

カーボンニュートラル社会実現に向けた 次世代燃料のあり方について

2023年2月

資源エネルギー庁資源・燃料部
石油精製備蓄課

1. CNに向けた政府の取組

2050年カーボンニュートラルの国内動向・2030年気候目標

- 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。
- カーボンニュートラルの実現に向けては、温室効果ガス（CO2以外のメタン、フロンなども含む）の85%、CO2の93%を排出するエネルギー部門の取組が重要。
- 菅前内閣総理大臣は、2021年4月の気候変動サミットにおいて、温室効果ガスを2030年度に2013年度比で46%削減することを目標とすることを発表。

2020年11月2日COP26世界リーダーズ・サミット岸田総理スピーチ

「2050年カーボンニュートラル」

日本は、これを、新たに策定した長期戦略の下、実現していきます。

2030年度に、温室効果ガスを、2013年度比で46%削減することを目指し、さらに50%の高見に向け挑戦を続けていくことをお約束します。

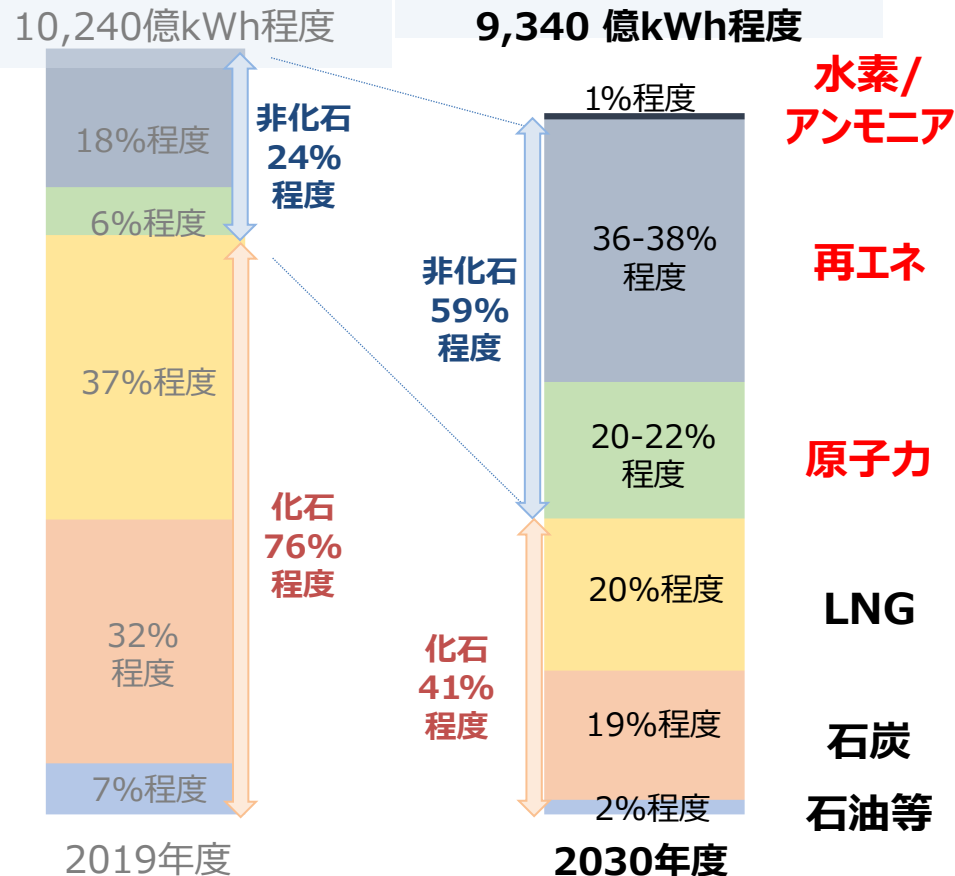


第6次エネルギー基本計画の全体像（2021年10月22日閣議決定）

- 新たなエネルギー基本計画では、2050年カーボンニュートラル（2020年10月表明）、2030年度の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標（2021年4月表明）の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すことが重要テーマ。
 - 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーションにより国際的な競争力を高めることが重要。
- 同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服が、もう一つの重要なテーマ。安全性の確保を大前提に、気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減（S+3E）に向けた取組を進める。
- エネ基全体は、主として、①東電福島第一の事故後10年の歩み、②2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応、③2050年を見据えた2030年に向けた政策対応のパートから構成。

