



2024年2月14日BBL

エネルギートランジションをけん引する欧州 —世界が脱炭素に向かう中今後その存在感を保てるか—

2024.2.14

独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構

エネルギー事業本部

調査部調査課 中島 学

免責事項

本資料はエネルギー・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.

1. 欧州の排出量削減に向けた取り組みとその特徴
2. 欧州の低炭素技術・事業
 - 電力
 - CCS
 - 水素
 - バイオ・再生可能燃料：SAF
3. 欧州の抱える課題と教訓
4. まとめ

1. 欧州の排出量削減に向けた 取り組みとその特徴

世界と欧州(EU)の温暖化ガス排出量の推移

2022年世界のエネルギー関連温暖化ガス排出量

(IEA : CO2 Emissions in 2022)

露のウクライナ侵攻による

新型コロナからの回復局面

エネルギー危機

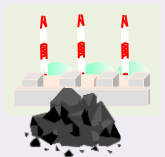
移動の活発化

石油・天然ガス

石炭火力



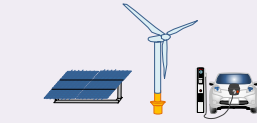
- ✓ 価格高騰
- ✓ 調達困難



1.6%↑



- ✓ 原子力発電不調
- ✓ 水力発電水位低下



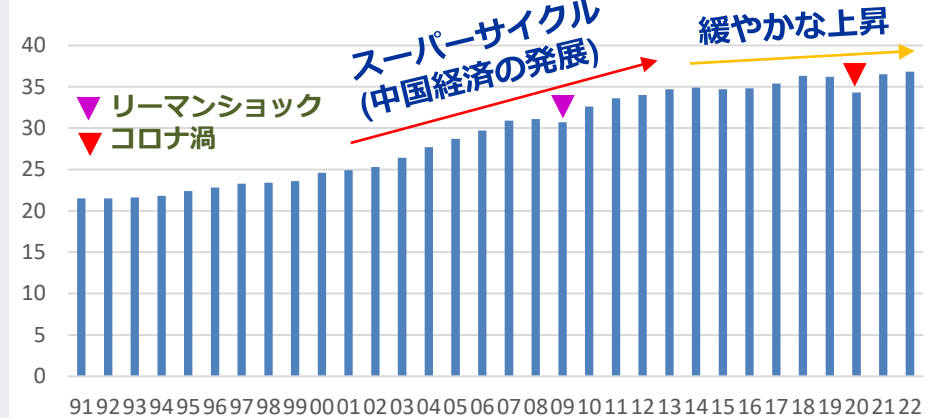
- ✓ EV販売
- ✓ 再エネ拡大
- ✓ 節・省エネ

-5.5億t

23年、化石燃料起源のCO2排出量は前年比1.1%増 (12月 Global Carbon Budget)

= 368億t
前年比0.9%
上昇*

世界のエネルギー関連温暖化ガス排出量 (1990 - 2022)



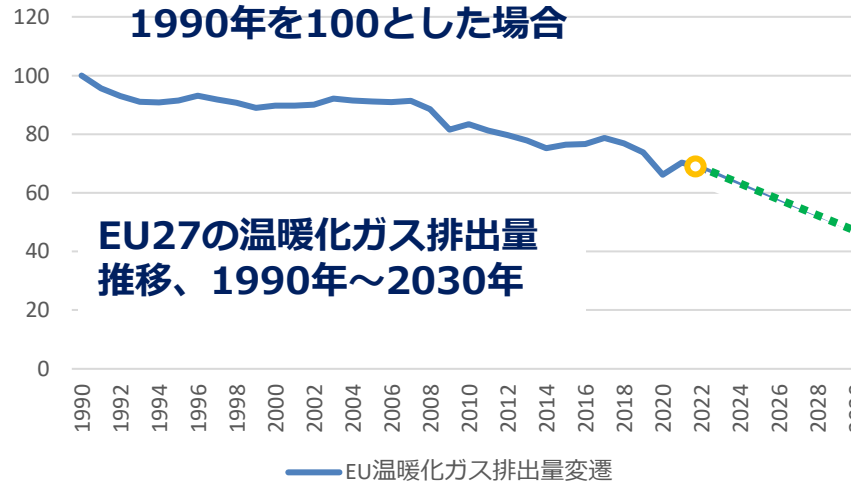
出典：「CO2 Emissions in 2022」他 IEA資料をもとにJOGMEC作成

欧州(EU)温暖化ガス排出量推移

22年、21年比2.5%
(or 7000万t)減

- ✓ 原子力発電不調
- ✓ 水力発電水位低下
- ✓ 石炭・石油消費増加

- ✓ 産業の節エネ・省エネ
- ✓ 個人の節エネ志向
- ✓ 暖冬
- ✓ 再エネの拡大



出典：eurostat資料をもとにJOGMEC作成

欧州委員会はその2023 Strategic Foresight報告書の中でGreen DealとRepowerEUの目標を達成するには年間6200億€が必要と報告

2030年、1990年比55%減

**Fit for 55パッケージ→
EU排出量取引制度 (EUETS) 改革
炭素国境調整措置 (CBAM)

もう一段の点火のための規制強化

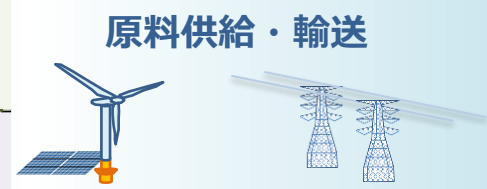
*Statistical Review of World Energy (2022)では0.8%の上昇
**2030年の温暖化ガス削減目標、1990年比で最低55%削減

地球温暖化対策に関する政府の対応: 欧州型 vs 米国型

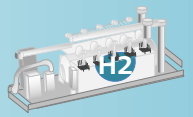
政府の関与: 欧州型 vs 米国型

欧州

米国



製造・加工



物流



消費



値段が高い

長期販売
契約
オフテーク

共通の課題

購買の動機
が希薄

欧州グリーンディール
欧州ネットゼロ産業法(NZIA)による水素銀行・水素入札
「IPCEI Hy2Tech」(欧州共通利益に適合する重要プロジェクト、IPCEI)



CO2 = コスト
炭素税・排出量取引制度、厳格な規制

供給サイドへの
税額控除による

正の動機づけ

✓21年11月、インフラ投資雇用法
✓22年8月、3700億ドル規模の
インフレ削減法(IRA)成立

クリーンエネルギーの
✓価格低減
✓事業規模拡大

- ✓税額控除
- 再エネ: ~1.5¢/kWh
 - クリーン水素: ~3.00\$/kg
 - SAF: ~1.75\$/gal

サプライチェーン未整備

弱い需要

オフテーク契約の遅れ → 資金調達困難 → FID(最終投資決定)未達

脱炭素技術・エネルギートランジションを取り巻く状況

共通



脱炭素技術に制約
例、食料・飼料との競合、
土地利用(ILUC**) 規制***



**Technology Neutral
(技術中立)**
制約無し・脱炭素能力で評価

保護主義・ブロック化
**欧州のCBAM
(炭素国境調整措置)**
米国のIRA
原材料・製品の米国内調達
を重視

EU・各国政府の管理体制
市場独占を防止

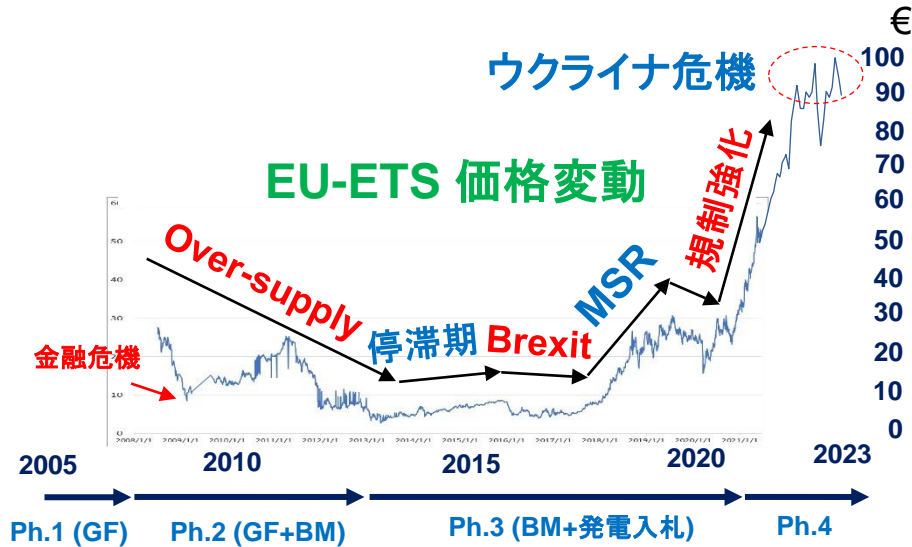
「市場主導型」
市場の独立性重視・自由競争



*EU-ETS: 欧州排出量取引制度 **ILUC (Indirect Land-Use Change、間接的土地利用変化) ***規制: RED III (Renewable Energy Directive、再生可能エネルギー指令) により規制

欧州 (EU)の温暖化対策と*EU-ETS (欧州排出権取引制度)

EU-ETS (欧州排出権取引制度) 価格推移(05年~23年)



☆ 様々な法規制や指令に対し具体的な実効性を持たせる有効な手段
 ☆ 気候変動対策・脱炭素技術開発の財源となる

2021年、フェーズ4に移行 (制度の更なる強化)、ただしETS制度にも課題が

- ✓ 仕組みが複雑で制度設計が困難、人材・リソースの確保も課題
- ✓ 投機的要素もあり、市場変動が激しく、予算化・資金調達が難しい
- ✓ 価格が高ければ企業・消費者への負担増・企業競争力の低下、低ければ (安いクレジットで調達するので)脱炭素化が進まない
- ✓ 安定定着まで時間が掛る(EU-ETS 15年)

Fit for 55 2030年に温室効果ガス55%削減(1990年比)を実現するための政策パッケージ

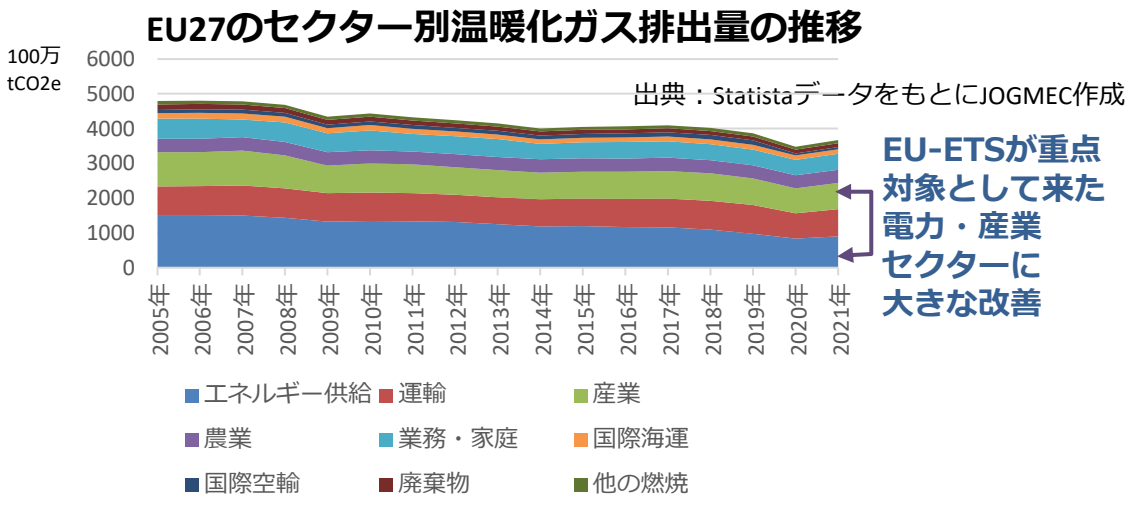
EU-ETSが対象とするセクター(エネルギー集約型産業、発電部門等)における30年までの排出量削減が05年比で62%に引き上げ

