政策支援が急増した。第一に、ロシアのウクライナ侵攻とその後のエネルギー危機によるエネルギー安全保障上の懸念から、バイオガスは天然ガス輸入への依存度を下げ、多くの国でエネルギー安全保障を支える国内エネルギー源として注目されている。

第二に、世界の気温上昇を 1.5° C に抑えることが急務であることから、各国はバイオガスが短期的に脱炭素化を加速させるのに役立つすぐに使える技術と見なし始めており、バイオガスをエネルギー転換戦略の重要な要素として含めた具体的な政策を策定している

焦点を絞った政策に加えて、市場の状況がバイオガスの利用を刺激している。熱電併給ユニットは一般的にバイオガスで稼働するが、他のガス需要市場(ガス公益事業、産業および運輸分野など)では、高濃度のメタンを含む精製バイオガスであるバイオメタンが必要になる。品質は天然ガスと同様で、そのため互換性がある。バイオメタンは、米国とカナダでは再生可能天然ガス(RNG)、インドではバイオ圧縮天然ガスまたは圧縮バイオガス(バイオ CNG または CBG)、中国ではバイオ天然ガス(BNG)としても知られている。

バイオガスとバイオメタンは、クリーンな家庭用エネルギー源であるだけでなく、その他の利点も提供する。例えば、バイオメタンは、運輸や産業などの電化が困難な分野の脱炭素化に利用することができる。バイオガスとバイオメタンの使用は、化石燃料の燃焼による CO2 排出量を削減するだけではない。適切に管理されれば、廃棄物分野や農業・畜産分野からのメタン排出(人為的な世界のメタン排出量の 60%を占める)も削減する。この利点は、2021 年に開始され、155 カ国(2024 年 1 月現在)が署名したグローバルメタン誓約 (the Global Methane Pledge) の排出削減目標とよく合致する。

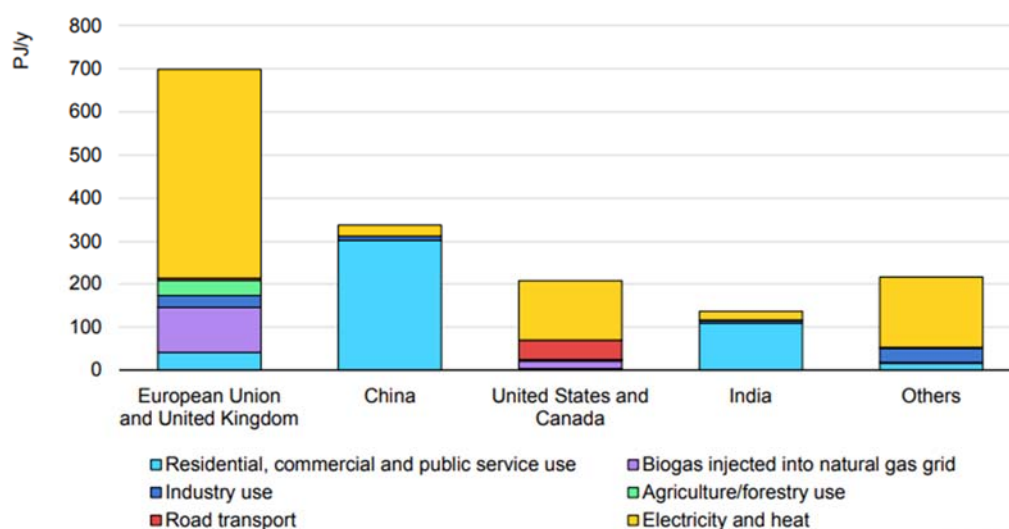
したがって、バイオガスとバイオメタンの使用は、残渣と廃棄物の価値化を中心とした循環型経済の構築に役立ち、農村の経済発展に貢献し、雇用を創出する。さらに、バイオガスとバイオメタン生産の副産物として天然たい肥を生産することで、農家の収入を増やし、未処理のたい肥の利用に関連して特定の環境への影響を排除することで、健全な土壌の再構築に役立つ。バイオガスは、発展途上国でのクリーンな調理にも使用できる。

### ◆バイオガスの現状

2022 年の世界のバイオガスとバイオメタンの合計生産量は 1.6EJ を超え、2017 年から 17%増加した。生産量のほぼ半分はヨーロッパが拠点で、ドイツだけで世界の消費量の約 20%を占めている。また、21%が中国で生産され、米国(12%)、インド(9%)がそれに続く。ただし、地域や国によって大きなばらつきが生じる可能性がある。各エネルギーシステムの特성에応じて、バイオガス/バイオメタンの開発は、他のエネルギーマトリックスを補完するために、政府ごとに異なる方法でサポートされている。

## 2021年の主要国・地域におけるバイオガスの主な用途

Main uses of biogases for selected countries and regions, 2021



IEA. CC BY 4.0.

