

## エネルギーtransitionへの逆風の中、今後欧州はどこに向かうのか

### 概要

- ✓2024年に欧州の全電力量に占める再生可能エネルギーの割合は48%に達し、世界の他の地域が低減に苦勞する中、欧州の電力セクターの炭素強度は、1990年から半分以上に低下した。欧州のETS(排出量取引制度)や脱炭素に関わる諸規制は機能し、欧州のエネルギーtransitionは一定の成果を示している。
- ✓一方で世界ではエネルギーtransitionの勢いに陰りが見えてくる中、欧州でも脱炭素・クリーンテック事業のペースに減速感が現れており、事業計画の実行段階への移行よりも、事業の延期、中断、撤退が目立つようになってきている。また再生可能エネルギーの急増により「変動電源」による電力供給の不安定さや電力価格の乱高下の問題も顕在化している。さらにインフラの不足・老朽化、未成熟な市場やサプライチェーンも脱炭素・クリーンテック技術普及の足を引っ張る。
- ✓社会の関心や優先順位も気候変動問題よりも喫緊のエネルギー価格や安定供給の側に移り、サプライチェーンの中国への一極集中は経済安全保障の懸念を想起させている(2022年の欧州におけるエネルギー危機は、ロシア産ガスへの過度の依存がもたらした)。エネルギー・経済安全保障は政治の重要な争点ともなっている。
- ✓このような状況の中 EUは「脱炭素政策を維持した上で欧州産業の市場競争力の向上を目指す」とし、「EU競争力コンパス」や「EUグリーン産業ディール」といった新たな指針・計画を打ち出し、併せて規制の簡素化・承認手続きの迅速化、「技術中立」の推進、理念や規制重視からより pragmatic(現実的)なアプローチへの転換といった方向に舵を切り始めた。エネルギーtransitionへの逆風の中、新たな道を模索する欧州の現状を本稿では取り上げる。

### 1. 欧州のエネルギーtransitionが抱える課題

既存のエネルギーシステムからよりクリーンで、持続可能なエネルギーシステムへの移行を目指すエネルギーtransitionが、ここ最近そのペースが鈍ってきたと言われている。その傾向はエネルギーtransitionにおいて世界をけん引する欧州でも例外ではなく、新たなクリーン・脱炭素事業の立ち上げよりも、事業の延期、中断、撤退の記事が目立つ状況となっている。英国のエネルギーサプライチェーン関連団体である Energy Industries Council (EIC) が2月に発表した報告書”Net Zero Jeopardy Report II”<sup>1)</sup>によれば、エネルギー業界のネットゼロ目標達成に対する信頼が大幅に低下しており、調査対象のエネルギー業界の幹部のうち、2050年までにネットゼロを達成できると信じる者は16%に過ぎず、前年の45%から大幅に減少したとする。欧州全体でもエネルギーtransitionに対するモメンタム(勢い)が数年前と比べて相対的に低下している印象を受ける。

図1に示すように、欧州におけるエネルギーtransitionに対するモメンタム低下の理由は、欧州

固有の特徴と現在世界全体に共通する課題の両方にある。産業界が指摘する欧州固有の課題は、厳格で複雑、かつ重層的な法規制であり、それに伴う官僚的で時間を要する許認可手続きであるとされる。それに太陽光・風力発電といった再生可能エネルギー発電事業の急激な拡大が、当局の事務手続きのボトルネック化に拍車をかける。2025年1月、英国の National Energy System Operator (NESO) は、国の送配電網システムへの接続に対する 1,700 件、700GW(設備発電容量)相当もの申請を受領し、申請中の設備発電容量が 2030 年どころか 2050 年の英国のエネルギーシステムの需要量を超えたことから、新規の手続き申請の受領を中断した。英国では現在 115GW の送配電網接続済みの発電設備があり、それに加え 100GW が 2030 年までに必要となると予想されている。

図 1 エネルギートランジションに関わる欧州の課題



(出所: JOGMEC 作成)

さらに英国の場合は政権が短期間で交代し、政権が変わるたびにエネルギーに対する方針が抜本的に変更されるという点も産業界や市場に混乱をもたらしている。

また法規制による徹底的な管理に対し、米国の IRA (インフレ削減法) のような事業を直接支援するインセンティブが十分備わっていないことも事業者の不満の種となり、投資が米国市場に向かう傾向を助長している。これは決して欧州にはインセンティブがない、という訳ではなく、EU では IPCEI (欧州共通利益に適合する重要プロジェクト) 基金<sup>2</sup>といった数多くの事業支援の枠組みがある。また EU-ETS (欧州排出量取引制度) による EUA (EU Allowance、排出枠) のオークション収入は、その多くが脱炭素・クリーンテック技術開発・事業支援の原資となる (EU-ETS は 2023 年にオークション収入として 436 億€ を調達)。しかし、支援制度の適用は公募と競争入札で決定されることが多く、様々な条件をクリアする必要があるので、(米国の IRA と異なり) 利用者が大きく制限され、承認までに時間が掛かる。「使い勝手が悪い」という点が産業サイドからの不満の理由である。

欧州の煩雑な規制、時間の掛かる許認可手続きについては手続きの重複を避け、一本化・簡素化・デジタル化を推進することで一定の解決を図ることができる。例えば (再生可能エネルギー開発増大による) 送配電網への接続申請の急増とそれに伴う許認可の大幅な遅れについては、「実現性・優先度」の低い事業をスクリーニングし、高い事業への手続きを優先するメカニズムを導入することで解決を図ることが可能となる。後述する「EU 競争力コンパスおよび EU クリーン産業ディール」はまさに「産業側からの目線」で、硬直化した規制・手続きの仕組みを如何に効率・簡素化するかに焦点を当てた

GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

中身となっている。

欧州のエネルギー・トランジションにおけるペースの鈍化は欧州が抱える固有の事案だけでなく、現在世界が抱える共通の課題にも起因する(図 1)。クリーンテック・脱炭素事業の場合、インフレによる資機材・人件費の高騰は直接事業の経済性を毀損する。また金利の上昇も事業に負の影響を与える。クリーンテック・脱炭素事業は一般に資本コストの割合が大きく、欧州が得意とする洋上風力発電事業においては 80%以上とされるため、金利の上昇による資金調達コストの増加は事業の経済性を大きく損なう。洋上風力発電で世界をリードする Ørsted は、3%の金利上昇は大型洋上風力発電事業の利益を全て打ち消すだけのインパクトがあると分析している。また洋上風力発電には 2 万点もの部品が使われ、そのサプライヤーは世界中に分布するため、サプライチェーンの分断といった供給面での脆弱性も事業のスケジュールに大きな影響を及ぼす。さらに再生可能エネルギーが増えることで、港湾や設置用設備、ロジスティック、熟練作業員といったスキル面においてもボトルネックが生じている。不透明で厳しい事業環境に対しては、政府が明確な指針を示し、積極的なインセンティブや支援制度の導入を推進することが求められる。

さらに欧州の場合は、エネルギー・経済安全保障がエネルギー・トランジション・脱炭素政策に複雑に絡み、大きな影響を及ぼしている。図 1 で示しているように、2022 年のロシアによるウクライナ侵攻に端を発したエネルギー危機を境に、欧州のエネルギー価格は米中とその差を大きく開いた。そもそも欧州にはドイツのようにロシアの低価格天然ガスを燃料とした鉄鋼・化学・窯業といったエネルギー集約型産業が多く、それらの産業は天然ガスを熱源として使用するため、電化のオプションが取りづらい。脱炭素の点からも、経済的な面からも厳しい状況に置かれており、欧州産業が市場競争力を失う一因ともなっている。エネルギーのトリレンマ(エネルギー価格、安定供給、脱炭素)においてエネルギーの価格や安定供給(エネルギー安全保障)といった面へのウエイトが高まり、脱炭素よりも優先度が増していると言えるのではないだろうか。

また経済安全保障面でも中国への依存が進み(欧州の太陽電池の 98%、リチウムイオン電池の 75% は中国からの輸入)、クリーンテック・脱炭素市場が拡大する欧州は、中国にとって最大のお得意先となっている。本来欧州は域内でクリーンテック・脱炭素事業を推進し、それらの市場が拡大することで域内の関連製造業の成長を企図していたはずだった。しかし、中国は国内の規模の圧倒的に大きな市場と強い競争力を梃子に、欧州市場に輸出攻勢をかけており、域内のクリーンテック製造業者は厳しい経営を余儀なくされている。また新型コロナウイルス感染症後のサプライチェーンの分断のように、単独のサプライヤーへの過度な依存は、事業の上での大きなリスクとなる。サプライの一極集中は前述の「ロシア産ガスへの過度な依存」のようなエネルギー安全保障面での懸念を生んだ。まさに同様の文脈で、クリーンテック原料・製品の中国依存は安全保障上のリスクとなっている。このような状況の中、前述した「脱炭素政策を維持した上で欧州産業の市場競争力の向上を目指す」という「EU 競争力コンパス」や「EU クリーン産業ディール」(3. (1)にて詳述)が解決に向けた糸口になるのでは、として期待が寄せられている。

## 2. 各セクターのエネルギー・トランジションの進捗状況と課題について

ここから各産業・技術セクターごとのエネルギー・トランジションの進捗状況と課題について取り上げていく。前項で示したポイントは欧州域内のエネルギー・トランジション全体に共通する事案であるが、各セクターにその進捗状況や課題は異なる。最初は脱炭素において欠かすことのできない「電化」に直結し、欧州で現在最も脱炭素化が進んでいる電力について解説する。

### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

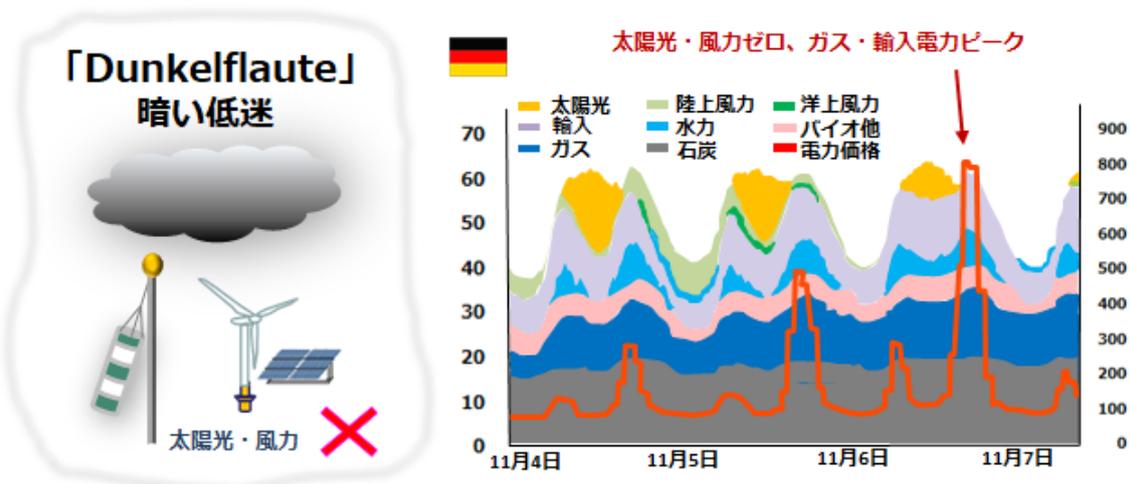
## 1) 電力

### 1)a 欧州電力に関する課題

欧州電力セクターが抱える課題はいくつかあるが、その中で最近目立った課題を2点紹介する。

1点目は変動電源である再生可能エネルギーの増加による電力の安定供給への懸念である。ドイツでは2024年11月4日から7日にかけて低く厚い雲と無風を伴う高気圧が数日間にわたり停滞する「Dunkelflaute(暗い低迷)」と呼ばれる異常気象が発生し、翌月の12月、そして2025年2月にも同様の現象が起きた。太陽の光が厚い雲でさえぎられることから太陽光発電がほとんど機能せず、風が吹かないことで風力発電も極わずかの発電量に留まった(図2a)。ドイツは再生可能エネルギーの普及が進み、電源構成に占める再生可能エネルギーの割合は、年平均で55%に達する。したがって「Dunkelflaute」のように自然エネルギーが得られない場合、他の手段で電力需給のバランスを取らなくてはならない(需給のバランスが崩れると停電や設備の故障につながる)。ドイツは石炭・ガス火力発電を最大限活用し、さらに海外からの電力輸入でかろうじて難局を乗り切った。

図2a 2024年11月4日から7日のドイツの電力構成と翌日電力価格  
(単位: 左縦軸 GW, 右縦軸 €/MWh)



(出所: Bloomberg, Elexon データをもとに JOGMEC 作成)

また2024年12月の「Dunkelflaute」では、2024年12月11日の14時から15時のドイツの電力価格が一時過去18年間で最高の1,000€/MWhを記録している。これは1日で電力価格が10倍もの値を付けたことを意味する。

同様の事象は同時期英国でも発生している。2024年1月10日の「Dunkelflaute」では英国の再生可能エネルギーの発電容量は太陽光発電で2.5GW、風力で3.2GWまで低下した(図2b)。発電能力はそれぞれ16GWと30GWである。

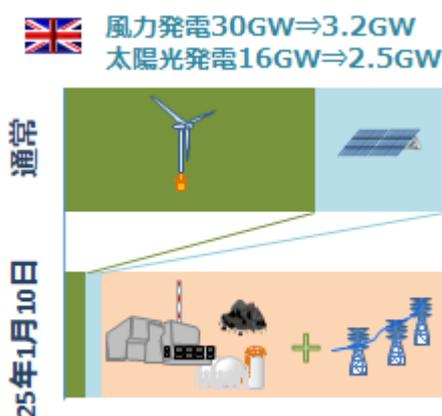
「Dunkelflaute」現象とは逆に太陽光が十分で、強風の気象条件の下電力需要が低迷している場合は電力供給が過剰となり、電力バランスを取るために再生可能エネルギーの送電を止める「出力制御」の対応が求められる。図3に見られるように2024年、風力発電による英国の「出力制御」の合計は前

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

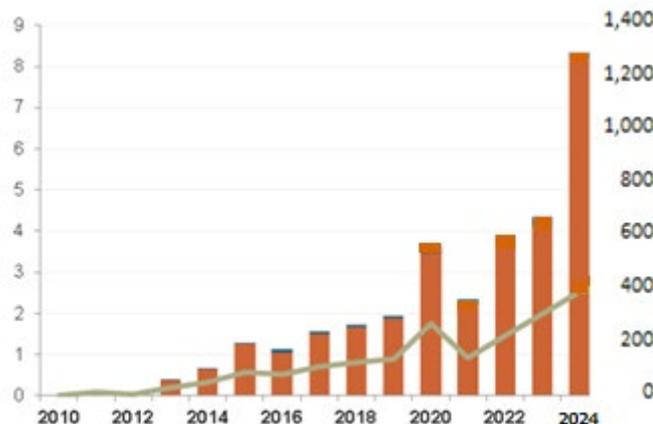
年比約 2 倍の 8.34 TWh に達し、約 4 億 £ の損失が生じた。再生可能エネルギーの拡大に伴い「出力制御」の割合は年々増加し、ドイツや他の国々でも深刻な問題となっている。特に洋上風力発電のように適地が限られており、送配電設備が十分整備されていないエリアでは、「出力制御」の問題が避けられない。2024 年 7 月時点でのドイツの洋上風力発電設備容量は 9GW で、2030 年までに 30GW の目標を掲げるが、洋上風力発電施設は北部の沖合の北海に集中する一方、電力需要の中心はドイツ南部である。2023 年、ドイツ南部への電力供給の内 9% が送配電網の制約により失われ、北海からの電力供給は 2018 年以來の最低レベルとなる 19.2TWh にとどまった(TenneT)。ドイツの Federal Network Agency はインフラの制限のためドイツの再生可能エネルギーの 3% が無駄になっていると試算した。また気象条件が太陽光・風力発電に適している場合は、一斉に再生可能エネルギー起源の電力供給量が増えるため、卸電力市場での販売価格が低迷あるいはマイナスとなり、利益を確保することが難しいという問題もある。Eurelectric によれば 2024 年において卸電力価格が EU 全体で 1,480 回マイナス価格を付けたとする。

図 2b 2025 年 1 月 10 日の英国の再生可能エネルギー発電容量の割合



(出所: Centrica データをもとに JOGMEC 作成)

図 3 風力発電による出力制御の推移  
(単位: 左縦軸 TWh、右縦軸 100 万 £)



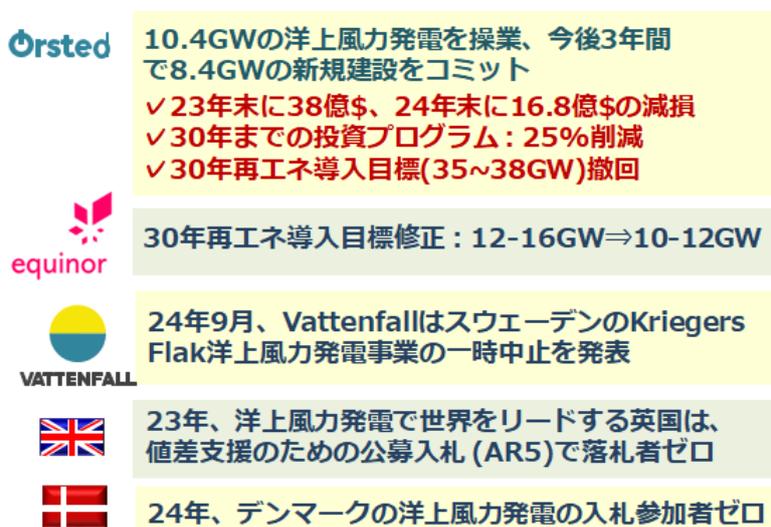
**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

(出所: FGE データをもとに JOGMEC 作成)

電力セクターに関する課題の 2 点目は、洋上風力発電開発事業への逆風である。欧州の洋上風力発電は北海を中心に世界をリードする存在であるが、世界的に洋上風力発電開発は厳しい事業環境に晒されており、この点は欧州でも例外ではない。いくつかの洋上風力発電開発事業が延期や中断を強いられ、洋上風力発電開発のトップ企業である Ørsted や Equinor も事業投資規模の縮小を決定している(図 4)。Vattenfall は 2024 年 9 月、スウェーデンにおける洋上風力発電事業の投資条件では実現が見込めないとして、スウェーデンにおいて最も進んだ洋上風力発電プロジェクトとされる Kriegers Flak 洋上風力発電事業の凍結を発表している。また洋上風力発電に関し世界をリードする英国は、2023 年の AR5 の CfD 入札(Contracts for Difference Allocation Round 5、差額決済のための第 5 次割り当て入札)で政府が設定する上限価格(Administrative Strike Price、ASP)が低すぎ(インフレや金利の引き上げによるコストを反映しておらず)、落札者ゼロという結果になった(ただし 2024 年の AR6 では上限価格を引き上げ、5.4GW の洋上風力発電が契約された)。2023 年時点では、英国で稼働中の洋上風力発電設備は 14GW あり、その内 12GW は CfD(Contracts for Difference、差額決済契約)のスキームを利用している。また一方で 2024 年 4 月に開催されたデンマークのエネルギー庁(DEA)による 3GW のオークションは、CfD といった政府助成の仕組みもなく、入札参加者ゼロという結果に終わった。

図 4 欧州の洋上風力発電開発事業の後退



(出所: JOGMEC 作成)

これら洋上風力発電事業の経済性の悪化は、新型コロナウイルス感染症からの回復局面において生じた世界的インフレ、インフレへの対抗措置として各国中央銀行が実施した金利の引き上げ、さらにサプライチェーンの分断による影響が大きい。前述したように部品点数の多い風力発電設備は、サプライチェーン途絶の影響を大きく受け、金利引き上げによる資金調達コストの上昇は、事業の経済性を大きく損なう。これらの影響により欧州における洋上風力発電事業の LCOE(均等化発電原価)は、