第6次エネルギー基本計画 -2030年にけるエネルギー需給見通し-

電源構成



- 再生可能エネルギーの主力電源への取組
- 徹底した省エネルギーの更なる追求
- 安全確保を大前提とした原子力政策の再構築
- エネルギー安全保障の確保を大前提に、エネルギーミックスにおける火力発電の比率をできる限り引き下げる
- 水素・アンモニア発電やCCUSによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電というイノベーションが必要

(参考) カーボンニュートラルに向けた主要分野における取組①

		脱炭素技術	克服すべき主な課題 ※薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ
電力部門	発電	再エネ	➤ 導入拡大に向け、系統制約の克服、コスト低減、周辺環境との調和が課題	水素価格 約13円/Nm3
		原子力	➤ 安全最優先の再稼働、安全性等に優れた炉の追求、継続した信頼回復が課題	
		火力+CCUS/ カーボンリサイクル	➤ CO2回収技術の確立、回収CO2の用途拡大、CCSの適地開発、コスト低減が課題	
		水素発電	➤ 水素専焼火力の技術開発、水素インフラの整備が課題	
		アンモニア発電	➤ アンモニア混焼率の向上、アンモニア専焼火力の技術開発が課題	
産業部門	熱・燃料	電化	➤ 産業用ヒートポンプ等電化設備のコスト低減、技術者の確保、より広い温度帯への対応が課題	水素価格 約40円/Nm3
		バイオマス活用 (主に紙・板紙業)	➤ 黒液（パルプ製造工程で発生する廃液）、廃材のボイラ燃料利用の普及拡大に向け、燃料コストの低減が課題	
		水素化 (メタネーション)	➤ 水素のボイラ燃料利用、水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題	
			➤ メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題	
		アンモニア化	➤ 火炎温度の高温化のためのアンモニアバーナー等の技術開発が課題	水素価格 約8円/Nm3
	製造プロセス (鉄鋼・セメント・ コンクリート・ 化学品)	鉄： 水素還元製鉄	➤ 水素による還元を実現するために、水素による吸熱反応の克服、安価・大量の水素供給が課題	
		セメント・ コンクリート： CO2吸収型 コンクリート	➤ 製造工程で生じるCO2のセメント原料活用（石灰石代替）の要素技術開発が課題。 ➤ 防錆性能を持つCO2吸収型コンクリート（骨材としてCO2を利用）の開発・用途拡大、スケールアップによるコスト低減。	
		化学品： 人工光合成	➤ 変換効率を高める光触媒等の研究開発、大規模化によるコスト低減が課題	

※ 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

*水素発電のパリティはLNG価格が10MMBtuの場合、水素還元製鉄は第11回CO2フリー水素WGの資料より抜粋(100kW級の純水素FCで系統電力+ボイラーを置換)

(参考) カーボンニュートラルに向けた主要分野における取組②

脱炭素技術			克服すべき主な課題 ※薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ
民生部門	熱・燃料	電化	➢ エコキュート、IHコンロやオール電化住宅、ZEH,ZEB等を更に普及させるため、設備コスト低減が課題	
		水素化	➢ 水素燃料電池の導入拡大に向けて、設備コスト低減、水素インフラの整備が課題	
		メタネーション	➢ メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題	
運輸部門	燃料 (乗用車・トラック・バスなど)	EV	➢ 導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、充電インフラの整備、充電時間の削減、次世代蓄電池の技術確立が課題	電力価格 約10~30円/kWh
		FCV	➢ 導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、水素インフラの整備が課題	
		合成燃料 (e-fuel)	➢ 大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題	水素価格 約90円/Nm3
	燃料 (船・航空機・鉄道)	バイオジェット燃料/ 合成燃料 (e-fuel)	➢ 大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題	
		水素化	➢ 燃料電池船、燃料電池電車の製造技術の確立、インフラ整備が課題	
		燃料アンモニア	➢ 燃料アンモニア船の製造技術の確立	
炭素除去	DACCS、BECCS、植林		➢ DACCS : エネルギー消費量、コスト低減が課題 ➢ BECCS : バイオマスの量的制約の克服が課題 ※CCSの適地開発、コスト低減は双方共通の課題	

*DACCS : Direct Air Carbon Capture and Storage、BECCS : Bio-energy with Carbon Capture and Storage