中国では、数十年前に家庭用消化槽が開発され、農村部での調理や住宅用にクリーンエネルギーを供給している(バイオガス生産量は約 300,000TJ/年)。2003 年に始まった中国農村家計バイオガス国家債務プロジェクト(Chinese Rural Household Biogas State Debt Project)による投資支援のおかげで、2015 年までに約 4,200 万台の家庭用消化槽が設置された。しかし、2015 年、政府の施策は資本支援と固定価格買取制度を提供した熱電併給のためのエンジニアリングプラントにシフトした。

最近では、2019 年以降、中国政府はバイオガス産業の移行を主導し、大規模(年間>10mcm)のバイオ天然ガス(BNG、バイオメタン)プロジェクトに投資している。これらのプラントは、農村部と都市部の廃棄物原料を使用するものである。

電気とガスを統合的に生産し、グリッドに注入している。2019 年からの BNG の“産業化の促進に関する指導書”では、野心的な目標(2025 年までに 100 億立方メートル、2030 年までに 200 億立方メートル)(訳者注：日本の 2021 年度 LNG 輸入量 7,146 万トン (約 1,016 億立方メートル)) が設定されている。2010 年から 2020 年にかけて、生産量の増加は計画よりも緩やかだったが、過去 2 年間でバイオガスの導入を支援する新しい規制が施行された。

例えば、中国の第 14 次再生可能エネルギー開発 5 年計画(2021-2025)では、用途を多様化するためのグリッド注入の大規模プロジェクトに焦点を当てているが、補助金はまだ議論中である。2022 年には、プラント建設に関する新しい国家基準が発表された。中国のバイオガス/バイオメタンのほとんどはたい肥から生産されているが、大規模な農村施設を使用して、原料として都市の有機廃棄物を組み込む関心が高まっている。

また、インドでは、グリッドへの注入が不十分な農村部で小規模な家庭用バイオガスが大量に生産されており、バイオガスはクリーンな調理や照明のための重要なエネルギー源となっている。インドは、One Nation One Gas Grid プログラムを通じて、新しいガスインフラに投資することで経済における天然ガスの役割を拡大し、エネルギー部門における天然ガスの割合を 2022 年の 6.2%から 2030 年までに 15%に引き上げることを目指している。インドは最近、2025 年から 2026 年度の 1%から毎年増加し、2028 年

から自動車用の圧縮天然ガス(CNG)および家庭用のガスパイプラインの天然ガスに 5%のバイオメタンを混合することを義務付けると発表した。

2018年に開始された SATAT(Sustainable Alternative Towards Affordable Transportation)プログラムは、自動車用および産業燃料用のバイオメタン生産という非常に野心的な目標を掲げている。CBGは、インドではカスケードと呼ばれる加圧シリンダーで供給される。インドでは、すでに広範に成長しているガス動力のバス、トラック、タクシーや人力車を含む小型車(2023年の乗用車の12%)の台数が拡大している。政府が管理する価格でCO2排出量の少ない別の燃料から選択できるため、CBG生産に対するSATATプログラムの支援の恩恵を受けることができる。

一方、2022年の国家バイオガスプログラムなどの他のスキームは、電力および熱エネルギー供給のためのバイオガス利用をカバーしている。この政策は、農村部や遠隔地の特殊性を考慮して、バイオCNGに対する財政援助、固定価格買取制度、免税を提供する。インドは、農業残渣、たい肥、都市有機廃棄物、下水汚泥の形で、大きな原料の可能性を秘めている。しかし、原料のサプライチェーン(廃棄物収集や都市廃水処理など)には、さらなる開発が必要である。

一方、欧州には成熟したバイオガスおよびバイオメタン産業があり、市場が成長している。産業が発展している欧州諸国では、政府はコスト削減と、クリーンエネルギー証書取引や原産地保証制度など、公的支援よりも市場収益に頼る競争力のあるビジネスモデルを奨励しようとしている。

従来、バイオガスは熱電併給プラントでの発電に利用されてきた。しかし、競争力のある再生可能電力へのアクセスが拡大するにつれて、各国政府は、バイオメタンの柔軟性を産業および自動車用途に、直接またはガスグリッド注入を通じて利用する方法を模索している。ドイツ政府は、バイオガスは同国南部の電力網のバランスをとるために重要であると考えられているためバイオガス火力発電を支援しているが、英国は、発電とグリッドへの注入の両方にインセンティブを与えている。脱炭素化電力が進んでいるフランスは、2001年以降、2019年の「Right to Injection decree」に基づき、グリッドへの接続計画と円滑化などを通じて、地方の小規模農場規模プラントからでもバイオメタンをグリッドに注入するための支援に長年携わってきた。TSO/DSOは、ドイツ(75%)とフランス(60%)のグリッド接続に一部補助金を出している。