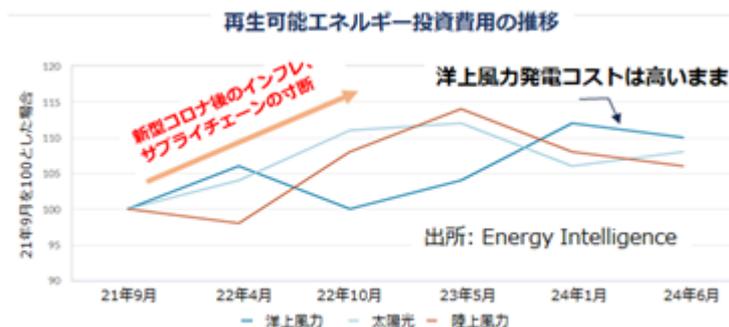
**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

50%上昇したといわれている(Ørsted の「Offshore wind at a crossroads」参照)。

新型コロナウイルス感染症後の世界的インフレ、金利の引き上げ、サプライチェーンの分断は、同様に太陽光・陸上風力発電の開発コストにも上昇圧力となったが、それらの事業では一時の開発コスト上昇から徐々に元の状態への回復が見られるのに対し、洋上風力発電では開発コストの高止まりが続いている(図5)。

図5 新型コロナウイルス感染症後の洋上・陸上風力および太陽光発電開発事業における投資費用の推移  
(単位: 2021年の値を100とした時の比較)



(出所: Energy Intelligence データをもとに JOGMEC 作成)

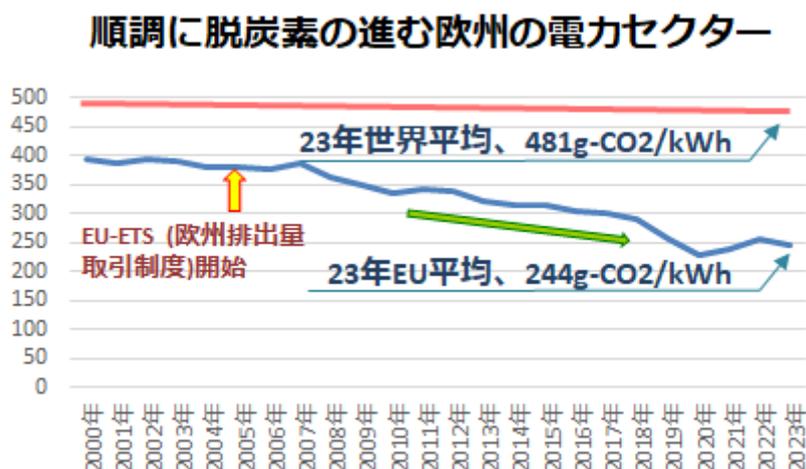
#### 1)b 欧州電力の概要

2023年のEU27各国における電源構成は、再生可能エネルギー45%(2024年の再生可能エネルギー起源の電力割合は48%)、化石燃料32.5%(ガス火力14.7%、石炭火力12.7%)、原子力20%となっており、発電設備容量だけでなく発電量としても、再生可能エネルギー電力が化石燃料による火力発電の値を大きく引き離している。図6に示されるように、その結果EU27各国の電力炭素強度の平均は2023年に244g-CO<sub>2</sub>/kWhとなり、世界平均である481g-CO<sub>2</sub>/kWhの半分ほどにまで低下している。この20年余りで世界の電力炭素強度は顕著には減少していないが、欧州では2005年のEU-ETS(欧州排出量取引制度)開始以来目立って電力炭素強度が低下していることから、特に電力セクターの脱炭素をターゲットとしてきたEU-ETSが、脱炭素に効果的な制度であったことが示唆される。

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

このwebサイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

図6 世界およびEU27 各国の平均電力炭素強度の推移(2000年~2023年)  
(単位: g-CO<sub>2</sub>/kWh)



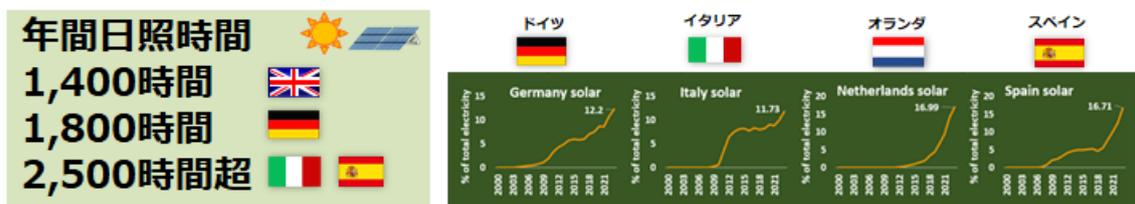
(出所: European Environmental Agency、Ember データをもとに JOGMEC 作成)

再生可能エネルギーによる電力供給が化石燃料による火力発電の電力量を大きく上回る欧州であるが、これまでの再生可能エネルギーの伸びが風力発電によってけん引されてきた一方、現在の再生可能エネルギー発展の原動力は太陽光発電となっている。これまでの太陽光発電は、年間日照時間が長く、日射量も多いイタリアやスペインといった南欧が中心であった(図7)。しかし、現在は日射量の低い英国、ドイツ、オランダといった国々にも広く拡大している。例えばオランダでは、近年全発電量に対する太陽光発電のシェアが著しく上昇しており、2023年には全体の17%に達している。ドイツでも太陽光発電設備容量は2024年に新たに17GW追加され、2025年初めには100GWに達した(BSW)。発電設備容量としては石炭・ガス火力発電の合計と肩を並べるほどの規模に拡大しており(図8左図)、2030年までに215GWを目指す。また英国でも太陽光発電設備容量が現在の15GWから2030年までに47GWに増加すると予想されており(NESO)、ピーク時には全電力量の11%を賅っている(図8右図)。これは中国から輸入される太陽電池の大幅な価格低下の影響が大きい。欧州全体の日照時間が増え、欧州自体も太陽光発電により適した環境となっていることも影響している。2022年のドイツは年間2024時間の「晴れ」を記録し、2018年の2015時間というこれまでの記録を塗り替えた。これまで1800時間を超えた年は1991年以来計7回あったが、そのうち6回は2000年以降となっている。過去30年間で明るさが増し、太陽光の照射は10%から20%増加した。

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

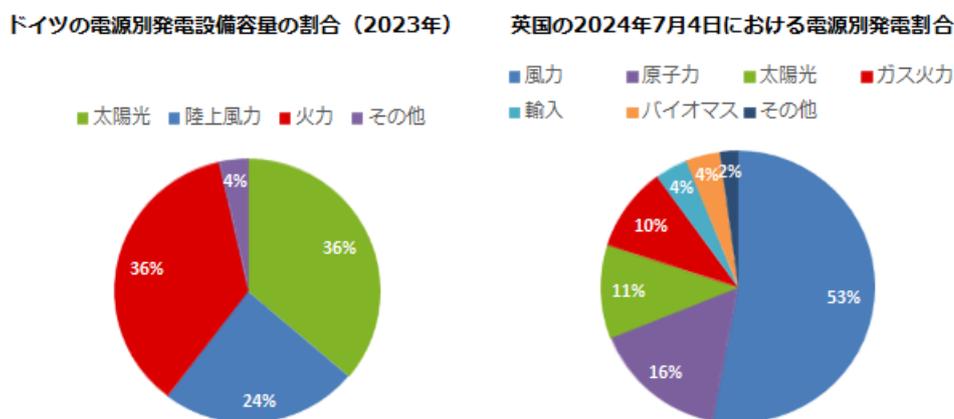
この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

図7 欧州主要国の日照時間と総電力量に占める太陽光発電量の割合の推移  
(単位: %)



(出所: emberclimate.org 他)

図8 ドイツの電源別の発電設備容量(左図)および英国の太陽光・風力発電ピーク時の電源構成  
(単位: %)



(出所: Lambert データをもとに JOGMEC 作成)

太陽光・風力発電は気象条件によって電力供給量が大きく変化する変動電源である。条件が整えば過剰発電によって「出力制御」の問題を生み、条件が合わなければ電力供給が不足し、他の電源によって補う必要がある。例えばドイツの場合陸上風力発電の年平均の稼働率は21%に達するが、夜間は発電できない太陽光発電では、年平均7%にしかない。太陽光発電設備が増加することによって益々電力の変動性が増し、安定供給リスクが高まる。

図9の左図は電力供給における理想的な各電源のバランス・役割を示している。原子力、石炭・ガス火力といったベースロード電源は需給の変動影響を受けないベースとなる需要を支える。一方太陽光・風力発電といった変動電源の不安定さを支えるにはCCGT(combined cycle gas turbine、ガスタービン・コンバインドサイクル発電)といった高効率なガス火力発電が欠かせない。CCGT火力発電は再生可能エネルギー発電が夜間や気象条件によって十分な機能を果たせない際、あるいは電力需要が急激に高まった場合にタイムリーに稼働し、電力の安定供給を助ける。すなわち調整電源(dispatchable generation)としての役割を担う。

GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

図9 変動電源の増加により重要性を増す調整電源とフランスの輸出電力



(出所: JOGMEC 作成)

太陽光・風力発電が拡大し、前述したような「Dunkelflaute (暗い低迷)」といった異常気象が発生した場合、ベースロード電源や調整電源(dispatchable generation)があることで電力の安定供給を確保できる。しかし、ドイツの場合原子力発電を 2023 年に完全に停止しており、石炭火力発電についても 2030 年代の廃止に向けて作業を行っている。現状では再生可能エネルギーからの電力供給が不足したとき、フランス等からの電力輸入に大幅に頼らざるを得ない状況となっている(図 2a 参照)。また英国では最後の石炭火力発電所であった Ratcliffe-on-Soar 発電所が 2024 年に閉鎖され、現時点での石炭火力による運転中の発電設備はない。原子力発電の設備はあるが十分とは言えず、2025 年 1 月 22 日の「Dunkelflaute」の際は、フランス、ノルウェー、ベルギー、デンマークからの電力輸入に頼らざるを得ず、輸入電力が国内の電力供給量の 10%以上を占めた。

欧州の電力市場の強みは、国を跨いだ送配電網が発達しており、実際に国同士の電力のやり取りが電力システムや構想の中に組み入れられていることである。そしてその中止にあるのがフランスの原子力戦略である(図 9 右図)。フランスの原子力発電による発電量は 2024 年に 362TWh となり、その内電力純輸出量は 85TWh から 90TWh とされる。通常原子力発電による発電量の内 1/4 ほどが輸出に回されており、重要な収入源ともなっている。国営の EDF が各国の電力会社と締結する ARENH メカニズム<sup>3)</sup>によって、年間 100TWh までの電力を 42€/MWh で販売する(現在 2025 年に失効する ARENH メカニズムの改定が進む)。欧州のベースロード電源として、時には調整電源として益々存在感を増すフランスの原子力電源であるが、必ずしもその供給体制は盤石とは言えない。欧州がエネルギー危機に見舞われた 2022 年には干ばつによる冷却水の不足や老朽化の進む原子力発電設備の不具合により原子力発電所の稼働率が落ち、純輸入国に転落(17TWh の純輸入)、ドイツ等からの電力の輸入を余儀なくされたといったことが起きている。

ドイツも原子力・石炭火力発電の廃止、変動電源である太陽光・風力発電の急拡大によって、CCGT ガス火力といった調整電源(dispatchable generation)拡充の必要性を痛感している。Scholz 政権は 2030 年までに 10GW の水素転換可能なガス火力発電所の建設を提案し、2025 年 2 月の総選挙前に 15GW まで引き上げた。一方で現在ドイツは 28-29GW の石炭・褐炭火力発電所を有しており、それらの廃止を前提とするのであれば、20GW から 25GW の新規の発電設備容量が必要だとされる(Uniper)。CDU/CSU および SPD の次期連立政権は、20GW の新規ガス火力発電所の建設について合意している(2025 年 4 月時点)。

### 1)c 欧州電力市場に向けた今後の対応

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

EUの電力全体に占める太陽光・風力発電量の割合は、2023年の45%から30年には67%に拡大するとされる。変動型電源である再生可能エネルギーの増加は、電力の需給バランスの上で、更なる不安定さをもたらすこととなる。また2023年のEU27か国の年間発電量は2710TWhであったが、この発電量は十数年間大きくは変わっておらず、電力のグリーン化は進んだものの、電力の需給体制はこれまで一定であったことを示している。しかしながらデータセンター・AIの拡大で、EU27か国の年間電力需要は60%増加すると予想される(欧州委員会)。これまで電力の需給体制に長い間変化がなく、システム全体が安定している中での需要の急激な拡大は、電力市場や需給体制に混乱を招く可能性もある。また低廉なロシア産ガスからの離脱に伴う欧州のエネルギー価格の高騰は家計や産業界を直撃し、欧州のエネルギー集約型産業の競争力を削ぐ要因の一つともなっている。

このようにこれまで長い間市場の目立った成長もなく、安定していた欧州の電力市場は、電力価格、安定供給、脱炭素という「トリレンマ」を抱え、老朽化する電力インフラと電化やデータセンター・AIの拡大による電力消費の急増という課題に直面している(世界最大手の事業用不動産サービス会社であるCBREは2025年に欧州域内で前年比43%増の1GWのデータセンターが追加され、過去最高を記録すると予想する)。そのような中、欧州の電力市場が注目すべきポイントに関し、①Flexibility(フレキシビリティ、柔軟性)、②Storage(蓄電システム)、③電力インフラの3つの視点で解説を試みたい。

最初のポイント①Flexibility(フレキシビリティ、柔軟性)であるが、これには供給側と需要側の側面がある(図10)。変動電源である太陽光・風力発電の発電量が増加することによって電力の安定供給が脅かされ、さらなる再生可能エネルギーの拡大によって今後もその傾向に拍車がかかる。電力の供給面からは、CCGT(combined cycle gas turbine/ガスタービン・コンバインドサイクル発電)といったガス火力発電による調整電源(dispatchable generation)の整備が求められる。CCGTは炭素強度の比較的低い、高効率な火力発電という特徴だけでなく、再生可能エネルギーの発電量低下に応じて、タイムリーに「オン・オフ」を切り替えることが可能である。ただし調整電源という性格上常時電力を供給している訳ではなく、通常の電力販売という形だけでの事業運営ではビジネスモデルが成立しない。その一方で、13GWで170億€(ドイツ政府の試算)といった巨額の投資が求められる。そのため後述するような政府の投資に対する支援や容量メカニズムといった方法で、投資家や事業者にとってより魅力的な事業環境を整える工夫も必要となるであろう。

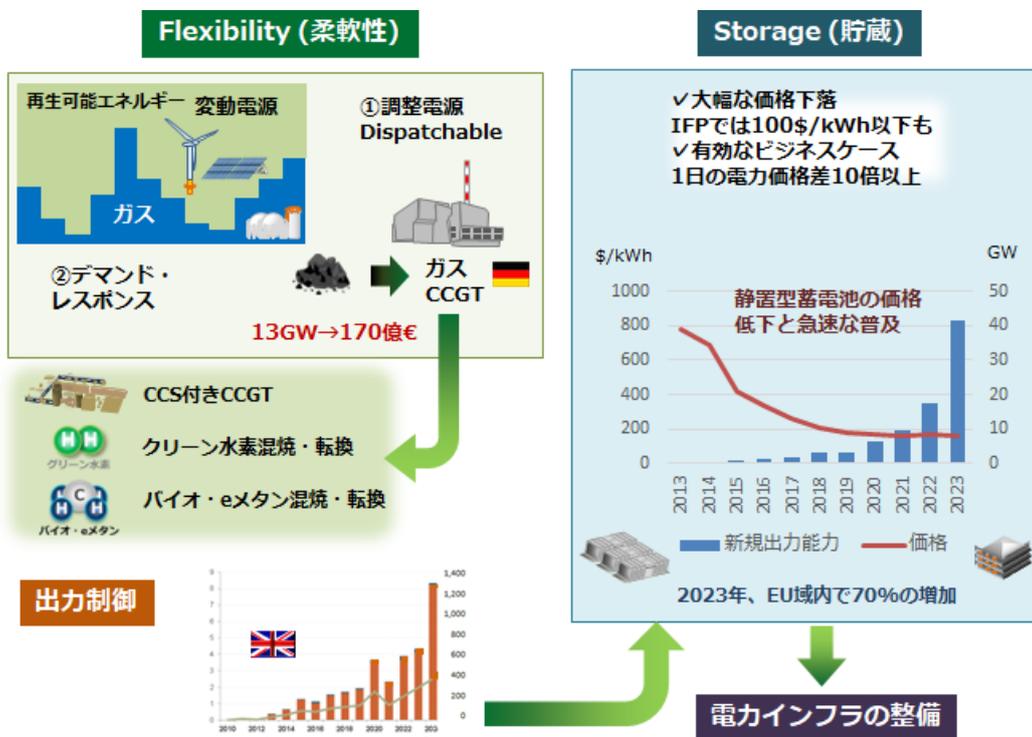
高効率のCCGTといってもガスの燃焼には温暖化ガス排出が伴う。CCS(Carbon Capture and Storage、CO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留)付CCGTやクリーン水素、バイオメタン・eメタンとの混焼・専焼といったオプションが脱炭素の手段として有効となる。CCS付CCGTの例では後述の「CCS」の項で取り上げているように、英国のEast CoastクラスターのNet Zero Teesside Power(NZT Power)が先行する。一方、クリーン水素の場合15%程度の混焼はともかく、高濃度での混焼や専焼については技術的に不確かな部分も多い(既存のガスインフラの水素インフラへの転用や水素専焼タービンなど)。ドイツでは新規のガス火力発電設備は将来の水素転換を前提としているが、果たして水素転換がうまくいくのかどうかは、経済性やロジスティック上の側面だけでなく技術面においても、実現可能性を検証していく必要があるだろう。

フレキシブルな電力調整は供給側だけではなく需要側にも大きく求められる。欧州でも温暖化によって気温が上昇し、夏季も「ヒートウェーブ(熱波)」により冬季同様電力需要のピークが生じ、需給がタイトとなる。したがって需要側においても「デマンドレスポンス」のような柔軟なメカニズムを導入することは、電力ひっ迫を緩和する上で効果がある。また、その普及のために、「デマンドレスポンス」に対する協力者にはインセンティブを付与するなどの仕組み(直接報酬、電気料金の割引、ポイント・クレジットの付与等)も必要となる。

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

このwebサイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

図 10 電力システムにおけるフレキシビリティの改善と電力貯留容量の増加  
(右図単位: 左軸\$/kWh、右軸 GW)



(出所: IEA データをもとに JOGMEC 作成)

「1) a 欧州電力に関する課題」で言及したように、「出力制御」の問題は再生可能エネルギーの拡大によって年々深刻さを増している。究極の解決法は電力インフラの整備・拡充であるが、建設のためには膨大な出費が求められ、許認可手続きにも多くの時間を要する。そのような中、現在急速に発展しているのが静置型(グリッドタイプ)リチウムイオン電池を使った②Storage(蓄電システム)である(図 10 右図参照)。

これまで大型のリチウムイオン電池の価格は高く、揚水発電、熔融塩蓄熱発電あるいは慣性力、位置のエネルギー、圧縮空気を使ったものなど様々な蓄電技術が開発されているが、いずれも大規模なものはコストも掛かり、普及には至っていない。しかし、EV(電気自動車)の生産が増え、それに伴う大量生産によってリチウムイオン電池の価格も著しく下がった(図 10 右図)。特に静置型蓄電池の場合EV用と異なり重量の制約を受けないことから、商品のターゲットを容量増大、価格の引き下げに特化できる。CATL(寧徳時代新能源科技/Contemporary Amperex Technology)やBYD(比亞迪股份有限公司/Build Your Dream)といった中国系企業は中国内に超巨大なギガファクトリーを建設し、低廉でコバルト、ニッケル、マンガンといった希少金属を使用しないリン酸鉄リチウムイオン電池(lithium iron phosphate/LFP)を大量に生産する。現在この安価な蓄電池を使った蓄電システムが世界規模で急激に増加しており、欧州も例外ではない(図 10 右図)。また「Dunkelflaute(暗い低迷)」のような異常気象が発生すれば1日の電力価格が最低と最高価格の間で10倍の開きが生まれるといったように、再生可能エネルギーの拡大によって電力需給の変動が生まれやすくなっている。電力が低いときに充電