- ✓ 海運の脱炭素化 FuelEU Maritime
- ✓ 空輸の脱炭素化 ReFuelEU Aviation
- ✓ 再生可能エネルギー指令 (Renewable Energy Directive : RED III)

CBAM(炭素国境調整措置)26年以降本格導入

国境炭素税

- ➡ ✓ 欧州企業の競争力維持
- ➡ ✓ カーボンリーケージ阻止



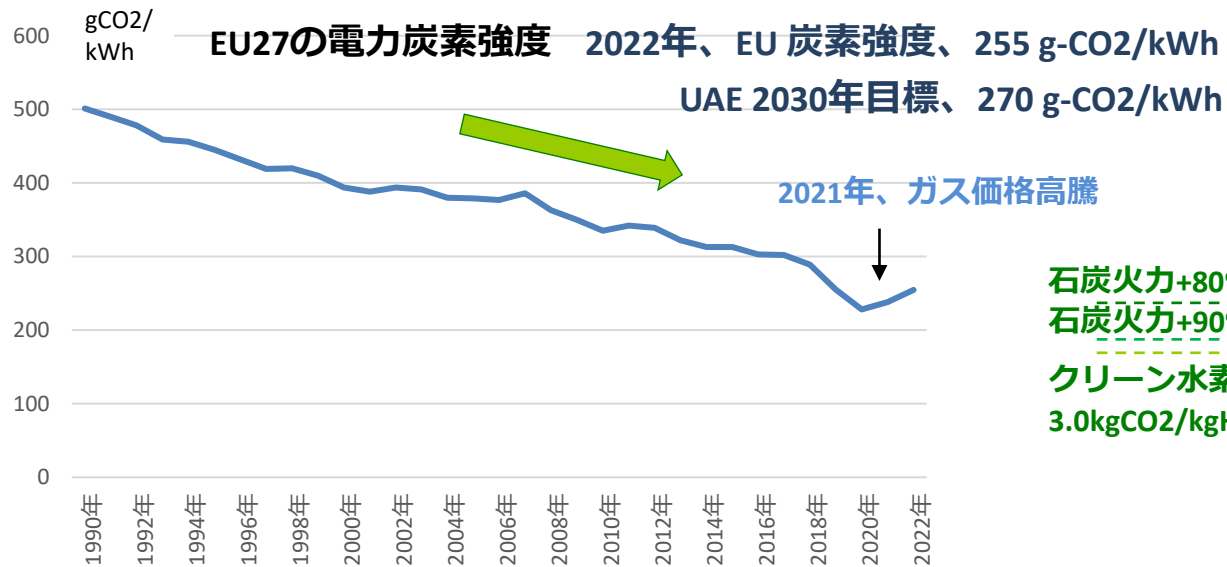
*EU-ETS(欧州排出量取引制度): 対象となる企業や施設に対し、一定期間中の排出量の上限を課し、その上限を段階的に引き下げることによって排出量削減を目指す制度。キャップ&トレードによって排出枠の売買が可能。
 **MSR : 市場安定準備金 (Market Stability Reserve)。余剰排出権の一定量を市場から回収・供給することで排出権価格を安定させるメカニズム

2. 欧州の低炭素技術・事業

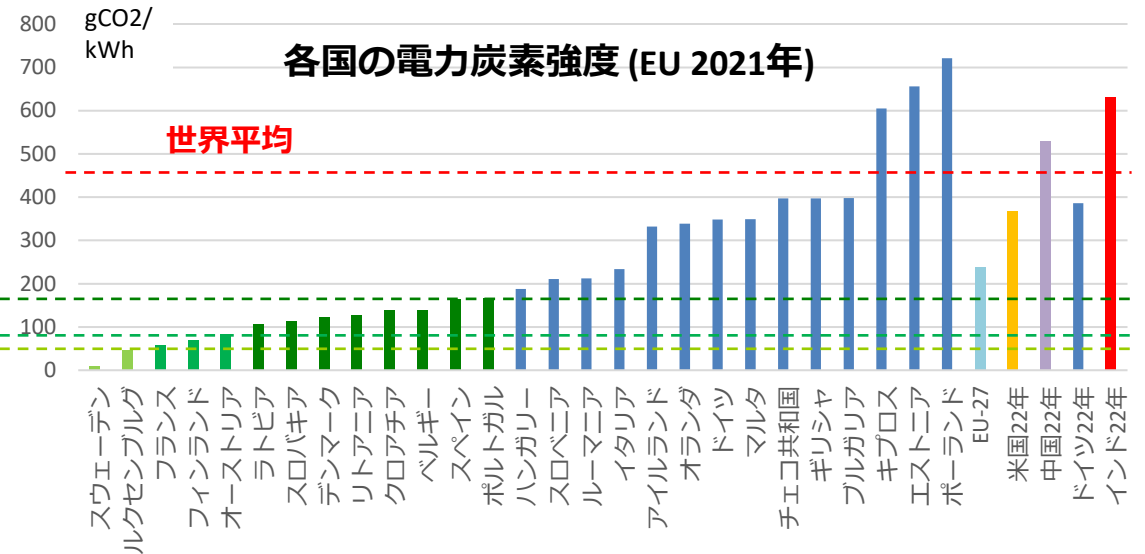
電力

欧州の電力状況

着々と電力の脱炭素化が進む欧州 (再エネの拡大、石炭火力の廃止)

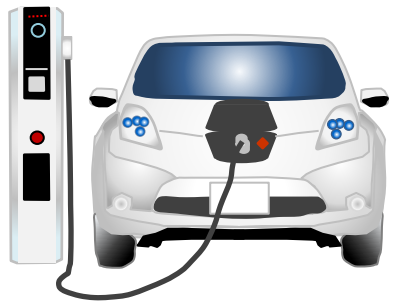


出典：European Environmental AgencyデータをもとにJOGMEC作成



出典：European Environmental AgencyデータをもとにJOGMEC作成

2022年 EU、米国、中国、インドの炭素強度 (g-CO₂/kWh)

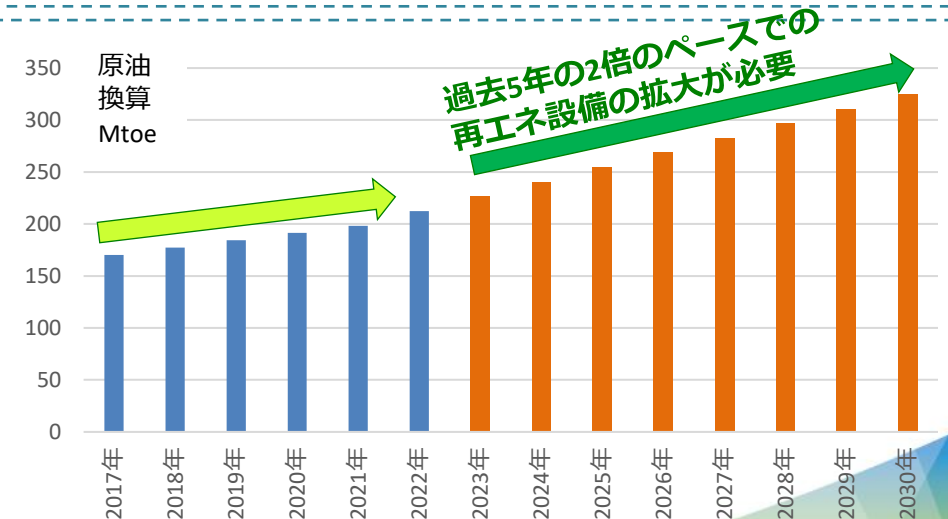


ノルウェー	27
EU	255
米国	368
中国	530
インド	632

*CCS：CO₂の分離・回収・貯留技術

23年6月、EU加盟国は再エネ指令(REDIII)の合意に至り、30年の最終エネルギーに占める再エネ比率の目標を32%から42.5%に引き上げた(努力目標として45%)