一方、自動車燃料としてのバイオメタンの利用は、バイオメタン生産に占める割合はまだ小さい(2021年は20%)が、欧州の多くの国で成長が加速している。多くの国はすでに大規模な圧縮天然ガス(CNG)および液化天然ガス(LNG)車両を保有しており、2023年初頭のCNG/LNG専用充填ステーションの数は、イタリア(1,500以上)、ドイツ(760以上)、スウェーデン、フランス、チェコ(200以上)でかなりの数であり、急速に増加している。現在、バイオメタンは、ガス燃料車により約20%が消費されている。

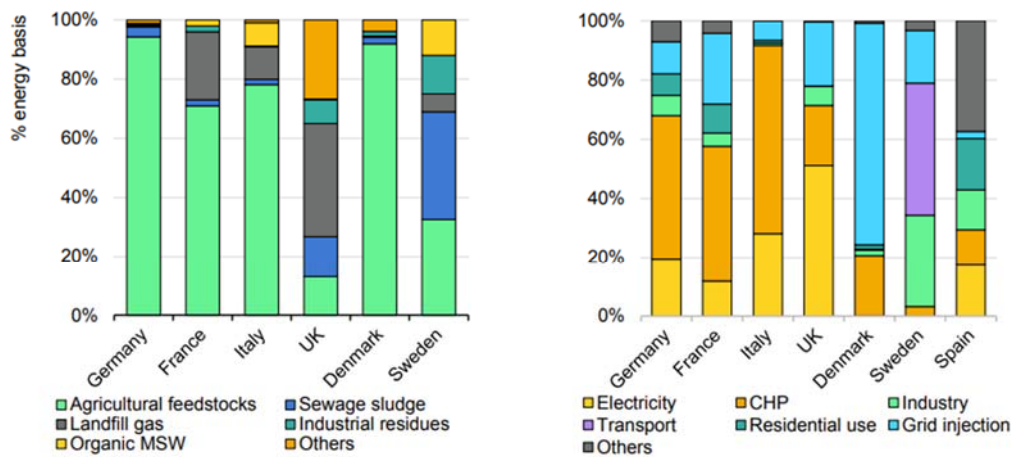
欧州では、有機物残渣や廃棄物から製造されるバイオメタンは、EU RED IIの再生可能燃料割当量を満たすための高度なバイオ燃料と見なされており、需要が高まっている。さらに、先進的なバイオ燃料は、一般的な再生可能輸送の枠において2倍にカウントされる。過去10年間、ドイツではエネルギー作物がバイオガス生産の著しい成長を支えてきたが、現在では廃棄物や残渣など、より持続可能な原料が政策として支持されている。その結果、トウモロコシと穀物は、バイオガス生産における原料使用量のわずか40%に制限されている。フランスなど他の国では、バイオガス生産のためのエネルギー作物の使用を禁止しており、現在、多くの国が、通常は、関税プレミアムを提供することによって、動物の糞尿の使用を奨

励している(ドイツやフランスなど)。

同時に、2018/850 EU 埋立廃棄物指令と、2030 年までに都市固形廃棄物中の有機物を埋め立て地に送ることを禁止する英国の廃棄物・資源戦略により、多くの国が埋立地ガスからのバイオメタン生産を減らしている(英国の生産量は 2010 年の 84%から 2022 年には 38%に減少)。しかし、埋め立てガスの原因となる都市固形有機廃棄物は、個別に収集した場合、バイオガスプラントの有効な原料となる。さらに、EU 指令 2018/851 は、2024 年からバイオ廃棄物の分別収集を義務付けている。さらに、新たに提案された EU 都市廃水処理指令は、処理プラントのエネルギーニュートラル化を推進しており、これを達成するための良い方法は、下水汚泥からバイオガスを生成することである。

### 2021 年、欧州の一部国におけるバイオガスとバイオメタン原料の比率(左)と最終用途比率(右)

Combined biogas and biomethane feedstock shares (left) and final end-use shares (right) in selected European countries, 2021



IEA. CC BY 4.0.

Notes: MSW = municipal solid waste. CHP = combined heat and power. "Agricultural feedstocks" includes crop and plant residues, animal manure, sequential crops and energy crops.

Sources: IEA analysis based on EBA and IEA data

注:MSW = 都市固形廃棄物。CHP = 熱電併給。「農業原料」には、作物および植物残渣、家畜糞尿、逐次作物およびエネルギー作物が含まれる。

出典:EBA および IEA データに基づく IEA 分析

米国では、バイオメタンの開発は、歴史的に運輸部門とカリフォルニア州で販売される燃料に適用される再生可能燃料基準(RFS)やカリフォルニア州の低炭素燃料基準(LCFS)などの支援スキームによって推進されてきた。2023 年 6 月に発表された最近の "RFS Set Rule" では、2023 年から 2025 年までの 3 年間、RNG の特定年間数量の義務化が確立され、燃料小売業者は再生可能燃料を生産するか、生産者から取引可能な再生可能識別番号 (RIN) を購入することで満たさなければならない。RIN クレジットの価値は市場によって異なり、再生可能燃料の分類ごとに特定の量的義務があり、バイオメタンは D5(高度なバイオ燃料)または D3(セルロース系バイオ燃料)分類に含まれている。電気自動車で利用されるバイオガスベースの電力の新しいパスとして含めることが議論されている。