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

し、高いときに放電するといった蓄電システムの利用方法では、たとえ稼働率は低くともビジネスケースとしての設計が可能で、特に再生可能エネルギーの開発と組み合わせることで「出力制御」の問題を軽減でき、プロジェクト全体としての価値向上が図れる。ただし現時点ではリチウムイオン電池ベースの蓄電システムも出力・蓄電能力・放電時間等に制約があり、産業セクターの大規模な電化や電力のクリーン化といった脱炭素の pathway (経路) を考えた場合には、電力インフラの整備が欠かせないピースとなる。

最後の重要なピース、③電力インフラであるが、欧州の電力政策を推進する上で最も高いハードルと言える。欧州の年間電力消費量は過去 20 年ほどほとんど変化しておらず(図 11)、EU27 か国では 2,900TWh から 2,700TWh の範囲で安定している。これは新たな電力インフラの追加や入れ替えが限られ、多くの電力インフラが長い間継続して使用されてきたことを意味し、電力インフラの老朽化も指摘される(欧州員会によれば、域内の送配電網の 40%は 40 年以上使用されているとされる)。

図 11 EU27 か国の電力消費量の推移(2010 年から 2022 年)  
(単位: 1,000TWh)



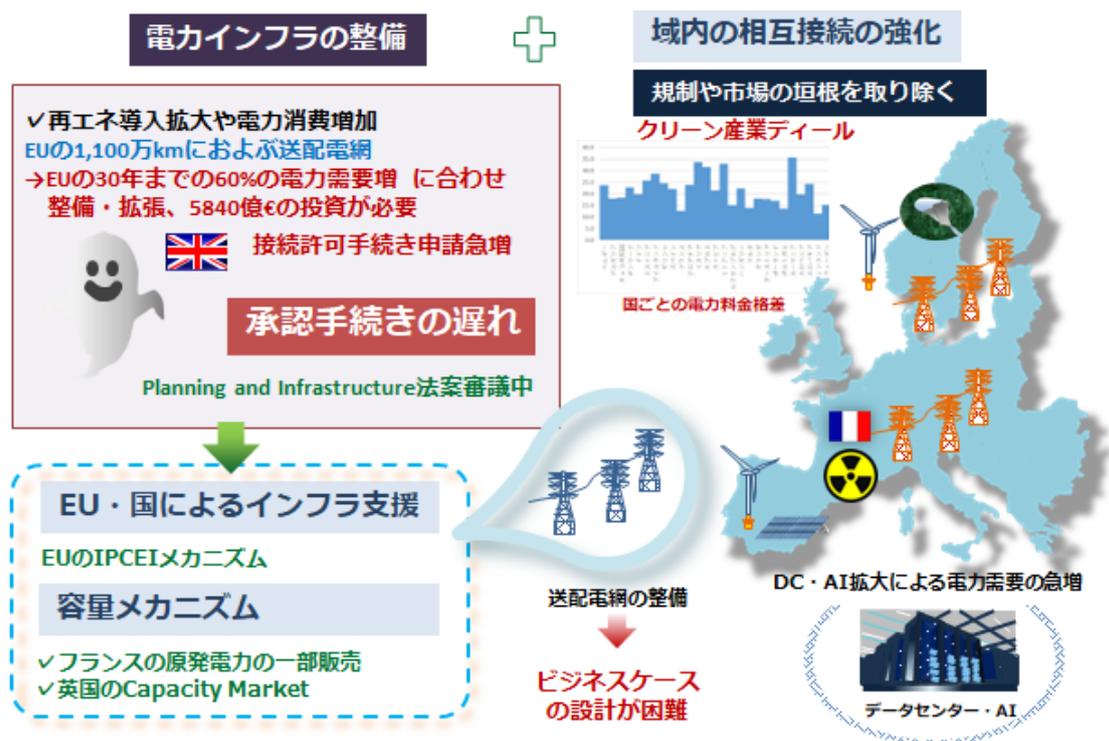
(出所: Ember データをもとに JOGMEC 作成)

一方で欧州委員会は 2023 年 11 月に再生可能エネルギーの拡大に対応した域内の送配電網に対する整備計画を発表し、電力インフラの整備に 2030 年までに 5,840 億€もの費用が必要になると示した(図 12)。また、データセンター・AI の拡大で域内の年間電力需要は 2030 年までに 60%増加すると予想する。これは単純に送電線の延長や変電所の増設をすれば対応が可能というレベルの話ではなく、スマートグリッド等のデジタル化も含め、既存の送配電システムを根本的に入れ替えるほどの大転換が求められていることを意味する。前述したように長期にわたり電力消費量が一定で、大きな構造的変化がなかった欧州の電力セクターは今、大きな試練に直面している。

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

図 12 欧州における電力インフラの整備および域内相互接続の強化



(出所: JOGMEC 作成)

「1.欧州のエネルギー転換が抱える課題」で触れたように、英国の NESO (National Energy System Operator) では国の送配電網システムへの 1,700 件もの接続申請が殺到し、新規の手続き業務がパンクしてしまった。その大きな理由は「ファントムあるいはゾンビ」と呼ばれる実現性の低い再生可能エネルギー開発事業が許認可申請に殺到したためとされるが、許認可手続きの官僚主義や非効率性、複雑さとも無関係ではないであろう。これまで限られた新規手続き申請しかなかったところに一気に申請数が増えたことで、当局側も十分なリソースの確保や作業の効率性向上といった対応準備ができていない。許認可が電力インフラ整備における最大のボトルネックになっている現状を踏まえ、許認可手続きにおいてもプロセスの簡素化、デジタル化といった効率性の向上が強く求められる(後述「EU クリーン産業ディール」参照)。

また、電力インフラや電力の価格低減・最適化は、欧州域内の電力構造全体で考えていく必要がある。前述したように欧州の電力供給の過不足は、欧州の国境を越えた送配電網の整備を基盤とした国同士の電力のやり取りで一定程度吸収することが可能であり、これが欧州の強みでもある。国ごとに電力価格が異なり(フィンランド、ノルウェーといった北欧や原子力がメインのフランスでは電力価格が安い半面、イタリアやドイツは高い)、その電力価格の高低差が電力の流れを生む。しかし、電力規制、環境衛生調査、許認可手続きは各国で別々であることから、各国独自の電力政策が取られている。送配電網といった電力インフラ整備は国をまたがることも多く、デジタル化など全体最適化の観点から設計する方が効率は良い。EU クリーン産業ディールでは EU のエネルギー価格の低減、安定供給、ひいては欧州産業力強化のため、電力の「単一の規制、単一の管理運営、単一の市場」を提唱する。

電力インフラ整備の課題の一つは、送配電網の整備や変電所の建設に膨大な費用が掛かるにもか

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

かわらず、電力インフラを建設する送配電事業者の収入はインフラの使用料に限定されるため、資金回収までに数十年という単位の時間が掛かることにある。さらに建設費用や資金調達コストの増加につながる金利の上昇、(何年もの間本格的な電力インフラの拡張・更新がされなかったことによる)リソースや供給網の制約等も、送配電事業者の投資意欲を削ぐ。

そのような状況の中、電力インフラの整備は公共性も高く、送配電網事業者による負担だけでなく、EU や国レベルでの直接補助や債務保証、融資、といった政府の支援が求められる。この点 EU の IPCEI (Important Projects of Common European Interest/欧州共通利益に適合する重要プロジェクト)や CEF (Connecting Europe Facility/EU のエネルギー、交通、通信ネットワークの 3 分野におけるインフラプロジェクトを支援する政策パッケージ)<sup>4</sup>は一定程度の支援機能を果たしている。また電力インフラは資本集約型の事業であり、低コストの資金調達が生命線である。したがって「容量メカニズム」を利用し、将来の電力量の一部を顧客に保証することで、予め収入を確保する手段も有効である。例えば、「1)b. 欧州電力の概要」で述べたフランスの原子力発電の一部(最大 100TWh まで)を販売するという ARENH メカニズムもこのコンセプトを利用する。現在計画中の 6 基の新規原子炉建設に対する費用が 1,000 億€を超えるとされるフランスの原子力発電設備も、「容量メカニズム」によってリスクのヘッジ(電力消費者へのリスクの転嫁)を行っている。また、英国も Capacity Market (容量市場)を導入し、インフラ事業者に対するリスク低減の仕組みを導入している。

「1.欧州のエネルギーtransitionが抱える課題」で触れた、送配電網システムへの接続申請が殺到し、新規の手続き業務がパンクしてしまった件に関し、英国の電力システムの管理者である NESO は、Planning and Infrastructure 法案を策定し、実現性の高い再生可能エネルギー開発事業の許認可手続きを優先するような仕組みを導入することを目指しており、法案は今後議会の審議を経て法制化される予定となっている。

## 2) CCS

2024 年 2 月に公表された欧州委員会による EU Industrial Carbon Management Strategy<sup>5</sup>の中では、2050 年ネットゼロを達成するために、CCS (CO<sub>2</sub> 分離回収・貯蔵技術)により 2040 年に 2 億 8,000 万トン、2050 年には 4 億 5,000 万トンの CO<sub>2</sub> 削減目標が示された。また欧州の調査・コンサルティング企業である Ambrosetti は、欧州の脱炭素化が困難な産業セクター(製鉄、セメント、化学、窯業といったエネルギー集約型産業で、技術的・経済的にも脱炭素化が困難な産業分野)からの温暖化ガス排出量 6,370 万トンの内、52%は電化、エネルギー消費効率の改善、クリーン水素やバイオエネルギーの使用、原料転換によって削減が可能であるが、残り 48%の 3,080 万トンは CCS による削減が必要との報告書をまとめている(図 13)。以前は CCS が「化石燃料の使用を助長している」として懐疑的な見方もあったが、欧州委員会も明確に 2040 年、2050 年の CCS 目標を定めたことで、今や 2050 年ネットゼロを達成するための欠かせないピースとして、EU レベルでも CCS が認識されている。

### Global Disclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

図 13 脱炭素化が困難な産業に対する CCS の役割



(出所: Ambrosetti データをもとに JOGMEC 作成)

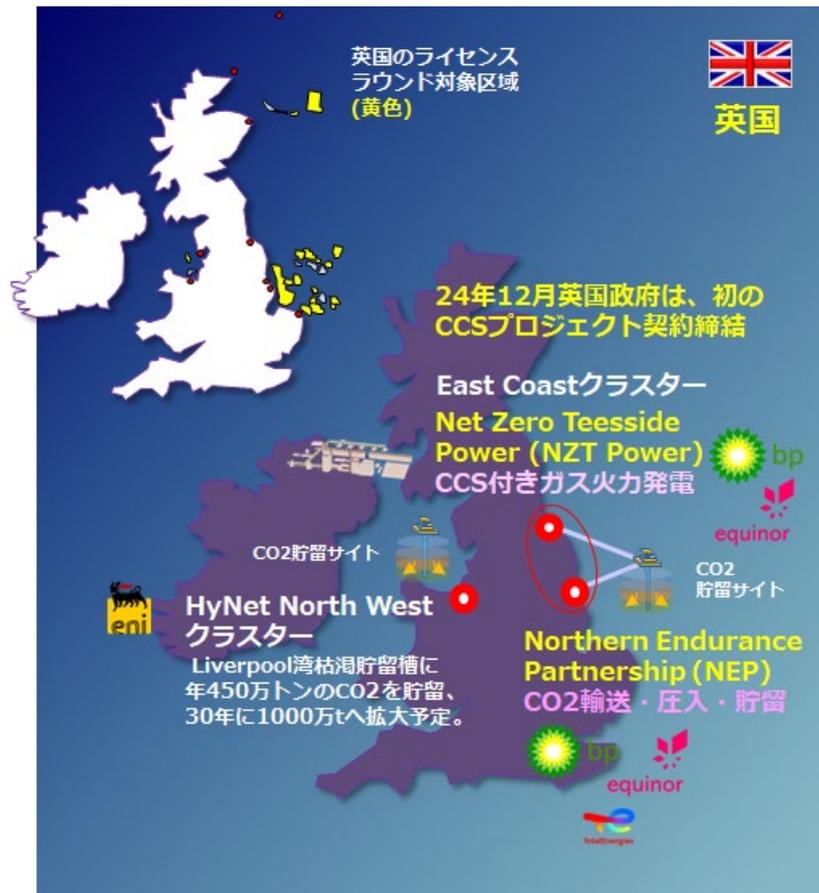
世界的に見れば北米における CCS 事業が先行しているが、欧州にもいくつかの先行事例がある。以下それらの先行事例を国ごとに取り上げていくこととする。

## 2)a 英国における CCS プログラム

英国は英領北海に数多くの枯渇油・ガス田を抱え、地質の構造や性状の評価も進み、インフラや人材・専門企業等のリソースも豊富なことから、CCS プログラムの実行条件を高い次元で満たしている。2020年11月には CCS プログラムに対し、英政府による 10 億£の基金 (Carbon Capture and Storage Infrastructure Fund / CIF) の立ち上げを公表した。また 2023 年 10 月、CCUS Investor Roadmap において、20 年間で 200 億£の CCS への投資を行い、2030 年までに 4 か所の CCUS 低炭素産業クラスターを活用、2035 年までに産業起源の CCS から 900 万トンの CO2 を回収・貯留するとした。The CCUS Vision では、英国の CCUS 目標は 2030 年までに年間 2,000 万から 3,000 万トン、2035 年で年間 5,000 万トン、2050 年までに 9,000 万から 1 億 7,000 万トンとなっている。英国のクラスター (産業集積地)・シークエンシング・プロセスは CCS プログラムの早期実装、脱炭素の促進を企図し、CCS を梃に、古くから英国製造業の中心を成している Aberdeen、Teesside、Liverpool、Lincolnshire といった伝統的な産業地帯、クラスター (産業集積地) の脱炭素化を支援し、新たに低炭素事業を呼び込むことで脱炭素のみならず、産業の活性化・雇用促進を図る目的で設定された。2021 年 11 月には入札によりトラック 1 の事業として、東海岸の East Coast クラスター、西海岸の HyNet North West クラスターの 2 件が選出され (図 14)、それらの事業は CCS 事業の先行事例となり、迅速な社会実装や大規模展開を図るためのモデルケースとして、政府の支援を受ける (事業助成制度・優先審査手続き)。更に 2023 年 7 月には北東スコットランドの Acorn CCS クラスターと Humber の Viking CCS クラスターが、HyNet と East Coast CCS クラスターに続き英国政府の CCS クラスター・シークエンシング・プロセスにおいてトラック 2 CCS クラスターとして承認されている。また、その他にも 2022 年 6 月、英国の North Sea Transition Authority (NSTA) は CCS に関する初めてのライセンスラウンドを実施し、その結果として 14 企業に 21 のライセンスを付与している。

トラック 1 CCS クラスター事業の一つ、東海岸の East Coast クラスター (図 14) は、CO2 の輸送・貯留事業を目的とする Northern Endurance Partnership、クラスター (産業集積地) における既存産業の脱炭素化・クリーン産業の振興を目的とした Net Zero Teesside (後述) および Zero Carbon Humber からなる。Teesside と Humber における温暖化ガス排出量の合計は英国のクラスター (産業集積地) 排出量全体の 5 割を占めるといわれている。

図 14 英国 CCS 先行事例、トラック 1 CCS プロジェクト



(出所: 各種データをもとに JOGMEC 作成)

East Coast クラスターの中心を成す Northern Endurance Partnership (NEP) プロジェクトは、CO<sub>2</sub> の回収ネットワーク、陸上コンプレッサーステーション、145km の海底パイプライン、Endurance 塩水帯水層に CO<sub>2</sub> を圧入するためのサブシー圧入・モニタリング坑井設備からなる。初期段階では Net Zero Teesside Power (NZN Power) および H<sub>2</sub>Teesside/Teesside Hydrogen CO<sub>2</sub> Capture から排出される年間 400 万トンの CO<sub>2</sub> を、2035 年までには産業クラスター全体から排出される年平均最大で 2,300 万トンの CO<sub>2</sub> を輸送・貯留する。bp (45%) がオペレーターを務め、Equinor が 45%、TotalEnergies が 10%を所有する。NEP プロジェクトのように産業クラスターから回収した CO<sub>2</sub> を輸送、地下貯留する事業は CO<sub>2</sub> T&S (CO<sub>2</sub> Transport & Storage) 事業と呼ばれ、その事業を統括する事業体は、T&SCo (Transport & Storage Company) と称される。一方で NZN Power は CCGT (combined cycle gas turbine/ガスタービン・コンバインドサイクル発電) 火力発電所で、CCS を追加することで、ガス火力発電でありながら低炭素電源化を可能としている。発電設備容量は 860MW で、年間 200 万トンの CO<sub>2</sub> が NEP に送られ、貯蔵される。bp (75%) がオペレーターを務め、Equinor が 25%を所有する。NEP および NZN Power プロジェクトともに 2024 年 12 月に英国政府と契約(後述)を締結し、FID も取得している。「1). 電力」の項で触れたように変動電源である再生可能エネルギーの拡大によって英国でも電力の安定供給・価格変動の抑制のために調整電源 (dispatchable generation) の整備が急務となっている。NZN Power プロジェクトの英国政府との契約が優先されたのも、そういっ

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

た背景とは無縁ではない。両プロジェクトとも 2025 年半ばからの着工を予定しており、2028 年の運転開始を目指す。

もう一方のトラック 1 CCS クラスタ事業である HyNet North West クラスタは英国北西部における排出量削減の困難な (hard-to-abate) セクターにおける脱炭素化を目指し、イタリアの Eni が Liverpool Bay の枯渇ガス田に CO<sub>2</sub> を貯蔵する。初期ステージでは年間 450 万トン、2030 年代初めまでに年間 1,000 万トンの CO<sub>2</sub> 貯蔵を目指す。以前の計画では 2023 年に FID (最終投資決定)、2025 年に CCS 運転開始を予定していたが、まだ英国政府との契約締結の公式発表はない (2025 年 4 年半ば時点)。Eni の 2024 年決算報告 (2025 年 2 月末) によれば、Eni は 2025 年前半には英国の Hynet CCS プロジェクトの FID を行うとしている。

英国政府はトラック 1 CCS クラスタ事業を積極的に支援しているが、CCS 事業の公共性を鑑み、市場のメカニズムに委ねるのではなく、政府との契約という形で事業全体をコントロールしている。Emitter (産業側の温暖化ガス排出者) と呼ばれる産業側の温暖化ガス排出者 (例えば前出の CCGT 発電事業の NZT Power) には CfD (Contracts for Difference、差額決済契約) が適用され、建設・操業費等をもとに事業ごとに設定された上限額 (Strike Price、行使価格) と基準価格 (Reference Price) である UK-ETS (英国排出量取引制度) における炭素価格との差額分が補填される。また産業クラスタから回収した CO<sub>2</sub> を輸送、地下貯留する事業である CO<sub>2</sub> T&S (例えば前出の Teesside の Northern Endurance Partnership) においては、その事業を統括する T&SCo と英国政府、そして Emitter との間で RAB モデル (規制資産ベースモデル) に基づいた契約を締結する。これにより事業の収益を確保するため T&SCo は自身が負担する建設・操業費等をカバーしつつ、最低限の利益を確保できる一定の「使用料」を Emitter から徴収し、Emitter も CO<sub>2</sub> を輸送、地下貯留するための費用負担を「妥当なレベル」に留めながら、T&SCo の市場独占による価格コントロールといった可能性を予め防ぐことが可能となる。

## 2)b Northern Lights CCS プロジェクト

北海の CCS 事業のフラッグシップとも呼ぶべき代表例がノルウェーの Northern Lights CCS プロジェクト (図 15) である。このプロジェクトは世界で初めて CCS 事業に採用された CO<sub>2</sub> の排出源を固定しないオープンソース型で、国境の垣根を超えた CO<sub>2</sub> の移動を前提とした事業コンセプトということで注目を集めた。フェーズ 1 では、廃棄物燃料化事業の Fortum Oslo Varme やセメント製造プラントの Norcem Brevik 等から CO<sub>2</sub> を回収し、CO<sub>2</sub> は北海に面するノルウェー西部の Oygarden にある CO<sub>2</sub> 受け入れ・圧入のための陸上基地に 2 隻の 7,500m<sup>3</sup> (液体 CO<sub>2</sub> を 8,000 トン収納) 専用船により海上輸送される。Oygarden 陸上基地からはパイプライン (12-1/4" x 100 km) で圧入井に圧送される。2 坑 (1 坑は予備井) の圧入井は水深 300m の海底面にサブシー仕上げによって設置され、Oygarden 陸上基地から海底ケーブル (Umbilical Cable) によって遠隔制御される。CO<sub>2</sub> は圧入井を通り、海底面下 2,600m にある砂岩の塩水帯水層である Johansen 層に圧入、貯留される。少なくとも 1 億トンの CO<sub>2</sub> 貯留能力を有していると推定されている。