出典：LEAデータをもとにJOGMEC作成

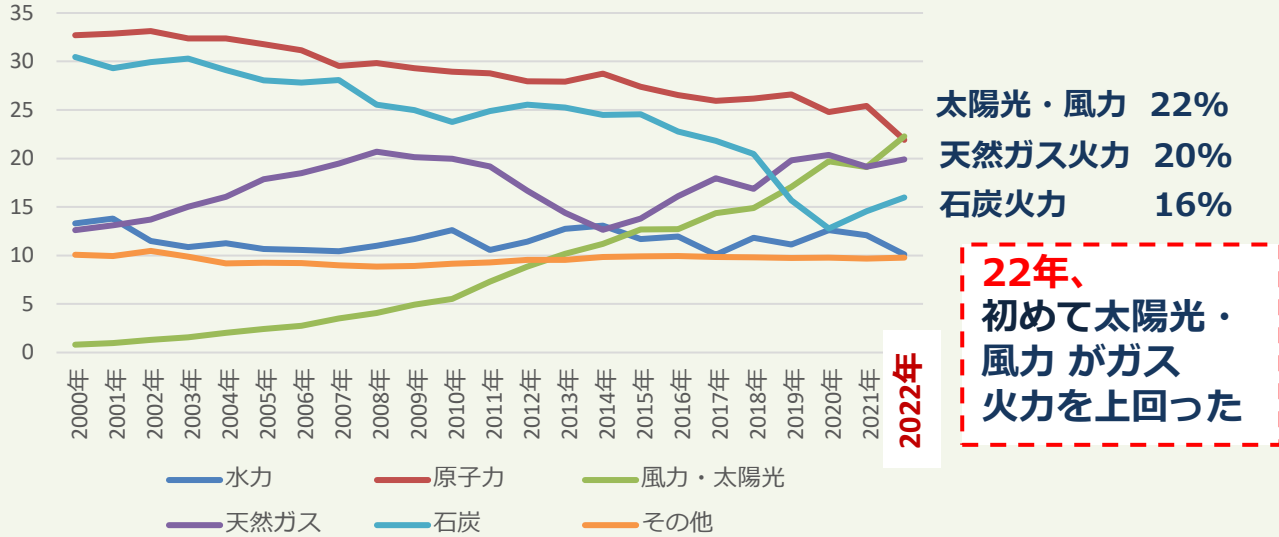


必要とされるEU27における再エネ設備容量

2022年欧州 (EU) の電力需給バランスと再エネの貢献

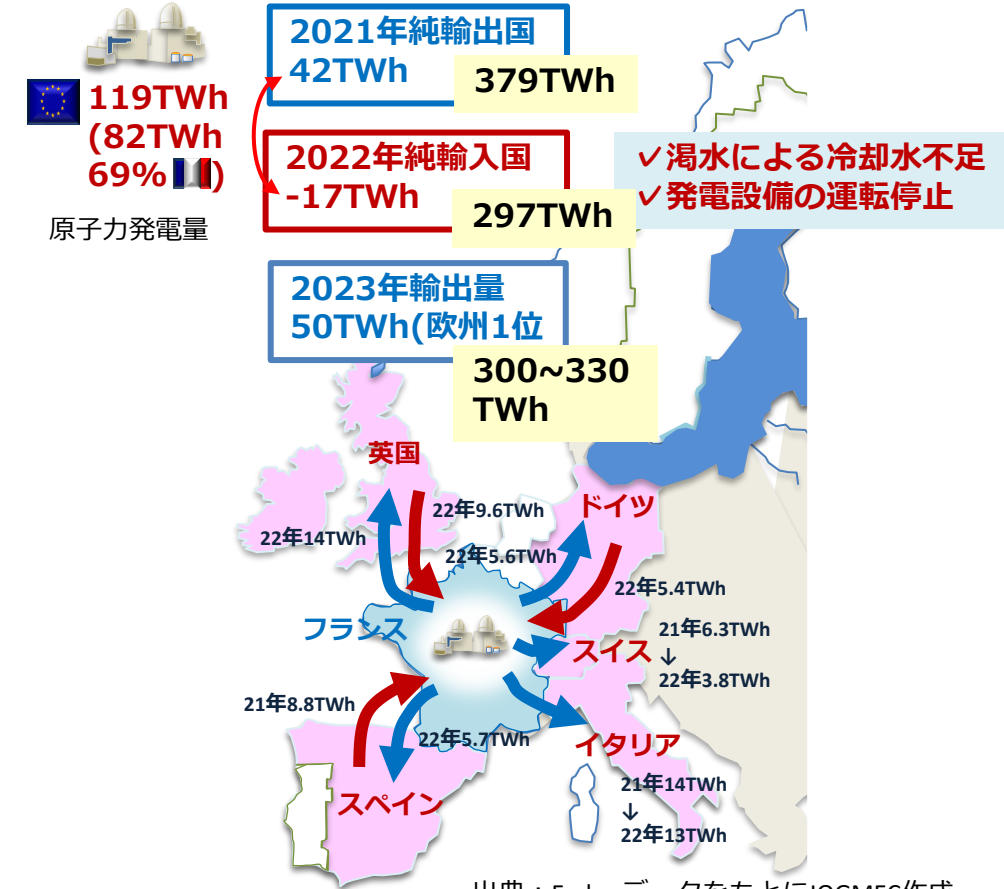
EU27の電力構成の経年変化

出典：EmberデータをもとにJOGMEC作成



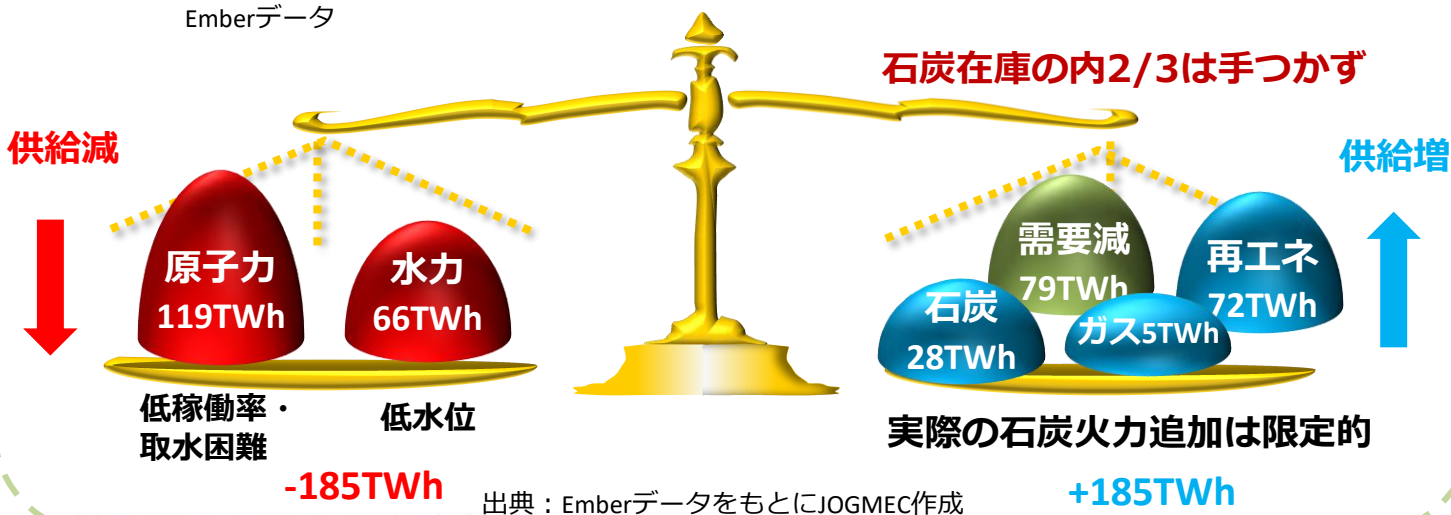
EU27 2022年総発電量 2809TWh

欧州の電力需給バランスを大きく左右するフランスの原発



2022年EU27の電力需給バランス

Emberデータ

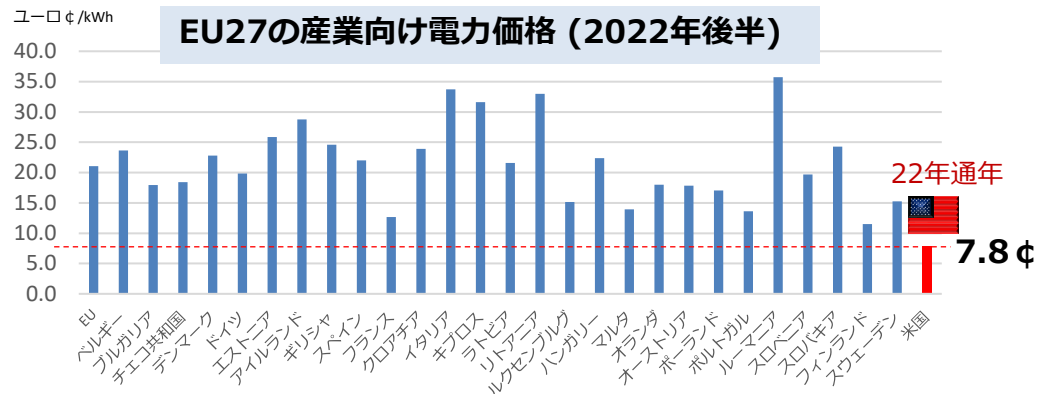


域内における電力供給国・需要国の2分化

今後は北欧の風力、スペイン・ポルトガルの風力・太陽光発電が域内電力供給源の中心に

欧州の電力に関する現状の課題

高値で推移する欧州の電力価格



逆風にさらされる洋上風力発電事業①



23年、スウェーデンVattenfall、英国の Norfolk Offshore Wind Zoneから撤退

インフレ + 利上げ
英国債、22年初め1%以下 → 4.5%

➔ **40%建設コスト増加**
➔ **資金調達コストの上昇**

➔ **経済性悪化**
資本コストの割合が80%+

サプライチェーンの分断

承認手続きの遅延

➔ **PPA (電力購入契約)**
➔ **FID (最終投資決定) の遅れ**

➔ **EPC契約・調達コスト上昇**
時間経過

逆風にさらされる洋上風力発電事業②



洋上風力発電容量: 現在の14GW (世界2位)から30年までに50GWまで拡大

↔ **23年9月のAR (Allocation Round) 5のオークションで洋上風力事業の落札者なし**

➔ **24年のAR6入札では、洋上風力のストライクプライス(行使価格)の最大値は 44GBP/MWh → 73GBP/MWh (66%増)**

世界最大規模
英国東岸 Norfolk Offshore Wind Zone (計4.2GW)

- ✓ Norfolk Vanguard West
- ✓ Norfolk Vanguard East
- ✓ Norfolk Boreas

ただし将来的には洋上風力の堅調な伸びを予想する見方が多い

欧州 (EU)の電力政策の課題：脱炭素と電力価格や安定供給は両立できるか



“課題”

脱炭素・価格・安定供給

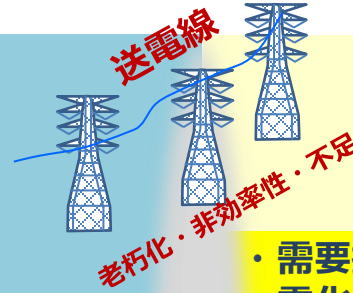
電力供給

電力需要

新規需要増、
発電量の落ち込みを風力・
太陽光で
支える体制

英国22年、無風日数が
262日を記録

風力
+
太陽光



新規需要

30年電力消費量
6割増 (欧州委員会)

ヒートポンプ導入、30年6千万台

- ・需要拡大 (EV、データセンター、ヒートポンプ)
- ・電化 (産業・建物等への新規制・構造変化) 高炉から電炉
- ・新規の需要 (グリーン水素・e-fuel・PtX)
- ・夏場の空調利用増

増加分

“需要増・発電量の減少を
風力・太陽光が支える構図”



蓄電システム

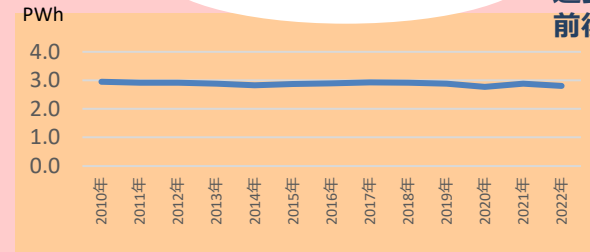
- ・蓄電池
- ・揚水発電
- ・水素

原子力 (増設・SMRを含む) + 水力

調整電源としての化石燃料火力発電

基礎需要

欧州(EU)電力需要:
過去年2900TWh
前後で一定



Emberデータを
参考

現状

- ・原子力 (老朽化、冷却水不足)
- ・水力 (水位低下)
- ・化石燃料による火力発電廃止

省エネ・節電・エネルギー利用効率向上

減少分

- ✓ 電力安定供給
- ✓ 環境・社会受容性
- ✓ 人材・原材料調達
- ✓ 事業コスト上昇

2. 欧州の低炭素技術・事業

CCS

Northern Lightsプロジェクト

ノルウェーのCCS事業：共同事業運営者、Equinor、Shell、TotalEnergies



世界で初のオープンソース型CCS事業

国境の垣根を超えたCO2の移動



CCSの
新たな
道を開拓

CCSサプライチェーン 排出、分離回収、輸送、貯留

フェーズ1

Hard-to-abate産業のみならず
温暖化ガス削減が困難

低炭素事業の更なる低炭素化

BECCS

24年からCO2回収・貯留開始、容量：年間150万t

フェーズ2

24年FID (最終投資決定) 予定

CCS回収・貯留容量：年間500万t

手厚い公的支援

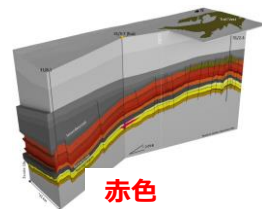
国の支援 (ノルウェー)

開発投資19.3億ドル
+
10年間の操業費9億ドル
計28.3億ドル
⇒政府補助19億ドル

EUの支援

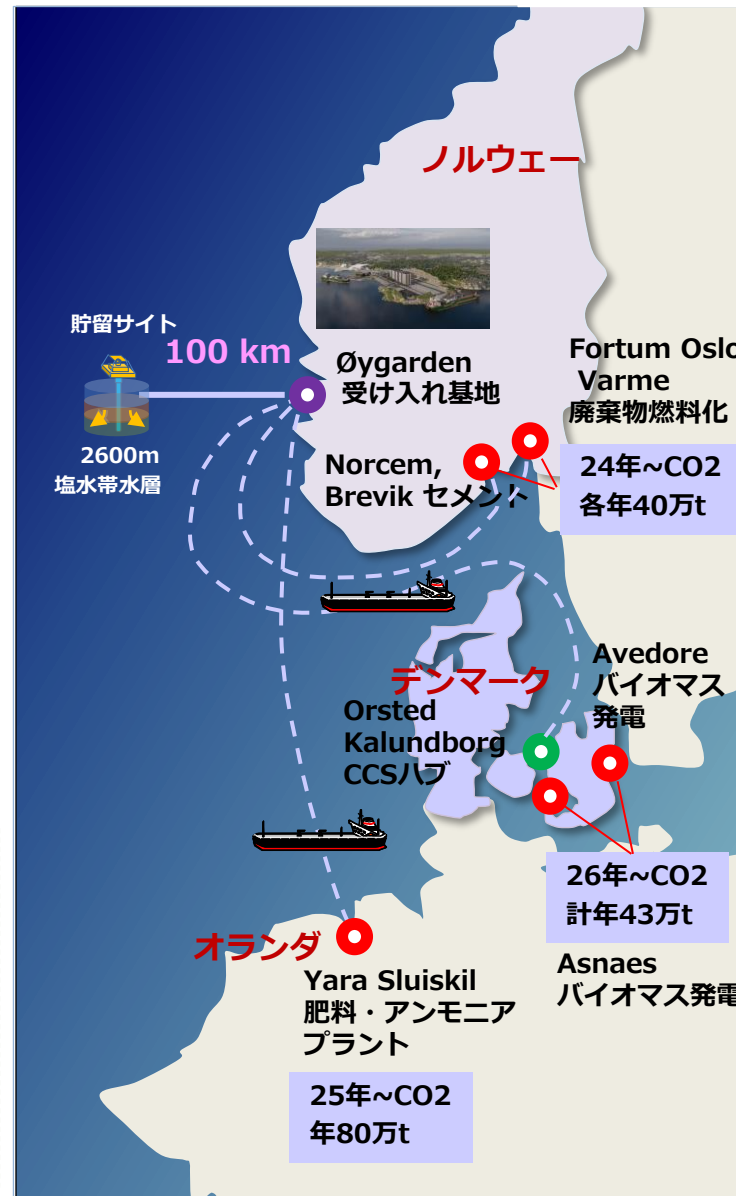
22年3月、EU域内の7か国、
18企業の脱炭素に貢献する
という立場からProject of
Common Interest (PCI)
に選出された