**ガソリン自動車との比較。ガソリン価格が142.8円/Lの時を想定（詳細は第11回CO2フリー水素WGの資料を参照）

2050年を見据えた2030年に向けた政策対応のポイント

- 2050年に向けては、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が重要。
- 安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、あらゆる選択肢を追求する。
- エネルギー政策の要諦は、安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給を第一とし、経済効率性の向上による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への適合を図るS+3E (Safety + Energy Security, Economic Efficiency, Environment)の実現のため、需要サイド、供給サイド双方から最大限の取組を行う。

再生可能エネルギー

- ・ S+3Eを大前提に、再エネの**主力電源化を徹底**
- ・ 再エネに**最優先の原則**で取り組み、**国民負担の抑制と地域との共生**を図りながら**最大限の導入**を促す。

火力

- ・ **安定供給を大前提**に、再エネの発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で**設備容量を確保**しつつ、できる限り**電源構成に占める火力発電比率を引き下げる**。

電力システム改革

- ・ **脱炭素化の中での安定供給の実現に向けた電力システムの構築**を行う。
- ・ **安定供給確保のための責任・役割の在り方**について、改めて検討する。

原子力

- ・ **東京電力福島第一原子力発電所事故への真摯な反省**が原子力政策の出発点。
- ・ 社会的信頼の獲得と、安定的な利用の推進、信頼関係構築、研究開発の推進に取り組む。