2016 年、ノルウェー政府はノルウェーにおける CCS のバリューチェーンを含むフルスケールの CCS ソリューションの可能性について実現可能性調査を実施し、CCS 事業を更に前進させることを決定した。その後 Gassnova と Equinor が政府を代表して概念・基本設計 (Concept and FEED studies) を引き受け、また事業の準備に向け Equinor、Shell、Total が Northern Lights JV (共同事業体) を結成した。2020 年の初めに掘削した評価井の結果とノルウェー政府との商業協定の成立を受け、2020 年 5 月、Northern Lights JV はプロジェクト (フェーズ 1) の FID (最終投資決定) を行った。2025 年内の運

### GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

転開始を目指し、着々と準備が進む。

図 15 ノルウェーの Northern Lights CCS プロジェクト フェーズ 1



(出所: Northern Lights 他公式 HP 等をもとに JOGMEC 作成)

さらにこの事業の特徴として手厚い政府の支援という点が挙げられる。2020年12月、ノルウェー議会においてプロジェクト(CCS バリューチェーン全体)に対する政府の補助金が正式に決定された。また CO2 の排出施設からの回収を含む CCS バリューチェーン全体に関わるプロジェクトは「Longship」と命名され、Northern Lights JV(共同事業体)の所掌は CO2 の輸送・圧入・貯留管理となった。「Longship」プロジェクト(CO2 回収・輸送・圧入・貯留)全体の投資額(Capex)は 19.3 億 US\$とされ、試算の結果 10 年間の操業費は 9 億 US\$となったため、最終的な政府側の負担は 19 億 US\$と定められた。投資額のほぼ全額をノルウェー政府が負担するという破格の待遇であり、ノルウェー政府の CCS 技術にかかる本気度を窺い知ることができる。また、2024 年、EU の Connecting Europe Facility (CEF、EU のインフラプロジェクトを支援する政策パッケージ)から Northern Lights CCS プロジェクトのフェーズ 2 における基本設計(FEED)の費用として 1 億 3,100 万€の拠出を受けている。

2025 年 3 月、Northern Lights JV は、Northern Lights CCS 開発事業のフェーズ 2 の FID を決定した。フェーズ 2 ではフェーズ 1 における年間 150 万トンの CO2 輸送・地下貯留量を少なくとも年間

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

500 万トンまで引き上げる。CO<sub>2</sub> 貯留の引き合いも活発で、ノルウェー国内だけでなく、英国、デンマーク、オランダ、スウェーデンといった国外の事業者とも、CO<sub>2</sub> の引き取りについての契約を締結しており、まさに国境の枠を超えた CO<sub>2</sub> の移動という「オープンソース型の事業コンセプト」を体現している(表 1)。フェーズ 2 開発には既存の陸上・海洋施設に加え、追加の陸上貯蔵タンク、新たな船着き場、追加の圧入井が必要となる。全体を統括する technical service provider (TSP) には Equinor が引き続き留まり、開発・建設・操業事業に対し JV を代表する。フェーズ 2 は 28 年後半の完成を目指す。

表 1 ノルウェーの Northern Lights CCS プロジェクト CO<sub>2</sub> 引き取り契約相手先

企業名・プラント	事業	CO <sub>2</sub> 回収・開始年
Heidelberg Materials	セメント 	2025年～ 年間40万トン
Fortum Oslo Varme	廃棄物燃料化 	2025年～ 年間40万トン
Orsted (Avedøre/Asnaes)	バイオマス発電 	2026年～ 年間43万トン
Yara International	肥料・アンモニア 	2025年～ 年間80万トン
Cory	廃棄物燃料化 	2030年～ 年間150万トン
Eramet Norway	金銅精錬 	2028年～ 年間26万トン
Stockholm Exergi	廃棄物燃料化 	15年間、年間90万トン
Hafslund Celsio	廃棄物燃料化 	2029年～ 年間35万トン

(出所: 各社 HP 資料を参考に JOGMEC 作成)

欧州における CCS 技術の最大の課題は、CCS 技術を単独で、経済的に事業として成立させるための有効なビジネスケースを構築することが難しいことである。英国の場合、T&SCo (CO<sub>2</sub> を輸送、地下貯留する事業である CO<sub>2</sub> T&S を統括する事業者) に対しては RAB (Regulated Asset Base / 規制資産ベース) モデルにより投資コストを補完した上で、一定程度の利益を保証している。Emitter には CfD (Contracts for Difference / 差額決済契約) が適用され、上限額 (Strike Price、行使価格) と炭素価格との差額分が補填される。RAB モデル、CfD メカニズムいずれのケースでも、英国政府による多額の資金が提供される(一方、RAB および CfD は事業の実績に伴い助成を行うので、前もって支払われる補助金制度のように事業が未成立に終わり、資金の回収もできない、といった懸念はない)。現在英国の UK-ETS (英国排出量取引制度) における炭素価格は 39.06 英鎊/トンで、一般に欧州での CCS コストとされる 130-150 €/トンには遠く及ばない。政府から独立してビジネスモデルを成立させることは不可能だ。

Northern Lights CCS プロジェクトに関してもフェーズ 1 では建設費用に相当する額がノルウェー政府から助成され、フェーズ 2 でも EU の Connecting Europe Facility (CEF) ファンド から事業の一部に補助金が支払われる。直近 1 年での EU-ETS (欧州排出量取引制度) の炭素価格は 1 トン当たり 70 €前後に留まることから(ノルウェーの ETS 制度の炭素価格は EU-ETS 価格と連動している)、ビジネスケースの成立が困難な状況は英国と変わらない。もし欧州の CCS プロジェクトを民間の力だけで立ち上げようとするならば、市場の炭素価格を大幅に引き上げる必要がある。

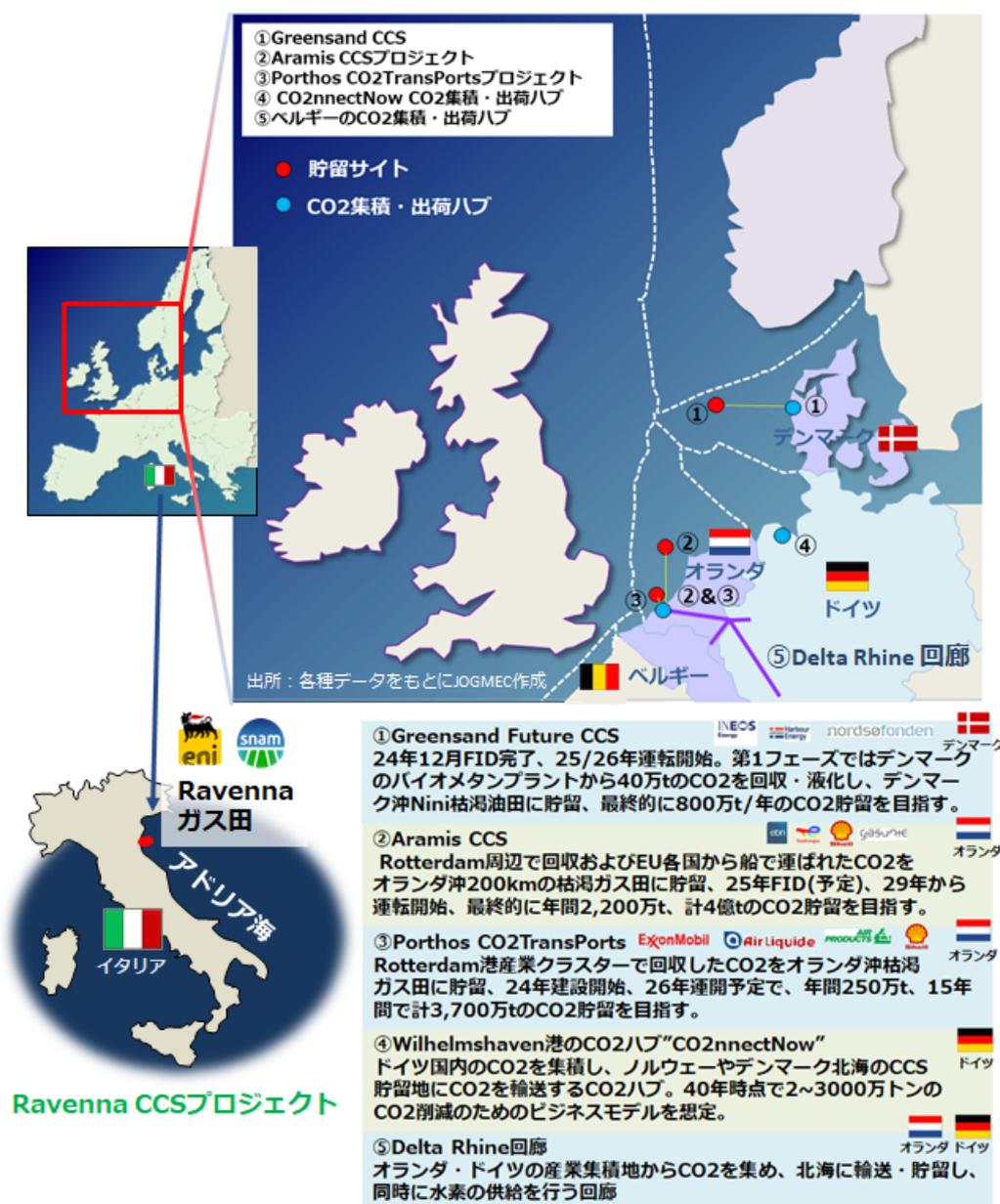
**GlobalDisclaimer (免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

## 2)c 欧州におけるその他の CCS プロジェクト

北海の海底には、最大 780 億トンの CO<sub>2</sub> を貯留することが可能とされ(英国 CCUS Vision)、数多くの枯渇油・ガス層や地下帯水層といった CO<sub>2</sub> 地下貯留に適した構造が存在する。そういった北海の地下構造を利用した CCS 事業・コンセプトが英国、ノルウェー、デンマーク、オランダ、ポーランドで次々と立ち上がっている。英国、ノルウェーが中心ではあるが、デンマーク、オランダといった他の国々においても、既に FID(最終投資決定)を完了し、運転開始に向けた準備を着々と整えている事業がある(図 16)。

図 16 英国・ノルウェー以外の欧州の CCS プロジェクト



(出所: 各種データをもとに JOGMEC 作成)

### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

それらの中で積極的に国境を越えた CCS 事業の展開を図っているのがデンマークである。デンマーク CCS のフラグシップである Greensand Future CCS は既に CO2 圧入のパイロット試験に成功し、2023 年 12 月に FID (最終投資決定) を実施、2025 年から 2026 年に掛けて第 1 フェーズの運転開始を目指す。また 2025 年 1 月、Danish Energy Agency (DEA / デンマークエネルギー庁) は Jammerbugt, Lisa, Inez の 3 フィールドを対象に 4 回目となる CCS ライセンスラウンドを公開したが、既に 6 件の CCS ライセンスを付与している。また 40 億ドルの CCS 基金を設立し、16 の事業者が応募したと発表している (2025 年 4 月)。デンマークは国内にエネルギー集約型の産業が少なく、電力市場の規模も限られる。DEA が 2024 年 4 月に開催した洋上風力発電の公募では入札参加者がゼロという結果に終わった (前出「1) a. 欧州電力に関する課題」参照)。この「入札者ゼロ」という結果は必ずしも洋上風力発電事業が抱えるコスト増といった要因だけでない。例えばドイツにおける洋上風力発電開発に関する入札ではそれなりの実績を残している。現在の洋上風力発電の厳しい事業環境では資金調達が難しくなっているが、調達条件を満たすには長期の電力契約という安定収入の確保が求められる。自国内での電力市場の規模が限られるデンマークでは、大口の PPA (Power Purchase Agreement / 電力購入契約) を締結することが難しい。一方で CCS 事業は最初から国境を越えた CO2 の移動、デンマーク国内での貯蔵を想定している。デンマークは「CO2 の貯留」サイドを強化、保証することにより自身を CCS バリューチェーンの中に取り込み、CCS のエコシステム構築を図ろうとしている。

CO2 貯留に適した地質構造、E&P 事業で培った知見やデータの蓄積、多くの E&P 関連企業や港湾といったインフラ設備・ロジスティック体制が整備されていることなど多くの点で北海周辺は、CO2 輸送・貯留の事業環境として優れていることから、欧州の CCS 事業開発は北海周辺に集中している。そのような中イタリアの Eni とエネルギーインフラ企業である Snam は Ravenna 枯渇ガス田を利用し、Ravenna CCS プロジェクト開発を推進している (図 16 下段左側)。Ravenna ガス田はイタリアの沖合アドリア海に位置しており、北海の CCS 拠点とはアクセスの困難な、地中海周辺・南欧における産業セクターの CCS による脱炭素オプションとして期待されている。フェーズ 1 ではイタリア Casalborgo 市の Eni のガス処理プラントから回収された年 2 万 5,000 トンの CO2 を圧入し、年 10 万トンの貯留を目指す。CO2 はパイプラインで Ravenna ガス田群の一部、Porto Corsini Mare Ovest ガス田に輸送され、地下 3,000m の貯留槽に圧入・貯蔵される。フェーズ 2 では 2030 年までに年 400 万トンの CO2 を貯蔵 (内 200 万トンは 3 か所の火力発電所と水素製造設備から回収する予定)、最大年 1,600 万トンの CO2 貯蔵を目指す。2024 年 9 月に CO2 の圧入を開始しており、CO2 貯蔵能力は最大で 5 億トンと試算されている。

### 3) クリーン水素

一般的なエネルギー・トランジションの将来予測においては、再生可能エネルギーや電化と同様にグリーン水素が脱炭素に一定の役割を果たし、特にエネルギー集約型で「脱炭素化が困難 (hard-to-abate)」とされる産業セクターの「熱源」や、電化が困難とされる大型車両の「脱炭素ソリューション」としてその貢献が期待されている。しかし、現実には再生可能エネルギーの急速な発展に比べて、水素市場の顕著な成長は観察されていない。これは世界共通の傾向であり、欧州に限った話ではない。

(図 17 に示されるように) クリーン水素に対する事業計画は大きく積み上がっているが、実際に FID (最終投資決定) に進む案件は数%にしか過ぎない。グリーン水素はグレー水素 (化石燃料を原料とした水素) に比べて値段が高く、買い手がなかなかつかない。それでも単に値段が高いだけであれば一定量のオフテイク契約 (長期購入契約) は取れそうだが、多くの将来シナリオでは今後グリーン水素

#### Global Disclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

の価格が徐々に低下すると予想する。したがって水素の需要家は今高い値段で購入するよりも、将来値段が落ちた時点で購入すれば良い、という発想になる。クリーン水素のように未成熟な市場では、金融セクターにとっての **credibility** (信用力) は「オフテイク契約 (長期購入契約) が付いていること」であり、オフテイク契約の有無がプロジェクトファイナンス等の資金調達の可否を左右する。現状ではオフテイク契約が取れず、資金調達がうまくいかないことから、FID (最終投資決定) に進むことが困難となっている。したがってクリーン水素市場は、生産に移行できる案件が少なく、生産量も限られるため、コスト削減をもたらす大量生産につながらず、クリーン水素の価格が下がらない (だからオフテイク契約に結びつかない) という負のスパイラル (鶏と卵のジレンマ) に陥っている。

図 17 水素市場拡大に対する負のスパイラル



(出所: JOGMEC 作成)

欧州のクリーン水素の中心は再生可能水素と呼ばれるグリーン水素 (再生可能エネルギーを使った水の電気分解により生成された水素) である。図 18 に示すように EU の水素生産量は年間 720 万トンであるが (2023 年実績)、その内 99.7% はグレー水素であり、グリーン水素の割合は 0.3% にしか過ぎない。さらに水素の用途を見ても原油の脱硫や化学品の原料 (アンモニア、肥料、火薬等) がほとんどで、水素に期待される産業用や大型車両の燃料としての用途は極わずかにすぎない。

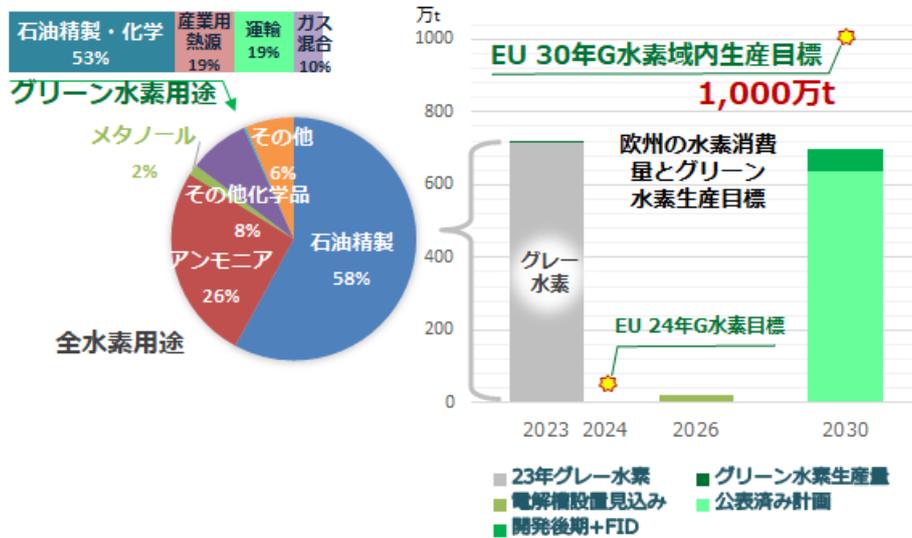
また、2030 年までに生産開始が計画されているグリーン水素生産事業 (公表済み) の合計は年産 635 万トンと EU のグレー水素を含む年間水素生産量に迫る勢いで積み上がっている一方、これまでに FID や建設に進んだ案件は 4% にしか過ぎず、開発後期段階の事業を加えても年産 65 万トン相当でしかない (ACER Hydrogen MMR 2024)。これでは 2030 年における欧州の再生可能水素生産目標 (RE Power EU による域内 1,000 万トン、域外 1,000 万トン) に全く及ばないばかりか、2024 年目標の 6GW (グリーン水素年産 60 万トンに相当) をかろうじて満たすに過ぎない (図 18)。

そのような状況の中、興味深いのはグリーン水素の用途である。グリーン水素の生産量は 2 万 3,000 トン (2023 年) に過ぎないが、その内石油精製・化学品の原料としての使用は全体の半分ほどで、残りは産業用の熱源、陸運燃料、天然ガスとの混焼といった、まさにエネルギートランジションの水素の用途として期待されている「クリーン燃料」として利用されている。

**GlobalDisclaimer (免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

図 18 欧州の域内水素生産量、使用用途、生産目標  
(単位: 左図%, 右図万トン)



(出所: ACER 資料をもとに JOGMEC 作成)