カリフォルニア州に加えて、ワシントン州のクリーン燃料基準やオレゴン州のクリーン燃料プログラムなどのように、他の州も州内で販売される RNG に収入源を付加するため、独自の支援スキームを開発している。米国は現在、自動車用バイオメタンの世界最大のユーザーであり(2021 年には約 1.4bcm)、ガス輸

送燃料におけるバイオメタンのシェアは48%(カリフォルニア州では98%)となっている。

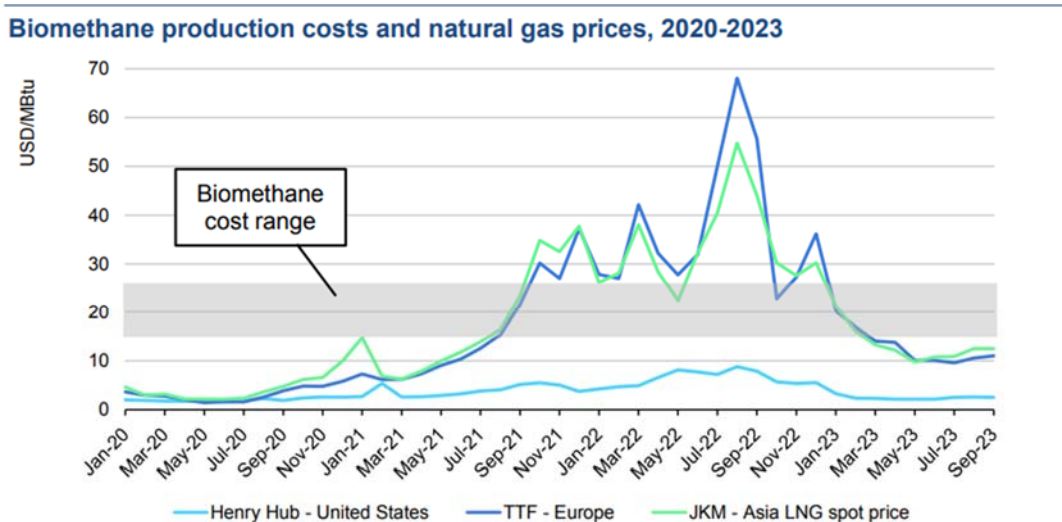
2022年8月に署名されたインフレ抑制法(IRA)などの新しい政策は異なるアプリケーションに対して連邦の支援を拡大している。たとえば、新しいバイオマス由来のガスのための生産税額控除やバイオガスアップグレード施設やガス性状的確化のための投資税額控除、水素製造用の原料としてのバイオガスを含む水素税額控除などである。RNGの非輸送分野での用途をサポートする別のプログラムとして、大気中へのメタン排出量を削減することを最終的な目的とした、有機廃棄物を埋め立て地から転換することを目的としたカリフォルニア州のRNG調達プログラム(2022年2月)がある。

米国では、バイオガスおよびバイオメタン生産の主たる原料は、最も低コストのバイオガス供給源である埋立地ガス(2021年のバイオメタン生産の72%)である。天然ガスのコストが最も低い国では、他の原料は伝統的に高価であった。それにもかかわらず、特にカリフォルニア州では、農場ベースの原料を使用する強いインセンティブにより、新しい施設は現在、主に農業廃棄物と家畜廃棄物を使用している。実際、カリフォルニア州では現在、家畜からのメタン排出量ははるかに少ないという理由で、酪農産業プロジェクトや養豚場に超低炭素強度のステータスを割り当てている。カリフォルニア州のRNG生産における家畜糞尿の割合は、2021年第1四半期の18%から2023年第2四半期には50%に増加した。

バイオメタンの生産コストは通常、天然ガスよりも高くなるが、天然ガスが受ける価格変動の影響を受けず、エネルギー危機の間、ヨーロッパとアジアでは低価格と評価された。化石燃料に対する炭素税を通じ気候変動上のメリットを収益化することで、バイオメタンと天然ガスの価格差を埋めることができる。

バイオメタンの製造コストは、原料、生産規模、運用コストによって異なる。ヨーロッパのような成熟した産業部門の場合、コストは55~90ユーロ/MWh(17~28米ドル/MBtu)と見積もられている。さらに、グリッド注入コストは3~4ユーロ/MWh、液化コストは12ユーロ/MWh追加される。一方、化石燃料に90ユーロ/トンのCO<sub>2</sub>コストを適用すると、天然ガス価格は約18ユーロ/MWh(6米ドル/MBtu)上昇する可能性がある。

バイオメタン生産コストと天然ガス価格(2020-2023年)



IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on [Cedigaz](#) and IEA data.