EUからフェーズ2 FEEDに対する460万ドルの支援



赤色
CO2 プルーム3750万tの
地下での分布状況

CCSによる欧州産業の脱炭素化



出典：各種データをもとにJOGMEC作成

英国におけるCCS政策・支援とクラスタープログラムの推進



英国のCCS政策・関連プログラムの経緯

英政府、30年までに年間2~3000万t、35年までに5,000万tのCO2貯留を目標(排出量の10%相当)

20年11月 英政府、10億ポンドをCCSに投資 (Carbon Capture and Storage Infrastructure Fund、CIF) 公表

21年11月 CCSクラスターの選出 “先行事例”
トラック1⇒25年からCO2回収・貯留開始：東海岸のEast Coast クラスタ、西海岸のHyNet North West クラスタ選出、さらにPhase 2による参加者の拡大

ブルー水素生産に対するネットゼロ水素基金 (NZHF、2.4億ポンド)、調整電源用CCS付き火力発電契約に対する補助(Dispatchable Power Agreement、DPA)

23年3月 英政府、新エネルギー計画発表、春季予算でCCSに20年間で200億ポンド投資公表

23年5月 初のCCSライセンスラウンド選考終了、20件、12社選出

23年8月 トラック2⇒30年からCO2回収・貯留開始：
スコットランドのAcorn CCSクラスターとHumberのViking CCSクラスターを承認

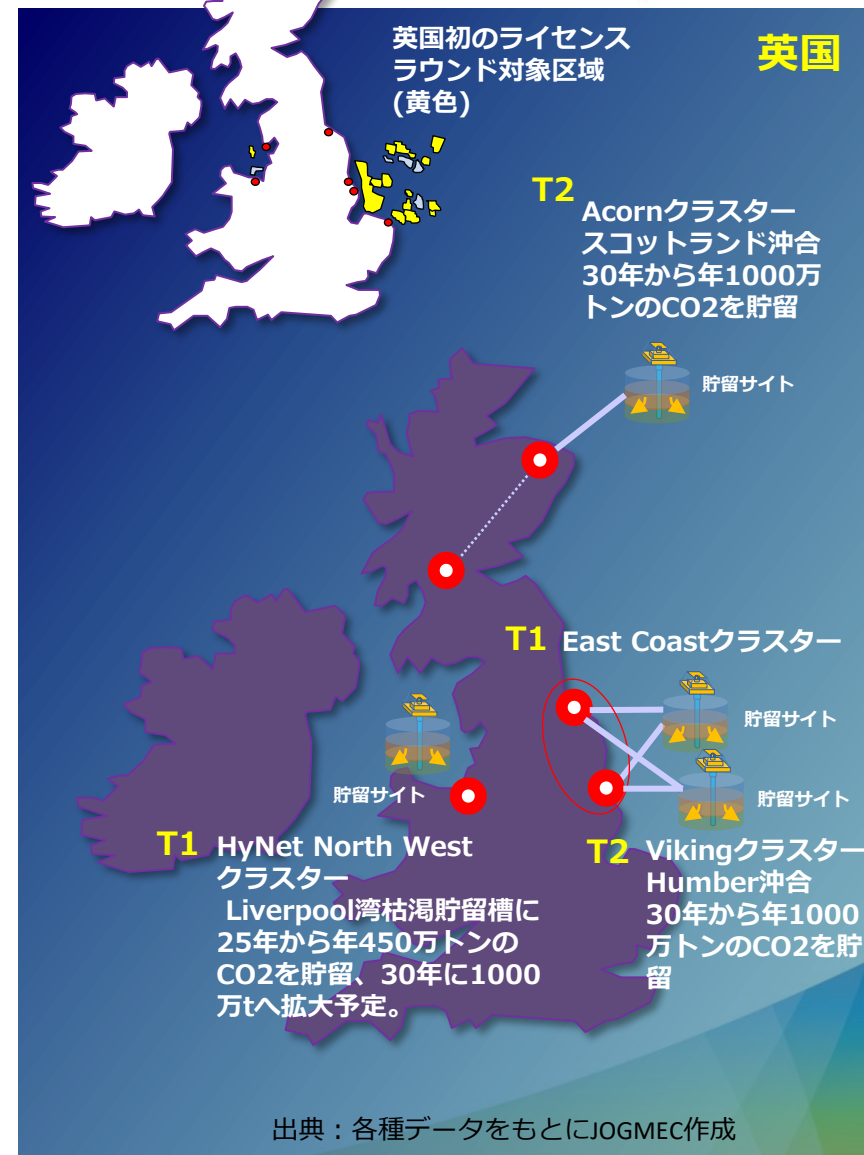
クラスター(産業集積地)・シーケンシング・プロセス

CCSをデコとした

クラスター
事業全体に
対する支援

Aberdeen、Teesside、Liverpool、Lincolnshireといった伝統的な産業地帯の脱炭素、新たな低炭素産業創出による産業の活性化・雇用促進

CO2輸送・貯留、CCS付き火力発電(Dispatchable、調整電源)、CCS付きバイオエネルギー(BECCS)、ブルー水素生産支援



その他の北海におけるCCSプロジェクト*

① Greensand CCSプロジェクト(デンマーク)

ベルギーのINEOS施設で回収したCO₂をデンマーク沖枯渇ガス田に貯留、23年4月実証試験終了。今後は段階的に第1段階の25/26年に最大150万t/年、最終的に800万トン/年のCO₂貯留を目指す。

② Aramis CCSプロジェクト(オランダ)

Rotterdam周辺で回収およびEU各国から船で運ばれたCO₂をオランダ沖枯渇ガス田に貯留、25年にFID、28年から500万トン/年、計4億tのCO₂貯留を目指す。

③ Porthos CO₂TransPortsプロジェクト(オランダ)*

Rotterdam港産業クラスターで回収したCO₂をオランダ沖枯渇ガス田に貯留、23年10月FID完了、24年建設開始、26年運開、250Mt/年、15年間で計3700万tのCO₂貯留を目指す。

④ Wilhelmshaven港のCO₂ハブ“CO₂nnectNow”(ドイツ)

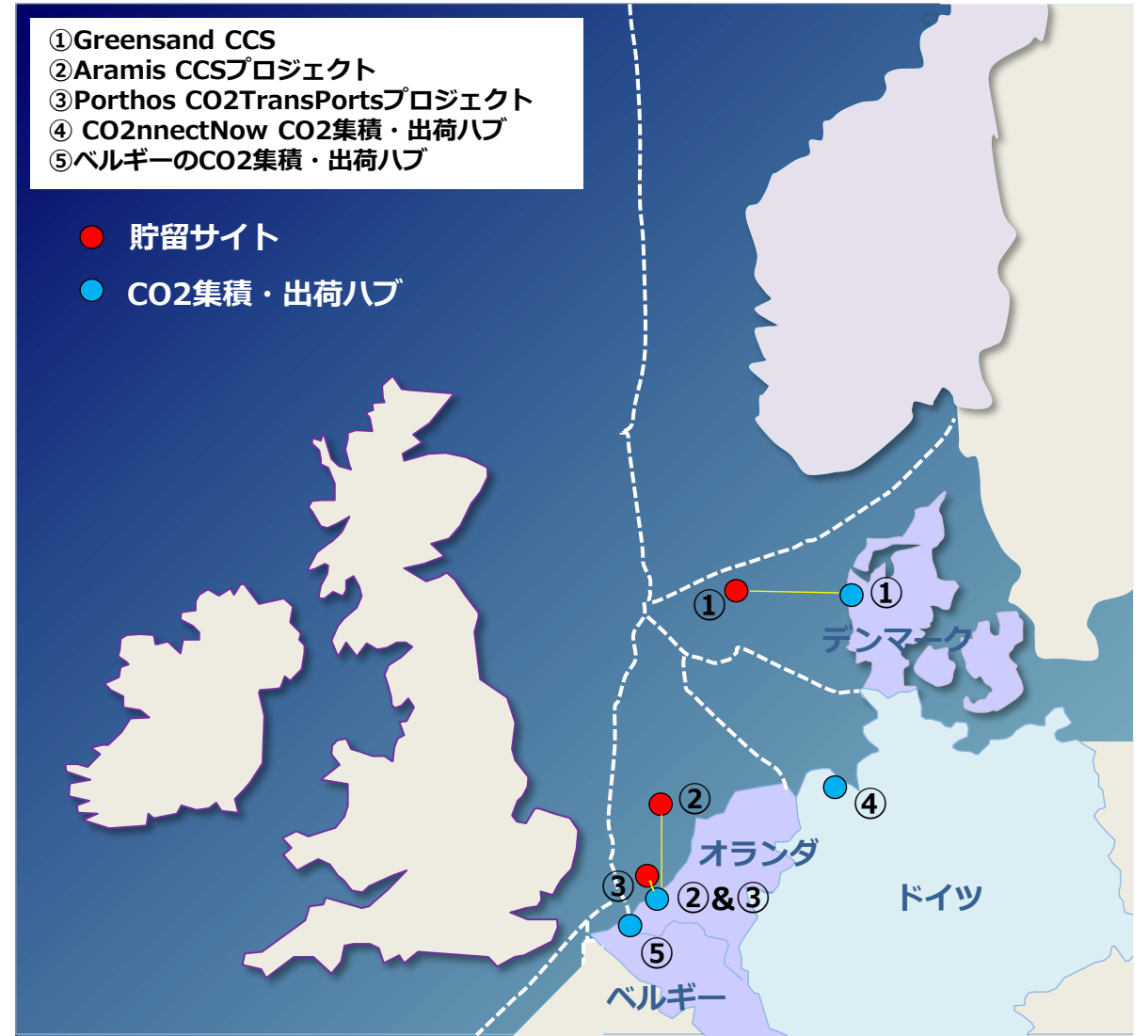
ドイツ国内のCO₂を集積し、ノルウェーやデンマーク北海のCCS貯留地にCO₂を輸送するCO₂ハブ。40年時点で2~3000万トンのCO₂削減のためのビジネスモデルを想定。

⑤ ベルギーのCO₂集積・輸送ハブ

ドイツ等欧州各地からCO₂を集め、北海に輸送・貯留するためのハブ(Zeebrugge/Antwerp)

- ① Greensand CCS
- ② Aramis CCSプロジェクト
- ③ Porthos CO₂TransPortsプロジェクト
- ④ CO₂nnectNow CO₂集積・出荷ハブ
- ⑤ ベルギーのCO₂集積・出荷ハブ

- 貯留サイト
- CO₂集積・出荷ハブ



2. 欧州の低炭素技術・事業

クリーン水素

欧州の水素市場の発展に関わるKey Word、域内外トレード・回廊・港・クラスター



水素回廊構築 (既存インフラ最大限利用と追加インフラ建設、域内・域外多国間協定)