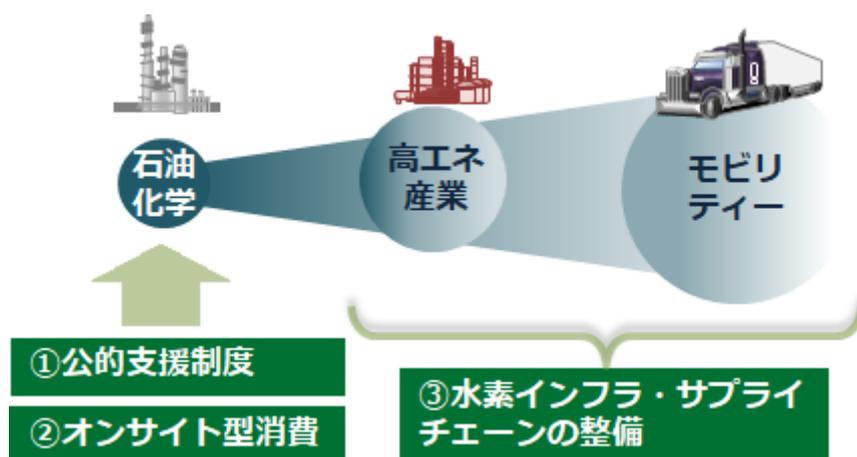
「鶏と卵のジレンマ」に直面するグリーン水素セクターであるが、市場拡大に向け徐々にではあるが投資環境の整備に向けた動きが見えている。図 19 に示されるように産業や市場形成の初期段階で効果が期待されるのが、助成金や公的ローンといった「①公的支援制度」とされる。グリーン水素に対する高い目標 (RE Power EU) もあり、EU や欧州各国のグリーン水素への公的支援は充実している。また、最近の動きとしてグリーン水素を生成する水電解槽施設を製油所やバイオリファイナリー、化学プラントといった消費施設の敷地内・近傍に設置し、精製・石化プロセスの脱炭素化を目的に直接グリーン水素を供給し、これまでのグレー水素からグリーン水素への転換を図る動きが生まれている(「②オンサイト型消費」)。この手法であれば、原料調達を既存のグレー水素の代わりにグリーン水素に切り替えるだけなので、消費側での設備や製品製造プロセスの変更は一切いらぬし、「オンサイト」施設からの水素供給により、大規模な水素インフラの整備も必要ない。いわゆる「Low Hanging Fruits (低い場所になっている果実)」とされるグリーン水素の用途である。これに対して本来のクリーン水素に対する期待は脱炭素化が困難な産業セクター (製鉄、セメント、化学、窯業といったエネルギー集約型産業) や電化の難しい大型トラックといったモビリティセクターにおける「クリーン燃料」としての使用である。これらの分野への水素利用の拡大があつて初めて、RE Power EU の「域内・域外合わせて年間 2,000 万トン」という調達目標に近づくことができる。しかし、その達成のためには新たなサプライチェーンの構築、輸送・消費側の設備の入れ替えや新設といったプロセスの変更、水素インフラの整備に膨大な時間と投資が求められる。例えば、一部ではグリーン水素の大型車両 (大型トラック、バス等) への供給が始まっているが、この場合製造したグリーン水素を極低温で液化し (-253°C)、専用のタンクローリーで水素ステーションに運び、消費者に補給するという手法が取られている。したがって適用には路線バスのように運行ルートが固定されているような場合以外は困難であり、経済的にも収益性が見込めないため、実証試験段階か、公共性の高いケースに限られている。グリーン水素の「クリーン燃料」としての幅広い社会実装は、水素サプライチェーンの構築や水素設備・インフラの整備なくして成立しない。しかし一

**GlobalDisclaimer (免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

方で、グリーン水素市場の大規模な拡大、そして大量生産による価格の低下というように「鶏と卵」の負の連鎖から正のスパイラルに逆回転させるには、エネルギー集約型産業やモビリティといった「ボリュームゾーン」をターゲットとする他ない。「②オンサイト型消費」と比べて遥かに高いハードルを有する産業やモビリティ分野へのグリーン水素の浸透は、経済的にも、技術的にも、社会的にも非常に困難な要件が求められる、「High Hanging Fruits(高い場所になっている果実)」となっている。以降欧州における「①公的支援制度、②オンサイト型消費、③水素インフラ・サプライチェーンの整備」について見ていくこととする。

図 19 グリーン水素市場拡大に向けた対応とその経路



(出所: JOGMEC 作成)

### 3)a 欧州の公的支援制度

欧州にはEUレベルあるいは各国の支援スキームの中で多くのグリーン水素に対する助成制度がある。これらの機能は一般にローンチカスタマー (launch customer / 一定の規模の発注を確保し、立ち上げの後ろ盾となる顧客) と呼ばれ、クリーン水素のように市場が初期段階で脆弱な場合、公共部門が契約当事者となり積極的に製品を買い取ったり (公共調達)、補助金やローンによって支援を行うことで、市場の立ち上げを図る。

EUとその加盟国によるグリーン水素やeフェューエルといった水素の派生品に対する技術・事業面での支援は、革新的技術の発展支援についてはEU Innovation Fund (EU イノベーション基金)<sup>6</sup>が、事業やインフラ整備に関してはIPCEI (Important Project of Common European Interest、欧州共通利益に適合する重要プロジェクト) が代表的な支援制度となる。全体の支援規模も決して小さくはないが、米国のIRA (インフレ削減法) のような「技術中立」で、炭素強度の低減の程度によって税額控除の割合が決定されるといったシンプルな仕組みではない。制度・手続きが複雑で採用条件も厳しく、オークションで決定されるため審査に時間が掛かり、予見性がないことから事業に組み込むこと (例、資金調達計画) が難しい。そのため産業界からの不満も少なくない (後段「欧州が抱える課題とその対応」にて詳述)。IPCEI に関する水素関連技術・事業ではこれまで、Hy2Tech (水素技術)、Hy2Use (水素インフラ+燃料電池)、Hy2Infra (水電解槽+水素パイプライン)、Hy2Move (モビリティ) といった公募が行われている。

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

EU Innovation Fund (EU イノベーション基金)は EU-ETS (欧州排出量取引制度)における炭素オフセット収入(炭素クレジットの販売)を原資に脱炭素技術の支援を行っている基金であるが、その中で水素の事業拡大について中心的役割を担っているのが欧州水素銀行 (European Hydrogen Bank、EHB)である。水素銀行は 2022 年 9 月、欧州委員会 von der Leyen 委員長の一般教書演説の中で将来の水素市場の確立に 30 億€を投資する新たな支援の仕組みとして発表された。

欧州水素銀行の第 1 回オークション(パイロットオークション)は 8 億€の予算規模で 2023 年 11 月に公募が開始され、2024 年 2 月に締め切られた。当初第 2 回以降のオークションの開催判断は、第 1 回オークションの結果次第(それ故第 1 回オークションはパイロットオークションと名付けられた)とされていたが、第 1 回オークションへの応募が活発で競争も激しかったため、第 2 回以降のオークションも決定された。第 2 回オークションは 2024 年 12 月に公募が開始され、2025 年 2 月に募集が締め切られた。さらに、欧州委員会では 2025 年第 3 四半期にも第 3 回オークションを開催予定としている。

欧州水素銀行の支援スコープは至ってシンプルで、欧州水素銀行は事業者が生産するグリーン水素に対し、1kg 当たり最大 4.5€(実際の値はオークションによって決定)を上限として助成をする。一方、落札者は希望する補助金(入札額)が少ない方から決定されるため、競争が激しければより低い入札額での応募も増え、限られた予算枠でより多くの水素生産量を確保できる。応募者数が多く、競争が激しければ激しいほど単位当たりの補助金が抑えられ、(欧州水素銀行の立場からは)オークションは成功と評価される。

第 1 回オークションには欧州 17 か国から 132 件の事業が応募し、1 次審査によって、その内 119 件が最終審査に進んだ。入札額による最終審査の結果、7 件の事業が選考されたが、内 1 件はオフテイク(長期販売)契約が確保できないなどを理由に辞退し、結果として欧州水素銀行は 6 件の事業者と契約に至った(図 20)。成約した 6 件の助成額は加重平均で水素 1kg 当たり 0.46€であり(総額 6 億 9,500 万€)、水素生産量としては 10 年間で 150 万トンに達する。仮に落札者の希望する補助金の額が全て上限の水素 1kg 当たり 4.5€であったとすれば、8 億€の予算規模で確保できる水素の量はたったの 17 万 8,000 トンにしか過ぎず、(欧州水素銀行側にとっては)第 1 回オークションが大きな成功を収めたという判断となった。

図 20 第 1 回オークション結果

事業名	事業国	事業タイプ
eメタンプロジェクト	 Nordic Ren-Gas Oy	eメタン
Skipavika Green Ammonia	 FUELLA, Skipavik Næringspark	グリーンアンモニア
Catalina I	 CIP	グリーン水素・アンモニア
Catalina II	 CIP	グリーン水素・アンモニア
Grey2Green-II	 Galp	製油所脱炭のグリーン水素への転換
Madoqua Renewables MP2X	 Madoqua Renewables, Power2X, CIP	グリーン水素およびその派生品
落札後辞退		
El Alamillo H2	 Bendros Energy	グリーン水素



(出所: 各社 HP 資料等を参考に JOGMEC 作成)

欧州水素銀行による第 2 回オークションは様々なセクターに跨る 10 億€と海運の水素燃料に対する

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

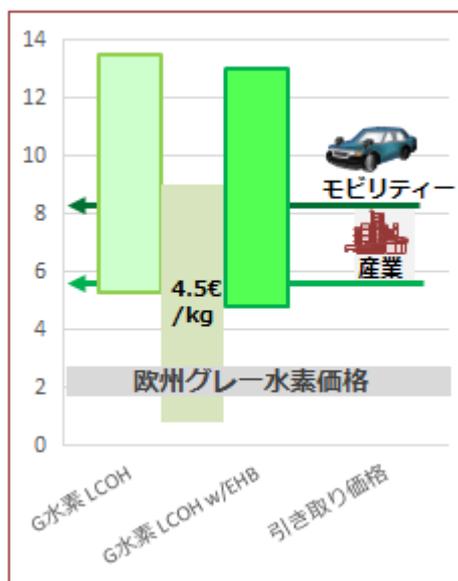
この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

2 億€という前回以上の予算規模で開催された。さらに上限額も前回の結果を受けて、水素 1kg 当たり 4€と多少低めに設定された。応募数は 61 件と大幅に案件の数を落としたものの、前回の応募者の入札額(補助金希望額)平均が水素 1kg 当たり 1.36€であったのに対し、第 2 回では平均 0.67€となっており、これは事業者が前回の落札価格を参考にしながら、より落札の可能性を意識して低額の入札価格で応募したものと思われる。基金枠の拡大にもかかわらず応募者や国の数が減少した理由として、多くの事業者到低価格で落札しても事業支援には大きく役立たないとの判断があったと想像される。結果発表は 2025 年 5 月末、補助金契約は 2025 年 11 月までを予定している。

第 1 回欧州水素銀行オークションの特徴は図 20 で示すように、落札した事業が全てフィンランド、ノルウェーといった北欧とスペイン、ポルトガルといったイベリア半島の 2 か所に偏っていることである。後述する「水素回廊」とも関わるが、欧州水素銀行オークションの結果からも、欧州内に北欧やイベリア半島といったグリーン水素の生産コストの低いエリアとそれ以外のエリアとの間で価格競争力に差が生まれ、北欧やイベリア半島からデマンドセンターに向けた水素の流れが生まれる、といった域内トレードのベーストレンドができつつあることがこの件からも見て取れる。グリーン水素生産コストの 7 割は再生可能エネルギーによる電力費用が占める。北欧の低廉な水力発電や豊富な風力発電のポテンシャル、スペイン、ポルトガルにおける恵まれた太陽光や風況といった自然条件は低廉で安定的な再生可能エネルギー供給を約束する。

図 21 は第 1 回欧州水素銀行オークションに応札した事業における水素生産の LCOH (Levelized cost of hydrogen/均等化水素原価)とオフテイク(長期販売)契約における販売価格を示している。グリーン水素生産のための費用、LCOH は北欧やイベリア半島といった低コストのエリアやコストの高いエリアなど多岐にわたるため、1kg 当たり 5.3€から 13.5€と大きな開きがある。

図 21 第 1 回欧州水素銀行オークションに応札した事業における LCOH 並びに水素販売価格  
(単位: €/kg 水素)



(出所: ACER 資料をもとに JOGMEC 作成)

もし仮に欧州水素銀行による補助が上限の 1kg 当たり 4.5€であり、その全てを LCOH 削減に直接

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

充てたとした場合、生産コストは 1kg 当たり 0.8€から 9.0€の範囲となり、競争力のあるエリアでの事業は、欧州のグレー水素の価格帯(1kg 当たり 2€前後)とも十分競争ができるレベルとなる。しかし、前述のように落札者の補助金は平均で水素 1kg 当たり 0.46€であり、LCOH 削減(グリーン水素価格の低減や開発事業者の支援)には十分とはいえない(図 21 左から 3 番目の棒グラフ)。

一方、第 1 回欧州水素銀行オークションに応札した事業のオフテイク(長期販売)契約における販売価格を見ると、販売先が「産業セクター」の場合、グリーン水素の 1kg 当たりの平均販売価格は 5.7€で、「モビリティセクター」の場合は 8.3€となっている。したがって北欧やイベリア半島における競争力のあるプロジェクトであれば(LCOH が 6€以下)、オフテイク契約の条件次第で水素 1kg 当たり 0.46€といったわずかな補助額でも、一定の事業化の支援にはなる。しかし、欧州で水素事業を手掛ける多くのケースにとって、(グレー水素との価格差を埋めるには)十分な支援とはいえない。

また第 1 回欧州水素銀行オークションは成功との評価ではあるが、仮にこの後の水素オークションが全て 1kg 当たり 0.46€というわずかな補助金で落札され、30 億€の予算を全て使い切ったとしても、それにより確保できるグリーン水素の量は年間 65 万トンにしか過ぎない。2030 年のグリーン水素(再生可能水素)域内生産目標である 1,000 万トンには遠く及ばない。政府の側の巨額の支援にもかかわらず、水素によるインパクトのある脱炭素を達成するためには、大規模な民間投資なくしては目標の達成は不可能である。

後述する「EU クリーン産業ディール」にもつながっていく話ではあるが、第 2 回欧州水素銀行オークションでは中国製水電解槽設備の割合に対し、電解容量当たり 25%という制限を設けた。これは欧州が目指すクリーンテック市場が中国に侵食されている証左でもあるが、第 1 回欧州水素銀行オークションでは中国製水電解槽設備の割合が容量ベースで 5 割を超えたという結果を受けてのものである。1kg 当たり 0.46€という補助金の額から考えれば、敢えて欧州水素銀行の補助金をあてにするよりも、欧州製電解槽の半額程度(EnerScen)とされる中国製の水電解槽を選ぶ動きが増えてくる可能性もある。

欧州水素銀行といった欧州レベルでの助成制度だけでなく、グリーン水素には欧州各国も独自の支援制度を準備している。欧州水素銀行の支援制度では加盟国が追加支援のメカニズムとして欧州水素銀行オークションの選から漏れた事業に対し、独自の支援を行うことが認められている(Auctions-as-a-Service/AaaS)。スペイン、リトアニア、オーストリアは AaaS スキームを利用し、第 2 回欧州水素銀行のオークションにおいて自身の国のグリーン水素事業に対し、7 億€以上を拠出する。またドイツも AaaS スキームを使い、3 億 5,000 万€を助成する。

欧州水素銀行の枠組み以外でもデンマークの Power to X、オランダの SDE++(持続可能エネルギー生産補助金)、英国の Electrolytic Hydrogen Production Allocation Round One(HAR1、電解水素生産第 1 次割り当て入札)<sup>7</sup>等があり、デンマークの Power to X は固定額による補助金制度、SDE++と HAR1 は CfD(Contracts for Difference/差額決済契約)のメカニズムを採用する。英国の HAR1 の CfD では、(グリーン水素が参考価格よりも高価である場合)予め定められた上限額(Strike Price/行使価格)とグリーン水素との差額が事業者を支払われる。HAR1 で選考された 11 件の対象事業の内これまでに H2 Energy と Trafigura による 14.2MW West Wales プロジェクト、Scottish Power と Storegga による 10.6MW Cromarty Hydrogen プロジェクト、Scottish Power による 7.1MW Whitelee Green Hydrogen プロジェクトの 3 件が契約締結に至っている(2025 年 1 月)。また、HAR1 に続き 2025 年までに 750MW のグリーン水素の契約を成約するとして第 2 次ラウンドの HAR2 も 2024 年 4 月に入札を締め切った。2025 年 4 月 7 日に一次審査が完了し、27 の事業が次の審査ステージに進んでいる。英国は 2030 年までに最大 10GW の低炭素水素製造能力を目指しており、2025 年までに、

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

運転中または建設中の電解水素製造能力を最大 1GW にすることを目標として掲げる。

域内の水素調達だけでなく、域外の水素調達を目指す制度としては、ドイツの H2Global<sup>8</sup>が挙げられる。2024 年 2 月、ドイツ連邦政府は、ドイツに輸入されるグリーン水素とその派生品の入札への資金提供として、同国の水素輸入機構で 2021 年に設立された H2Global 財団に 35.3 億€を割り当て、同財団は子会社の HINT.CO に対し同資金の交付を行った。H2Global の下で HINT.CO は、グリーン水素とその派生品に対する販売先の選定(オークション)と購入・販売契約の仲介者として機能する。2024 年 7 月、HINT.CO は国際オークションの結果、2027 年から 2033 年の間にエジプトで生産されるグリーンアンモニアをオランダの OCI とアブダビの ADNOC が UAE に設立した化学品会社 Fertiglobe から購入すると発表した。Fertiglobe は 2027 年から最大で約 1 万 9,500 トンのグリーンアンモニアを供給し、2033 年までの累計では最大約 39 万 7,000 トンの供給量となる。H2Global は 2024 年に「意思表明」を行ったカナダ・豪州産グリーン水素の入札に関し、5 億 8,800 万€の資金を準備する予定であると発表している。

### 3)b オンサイト水素事業

先に触れたように、最近の特徴として製油所や化学プラントといったグレー水素を原料として利用してきた産業が、グリーン水素に入れ替える動きが徐々に浸透してきている。本来グリーン水素が目指すべき場所は、脱炭素化が困難な産業セクターや電化の難しいモビリティ分野における「クリーン燃料」としての使用であるが、そのためにはサプライチェーンの構築や設備・インフラの更新と整備に膨大な時間と費用が掛かる。しかし、製油所や化学プラントにおいて原料として使用されるグレー水素からグリーン水素への転換であれば、設備の追加や更新は必要ない。また、グリーン水素の製造プラントを製油所や化学プラントの敷地内に設置すれば、水素インフラや輸送コストも最小限に抑えることができ、追加コストはグレー水素とグリーン水素との価格差(または製造コスト)だけとなる(図 22)。

図 22 オンサイト型水素事業



(出所: JOGMEC 作成)

欧州では炭素強度の大きな製油所、化学品プラントあるいはバイオリファイナリーの脱炭素化に向け電化と共にグレー水素のグリーン水素への置換が徐々に進んでおり、特に水電解槽を製油所、化学品プラントの敷地内や近傍に設置して、直接製油所、化学品プラントにグリーン水素を供給する「オンサイト型水素事業」が立ち上がってきている。

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

デンマークの水素生産事業者 Everfuel は 2025 年 2 月、欧州最大クラス(20MW の電解槽で年間 3,000 トン)のグリーン水素を生産する HySynergy I プロジェクトの操業と隣接する Crossbridge Energy の Fredericia 製油所(デンマークの石油製品の 40%を供給)へのグリーン水素供給を開始した(計画では 2022 年の生産開始予定)。次期 HySynergy II では 300MW の電解槽導入を見込む。HySynergy I は Everfuel が 51%、世界最大の水素ファンドマネージャーである Hy24 が 49%を所有し、Everfuel には日本企業も出資する。同事業に対しては Danish Energy Agency から 650 万€、EU の Connecting Europe Facility (CEF、EU のインフラプロジェクトを支援する政策パッケージ)からデンマーク政府との共同で 380 万€の支援を受けている。

ポルトガルの Galp はポルトガルにある同社の Sines 製油所向けにグリーン水素を年 1 万 5,000 トン生産、現在グリーン水素生産プラントを建設中で、2026 年の運転開始を目指す。bp はドイツの Lingen 製油所向けにグリーン水素を年 1 万 1,000 トン生産、FID を完了し、運転開始は 2027 年の予定。Shell もオランダの Shell Energy and Chemicals Park Rotterdam 向けにグリーン水素を年 2 万トン生産、既に FID を完了し、2027 年運転開始を目指し、準備を進める。また、ドイツの BASF はドイツ国内の Ludwigshafen プラントにおける 54MW グリーン水素プラント(年 8,000 トンのグリーン水素を生産)の検収運転を終了し、生産されるグリーン水素の全量を同社の化学製品生産に使用されるグレー水素と入れ替える。BASF の Ludwigshafen プラントは年間 25 万トンのグレー水素を使用している。