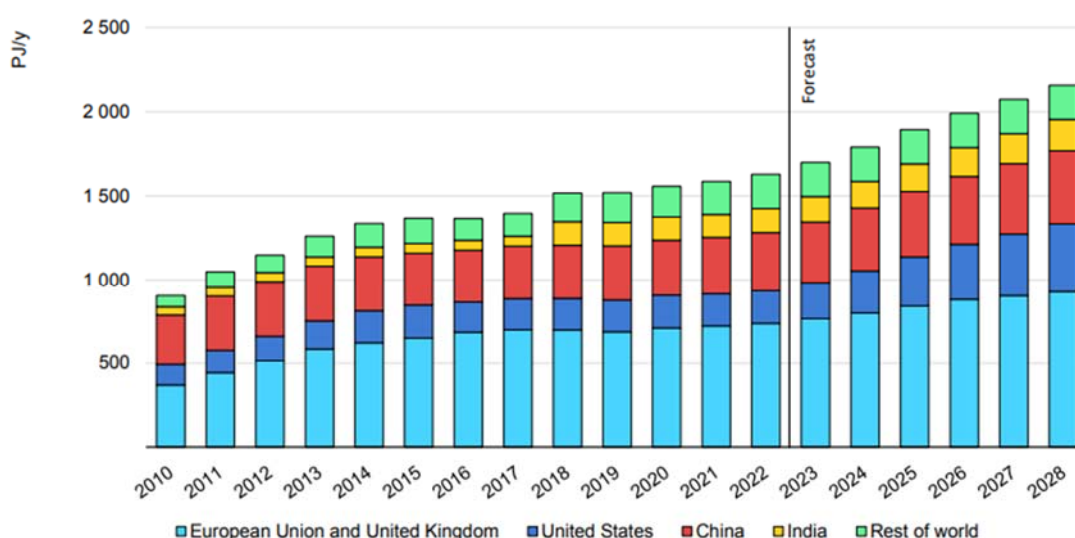
出典:Cedigaz.および IEA データに基づく IEA の分析

## ◆バイオガスとバイオメタン予測

2022年から2023年にかけて13カ国以上で影響力のある新しい政策が導入されたため、2017年～2022年と比較すると世界のバイオガス生産量は2023年から2028年にかけて加速、増加すると予想される。最も成長が見込まれるのは欧州と北米で、構築されているインフラと培ってきた経験があり、これまでの政策により5年という期間で迅速な展開が可能である。中国とインドも野心的な拡大計画を掲げているが、インフラの不足により今後5年間の成長は限定的である。しかし、両国は大きなバイオガス生産潜在力、エネルギー需要の増加、野心的な脱炭素化目標のため、2028年以降の成長を加速させる準備ができています。

世界のバイオガス生産量(2010-2028年)

Global historical and forecast production of biogases, 2010-2028



IEA. CC BY 4.0.

欧州では、過去20年間、発電がバイオガス拡大の主な推進力であったが、最近の政策では、バイオメタンを利用したバイオガスの用途の多様化が促進されている。したがって、予測期間中の欧州におけるバイオガスの成長の大部分は、新しいプラントとアップグレードされた既存のバイオガスプラントの両方からのバイオメタンに由来すると予想される。

ドイツなどの一部の主要市場では、バイオメタン生産者にとって最も収益源となる最終用途は輸送分野であり、再生可能燃料割当のクリーン燃料証書の恩恵を受けている。また、すでにガソリン車やガソリンスタンドを保有している国でも、強力な成長要因となっている。さらに、EUは、産業界がEU ETSに準拠するために使用し、民間企業が独自の排出削減目標を達成するために利用できる原産地保証システムにバイオガスとバイオメタンを含め始めた。

RED IIは、バイオガスの原産地保証を規制している。これまでのところ、一部の国では、国境を越えたバイオメタン取引を可能にする国内登録や二国間協定がすでに締結されている(デンマーク、ドイツ、オ