水素サプライチェーンの構築、既存産業の脱炭素化、低炭素産業の創出

- A. 北アフリカ・南欧水素回廊
- B. 南西ヨーロッパ・北アフリカ水素回廊
- C. 北海水素回廊
- D. 北欧・バルト海沿岸水素回廊
- E. 東・南東ヨーロッパ水素回廊

**RePowerEU グリーン水素、30年
1000万t域内、1000万t域外調達**

**23年7月、ドイツ水素戦略改定、30年
需要量の内50~70%は輸入の必要アリ**

EUのIPCEI (欧州共通利益プロジェクト)制度や国の支援制度を利用

既存インフラの最大限の活用 (ガスパイプライン、貯蔵設備の水素への転用)

水素の受け入れ・出荷基地となる港湾

水素産業発展の中心
を担う港湾組織

クリーン水素・アンモニア受け入れ・出荷港、Rotterdam (蘭)、Amsterdam (蘭)、North Sea Port (ベルギー)、Wilhelmshaven (独)等

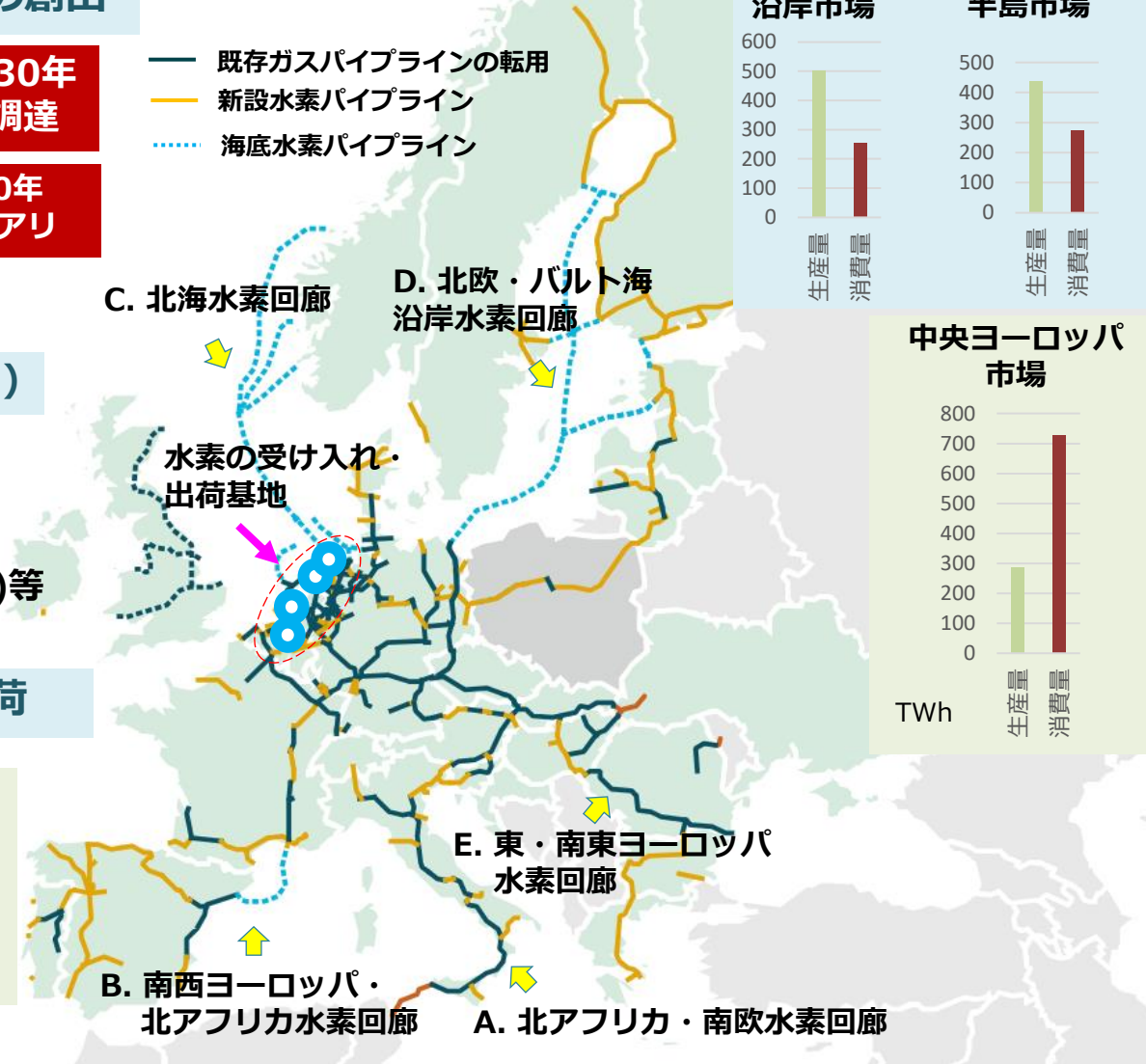
水素・アンモニアを域内外から受け入れ、欧州各地の需要家に出荷

- ✓ 域内外の水素供給先と事業連携・協定締結*
- ✓ アンモニアから水素への変換、水素貯蔵、P/L等のインフラ整備
- ✓ 後背地の工業地帯や需要家との水素供給契約
- ✓ 港湾を中心とした低炭素事業の開発 (CCSとの組み合わせ) **水素バレー**
- ✓ 低炭素燃料のバンカリング (アンモニア、メタノール、LNG)

*Rotterdam港とブラジル、豪州、ナミビア、ドイツ、スペイン等の各港湾組織との事業連携・協定締結

出典：ehb.euデータをもとにJOGMEC作成

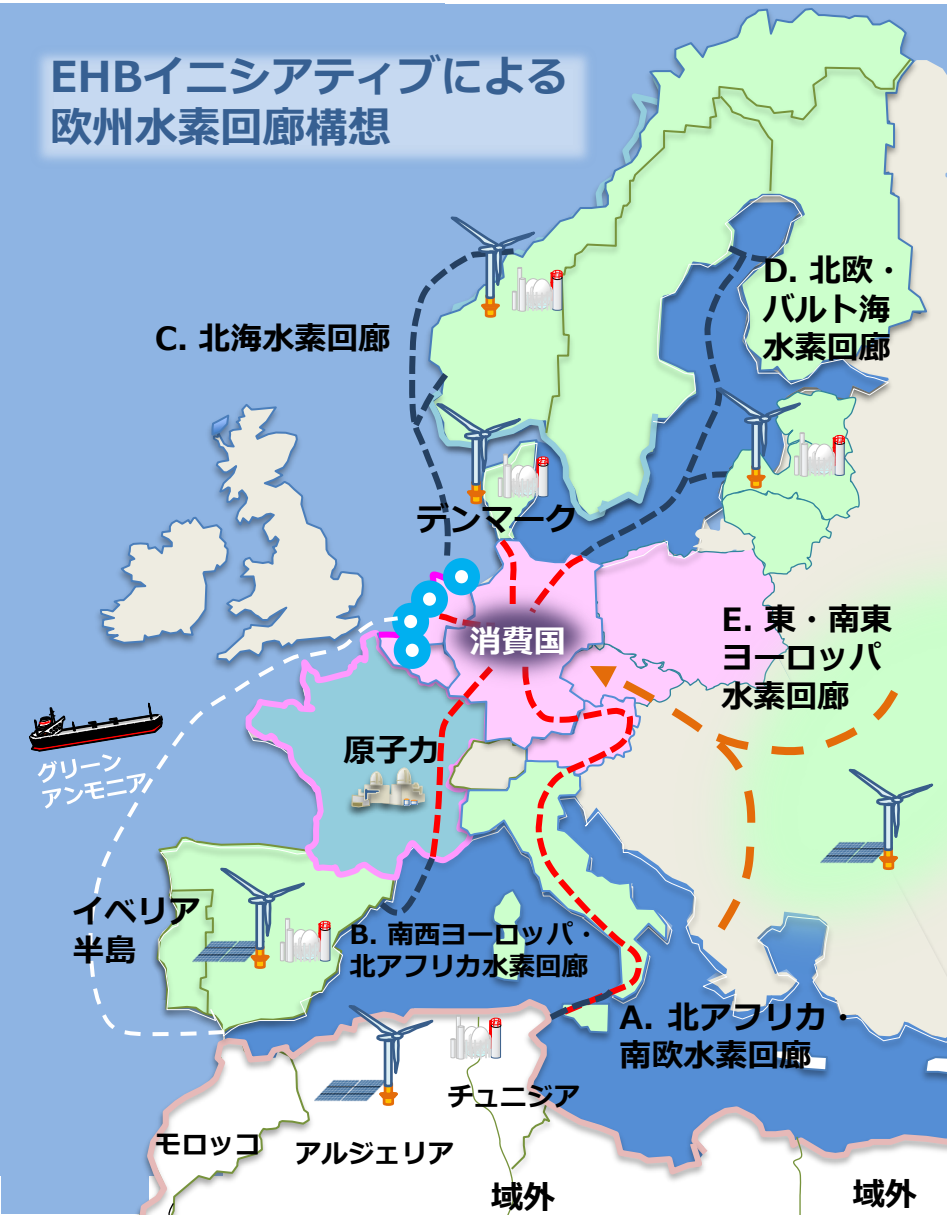
- 既存ガスパイプラインの転用
- 新設水素パイプライン
- ⋯ 海底水素パイプライン



欧州の水素回廊

20年、欧州のガス供給システム運営事業者（現在32組織）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）イニシアティブが発足

EHBイニシアティブによる 欧州水素回廊構想



A. 北アフリカ・南欧 (SouthH2) 回廊(チュニジア、アルジェリア、独、オーストリア、伊)：北アフリカと中央ヨーロッパをつなげる3300kmのガスと水素P/L回廊。輸送能力は年間400万t。チュニジアからイタリアのガス輸送の幹線を通り、オーストリアを経由、ドイツ南部の工業地帯であるBavariaに至る。70%のP/Lは既存のガス用を利用。

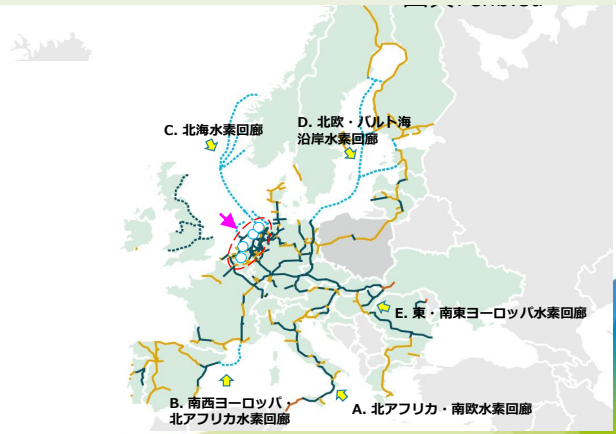
B. 南西ヨーロッパ・北アフリカ (Green Energy) 水素回廊及びBarMar/H2Med P/L：北アフリカ、ポルトガル、スペインで生産されたG水素をフランスに輸送し(バルセロナ・マルセイユ間をつなぐ455kmの海底P/L)、その後ドイツに供給。Iberdrolaはスペインに20MWのグリーン水素プラント (Puertollano) を建設済。

C. 北海 (North-South)水素回廊：ノルウェー等北欧で生産されたG・B水素をドイツのWilhelmshaven港にP/Lで送り、ドイツ各地の産業集積地にガス転用・新規P/L(400km)で供給。またオランダ、ベルギー、英国にも供給。28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か国によるBalticSeaH2 コンソ)：バルト海沿岸国の脱炭素と低炭素事業開発。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、ドイツ北部にP/Lで送る(年間10万t)。フィンランド・バルト3国で生産されたG水素をドイツ、ポーランドへ供給。30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G水素をドイツ等中央ヨーロッパに供給。

その他 ドイツ・デンマーク水素パイプライン H2 Energyによる大規模G水素プラント開発計画 (1GW、27年～)。報告書によれば、デンマークは50年までにG水素生産を98TWhまで拡大、内90%が輸出可能。