「オンサイト型水素事業」を中心とした欧州における製油所および化学品プラントでのグレー水素からグリーン水素への転換の動きの中で、特に目立った活動を展開しているのが TotalEnergies である。同社はフランスの Air Liquide と共同でフランスの Zeeland 製油所内に 250MW の水電解槽を設置し、年間 3 万トンのグリーン水素を製油所に供給する(図 23a)。またフランスの La Mede バイオリファイナリーでは ENGIE と共に Masshyla プロジェクトを推進する(図 23b)。これは 20MW の水電解槽を設置、年間 1 万トンのグリーン水素を生産・供給し、La Mede バイオリファイナリーおよび Fos-Berre 工業地帯と付属する港湾の脱炭素化を行うという事業である。さらに La Mede バイオリファイナリーでは Masshyla プロジェクトと並行して Air Liquide とバイオリファイナリーの副生成物であるバイオガスを水蒸気メタン改質により再生可能水素(年産 2.5 万トン)に変換するプロジェクトも進める。これらの低炭素水素は La Mede バイオリファイナリーで製造される SAF(持続可能な航空燃料)や再生可能ディーゼルの水素化処理の原料として利用される。

TotalEnergies は欧州域内に 6 か所の製油所(北フランスの Normandy、西フランスの Donges、東フランスの Feyzin、ベルギーの Antwerp、オランダの Zeeland、東ドイツの Leuna)、2 か所のバイオリファイナリー(南フランス La Mede と現在製油所から低炭素燃料生産施設への転換が進むパリ近郊の Grandpuits)を展開する。これらの施設では脱硫や水素化処理プロセスにグレー水素を使っているが、同社は 2030 年までにグレー水素をグリーン水素に転換する方針を掲げており、このことによりファイナリーの温暖化ガス排出量を年間 500 万トン削減することを目指している。上述した「オンサイト型水素事業」はまさにこの目標に沿った動きといえる。2023 年 9 月、この「グリーン水素化」方針に従い TotalEnergies は、年間 50 万トンのグリーン水素供給に関わる入札の募集を開始した。前述した欧州水素銀行による第 1 回パイロットオークションの結果成約したグリーン水素供給量の合計が年 15 万トンである。多くの水素生産事業がオフテイク(長期販売)契約確保に苦しみ中、年間 50 万トンというまとまった需要は、大きな話題をさらった。この件に関するオフテイク契約として目立った動きでは、2024 年 6 月、Air Products が TotalEnergies と 2030 年から 15 年間、年間 7 万トンのグリーン水素を欧州で供給する契約を締結している。Air Products は世界最大のサウジアラビアの NEOM グリーン水素事業(2.2GW の水電解容量で日量 600 トンのグリーン水素、年間 120 万トンのグリーンアンモニア

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

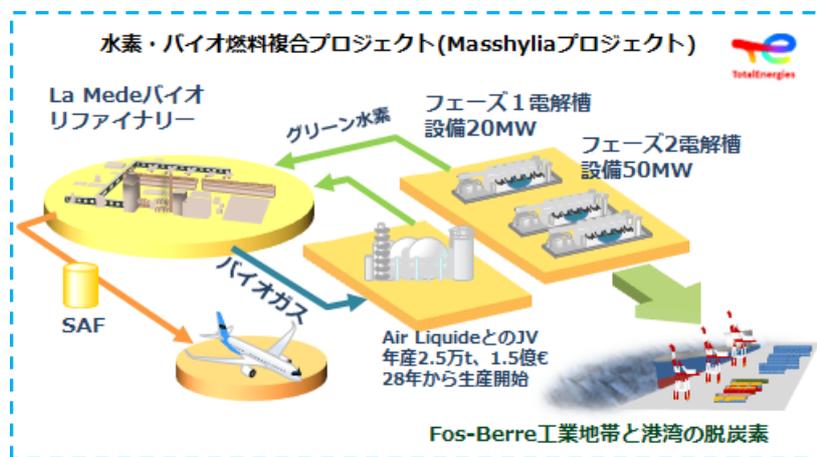
を生産)のアンカーカスタマーであり、同事業にとっても初の大型契約となった。

図 23a TotalEnergies のグリーン水素による自社製油所の脱炭素化



(出所: TotalEnergies HP 資料等を参考に JOGMEC 作成)

図 23b グリーン水素を利用した TotalEnergies の低炭素複合事業



(出所: TotalEnergies HP 資料等を参考に JOGMEC 作成)

### 3)c 水素インフラ・サプライチェーンの整備

現在のクリーン水素事業が抱える高価格や限られた市場規模といった課題を解決するためには、エネルギー集約型産業やモビリティといった「ボリュームゾーン」に市場を拡大することが有効であるが、そのためには水素サプライチェーンの構築や水素設備・インフラの整備が不可欠であり、その点が経済的にも、技術的にも、社会的にも困難な高い壁となっている。一方、水素サプライチェーンの構築やインフラ整備に関しても、徐々にではあるが前進の兆しは見えてきている。そういった状況の中この項では欧州域内の横断的な動きとして「水素回廊」構想について、そして国レベルでの具体的動きとして

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

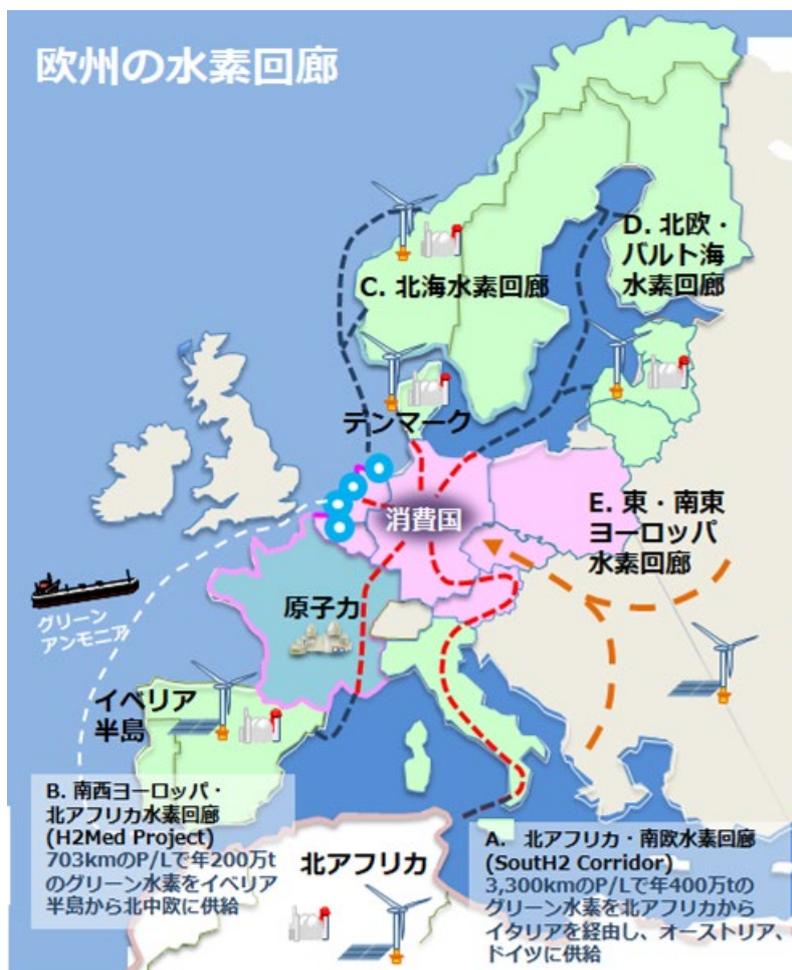
この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

オランダとドイツの例を取り上げることとする。

### ① 欧州水素回廊

2020 年、欧州のガス供給システム運営事業者によって欧州域内の水素輸送インフラの展開、水素市場の拡大を目指すべく European Hydrogen Backbone (EHB) イニシアティブ<sup>9</sup>が発足した。「3)a 欧州の公的支援制度」で触れたように欧州域内には北欧・イベリア半島あるいは域外の北アフリカのように再生可能エネルギーの発電コストが安く、グリーン水素生産に高い競争力を持つエリアが存在する一方、ドイツのように需要が集中するエリアもある。そこで EHB イニシアティブでは「需給の勾配」によって生じる水素の流れる道筋を「水素回廊」と呼び、5 つの「水素回廊」を特定した(図 24)。

図 24 EHB による欧州における水素回廊構想



(出所: ehb.eu データをもとに JOGMEC 作成)

5 つの「水素回廊」におけるそれぞれの構想・特徴は以下となる。

A. 北アフリカ・南欧(SouthH2)回廊(アルジェリア、チュニジア、イタリア、オーストリア、ドイツ) : 北アフリカと中央ヨーロッパをつなげる 3,300km の天然ガスと水素パイプライン回廊。水素の輸送能力

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

は年間 400 万トン。チュニジアからイタリアの既存のガス輸送幹線を通り、ドイツ南部の工業地帯である Bavaria に至る。輸送の 70%は既存のガス用パイプラインを利用。

**B. 南西ヨーロッパ・北アフリカ (Green Energy) 水素回廊および BarMar/H2Med パイプライン:**  
北アフリカ、ポルトガル、スペインで生産されたグリーン水素をフランスに輸送し(バルセロナ・マルセイユ間をつなぐ 455km の海底パイプライン、BarMar/H2Med を建設)、その後ドイツにも供給。Iberdrola はスペインに 20MW のグリーン水素プラント (Puertollano) を建設済。

**C. 北海 (North-South) 水素回廊:**  
ノルウェー等北欧で生産されたグリーン・ブルー水素をドイツの Wilhelmshaven 港にパイプラインで輸送し、ドイツ各地の産業集積地にガスからの転用および新規のパイプライン (400km) を通じ供給。またオランダ、ベルギー、英国市場への供給も見込む。2028 年操業開始予定。

**D. 北欧・バルト海沿岸水素回廊 (バルト海沿岸 9 国による BalticSeaH2 コンソーシアム):**  
BalticSeaH2 コンソーシアムによりバルト海沿岸国の脱炭素と低炭素事業開発を目指す。またフィンランド・バルト 3 国で生産されたグリーン水素をドイツ、ポーランドへ供給。フィンランド南部とエストニアの間に「水素バレー」を建設し、ドイツ北部にパイプラインで水素を輸送する (年間 10 万トン)。2030 年操業開始予定。

**E. 東・南東ヨーロッパ水素回廊:**  
風力・太陽光発電のポテンシャルの高いルーマニア、ギリシャ、ウクライナで生産されたグリーン水素をドイツ、ポーランド等に供給。

EHB の欧州水素回廊全体は EU・加盟各国において正式に承認されたものではなく、構想の域を出ないが、中には A の北アフリカ・南欧 (SouthH2) 回廊や B の南西ヨーロッパ・北アフリカ (Green Energy) 水素回廊の H2Med パイプラインのように事業として動き始めているケースもある (Barcelona、Marseille 間の海底パイプライン BarMar の敷設を含む)。SouthH2 回廊事業では 2025 年 1 月に当事国であるイタリア、ドイツ、オーストリア、アルジェリア、チュニジアの 5 カ国が SouthH2 回廊プロジェクトの継続に関する共同宣言に署名した。またスペインの Cepsa とアルジェリアの Sonatrach は共同で、SouthH2 パイプラインを利用して水素を製造することを計画している。スペインの Enagás は H2Med プロジェクトを通じて水素インフラ開発に注力しているエネルギーインフラ企業の一社であり、フランスの GRTgaz および Teréga、ポルトガル REN、ドイツの OGE と共に事業実現の可能性を探る。また SouthH2 回廊や H2Med パイプラインは欧州委員会が定める IPCEI (Important Project of Common European Interest、欧州共通利益に適合する重要プロジェクト) にもリストアップされている。

## ② オランダとドイツのパイプライン事業

欧州水素回廊は国や大陸を跨る事業で、今後事業化には社会的、技術的、経済的に乗り越えなくてはならない多くの壁が存在するため、実現には暫くの時間が必要とされるが、国内のプロジェクトでは水素インフラの整備が先行して開始されているケースもある。その代表例がオランダとドイツのケースである (図 25)。

オランダ政府は全長 1,200km の水素幹線ネットワークを構築し、国内外の工業地帯を水素ネットワ

### GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

ークでつなぐという計画を策定し、2022年オランダのユーティリティ企業 Gasunie の子会社 Hynetwork Services に水素ネットワークの開発を委託、2023年6月には、初期段階として1億€強の投資を決定した。水素幹線パイプラインの85%はガスパイプラインからの転用で対応する予定としたが(新しいインフラを構築するよりも75%安価)、水素ネットワーク全体には約15億€の費用が必要と試算された。2023年11月、HynetworkはRotterdam港で最初の水素パイプライン区間の建設に着工した。Hynetworkは2026年までのロッテルダムにおける最初のセクションの稼働、2030年までのオランダ北海沿岸の産業クラスターにおける水素輸送インフラ整備を目指す。また2031年から2033年にかけてLimburg州の産業クラスターにネットワークが展開され、デルタライン回廊を含むクラスター間の接続が行われるとしていた。そのような中2025年2月、オランダ政府は水素ネットワークの建設コストが15億€から38億€と150%以上も増加する予定だと発表した。費用増加の理由を再利用できるガス導管が少なくなったこと、建設費の高騰、新たな環境規制によるものであるとした。市場の発展のペースも遅く、2030年までに4GWの電解槽能力とされていたが、1.2GWから1.5GWの規模に留まると市場予想を下方修正した。このことは2031年の運用開始時に初期使用者の利用料金が大幅に上がることを意味する。Hynetworkはこの点に対し、追加の政府補助、戦略的な料金規制、初期利用者の負担軽減のためにドイツモデルの導入(長期のスパンで利用者から均等に料金を徴収)を提言した。また費用負担を分散化するために、水素ネットワーク利用者を増やすことが重要だとした。

水素インフラとしてパイプラインネットワーク同様重要なのが水素の貯蔵施設である。グリーン水素の生産は変動電源である再生可能エネルギーによる電力に依拠するため、顧客への水素の安定供給を維持するためには、水素を一時的に保管する施設が必要となる。水素ネットワークで扱うような大量の水素では液化といった手段は取りえないため、地下岩塩層の空洞といった既存の地下ガス貯蔵施設を水素用にコンバートする方法が現実的な解となる。

図 25 欧州の水素幹線ネットワークと地下貯蔵施設



(出所: ACER ならびに各事業 HP 資料を参考に JOGMEC 作成)

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

オランダの水素ネットワークにおいても北部の Zuidwending ガス貯蔵施設を水素貯蔵施設に転用する予定となっている。現在欧州ではドイツ Etzel の H2CAST、フランス Etrez の HYPSTER プロジェクトなど既存のガス貯蔵施設を水素貯蔵施設に転用する実証試験が行われており、環境・安全・技術面での検証が完了し次第、商業ベースでの水素貯蔵施設に転用する計画となっている。

また、事業が FID (最終投資決定) に向けた最終段階にある例としてドイツ、フランス、ルクセンブルクに跨る水素ネットワーク MosaHYc プロジェクトがある。これはフランスとドイツを結ぶ既存のガスパイプライン (全長 70km) の水素輸送への転用と 30km の新規水素パイプライン建設を含む総工費 1 億 1,700 万€ の事業で、水素の通ガス容量年 5 万トン、操業開始は 2027 年を見込む。フランスのユーティリティー企業 Engie の子会社 GRTgaz とドイツの Creos Deutschland がそれぞれ自国側の水素インフラを手掛ける。2024 年 Engie と子会社の GRTgaz は着工に向けた FID の決定を下したが、ドイツの Creos Deutschland はまだ申請中の IPCEI (Important Project of Common European Interest、欧州共通利益に適合する重要プロジェクト) の承認が下りていないことを理由に、FID を保留している。

一方、2023 年ごろ議論が活発であった北欧からドイツにクリーン水素を輸出するという構想は、現在トーンダウンしている。2024 年 9 月、Equinor と RWE は、ブルー水素輸出のための世界初となるノルウェー、ドイツ間の海底水素パイプラインの敷設事業に関し、「高コストと長期販売契約や市場が存在しないこと」を理由に中止を発表した。また、Energinet は 2024 年 10 月、グリーン水素の輸出を想定したデンマークとドイツ間の水素パイプラインが、現在置かれた状況と関連する計画や承認手続きに時間が掛かることから、2031 年に先送りされると発表した。従来の事業実施の計画は 2028 年で、3 年の遅れとなる。

将来の水素のデマンドセンターとして水素需要の増加が期待されるドイツであるが、2023 年に最後の原子力発電所が運転を停止し、発電量の 33% (2022 年) を占める中核電源である石炭火力発電も 2030 年代での廃止を目指しており、エネルギー集約型産業や大型モビリティの脱炭素化と併せ、水素を重要なエネルギー転換のソリューションと捉えている。ドイツは 2023 年 7 月に 3 年ぶりとなる水素の製造、輸送インフラ、市場計画のガイドラインを定める水素戦略の改定を行ったが、それによれば 2030 年時点での水素需要は現在の 55TWh (年間 110 万トンに相当) の約 2 倍、95~130TWh と推定している。

ドイツの広域ガス輸送会社協会である FNB Gas は、2023 年 11 月に工費 198 億€、全長 9,721km に及ぶ水素コアネットワーク (Hydrogen Core Network、HCN) 計画<sup>10</sup>の概要を示した。58% を既存のガスパイプラインからの転用とし、2032 年までに年間 279TWh の水素利用を想定している。その後 2024 年 4 月の Energy Industry Act の変更とドイツ連邦議会の承認、2024 年 6 月の欧州委員会の承認を経て、2024 年 7 月、水素輸送事業者 (transmission system operators、TSOs) および FNB Gas 等関連事業者が、ネットワーク管理機関であるドイツ連邦ネットワーク庁 (BNetzA) に事業の申請書を提出した。BNetzA は 2024 年 10 月、総延長を 9,040km に短縮し (投資額も 189 億€に縮小)、56% を既存の天然ガスパイプラインの転用とし、2032 年の全区間操業開始を条件に、ドイツ全土をカバーする水素コアネットワークの構築を承認した。水素コアネットワークの建設や運営、資金調達 は BNetzA によって選定された水素輸送事業者 (TSOs) によって行われる。

ドイツの水素コアネットワーク 9,040km の内、バルト海沿岸の Lubmin を起点とする 400km 部分を含む最初の 525km 区間は、2025 年中の完成を目指す。525km のネットワークの内 507km 分はガスパイプラインの再利用となる。ドイツ政府はこの開発に 240 億€を割り当て、ドイツの国営開発銀行である KfW が資金を提供する。水素コアネットワーク事業に先駆け 2025 年 3 月、ドイツの Gascade は、400km のガスパイプラインの最初の区間に水素を圧入し、「Flow - making hydrogen happen」事業

#### GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

を開始している。また、2025年4月、東部の Bad Lauchstadt Energy Park(30MWの水電解装置を建設中)と TotalEnergies の Leuna 製油所を結ぶ既存の 25km ガスパイプラインの水素パイプラインへの転換が完了し、グレー水素による導通試験が開始されている(「3」b オンサイト水素事業、TotalEnergies による製油所のグリーン水素への転換」参照)。2025年末までには年間 2,700トンのグリーン水素の供給を開始する予定となっている。

ただし、実際にどの程度の規模での水素輸送に使われるかは未確定だ。また使用されても初期の水素の供給量は限定的であるため、2025年におけるこのパイプライン網を利用した水素の流通量や利用者数は限られる。初期利用者が限られ、建設費を急いで回収しようとすれば、初期利用料金の設定が大きくなり、ネットワークの利用も進まない。したがってネットワークの利用料金を許容可能なレベルに保ち、初期の利用を活性化させるため、KfW はいわゆる償却アカウントを通じて水素輸送事業者(TSOs)に保証し、2055年までの費用返済を予定している。その時まで償却アカウントが均衡していない場合、ドイツ政府が費用の 76%を負担し、残りの 24%は水素輸送事業者(TSOs)が負担することになる。Energy Industry Act の変更により TSOs には税前提 6.7%の投資リターンが得られるような仕組みが政府により保証されており、また 1 社が破産した場合、他の事業者を保護するような条項が盛り込まれる。BNetzA は 2025年3月、水素コアネットワーク使用につき€25/kWh の固定価格を設定した。3年ごとのインフレ影響を勘案し、2055年まで全ての水素ネットワーク使用者に適用される。BNetzA の Klaus Müller 社長は「我々の提案によって適正な価格で水素コアネットワークが利用できると確信する。同時に民間セクターから水素ネットワーク建設・運営に関する資金を確保している」と述べた。