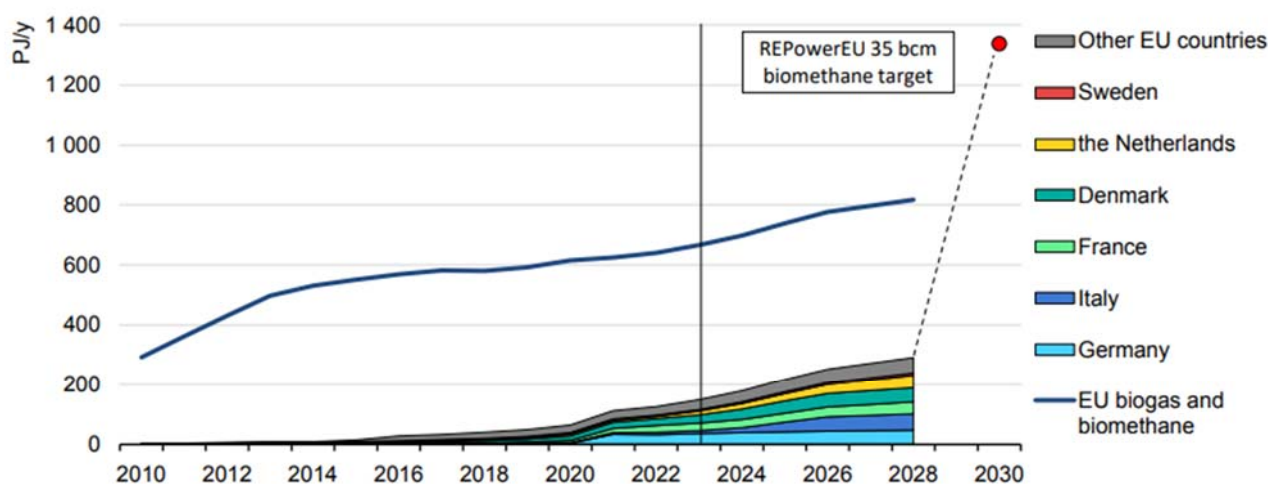
ランダ、オーストリア、スイス、英国、フランス)。このメカニズムを他の国でさらに展開することは、物理的なガス交換または証書取引のいずれかを通じて、国際貿易の増加に役立つ。

固定価格買取制度からガスの入札制度への切り替え(フランス)や、電力入札の条件変更(ドイツ)が進んでいる国もある。2023年にドイツで行われたバイオメタン発電の最新のオークションでは、入札はなかった。一方、フランスでは、2022年からガス注入の新たなオークションが延期されている。しかし、イタリアでは、2023年の輸送用およびその他の用途向けの注入バイオメタンの新しい入札スキームに関する最初のオークションは、リリースからわずか3か月後に45%が割り当てられ、2023年から2028年の見通しは良好である。欧州のいくつかの国では、新たな状況が経済的魅力を低下させ、バイオガスプロジェクトに対する投資家の信頼を弱める可能性があるため、依然としてリターンを下げる新しい政策の不確実性が予測されている。

EUは、2022年のREPowerEU計画において、2030年までにバイオメタンを35bcmにするという拘束力のない目標を設定したが、この目標を達成するには成長を加速させる必要がある。一部の国では、すでにグリッドに占めるバイオメタンの割合が高くなっているが(デンマークは2023年11月に37.9%という驚異的な成果を達成)、他の国(ベルギー、スペイン、ポーランド)は開発の初期段階にある。

### EUのバイオメタン生産量(2010-2030年)の過去、予測、目標

EU historical, forecast and targeted biomethane production, 2010-2030



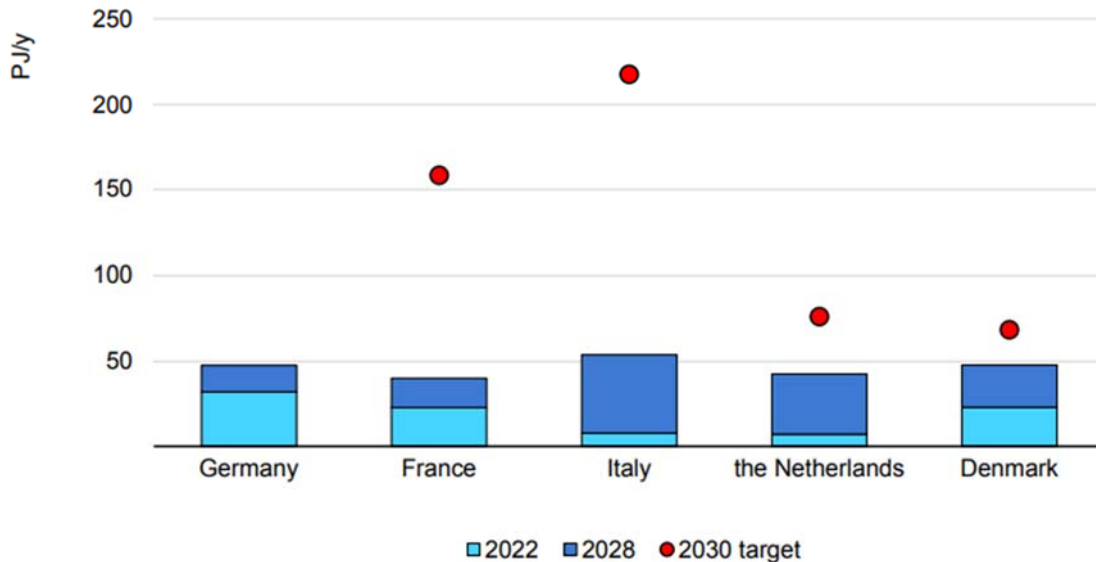
IEA. CC BY 4.0.