出典：ehb.euデータをもとにJOGMEC作成

英国のEast Coastクラスター事業: Net Zero Teesside

HyNetと並ぶ英国初のCCS事業かつ欧州最大の水素事業の一つ

英国の30年目標：クリーン水素の生産10GW



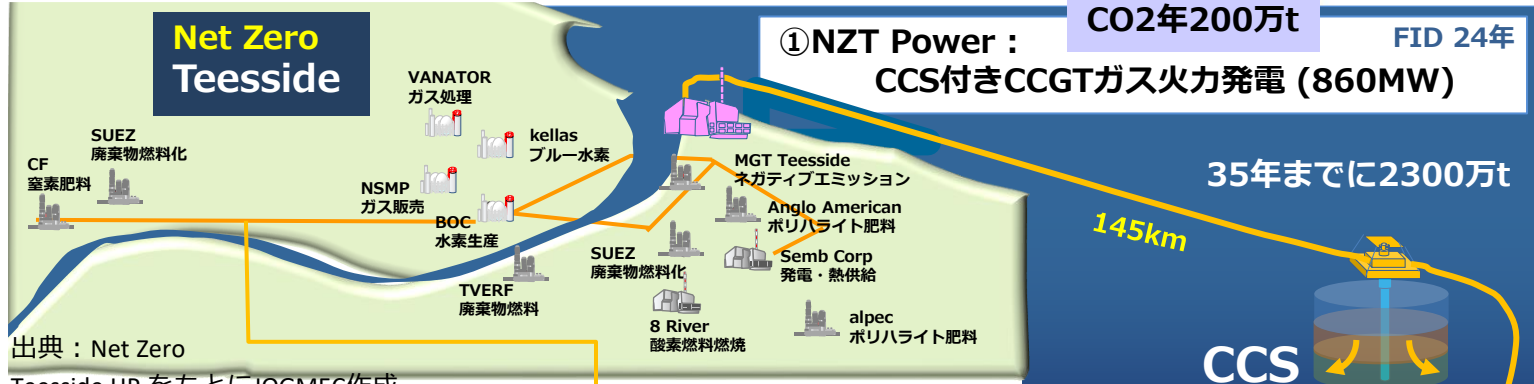
英国有数の工業地帯

Teesside・Humberクラスター

英国産業集積地の全温暖化ガス排出量の50%に相当

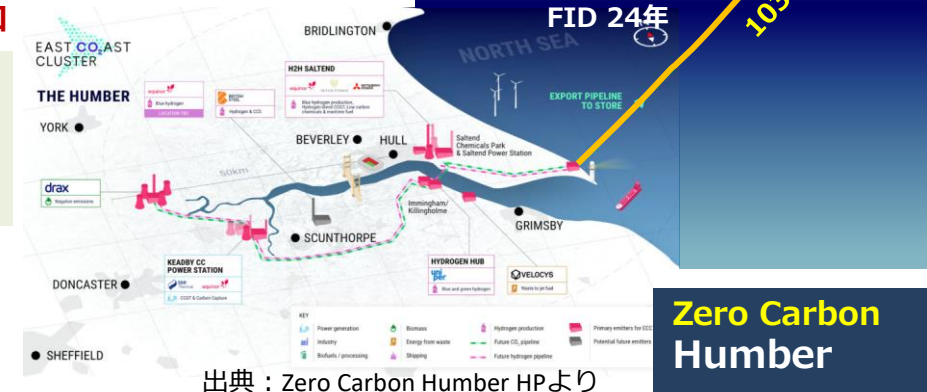
出典：North Sea Transition Authorityデータをもとに JOGMEC作成

East Coastクラスター



② H2Teessideプロジェクト CO2年200万t ADNOC参加(25%)
ブルー水素、27年に500MW、30年に500MW追加

③ HyGreen Teessideプロジェクト UAE再エネ企業Masdar参加
グリーン水素、25年に60MW、30年までに500MWeの生産



④ NEP (Northern Endurance Partnership) CCSプロジェクト

bp (Op)、Eni、Equinor、National Grid、Shell、Total

Net Zero Teesside
Zero Carbon Humber

最大年間CO2 1000万tを回収
年間CO2 1700万t以上を回収

最大4億5000万tのCO2を貯留可能 (周囲構造と併せ10億tまで貯留可能)

新たなクリーン技術事業の立ち上げ

CCS付き火力発電(Dispatchable、調整電源)、CCS付きバイオエネルギー(BECCS)、クリーン水素、廃棄物燃料転換

数多くの英国政府の補助金対象
CCUS インフラストラクチャ基金ド(CIF、10億£)、CCUS 付きガス火力発電へのインセンティブ、ネットゼロ水素ファンド(NZHF、2.4億£)、1億7,000万ポンドの産業脱炭素チャレンジ基金(IDC、1.7億£)の候補

洋上水素製造プラントとその可能性

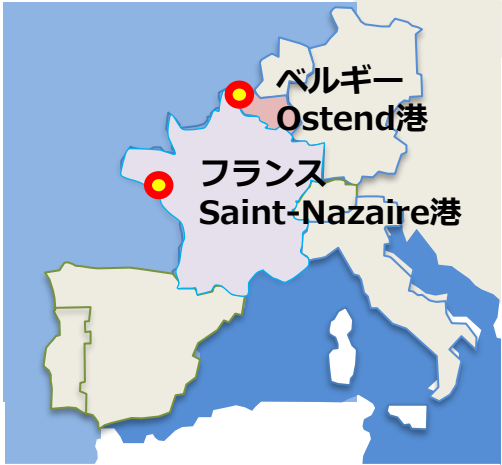
フランス Lhyfe社



Lhyfe社の事業活動



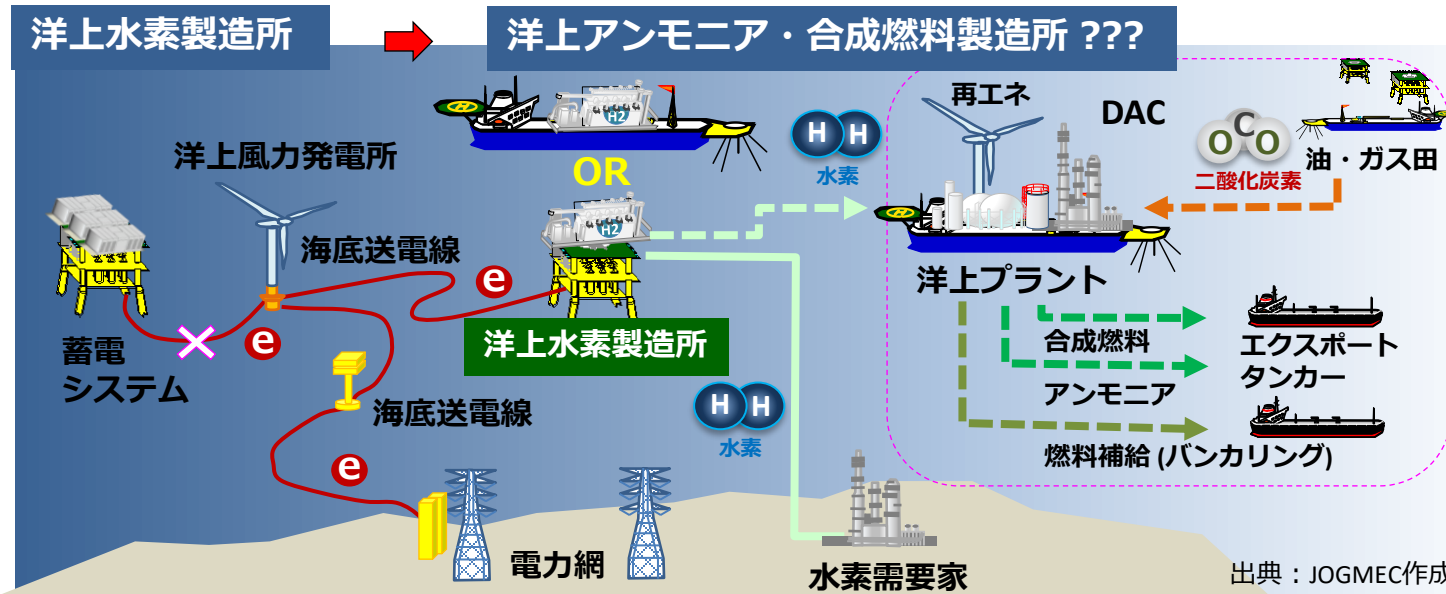
浮体式洋上水素製造プラント実証試験



22年9月
WAVEGEM浮体式プラットフォーム(太陽光・波力発電により自動運転)を水素生産設備にコンバート、港で8か月の性能試験。
23年6月
海上試験場に曳航、浮体式洋上発電設備に接続後、1MWで水素製造。
23年11月実証試験完了。

5度のストームに耐え、70%の稼働率を達成

年月・国名	パートナー	事業内容
22年6月	Chantiers de l'AtlantiqueとMoU	洋上水素生産P/F開発で提携、海上P/F、フローターでの展開を追求、100MWの規模を目指す
22年11月 フランス	フランスのSaint-Nazaire PortとMoU	フランスにおける洋上での水素生産サプライチェーンの構築
23年3月 英領南部北海	英CentricaとMoU	グリーン水素製造実証試験の実施、商業生産の検討/追求
23年6月 スペイン・ポルトガル	Capital Energyと洋上G水素事業共同開発に関する提携	建設中の洋上風力発電所の一部に水素生産施設を建設
23年6月 ベルギー	HOPEプロジェクト(9社によるコンソーシアム)*	ベルギーOstend港沖1kmで商業生産、10MW、26年運開 EU Clean Hydrogen Partnershipより2000万€補助



2. 欧州の低炭素技術・事業

バイオ・再生可能燃料：SAF

欧州のSAF(持続可能な航空燃料)規制導入

2009年にICAO（国際民間航空機関）は50年に05年比航空業界のCO2半減を目標

- ✓ 2016年、国際民間航空機関(ICAO)の総会カーボンオフセット及び削減スキーム(CORSIA)採択
- ✓ 2018年以降、ICAOに加盟する国際航空会社は、CO2排出量の監視、報告、検証システム導入
- ✓ 2021年には、CORSIAへの適合が国際航空会社および貨物運送事業者に対して義務化

脱炭素の実行性
・有効性に疑問

既にフランス、スウェーデン、ノルウェーで1%のSAF混合が義務化

Fit for 55パッケージ

✓ 23年4月、ReFuelEU Aviationが欧州議会・理事会で承認

23年7月、26年からの英ETSフリーカーボン枠段階的廃止決定

✓ 英国でもSAF混合義務2024年導入に向け検討中

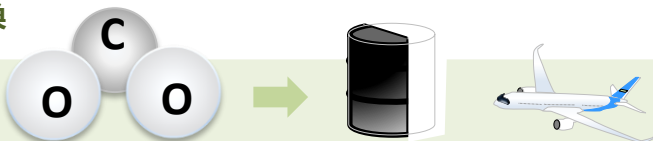
米国SAF Grand Challenge目標：30年までにSAF 30億gal(900万t)を生産、50年に100%の航空燃料をSAFに転換

EUの空港を離陸する航空機のSAF/e-SAF（合成燃料）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		10%	2024年実施に向け検討中				50%