2024年5月、ドイツの製鉄会社 Salzgitter は Uniper と 2028年からの年間 2 万トンのグリーン水素供給のための初期契約に合意した。Uniper はドイツ北岸の Wilhelmshaven において 2025年からのフェーズ 1 で年産 1 万 2,000トン、2028年開始のフェーズ 2 で年産 7 万 2,000トン、フェーズ 3 で 1GW のグリーン水素生産を計画する。Salzgitter の製鉄所は Wilhelmshaven から 280km 離れた Lower Saxony にあり、まさに水素コアネットワークの完成が契約成立の条件となる。また 2025年3月、RWE と TotalEnergies は、年間 3 万トンのグリーン水素を TotalEnergies の製油所に供給する長期契約(2030年から 15年間)を締結した(前出、「Bad Lauchstadt Energy Park と TotalEnergies の Leuna 製油所間の水素パイプライン」参照)。RWE は、ドイツの Lingen にある 300MW の電解槽でグリーン水素を生産し、600km の水素コアネットワークを通じて TotalEnergies の Leuna 製油所に供給する。このように水素コアネットワークの整備を前提とした事業計画も立ち上がってきている。

他方、水素コアネットワークといった水素インフラの本格的活用はまだ先のことである。そのような状況の中、ドイツの先を読んだ水素インフラの整備は、水素の大規模ハブを目指すというドイツの強い意志の表れといえる。

一方でこれらのグリーン水素の利用は、製油所・化学プラントのグレー水素やエネルギー集約型産業の天然ガスとの置換といった産業セクターの脱炭素を目的としたものである。しかし、もう一方のポリュームゾーンであるモビリティへの応用は、公的機関における車両等への使用といった限られた利用方法に留まる。2022年頃は電化の困難なトラックやバスといった大型車両をターゲットに、水素燃料・水素燃料電池車に関するスタートアップの立ち上げや投資も活発であったが、現在その動きは大きく停滞している。2025年3月、水素トラック開発・商業化をリードする立場であった米国の Nikola Motors は 36 億ドルの負債を抱え、破産手続きの一環として、Arizona 施設の 855 名の従業員の解雇を発表している。Renault と Plug Power の水素自動車の JV である Hyvia は買い手がつかないことを確認した後、フランスの裁判所に破産手続きの申請を行った。ドイツの水素トラック Quantron は 2024年10月に倒産、米国の Hyson、フランスの水素バスメーカー Safran、英国の水素トラックメーカー HVS

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

も倒産の危機に瀕している。水素燃料電池車は EVトラックの弱点である航続距離で優位性があるが、複雑な製造工程、高いコスト、インフラが整備されていないことが欧米メーカーの共通の課題となっている。一時期の市場の熱気も冷め、資金調達にも苦勞する。数年前に想定したよりも水素市場の発展が大幅に遅れていることを代表するような事例ともいえる。

#### 4) バイオ・再生可能燃料(SAF)

現在欧州のバイオ・再生可能燃料市場が直面する 2 つの大きな変化は、バイオディーゼル供給量の増加による市況の低迷と 2025 年 1 月から施行された EU の ReFuelEU Aviation<sup>11</sup>(英国では UK SAF Mandate)による航空燃料(石油ベースのジェット燃料)への SAF(持続可能な航空燃料)の混合義務化である。以降その 2 点について詳しく検証していくこととする。

##### 4)a バイオディーゼルの市況の低迷

世界のバイオ・再生可能燃料取引の中心は欧州・米国市場であるが、いずれの市場でもバイオ燃料・再生可能燃料の供給量が増えているため、現在市場は供給過多の状態にある。

欧州にはまだディーゼル車が多いが、ディーゼル車の燃料である軽油に混合するバイオ燃料にはバイオディーゼルと再生可能ディーゼルの 2 種類がある。バイオディーゼルは軽油に対する混合量が国ごとに指定されており、混合量に制限のある非ドロップイン燃料であるが、再生可能ディーゼルは混合量に制限のないドロップイン燃料である(軽油と同様に使用可能)。バイオディーゼル、再生可能ディーゼルいずれも原料は植物油・廃食油(UCO)・獣脂等で共通するが、製造までのプロセスが大きく異なる。バイオディーゼルは植物油等のバイオ油脂をメチルエステル等でエステル化後、グリセリンを除去して製造されることから簡易な設備で対応が可能なのに対し、再生可能ディーゼルは水素化・脱酸素化処理が必要なことから、製油所並みの高度で複雑な技術と設備が求められる。バイオディーゼルは FAME(Fatty Acid Methyl Ester、脂肪酸メチルエステル)とも呼ばれ、再生可能ディーゼルも HVO(Hydrotreated Vegetable Oil、水素化植物油)と呼称される。一方、HVO は SAF(持続可能な航空燃料)製造にも使用されるが、SAF 製造工程においては HEFA(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)と呼ばれることが一般的である。欧州では再生可能ディーゼル・HVOを専門に製造するプラントもあるが、既存の石油精製所を改造し、全ての原料(化石燃料とバイオマス)を初めの段階から混合し処理する、co-processing(混合改質または共処理)と呼ばれる方法によってバイオ燃料混合製品を製造するリファイナーが主流となっている。既存の石油精製所の設備やインフラを最大限利用できることから、低コストおよび最短期間で既存施設を改修し、混合燃料を生産できるというメリットがある(例えば後述する SAF では規制によって混合比が決まっている)。

2025 年 1 月から EU による SAF の混合規制も開始され、再生可能ディーゼルの需要も増加しているが、欧州のバイオ燃料市場は需要が供給量を十分吸収できておらず、バイオ燃料生産事業者の精製マージンは低迷し、業績は振るわない。2022 年のエネルギー危機が去り、欧州は元々バイオ燃料の需給が緩む地合いにあった。経済の不振に伴う燃料市場全体の減速に加え、直近のリファイナーのバイオ燃料生産増強による供給増が加わり、市場は供給過多の状況となっていた。また規制の緩和も市況に大きな影響を与えた。スウェーデンは元々 2010 年比で軽油に対する 30.5%、ガソリンに対する 7.8%の温暖化ガス排出量削減という欧州最高水準の規制を定めていたが、エネルギー価格の高騰からどちらも 24 年に 6%へと引き下げた。(ドロップイン燃料ではない)バイオディーゼルの場合軽油との混合比は B7(7%)に制限されるため、軽油で従来の規制値をクリアするためには、残りを(ドロップイン燃料である)再生可能ディーゼルで補う必要がある。したがって規制緩和の影響はバイオディーゼル

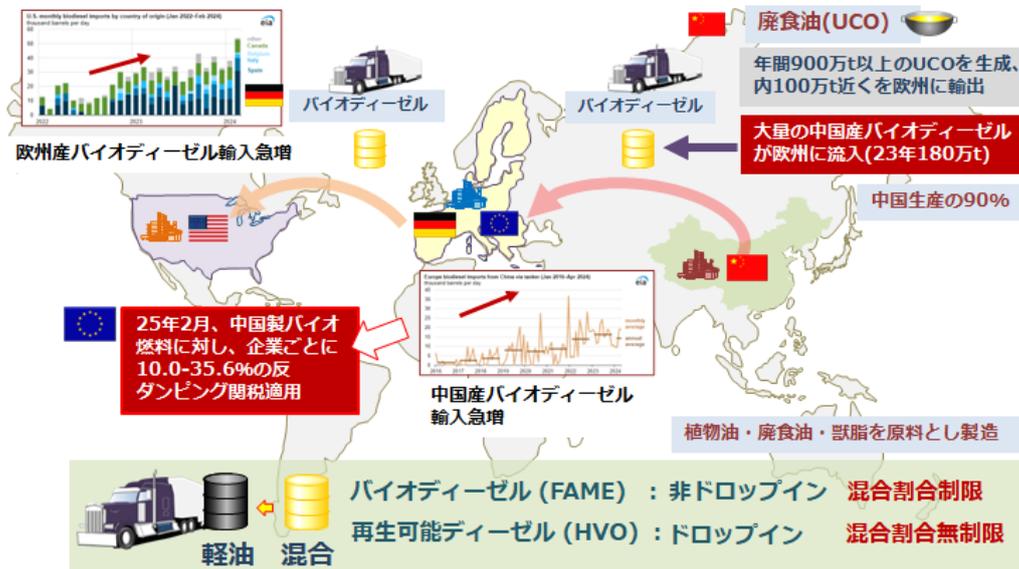
#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

だけでなく、再生可能ディーゼルにも及ぶ。スウェーデンの混合比の低下によって需要が減少し(スウェーデンの 2024 年の消費量は半分に低下)、供給過剰となったことから、2024 年におけるバイオ・再生可能ディーゼルの欧州全体でのマージンは大きく縮小した(スウェーデンはその後 2025 年 7 月より 10%に引き上げると発表)。

そのような状況の中、欧州のバイオ燃料の市場低迷を決定づけたのは豊富な廃食油(UCO)を原料とした中国産バイオディーゼルの輸入急増である(図 26)。中国からのバイオディーゼルの輸出量はここ 1、2 年で大幅に増え、2023 年には再生可能ディーゼルとの合計で 210 万トンに達し、その内の 200 万トンが欧州に輸出されたとする(EBB の統計では 180 万トン)。中国はバイオ・再生可能ディーゼルの原料として用いられる廃食油(UCO)の生産量が世界一であり(900 万トン、米農務省)、これまでは廃食油(UCO)の輸出が主であった。しかし、中国からのバイオディーゼルの輸出急増によりドイツを始めとした欧州のバイオディーゼル生産者は市場価格の下落で大きな痛手を被っている。2023 年にバイオディーゼルの価格が暴落し、EU 最大の市場であるドイツでは、過去 1 年間で価格がほぼ 50%下落し、事業者はこの 2 年間赤字経営を余儀なくされている(図 27)。2024 年 8 月、ドイツの大手バイオ燃料企業 Landwärme は、業績悪化のため倒産手続きに入った。さらにバイオ・再生可能ディーゼル用原料に加工される油脂作物(菜種)を栽培する農家も販売価格の低下に苦しむ。また、欧州で行き場を失ったバイオディーゼルは少しでも高値を求め、米国市場に流れ込んだ。米国の 2017 年 9 月から 2022 年 10 月までのバイオディーゼル輸入量は日量 1 万 2,000 バレルに過ぎなかったが、2023 年にかけて 2 倍の日量 3 万 3,000 バレルとなった。最大の輸出国はドイツで、他にも欧州各国から輸入が急増している。

図 26 中国産バイオディーゼルの欧州市場への流入と欧州の対応

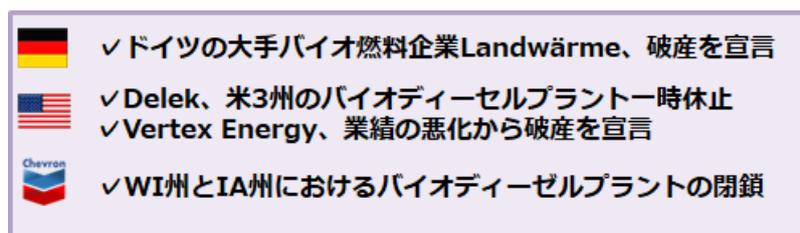


(出所: EIA 他各種情報をもとに JOGMEC 作成)

GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

図 27 バイオディーゼル生産事業者による事業縮小・遅延・再編・撤退



(出所: 各種情報をもとに JOGMEC 作成)

米国の再生可能ディーゼルの需要は活発であるが、大型の再生可能ディーゼル生産プラントが立ち上がり、市場への供給量が増加する状況にあった。そうした中欧州産バイオディーゼルの輸入が急激に膨らみ、需給は更に緩む結果となった。米国では市況の低迷からバイオディーゼル生産プラントの運転を一時停止したり、再生可能ディーゼルの生産から石油精製に切り替える動きもある。中国産バイオディーゼルの欧州への流入が欧州生産事業者を圧迫し、行き場を失った欧州からのバイオディーゼルが米国市場に流れ込み、さらに米国のバイオ燃料市況に影響を与えるという玉突き現象が生まれている。

このような状況の中欧州のバイオディーゼル生産者団体 **European Biodiesel Board (EBB)** は中国から流入するバイオ・再生可能ディーゼルのアンチダンピング違反の可能性について欧州委員会に訴え、欧州委員会は **2023** 年からアンチダンピング調査を開始、その結果を受けて **2024** 年 7 月、**12.8%** から **36.4%** (中国の生産事業者ごとに異なる) の暫定アンチダンピング関税を提案した。最終的に欧州委員会は調査を継続し、**2025** 年 2 月、**10.0%** から **35.6%** のアンチダンピング関税が、中国から輸入されたバイオ・再生可能ディーゼルに対し課せられることが正式に決定した。

一方、この決定では中国から輸入される **SAF** (持続可能な航空燃料) はアンチダンピング関税の適用除外となった。業界内では今後中国産 **SAF** の輸入増加の懸念を抱く声も上がっている。また中国から輸入される廃食油 (**UCO**) やバイオ・再生可能ディーゼルには許可されていない植物油 (食料との競合あるいは間接的土地利用変化リスクといった問題を招く可能性) が一部含まれる、あるいは原料として混入しているとの懸念が指摘されており (**Transport & Environment** 等)、アンチダンピング関税だけでは全ての問題解決とはならず、認証手続きの見直し・強化を訴える声もある。またもう 1 点の懸念材料として欧州はバイオ・再生可能ディーゼルや **SAF** (持続可能な航空燃料) の生産に多くの中国産廃食油 (**UCO**) を利用しているが (中国は年間 **160** 万トンの **UCO** を輸出に回しており、その内 **100** 万トン近くが欧州に輸出されている)、今後欧州のアンチダンピング関税の導入により中国側が対抗措置として廃食油 (**UCO**) の輸出を制限する可能性も否定できない。

#### 4)b SAF (持続可能な航空燃料)

EU は **Fit for 55** (「**2030** 年までに温暖化ガス排出量を少なくとも **55%** 削減する」という目標達成に向けた一連の政策パッケージ) の一部として航空セクターの脱炭素を促進するため、**SAF** の航空燃料への混合割合を定めた **ReFuelEU Aviation** を導入した。**2023** 年 4 月、欧州議会・理事会で承認を受け、欧州の空港を離陸する航空機に対し **2025** 年 1 月から表 2 に示されるような **SAF** の航空燃料への混合を義務化している。またサブターゲットとして **2030** 年からは **e-SAF** (グリーン水素と **CCU** で回収した **CO2** をもとに製造された合成燃料、総称して **PtL** とも呼ばれる) の混合割合も規定されている。英国

#### GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

でもこれと並行してやはり 2025 年 1 月より UK SAF Mandate が施行を開始している(表 2)。この規制のユニークな点は原料供給に制限のある HEFA ベースの SAF (廃食油や獣脂といった廃棄物を原料として利用するため、原料調達に困難となる可能性がある)の使用上限をサブターゲットとして設けていることである。

2022 年、国連の国際民間航空機関(ICAO)は 2050 年までに国際航空の炭素排出量をゼロにするという長期的な世界目標を設定し、これに対し加盟する 184 カ国が賛同した。ICAO は国際航空分野の GHG 排出量削減のためにカーボンオフセット(炭素相殺)・削減制度(CORSIA)<sup>12</sup> を 2021 年から 2023 年までに試験運営しており、2024 年からは 126 カ国の航空会社が自発的に参加している。同プログラムは 2027 年から義務化され、世界中のすべての航空会社に適用されることになっている。CORSIAプログラムの義務化を控え、各国でも SAF 混合比率の規制・目標の導入が始まっている(例、各国の SAF 混合比率: インド、2027 年 1%、2030 年 5%、2037 年 10%、シンガポール、2026 年 1%、2030 年 3%から 5%、韓国、2027 年 1%、UAE、2031 年 1%、マレーシア、2026/2027 年 1%、インドネシア、2027 年 1%、タイ、2026 年 1%、ブラジル、2027 年空輸の温暖化ガス排出量 1%削減他)。また航空会社、空港、物流企業では 2030 年に SAF 混合比率を 10%とする自主規制の動きも生まれており、こういった空輸の利用者や関連事業者による自主的な動きは年々活発化している。

表 2 ReFuelEU Aviation および UK SAF Mandate による年ごとの SAF 混合割合



	2025年	2030年	2032年	2035年	2040年	2045年	2050年
 SAF	2%	6%	6%	20%	34%	42%	70%
 e-SAF		1.2%	2%	5%	15%	20%	35%
 SAF	2%	10%	11.75%	15%	22%		
 e-SAF		0.50%	0.75%	1.50%	3.50%	← 28年~	0.2%

電化の困難な航空機の場合、今のところ唯一の有効な脱炭素の手段は SAF とされており、将来の市場の拡大期待から事業者の関心は高い。混合義務規制の導入や陸運向けのバイオ・再生可能燃料市場の低迷から、多くの事業計画が立ち上がっている SAF ではあるが、想定通りには市場が拡大していない。IATA (国際航空運送協会)の報告では 2023 年の SAF の消費量は約 50 万トンで、2024 年は 2025 年の欧州における規制導入に向け SAF の需要が大幅に伸び、年 150 万となると予想していた。まさに SAF 元年の到来である。しかし、実際の消費量は 100 万トンに留まった。SAF 製造の業界トップである Neste の業績も冴えない。Neste は年間 373 万トンの再生可能燃料を生産し、その内 41 万トンが SAF となっている。市況の悪化により 2023 年 1 トン当たり 813US\$であった再生可能燃料の販売マージンは、2024 年には 1 トン当たり 242US\$に落ち込んでいる(図 28 右側のグラフ)。一方で同社の石油製品のマージンは同期間で 1 バレル当たり 16.7US\$から 15.1US\$に低下しただけなので、再生可能燃料に特化した市況の動きであることがいえる。この再生可能燃料全体の市況の悪化に引きずられ、SAF の収益も冴えない。利益の 2/3 が再生可能燃料関連である Neste は、再生可能燃料の市況がそのまま事業収益に直結するため、2024 年第 2 四半期の調整後利益(EBITDA)は 2 億 4,000 万€に留まり、前年同期の 7 億 8,400 万€から大きく低下した。このことにより同社は、組織の統合・簡素化、ポストやコストの削減(年約 5,000 万€相当)による収益の改善が急務となっている。

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

2025年4月、TotalEnergiesはGrandpuits製油所のバイオリファイナリーへの転換(前出「3」b オンサイト水素事業」項参照)を2025年央から2026年に先延ばしすると発表した。他にも再生可能燃料・SAFの市況の悪化を受け、事業延期・中断・撤退が相次いでいる(図28右下)。SAF混合義務を規定するReFuelEU AviationとUK SAF Mandateが導入され、2025年の欧州におけるSAFの需要は80万トンから100万トンを超える可能性があるとして予想される反面、2025年はEniのLivornoリファイナリー、GalpのSinesリファイナリー、MoeveのLa Rabidaリファイナリーによって欧州市場には新たな生産能力が追加され、欧州全体のSAF生産能力は需要をはるかに超える(FGE他)と見られている(実際の生産量は他の再生可能燃料とのバランスで決定)。

図28 SAF混合義務規制導入後も不透明なSAF市場



出所: Neste 投資家向け資料等を参考に JOGMEC 作成

欧州では既存の石油精製所を改造し、低コストおよび短期間で施設の立ち上げが可能な co-processing (混合改質または共処理)が主流であることも、欧州で再生可能燃料・SAF 生産が急速に拡大する一因となっている。ReFuelEU Aviation および UK SAF Mandate では2029年まで2%のSAF混合割合が継続されるため(2030年からはそれぞれ6%と10%、表2参照)、自主的なSAFの導入が進まない限り、今後数年間は「規制市場」によるSAFの急激な増加は見込めない。再生可能燃料・SAF生産において事業延期・中断・撤退が相次ぐ背景にはそのような事情もある。