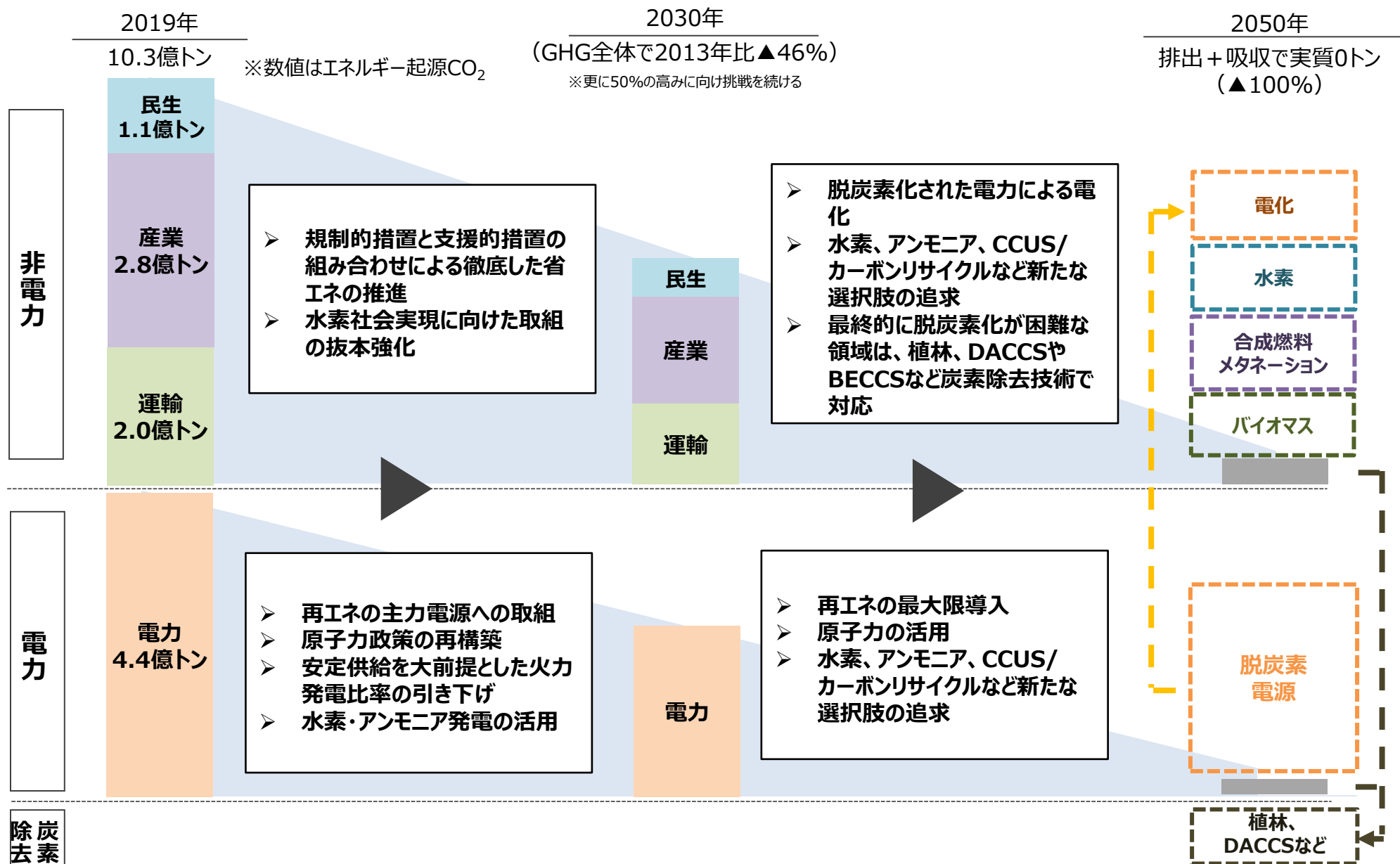
水素・アンモニア

- ・ **新たな資源として位置付け、社会実装を加速**。
- ・ 安定的かつ大量に供給するため、海外からの安価な水素活用、国内の資源を活用した**水素製造基盤を確立**。

資源・燃料