① SAFで脱炭素化を図るケース



1tのCO2削減 約0.3tのSAFが必要

24年1月19日

899\$/t (欧州ジェット燃料価格)と2,783\$/t (SAF)との差額 = 1,884\$/t

1,884 \$/t CO2 x 0.3 =

565\$/t CO2

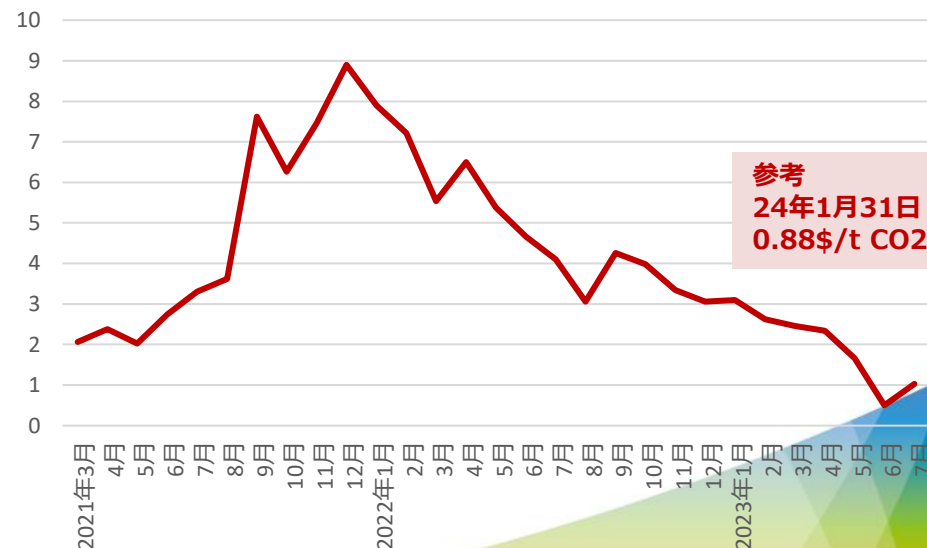
② 炭素クレジットで脱炭素化を図るケース

0.88\$/t CO2

実質的な脱炭素化が進まない、炭素クレジットの信頼性に疑問

\$/t CO2

航空産業炭素クレジットのボランタリー市場価格



出典：carboncredit.comデータをもとにJOGMEC作成

*SAF：持続可能な航空燃料 **e-SAF：グリーン水素と回収したCO2からFT法によって合成されたSAF

欧州のSAF需給見通し

EUのSAF規制がSAF開発事業FID（最終投資決定）の強力な後押しに オランダ、スウェーデン、フィンランド、ドイツ、国による積極的SAF支援

規制+航空機利用現状維持であれば2030年/2050年の需要は
域内調達で対応可能



Velocys
Immingham
North Lincolnshire

Phillips 66

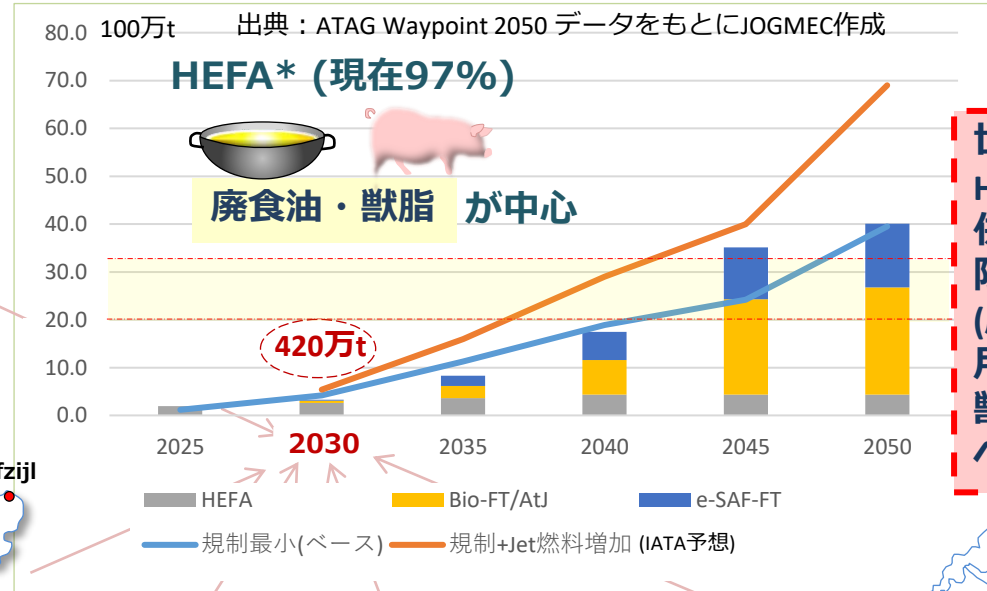
オランダChemicals Park Rotterdamで24年からバイオ燃料年産84万t、独Rheinland、25年からPtLでe-燃料年産10万t



オランダのRotterdam II、ドイツLingen、スペインCastellon de la Plana 他5か所体制で30年までに世界市場20%を狙う



バイオ燃料年産110万t
⇒25年までに300万t、30年までに500万t



自主導入の動き



NESTE + bp



22年3月、5年間60万tのSAF購入契約締結、26年までに航空燃料のSAF混合率を10%

世界最大のSAF生産者

NESTE 23年中にシンガポールで年産100万tに増強

世界で10万t⇒23年、年間150万t
⇒26年上期には世界で220万t体制



ルフトハンザ、エールフランス・KLM、アメリカン航空、ANA、JAL等に供給

Delfzijl

Rotteldam

Livorno

FS中

Venice

Gela

Gonfreville, Normandy
4万t 25年

Paris

Grandpuits
21万t 25年

Pardies
7.5万t 27年

La Made
15万t 25年



Porvoo



Gothenburg

空輸の脱炭素化、年間3億€支援



フランス国内、28年以降SAF年産50万t体制に

フランスEDF、26年e-SAFの実証試験、28年以降商業生産に向けた提携発表

*HEFA Hydroprocessed Esters and Fatty Acids、廃食用油や植物油の水素化処理および脱酸素化

SAFの原料・製造経路

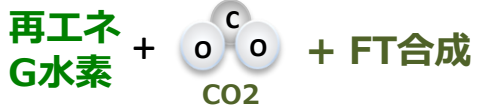
Honeywell UOP Ecofining (Eni, bp)、Neste NEXBTL技術等が商業化。現時点での主流で安価だが、原料調達に課題。

今後米国のトウモロコシを使ったAtJ(Alcohol to Jet)が拡大の可能性。LanzaJetのAtJ AmyrisのSTJ等。

EUのRenewable Energy Directive (RED)によればバイオ燃料、リサイクルされた炭素燃料、合成燃料(e-fuel)が認められるが、食料や飼料は除く。

Lanzatech、Ineosなどが、それぞれ廃ガス(合成ガス)やセルロース系バイオマスを原料としたプレ商用プラントを稼働

DAC・バイオマス由来



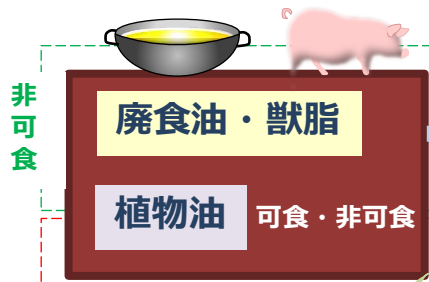
PtL (パワー・ツー・リキッド) 合成燃料 (e-fuel)

RFNBO (非バイオ由来再エネ燃料)

e-SAFあるいはe-ケロシンとも呼ばれる



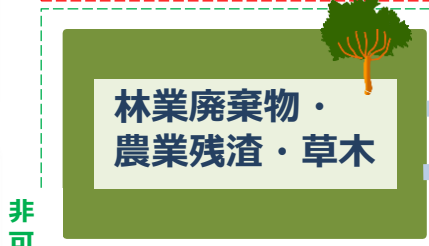
HEFA (HVO)



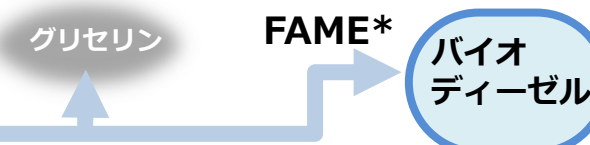
AtJ



Gas+FT



e-SAF



***FT: フィッシャー・トロプシュ法 (Fischer-Tropsch、FT法)

2009年にバイオジェット燃料を含む、非石油由来ジェット燃料の国際規格である ASTM D75664制定

出典: NEDO TSC Foresightを参考にJOGMEC作成

*FAME 脂肪酸メチルエステル (Fatty Acid Methyl Ester)

**HEFA Hydroprocessed Esters and Fatty Acids、廃食油や植物油の水素化処理および脱酸素化 (HVO: Hydrotreated Vegetable Oil、水素化植物油)

サステイナブル燃料はサステイナブルか

原料供給に課題

①

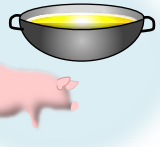
HEFA



*非可食油利用等でHEFAは8500万tまで拡大可能

垂直統合モデル (bp、Chevron等他社も始動)

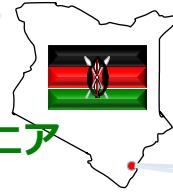
廃食用油・獣脂



*限界生産量
年2000万t

9か国、70万軒の農家と契約

ケニア

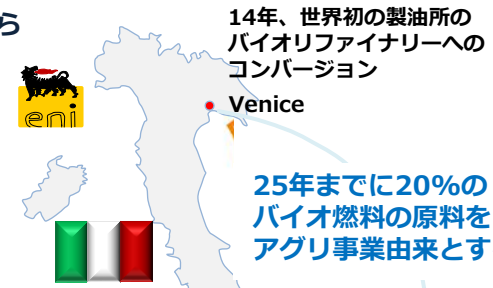


出典：Eni HPより

綿の種
ひまし
ハズ

狩猟から農耕へ

非可食油を
海外調達



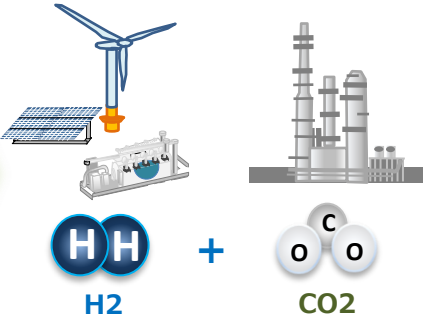
25年までに20%の
バイオ燃料の原料を
アグリ事業由来とする

14年、世界初の製油所の
バイオリファイナリーへの
コンバージョン

23年に2か所のagri-hubから
3万トンの油回収を予定

②

e-SAF



REPowerEUの2030年の目標: 域内で年間1,000万tのRFNBO**生産

約500TWhの再エネ電力が必要

22年、EU域内の太陽光・風力
発電の発電量合計：624TWh



Fit for 55

電力需要・グリーン
水素・アンモニア

③

競合

23年7月、国際海事機関(IMO)はMEPC 80においてGHG排出削減目標を「50年頃までに排出ゼロ」と決定
排出量がゼロかゼロに近い燃料の使用割合を、30年までに最低5%、努力目標10%を目指す。

✓23年3月、欧州議会・理事会はFuelEU Maritimeに合意



バイオ燃料で海運の脱炭素化を図るためには、省エネと組み合わせ、
50年までに年間2.5億tの低炭素バイオ燃料が必要 (DNV)

	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
排出削減割合	2%	6%	14.5%	31%	62%	80%