SAF市場の低迷の要因は需要側にもある。2025年3月に欧州航空安全機関(EASA)が発表した2024年のSAFの1トン当たりの平均価格は、SAF供給の100%近くを占めるバイオマスベース(HEFA)のSAFが2,085€、合成燃料(e-SAF)が7,695€、それに対してケロシン(ジェット燃料)と呼ばれる従来の石油ベースの航空燃料は734€であり、SAFの価格はまだ相当高い。それに比べ航空会社の運航マージンは5%以下と言われ、一般的に経営は厳しい。「サーチャージ」によって燃料費の値上がりを航空運賃に反映させる方法もあるが、格安航空会社(LCC)の市場参入といった過酷な市場競争もあり、現在の価格レベルでは、なかなか規制の枠を超えたSAFの導入には踏み切れない。

このような状況の中であり、法規制でSAFの混合義務を課すのは現在欧州域内に限られる。そのた

**GlobalDisclaimer(免責事項)**

このwebサイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

め SAF の生産で先行するアジア、中東、アメリカ大陸の SAF 生産施設は、一斉に欧州市場を目指すというような状況が生まれている。例えば SAF 生産では世界最大と言われる Neste が操業するシンガポールリファイナリーは、最大で年間 100 万トンの SAF が生産可能とされるが、生産した SAF のほとんどは欧州に輸出されている。米国はバイデン政権の掲げた SAF Grand Challenge やインフレ削減法の 45Z (税額控除のインセンティブ) によって SAF 需要の大幅な伸び (2030 年時点で SAF Grand Challenge 目標達成のための SAF 必要量は年間 900 万トン) が期待され、大型の (SAF 生産が可能な) 再生可能燃料プラントが立ち上がっているが、トランプ政権の誕生により SAF Grand Challenge の継続も、SAF 市場の拡大も不透明感が増している。また現在中国の SAF の生産は年間 20 万トン程度とされるが (全てが輸出向け)、今後は輸出を前提とした SAF の生産が増える可能性がある。2024 年 3 月には TotalEnergies と中国の Sinopec が Sinopec のリファイナリーにおいて年産 23 万トンの SAF 生産事業を共同で開発することで合意した。EV や LNG トラックの急拡大で石油燃料製品の販売が振るわない中国の石油精製部門が、co-processing (共処理) のような安価で簡易な方法で、SAF を混合するジェット燃料の生産を増やす可能性もある (中国のバイオ・再生可能ディーゼルに対するダンピング関税に SAF は対象外)。世界で唯一 SAF の混合規制導入が進む欧州市場を目標に、米国、中国あるいは世界中から生産の先行する SAF が殺到し、既に「レッドオーシャン (競争が激しい既存市場)」化しつつある欧州において、SAF の市場競争がさらに激化する可能性も捨てきれない。

SAF の普及が進まない根本的原因は、石油ベースのジェット燃料と SAF との価格差にある。したがって消費者側 (航空会社等) から SAF 購入の補助金やインセンティブの提供を求める声は強い。このような状況の中 2025 年 2 月、欧州委員会は SAF の使用を加速するための EU-ETS (欧州排出量取引制度) による支援システムに関する規則を採択した。SAF 混合義務導入に伴い、EU-ETS においても空輸の温暖化ガス排出量に対する規制が強化される。これまで航空会社に提供されてきた無償での排出枠 (EU Allowance、EUA) が徐々に削減され、2026 年には完全に撤廃される (排出された温暖化ガスは 100% オークションによる対応となる)。この支援システムの中では 2024 年 1 月 1 日から 2,000 万 EUA (排出枠) が準備され、航空会社は 2024 年に実際に購入した SAF (再生可能エネルギー由来の燃料や先進的なバイオ燃料) を申告し、SAF の公開市場価格か実際の支払価格をもとに定められた各自の割当てに応じ、EUA (排出枠) を受け取ることができる。

英国政府も 2025 年 2 月、SAF 産業を支援するための収益確保メカニズム「SAF Revenue Support Mechanism<sup>13</sup>」に関する法案の公開協議を開始した。このメカニズムは、SAF 生産者に安定した収益を保証し、投資を促進することを目的とし、化石燃料を供給する航空燃料供給業者に賦課金を課し、それを原資として SAF 生産者の投資を支援する。政府は、2025 年末までに、収益確保メカニズムに必要なすべての支援法案を導入することを目指している。

### 3. 欧州が抱える課題とその対応

「1) 電力」の項で紹介したように、欧州の電力セクターにおける炭素強度は、欧州以外の地域が電力の脱炭素化で苦勞する中 (世界平均は 481g-CO<sub>2</sub>/kWh)、1990 年の 501g-CO<sub>2</sub>/kWh から 2023 年には 244g-CO<sub>2</sub>/kWh へと大きく縮小し、2024 年には欧州の全電力量に占める再生可能エネルギーの割合は 48% に達している。一見、欧州の脱炭素戦略は勝利を収めたように映るが、「脱炭素政策を維持した上で市場競争力の向上を目指す」という本来の目標からは大きく逸れてきた。欧州は脱炭素をキーワードに、それに付随する EV、太陽電池、リチウムイオン電池、風力発電機、水電解槽といった技術で先頭を走り、それらの技術をレバレッジに産業構造の転換を図るはずが、いつの間にかそれらの技術を輸入に頼る状況になってしまっている。欧州の太陽電池の 98%、リチウムイオン電池の 75% は

#### GlobalDisclaimer (免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

中国からの輸入であり、EHB(欧州水素銀行)の第1回オークションでも事業者の5割は、中国製の水電解槽で応札した。サプライチェーンにおいても中国への一極集中が進み、経済安全保障の観点からも、好ましい状況にはない。他のどのエリアよりもクリーンテック・脱炭素市場が拡大する欧州は、中国への依存がますます増加し、中国にとって欧州市場は最大のお得意先となっているという皮肉な結果を生んでいる。さらに2022年のロシアのウクライナ侵攻に端を発したエネルギー危機とその後の欧州エネルギー価格の高騰は、欧州経済に暗い影を落とし、エネルギー政策に関する産業界の不満も高まっている。

このような状況の中域内産業の競争力低下や炭素リーケージ(企業が生産拠点を排出対策の進んでいない国・地域に移転し、地球規模として排出量削減が進まないという問題)を防ぐ目的からEUはCBAM(炭素国境調整措置、Carbon Border Adjustment Mechanism)<sup>14</sup>の導入を決定した(2023年4月18日にFit for 55パッケージに関する5つの法律ひとつとしてEU理事会により採択)。CBAMは、EUで製造可能である製品において、炭素規制が不十分な国からの輸入品に対し、EU-ETSの炭素価格に連動した炭素賦課金を課す措置である。CBAMは2025年末まで報告義務としてのみ適用されるが、2026年以降は、セメント、アルミニウム、肥料、電気エネルギー生産、水素、鉄鋼、および一部の川下製品について実際に適用される。またCBAMはEU-ETS制度と連動しているため、これらの製品では排出割り当ての無償枠が、2026年から2034年までの9年間で段階的に廃止される。

CBAMはある意味欧州産業を守る防御の「盾」である。しかし、欧州製品に競争力がなければ域外の市場獲得どころか、失った域内の市場を取り戻すこともできない。攻めのための「矛」の政策も必要だ。2025年1月29日、欧州委員会はEUがエネルギーコストの低下や当局の許認可手続き負担の軽減、米中とのイノベーションギャップの縮小、安全保障の向上と域外依存の低減を目指し、脱炭素と競争力の推進を図るという指針、「EU競争力コンパス(EU Competitiveness Compass)」<sup>15</sup>を発表した。これは欧州委員会がMario Draghi前イタリア首相・欧州中央銀行総裁やEnrico Letta前イタリア首相宛に対し2023年に依頼した欧州の競争力に対する報告書、いわゆる「ドラギレポート」や「レッタレポート(Single Market)」に基づくものであり、欧州委員会のvon der Leyen委員長も2024年7月の再選の際、欧州の脱炭素路線を継続しながら産業の競争力回復を支援し、事務手続きの簡素化や許認可の加速化を実現させ、防衛力増強のための更なる投資を強調していた。また欧州委員会は2025年2月、エネルギー集約型産業とクリーンテック技術を対象とし、「EU競争力コンパス」の指針を具体的に実行するための計画「EUクリーン産業ディール(EU Clean Industrial Deal)<sup>16</sup>とそれを補完するための「手頃なエネルギーのための行動計画(Affordable Energy Action Plan)<sup>17</sup>」を発表した(図29)。これらの計画では、燃料・原材料の共同調達、循環経済・エネルギーシステムの高効率化、柔軟な需給体制と統合型電力市場、域外パートナーシップといった施策を推進していく。また同日CSRD(企業の持続可能性報告指令)、CSDDD(企業の持続可能性デューデリジェンス指令)、CBAM等に対する実施時期の延期、適用除外基準の設定といった企業の報告負担を軽減し、簡素化するオムニバス法案も発表された。これらの計画では2030年までにクリーンテック製品主要部品の域内自給率を40%、循環型素材使用率を24%、経済全体の電化率を32%(現在21.3%)、年間100GWの再生可能エネルギーを導入し、年間1,300億€(2040年では2,600億€)のエネルギーコストの節約といった目標も定められた。

#### GlobalDisclaimer(免責事項)

このwebサイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy Security All Rights Reserved.

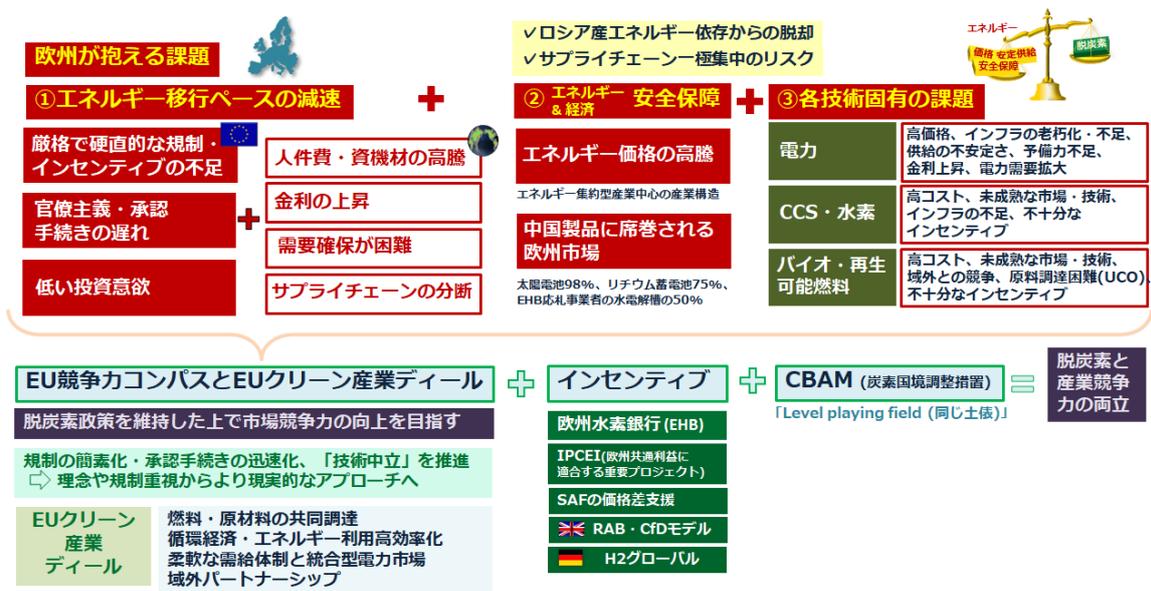
図 29 「EU クリーン産業ディール」および「手頃なエネルギーのための行動計画」



#### 4. まとめ

一部の国を除いて世界的にエネルギー転ジションのペースは減速しており、欧州においてもエネルギー転ジションに一時の勢いは見られない。その背景には欧州固有の特徴、そして世界共通の課題が浮かび上がる(図 30)。欧州の場合、厳格で硬直的な規制、事業インセンティブの不足、官僚主義による承認手続きの遅れが投資意欲を削ぎ、IRA(インフレ削減法)や IJJA(インフラ投資雇用法)が導入され、より魅力的なインセンティブが備わった米国市場へ投資資金が流出する。また、新型コロナウイルス感染症後の世界的共通課題である人件費・資機材費用の高騰、金利の上昇、サプライチェーンの分断が脱炭素・クリーンテック事業を直撃する。特に脱炭素・クリーンテック事業は資本集約型であり、これらの影響を受けやすい。こういった影響に加え、インフラの未整備、未成熟な技術や市場といった個別のクリーン技術(再生可能エネルギー、CCS、水素、バイオ燃料等)が抱える課題がある。さらに欧州固有の課題として、ロシア産ガス供給の大幅な減少に伴うエネルギー価格の高騰と安定供給の問題(エネルギー安全保障)とクリーンテック製品のサプライチェーンが中国一国に集中するという経済安全保障の問題というダブルの安全保障上の懸念が挙げられる。現在の秤の針はエネルギー価格や安定供給といったエネルギー安全保障の側に傾き、数年前のような「脱炭素」をより重視する地合いにはない、ということだろう。

図 30 エネルギー転ジションに関わる欧州の抱える課題とその対応



#### GlobalDisclaimer(免責事項)

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構(以下「機構」)が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.

このような状況の中原点に立ち返り、「脱炭素政策を維持した上で欧州産業の市場競争力の向上を目指す」という「EU 競争力コンパス」や「EU クリーン産業ディール」が欧州委員会から打ち出された。併せて規制の簡素化・承認手続きの迅速化、「技術中立」の推進、理念や規制重視からより pragmatic(現実的)なアプローチへの転換といったメッセージが発せられ、EU もこれまで産業界が強く求めてきた現実を重視した方向に舵を切ったことが認められる。さらに欧州水素銀行(EHB)や各国の助成制度による水素事業への補助、IPCEI(欧州共通利益に適合する重要プロジェクト)や CEF(EU のインフラプロジェクトを支援する政策パッケージ)による生産事業や関連インフラへの資金提供、SAF の価格差支援、特に英国で盛んな RAB(規制資産ベース)モデルや CfD(差額決済契約)メカニズムによる政府の支援、欧州域内の事業者の脱炭素コスト負担と同等の負担を海外の事業者にも求める CBAM(炭素国境調整措置)による欧州産業の保護といった欧州産業の支援や保護政策も整備されてきている。これらの施策が域内にイノベーションを起こし、強固なサプライチェーンを築く助けとなり、脱炭素やクリーンテックに基づく競争力ある産業を発展させるという欧州の狙いがある。おそらくこれらの施策が欧州の産業力強化にプラスの影響をもたらすことは間違いないだろうが、欧州が域内にサプライチェーンを構築し、欧州の産業セクターが中国からの輸入品に代わり脱炭素・クリーンテック事業に部品や製品を供給するようになるということは、決して簡単な話ではない。欧州製のリチウムイオン電池と中国のリチウムイオン電池とでは製造コストに 2 倍以上の差がある。仮に中国産のリチウムイオン電池が CBAM の対象となったとしても、とても対抗できない価格差である。少なくとも現実には新たな施策や支援制度の導入だけではとても埋めきれない競争力の差がある。

エネルギー問題に限らず現在欧州は米国との貿易摩擦や独自の防衛力強化といったこれまで経験してこなかったようなタフな難問に取り組まなければならない。財源の問題もあるし、ポピュリズム政党の台頭により、政権の安定運営にも懸念が生じている。またエネルギートランジションよりも優先度の高い事案も今後増えてくるであろう。どうもう一度エネルギートランジションを上昇軌道に乗せ、産業に輝きを取り戻すことができるのか、欧州の挑戦は続く。

(この報告は 2025 年 4 月 21 日時点のものです)

---

<sup>1</sup> Net Zero Jeopardy Report II

[https://www.applca-resourcing.com/uploads/pdf-downloads/EIC-Net-Zero-Jeopardy-Report-2025\\_vol-2-compressed\\_1.pdf](https://www.applca-resourcing.com/uploads/pdf-downloads/EIC-Net-Zero-Jeopardy-Report-2025_vol-2-compressed_1.pdf)

<sup>2</sup> Important Project of Common European Interest: State of play

[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2022\)729402](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)729402)

---

<sup>3</sup> ARENH メカニズム

<https://www.services-rte.com/en/learn-more-about-our-services/benefit-from-the-arenh-mechanism.html>

<sup>4</sup> Connecting Europe Facility

[https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/connecting-europe-facility\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/connecting-europe-facility_en)

<sup>5</sup> EU Industrial Carbon Management Strategy

<https://www.globalccsinstitute.com/resources/insights/eu-industrial-carbon-management-strategy-gccsi-perspective/#:~:text=The%20EU%20Industrial%20Carbon%20Management%20%28ICM%29%20strategy%20represents,and%20the%20success%20of%20the%20EU%E2%80%99s%20decarbonisation%20efforts.>

<sup>6</sup> EU Innovation Fund

[https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/innovation-fund\\_en#:~:text=The%20Innovation%20Fund%20is%20one%20of%20the%20world%E2%80%99s,the%20deployment%20of%20innovative%20net-zero%20and%20low-carbon%20technologies.](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/innovation-fund_en#:~:text=The%20Innovation%20Fund%20is%20one%20of%20the%20world%E2%80%99s,the%20deployment%20of%20innovative%20net-zero%20and%20low-carbon%20technologies.)

<sup>7</sup> Electrolytic Hydrogen Production Allocation Round One

<https://www.gov.uk/government/collections/hydrogen-allocation-rounds>

<sup>8</sup> H2Global

<https://www.h2-global.org/>

<sup>9</sup> European Hydrogen Backbone (EHB) イニシアティブ

<https://www.ehb.eu/>

<sup>10</sup> 水素コアネットワーク (Hydrogen Core Network) 計画

<https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Energy/HydrogenCoreNetwork/start.html>

<sup>11</sup> EU の ReFuelEU Aviation

<https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/refueleu-aviation#:~:text=In%20order%20to%20enable%20the%20aviation%20sector%20to,their%20uptake%20of%20SAF%20in%20pre-defined%20incremental%20steps.>

<sup>12</sup> CORSIA (国際民間航空のためのカーボン・オフセットおよび削減スキーム) について (IGES)

[https://www.iges.or.jp/sites/default/files/inline-files/0604\\_%E7%82%AD%E7%B4%A0%E5%B8%82%E5%A0%B4%E3%83%88%E3%83%A9%E3%83%83%E3%82%AF\\_CORSIA%EF%BC%88%E9%85%8D%E5%B8%83%E7%94%A8%E3%83%89.pdf](https://www.iges.or.jp/sites/default/files/inline-files/0604_%E7%82%AD%E7%B4%A0%E5%B8%82%E5%A0%B4%E3%83%88%E3%83%A9%E3%83%83%E3%82%AF_CORSIA%EF%BC%88%E9%85%8D%E5%B8%83%E7%94%A8%E3%83%89.pdf)

<sup>13</sup> SAF Revenue Support Mechanism

<https://www.gov.uk/government/consultations/saf-revenue-certainty-mechanism-approach-to-industry-funding/sustainable-aviation-fuel-revenue-certainty-mechanism-approach-to-industry-funding>

<sup>14</sup> Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

<https://emissions-euets.com/carbon-border-adjustment-mechanism-cbam>

<sup>15</sup> EU 競争力コンパス (EU Competitiveness Compass)

[https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/competitiveness-compass\\_en](https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/competitiveness-compass_en)

<sup>16</sup> EU クリーン産業ディール (EU Clean Industrial Deal)

[https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/clean-industrial-deal\\_en](https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/clean-industrial-deal_en)

<sup>17</sup> 手頃なエネルギーのための行動計画 (Affordable Energy Action Plan)

[https://energy.ec.europa.eu/strategy/affordable-energy\\_en](https://energy.ec.europa.eu/strategy/affordable-energy_en)

**GlobalDisclaimer (免責事項)**

この web サイトに掲載されている情報はエネルギー・金属鉱物資源機構 (以下「機構」) が信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、機構が作成した図表類等を引用・転載する場合は、機構資料である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。機構以外が作成した図表類等を引用・転載する場合は個別にお問い合わせください。※Copyright(C) Japan Organization for Metals and Energy SecurityAllRightsReserved.