Note: Part of the biomethane production increase is expected to come from the upgrade of existing biogas facilities.

注：バイオメタン生産量増加の一部は、既存のバイオガス施設の更新によるものと見込まれている。

2022-2030 年の主要欧州諸国のバイオメタン生産量(現状、予測、目標)

Current, forecast and targeted biomethane production for selected European countries, 2022-2030



IEA. CC BY 4.0.

Note: Germany does not have a specific biomethane target for 2030.

注:ドイツには、2030年までの特定のバイオメタン目標はない。

**米国** はここ数年、連邦政府および州レベルの新たな政策支援により、バイオメタンの生産量の増加をさらに加速させている。新しい RFS Set Rule は、今後3年間でバイオメタン供給を倍増させることを目的としている。提案された義務量を考えると、開発中のプロジェクトのパイプラインと、バイオメタン、バイオガス、RNGのグリッド注入による供給に関するカリフォルニア州の目標を合わせると、今後5年間で2.1倍に拡大すると予想される。追加を認める様々なプログラムからの寛大な財政支援は、成長を加速させるための非常に有利な枠組みを提供している。

**中国**では、2022年に政府が第14次再生可能エネルギー開発5カ年計画で新しい政策を積極的に策定した。再生可能エネルギーに関するこれまでの5カ年計画のバイオガス目標は達成されなかったが、この分野の活性化は、次の三つの理由から期待されている。:国および国際エネルギー企業(PetroChina, China Three Gorges Corporation, China General Nuclear Power Group, French company Air Liquide and German company EnviTec Biogas)はバイオガスについての投資を加速し始めている; 政策支援が強化; グリッドへのアクセスが強化。それにもかかわらず、我々の2023年から2028年にかけての成長率予測20%は、2030年までに200億立方メートルという中国の野心的な国家目標と比較すると低いものである。

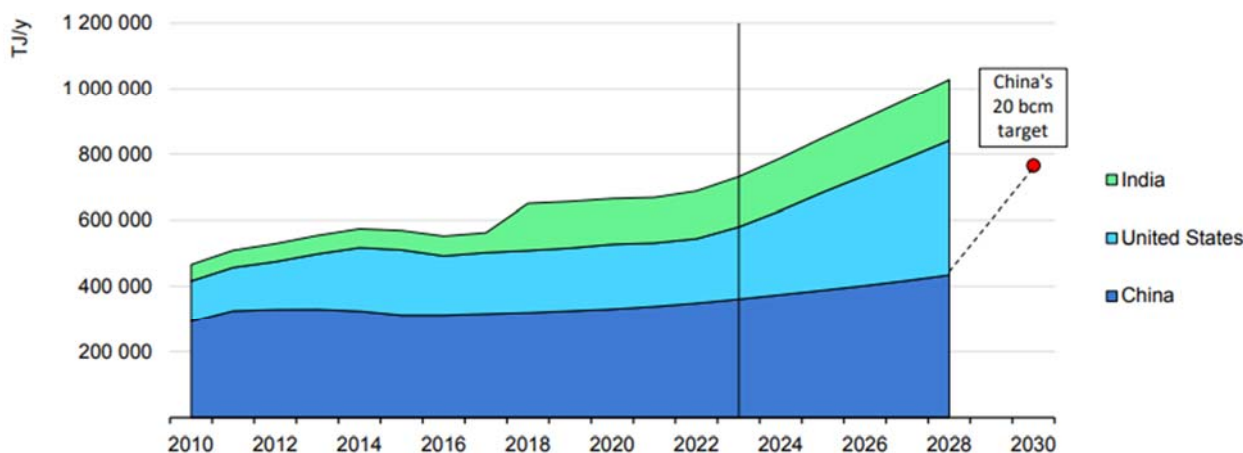
また、**インド**政府は、運輸分野を含むいくつかのバイオガス最終用途について非常に野心的な目標を設定しており、運輸および産業用燃料のためのSATATスキーム、都市、産業、農業廃棄物の回収に資金を提供するための2022年廃棄物エネルギープログラム、農村部および準都市部向けの2022年国家バイオガ

プログラムなど、それらをサポートするための広範な政策開発を行っている。

しかし、産業規模の生産設備の導入は遅れている。例えば、2023年10月の時点で、SATATプログラムでは、2024年に予定されている5,000の新規プラントのうち、稼働はわずか48プラントであった。インドが現在取り組んでいる課題は、農業残渣、家畜糞尿、有機都市廃棄物の収集を実施するためのサプライチェーンの確立と、必要なガスインフラの改善(One Nation, One Gas Gridプログラムを通じて)を完遂することであるが、予測は不確実である。それにもかかわらず、インドのバイオガス生産は2023年から2028年にかけて30%増加すると予測されている。SATATスキームの輸送に関する非常に野心的な目標(2023/2024年までにバイオメタンを年間1,500万トン増加)は、まだ達成される見込みだが、多少の遅れが見込まれている。

### 中国、米国、インドのバイオガス生産量の歴史と予測、および中国の2030年目標

#### China, US and India historical and forecast production of biogases, and China's 2030 target



IEA. CC BY 4.0.