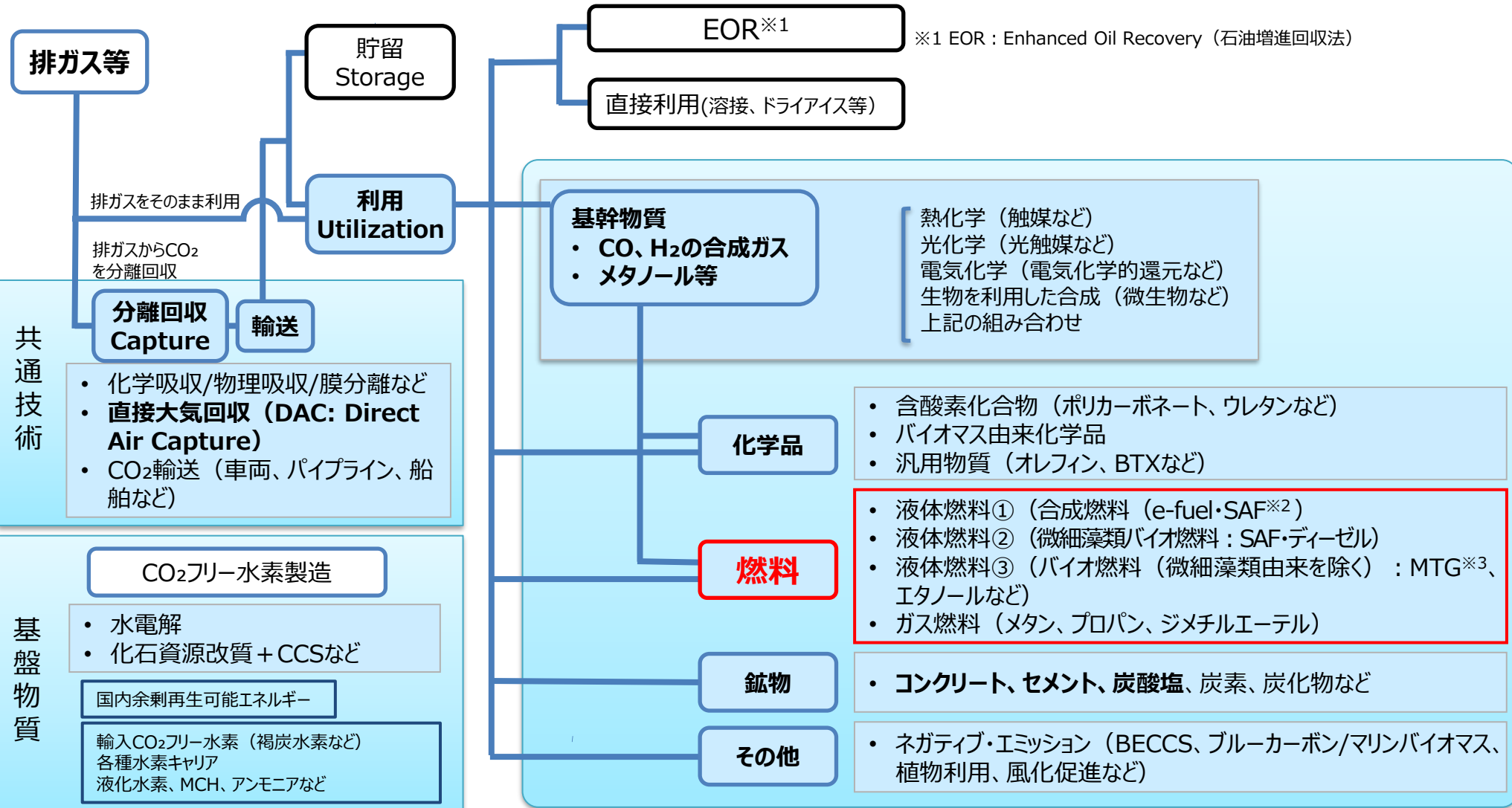
- ・ **将来にわたって途切れなく必要な資源・燃料を安定的に確保**。
- ・ 平時のみならず緊急時にも対応できるよう**燃料供給体制の強靱化**を図るとともに、**脱炭素化の取組を促進**。