91.16 g-CO2/MJ(20年水準)に対する割合

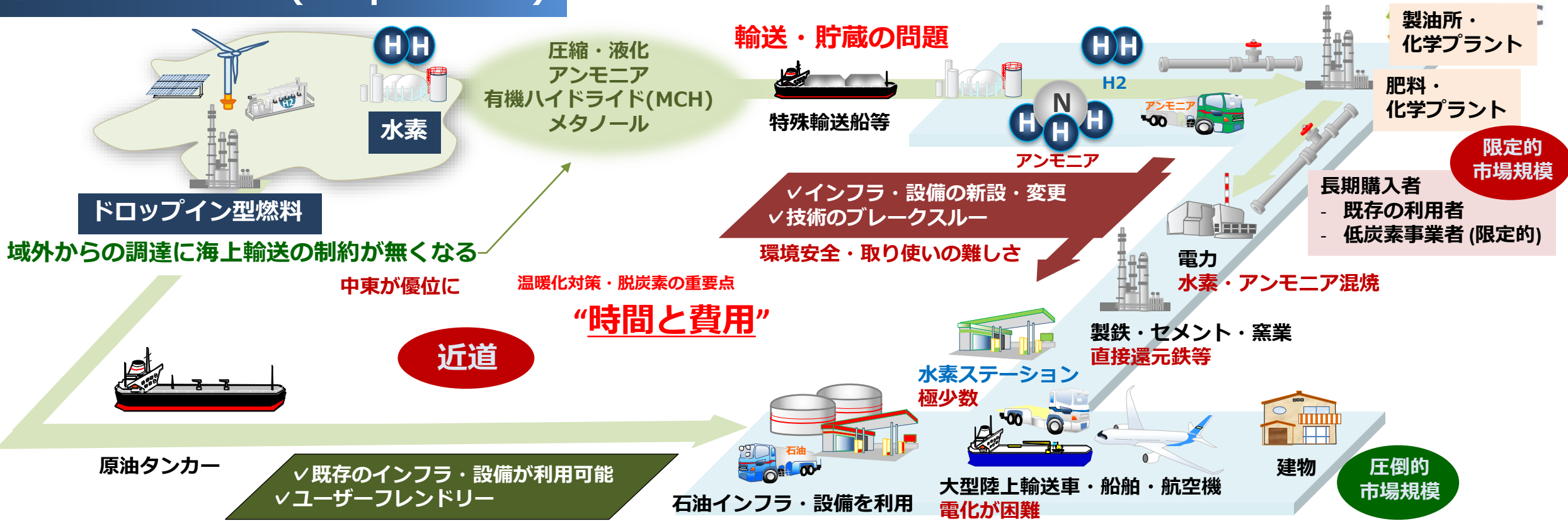
✓FAME・HEFAはバイオディーゼル・再生可能ディーゼル燃料として軽油に混合→陸運とも競合

✓23年3月、EU閣僚理事会、35年にゼロエミ車以外の販売を原則禁止、一方内燃機関車は合成燃料使用に限り販売を容認

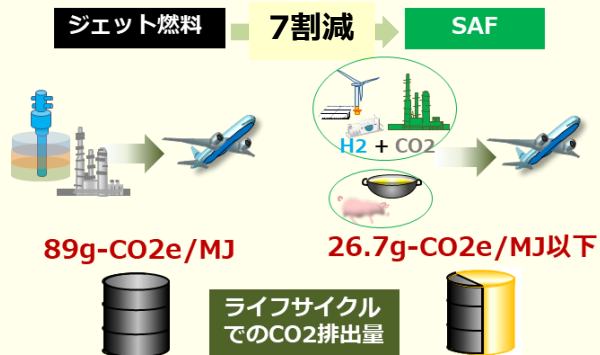
* ATAGのWaypoint 2050分析 **RFNBO 非生物起源の再生可能燃料、グリーン水素と合成燃料

ドロップイン燃料 (Drop-in-Fuel)

ドロップイン型: 現行の化石由来燃料と基本的に同様の品質・仕様で代替品として使用可能



ブリッジング燃料としてのドロップイン燃料



ライフサイクルでのCO2
排出量最小

クリーン水素・アンモニア

空輸・海運規制*による
確実な需要の見込み

既存インフラ・設備利用
ユーザーフレンドリー

- アドバンテージ**
- ✓ 既存技術で対応可能
 - ✓ インフラ整備・設備変更不要
 - ✓ 低い輸送コスト
 - ✓ 法規制の整備・変更不要

*欧州のReFuelEU Aviation、FuelEU Maritime、EU-ETSの適用等

3. 欧州の抱える課題と教訓

欧州 (EU) の抱える課題と挑戦

90年代技術や制度設計で先行した北海油田開発が石油開発のスタンダードを作ったように
低炭素技術・制度で先を走る欧州が「課題先進国」となり、世界に貴重な教訓を残している

☆気候変動対策・脱炭素に伴う規制の厳格化・対象範囲の拡大
☆エネルギー安全保障強化

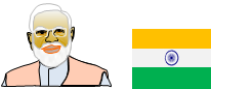
脱炭素コストの負担・エネルギー高

欧州産業競争力の低下

対外：米インフレ削減法 (IRA) への非難

IRA vs CBAM (炭素国境調整措置)

欧州企業の米市場への投資拡大



☆保護主義・ブロック化
☆サプライチェーンへの影響

再エネの急速な拡大

急激な脱炭素の進行

石炭産業の衰退

石炭火力の廃止

独政府はRWEの早期石炭火力
廃止に向け43.5億€の補償を付与。

電力価格高騰

電力安定供給への懸念

リスクリング・北海の再雇用

セーフティーネット
再教育・職業転換

サステナブル技術はサステナブルか

送電線・変電所等インフラ不足

蓄電池・火力+CCS

水素

Dispatchable

蘭・独の送電事業者
TenneT、60億€の送
電網拡張の契約締結。
他英National Grid、独
Amprion、RTE等が大型送電網拡張計画を
公表。

リソースの圧倒的不足

鉱物資源

蓄電池向けのコバルト、ニッケル、リチウム、マンガン、黒鉛、電解槽向けのニッケル、風力発電向けの鉄、レアアース、送電線向けの銅等

人材

ドイツが目指す26年での26GWの太陽光発電設備設置には10万人の労働力が必要

その他EU固有の特徴

対立・分断

一枚岩になり切れない

協力・提携

原子力政策・取り扱いに対する見解の相違

EU理念と各国の補助金制度との温度差

例、ドイツの電力補助

域内の特徴を生かした分業体制と事業協力

電力方針再構築の遅れ

“持てない国”の不満

再エネ・水素・CCS

IPCEI (欧州共通利益プロジェクト) による支援

☆希少金属資源を使わない技術の開発

☆新たなサプライチェーンの構築

☆循環型経済 (少量利用がネック)

23年6月14日、欧州議会は使用済みバッテリー・
重要鉱物の回収に将来の再利用割合義務付けを承認

コバルト/リチウム/ニッケル/鉛の回収・再利用

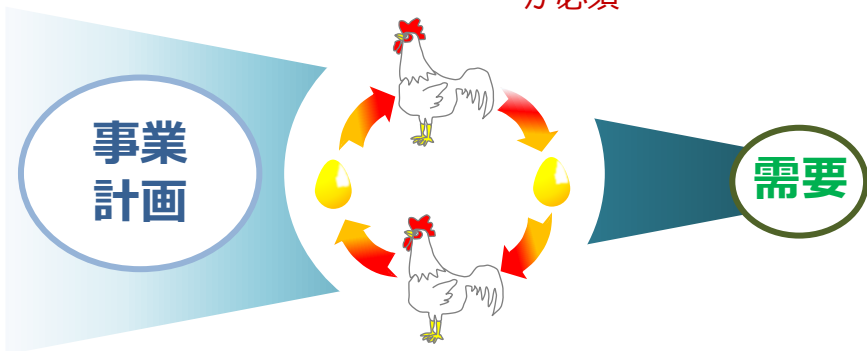
まとめ

エネルギーtransitionにおけるチャレンジ

クリーン事業拡大のジレンマ

コスト削減や大量生産により需要が拡大、しかし大量生産のためには十分な需要見通しが必要

世界の現状



✓世界の公表済みクリーン水素事業計画、30年までに年間3800万t

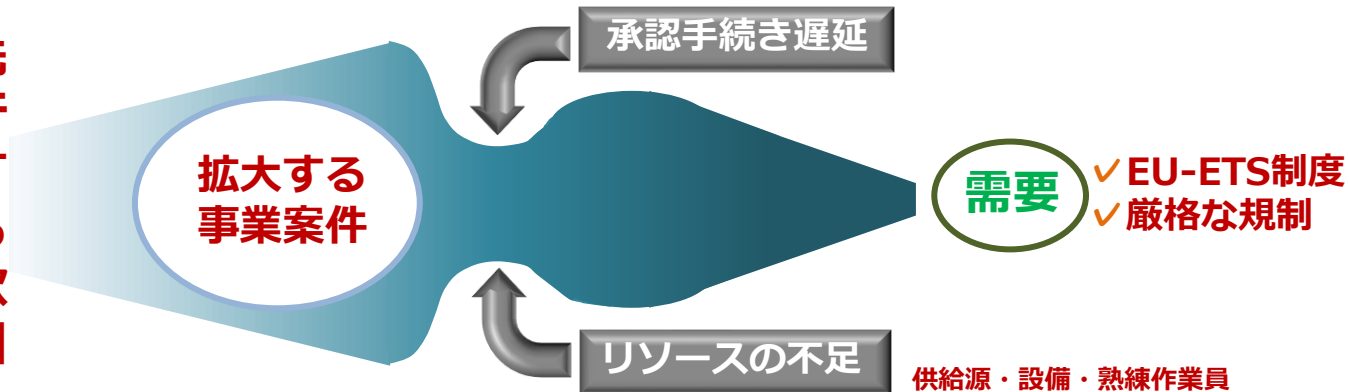
→内FID¹完了は全体の4%²

出力制御（発電の一時停止）

✓23年、ドイツ領北海上風力発電の内9%が失われ、発電量18年以降最低³

✓EU、30年までに電力消費量6割増加、送電網増強に5840億€の投資が必要⁴

先行する欧州



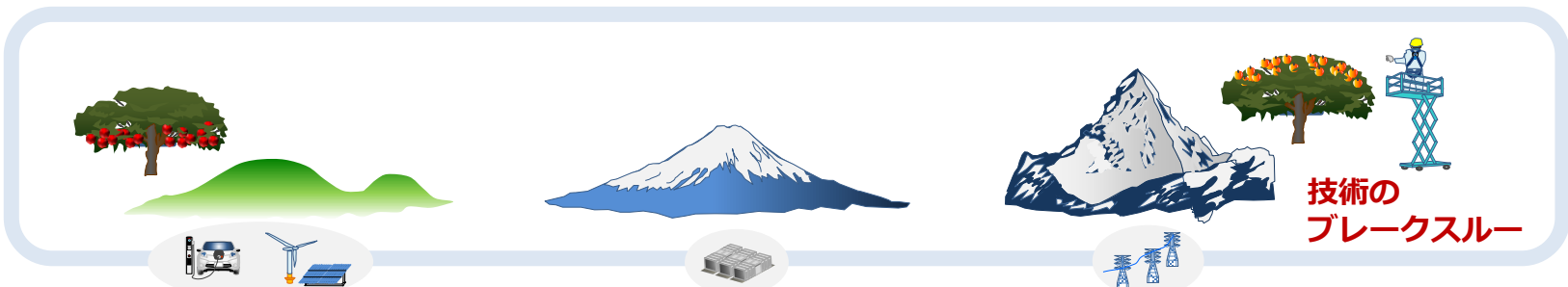
✓EU-ETS制度
✓厳格な規制

供給源・設備・熟練作業員

~30年エネミックスに占める再エネ電源42.5%

~30年クリーン水素域内外でそれぞれ1,000万t

30年、再エネ容量を現状3倍の11TW (COP28)



安全保障とサプライチェーンリスク→供給源の分散 (IEA)

サプライチェーン分断による事業の遅延



IRAに沸く米国
製造業の国内回帰・振興
国内サプライチェーン構築

★国内生産への政府支援

内製化



欧州のCBAM (炭素国境調整措置)

インド、南ア、ブラジルの反発

ブロック化

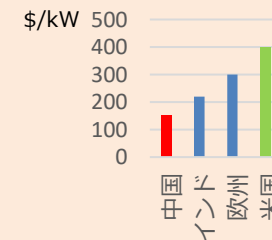
協調路線からの逸脱は温暖化対策の後退に

米国産パネル生産拡大
26年、現在の10.6 GWから108.5 GW

低コストの維持
十分な供給量

を満たすことができるか

太陽光パネルの製造コスト



太陽光パネル素材の中国シェア25年に95% (1年間で42%コスト低減)

出典：Wood Mackenzieデータを参照

¹FID(最終投資決定)

²IEAの報告書、"Global Hydrogen Review 2023"

³ドイツの送配電網事業者TenneTコメント

⁴23年11月欧州委員会