#### ◆2050年までのネットゼロエミッションシナリオのトラッキング

IEA ネットゼロシナリオでは、バイオガスの生産量は2030年までに4倍にすべきとしている。成長率は2017-2022年の19%から2023-2028年には32%に加速するとしているが、2030年のネットゼロ目標を達成するには、さらに高いペースが必要である。バイオガスは成熟した技術である。クリーンな調理のための実行可能なエネルギー源であり、風力や太陽光などの変動する再生可能エネルギーの導入が拡大するにつれてますます重要になる低エミッション発電のための利用可能な電源として採用できる。

バイオメタンは、天然ガスのドロップイン代替燃料として、同じパイプラインと貯蔵インフラが使用でき、重工業(化学品や肥料の生産など)などの削減が困難な分野を含め、現在天然ガスが満たしているすべてのエネルギーサービスを提供できる。さらに、バイオメタンの製造コストは、現在、これらの分野の排出量を削減する他のクリーンエネルギーソリューション(水素、水素ベースの燃料、CCUSなど)と比較しても

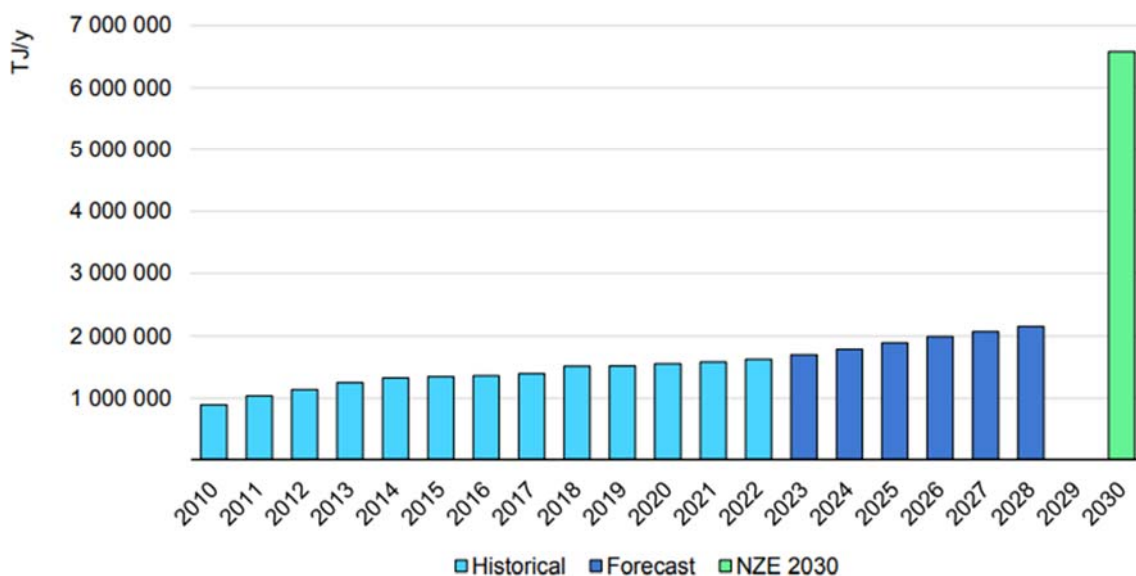
競争力がある。

したがって、すべての国は、ネットゼロの軌道を達成するために、見込まれるバイオガス生産量以上を確保する大きな努力をする必要がある。中国とインドは、農業、畜産、都市廃棄物部門における原料サプライチェーンの開発を加速し、バイオガス生産を経済的に魅力的なものにするために、より魅力的なインセンティブを提供する必要がある。主たるガスグリッドインフラと関連する最終用途施設の開発ペースも成長を左右する。

欧州諸国は、最近のいくつかのオークションで投資配分が不完全であることを考慮し、投資家へのインセンティブが新しい入札システムにおいて引き続き魅力的であることを保証するための努力を強化する必要がある。ラテンアメリカや東南アジアなど、バイオガスのポテンシャルが高い他の地域は、この分野の開発を開始するのに十分な公的支援が得られれば、世界の成長に大きく貢献する可能性がある。

### 世界のバイオガス生産量に関する過去の推移と予測、および 2030 年のネットゼロエミッションシナリオ目標

Global historical and forecast production of biogases and Net Zero Emissions Scenario target for 2030



IEA. CC BY 4.0.

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

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)