2050年カーボンニュートラルの実現



カーボンニュートラルに必要な不可欠なカーボンリサイクルとは

- **カーボンリサイクル**：CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制。



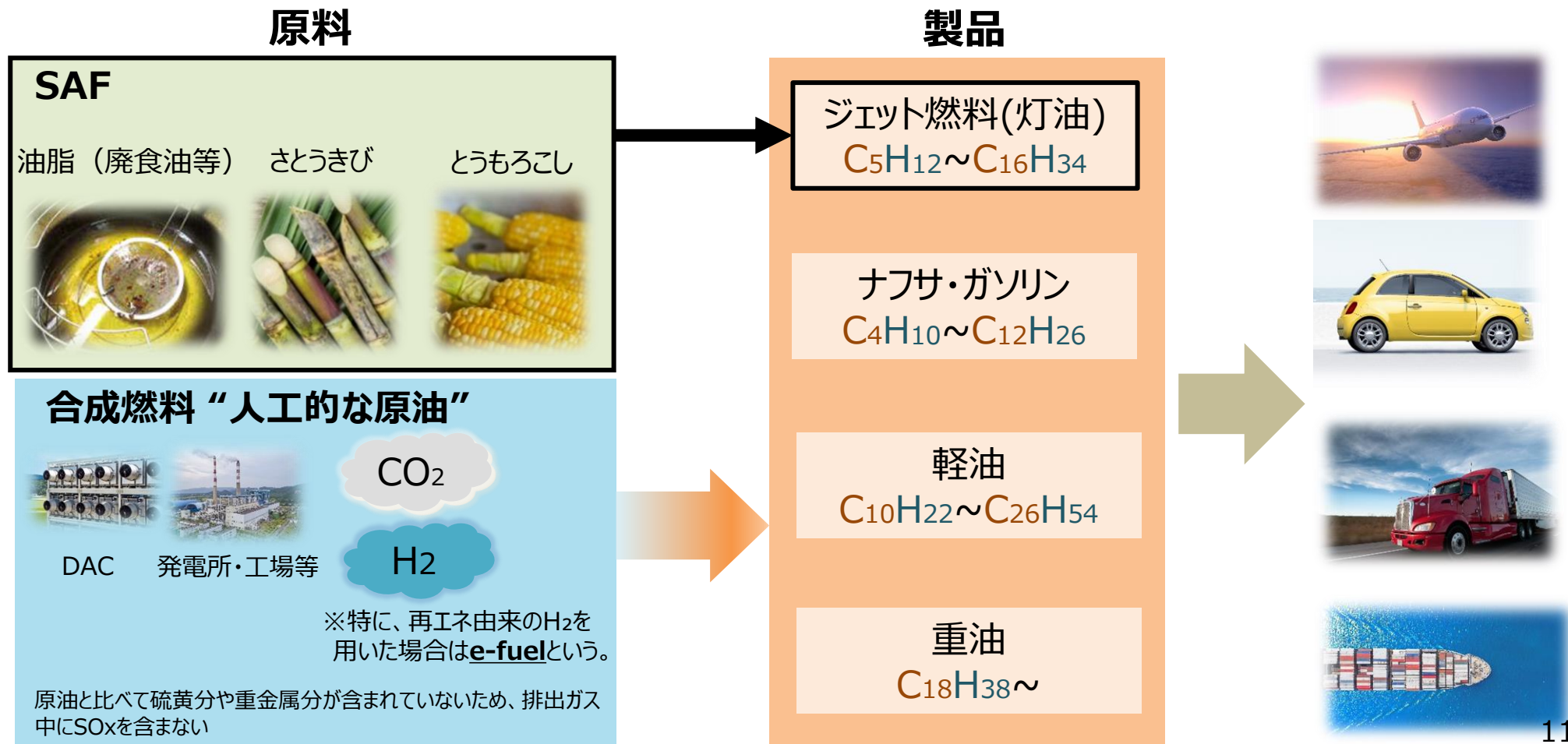
※2 SAF:Sustainable aviation fuel

※3 MTG:Methanol to Gasoline

SAF（持続可能な航空燃料）、合成燃料について

- **SAF**は、**廃食油や植物、廃棄物**から製造されるカーボンニュートラルなジェット燃料。**多様な原料から製造可能**だが、原料の賦存量は限定的。
- **合成燃料**は、発電所や工場等から排出されたCO₂や、将来的には大気中からDAC技術により回収された**CO₂を原料として再利用**することから、**脱炭素燃料とみなすことができる**。

<SAF、合成燃料の製造イメージ>

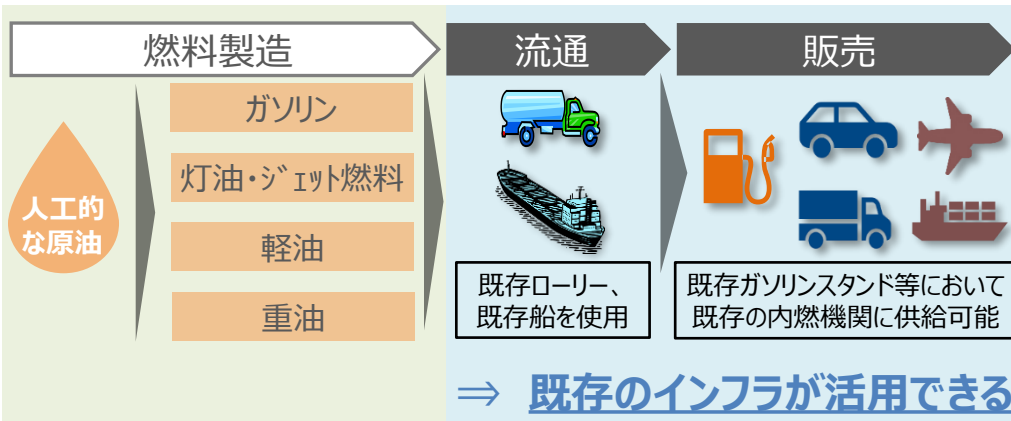


合成燃料

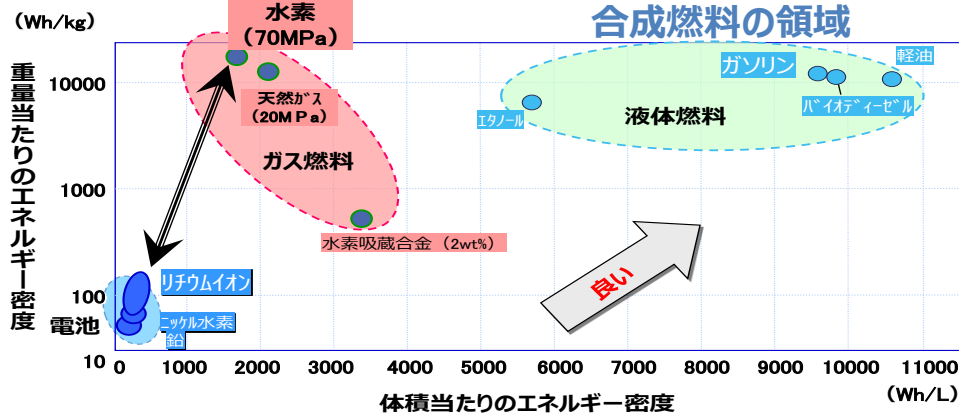
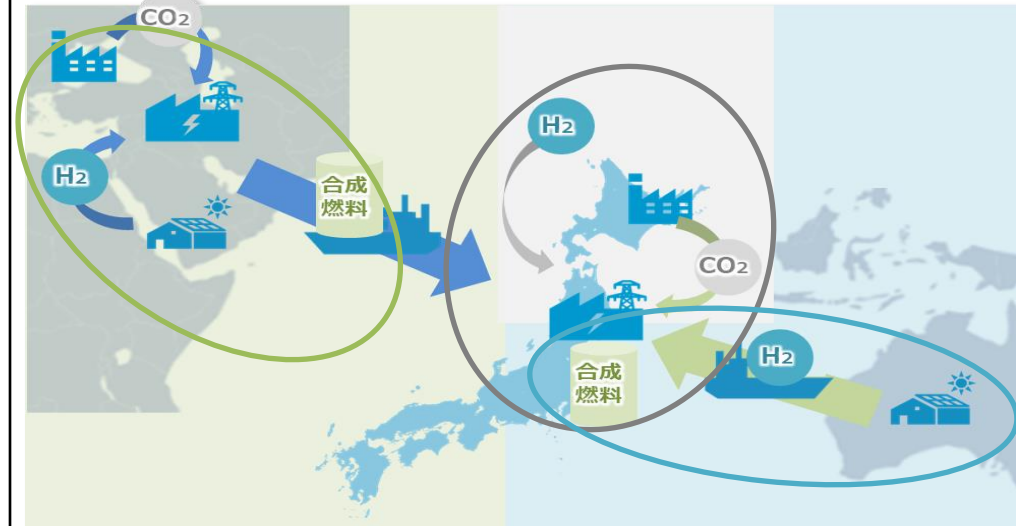
合成燃料について

- 合成燃料とは、CO₂と水素を合成して製造される人工的な原油である。
- メリットとしては、①既存の燃料インフラ（タンクローリー・ガソリンスタンド・内燃機関等）が活用できること、
②化石燃料と同等の高いエネルギー密度を有することがある。
- 他方、課題は、製造コスト。水素価格に大きく依存するが、現時点の試算では約300円～700円／ℓと高額。

<メリット>



<課題>



⇒ 化石燃料と同等の、高いエネルギー密度を有する

海外ですべて製造し
輸入する場合

製造コスト
: 約300円/ℓ

原料調達から製造まで
すべて国内で行う場合

製造コスト
: 約700円/ℓ

水素を輸入し、
国内で製造する場合

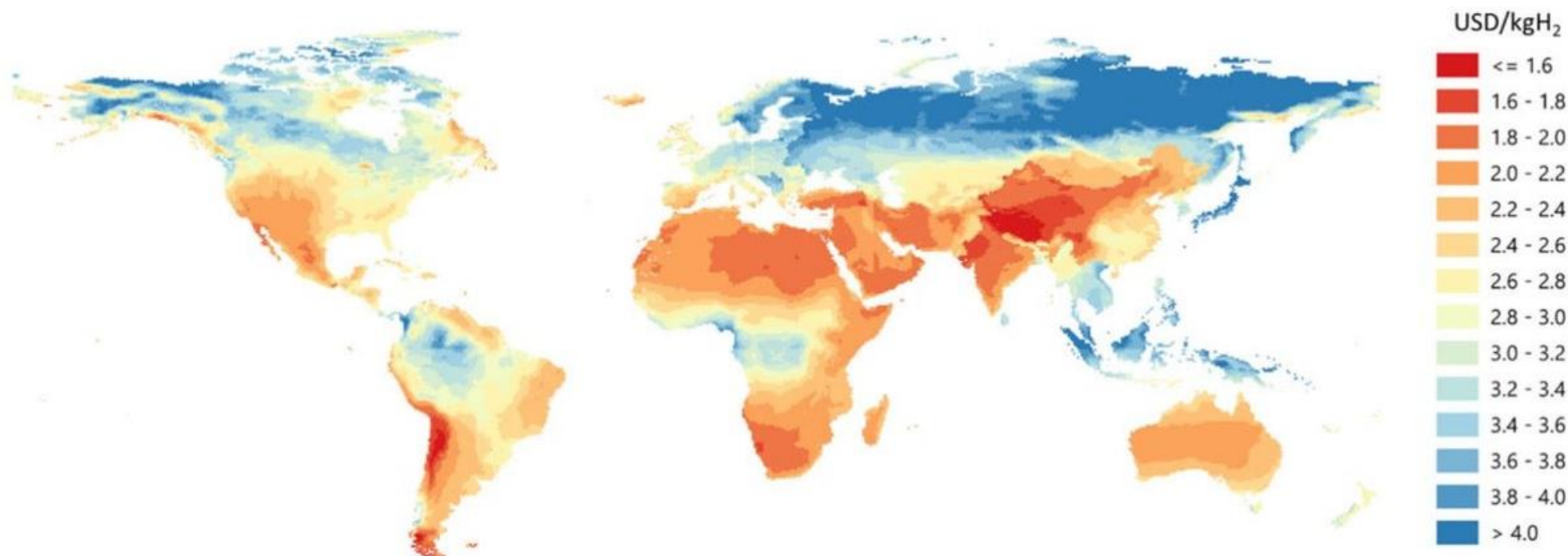
製造コスト
: 約350円/ℓ

⇒ 高効率化（低コスト化）が必須

(参考) 再エネからの水素製造コストの分布図

- IEAは長期的に再エネ水素が、輸出した場合においてもコスト競争力を有する可能性を指摘しており、中東、豪州、北アフリカ、中国、一部南米等が再エネ水素製造に適していると分析。
- 再エネ水素製造に適した地域は限られており、今後、安価な水素の争奪戦となることが見込まれるため、資源外交が引き続き不可欠。

長期的な太陽光・陸上風力からの水素製造コストの分布

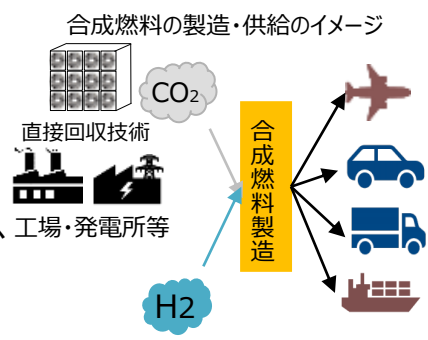


GI基金事業：CO₂等を用いた燃料製造技術開発（予算額：上限1152.8億円）

- 合成燃料等は、海外の化石燃料に依存する我が国のエネルギー需給構造に変革をもたらす可能性があり、エネルギー安全保障の観点からも重要。既存インフラを活用することで導入コストを抑えられるメリットが大きく、製造技術に関する課題を解決し製造コストを下げることで、社会実装を目指す。
- 脱炭素社会の実現に向けた多様な選択肢の一つとして、カーボンニュートラルに貢献する燃料の技術開発を促進することが必要であり、本プロジェクトでは、液体燃料として①合成燃料、②持続可能な航空燃料(SAF)を、気体燃料として③合成メタン、④グリーンLPGについて、社会実装に向けた取組を行う。

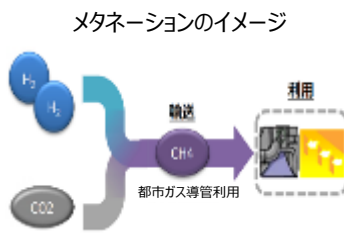
合成燃料の製造収率、利用技術向上に係る技術開発 575.6億円

- CO₂と水素から逆シフト、FT合成、これらの連携技術などを用いて高効率・大規模に液体燃料に転換するプロセスを開発する。
- 2040年までの自立商用化を目指し、2030年までにパイロットスケール（300B/日規模を想定）で液体燃料収率80%を実現する。



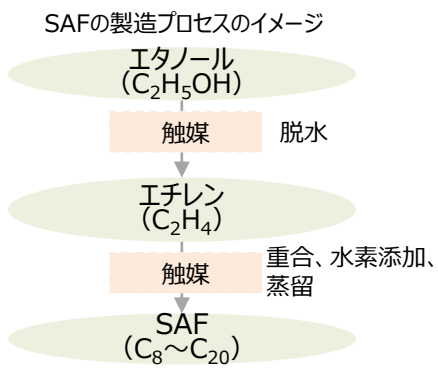
合成メタン製造に係る革新的技術開発 242.2億円

- 再エネ電力から水素を製造し、回収したCO₂とメタン合成（メタネーション）するプロセスのエネルギー変換効率が高い技術を確認する。
- 2030年度までに、エネルギー変換効率60%以上を実現。



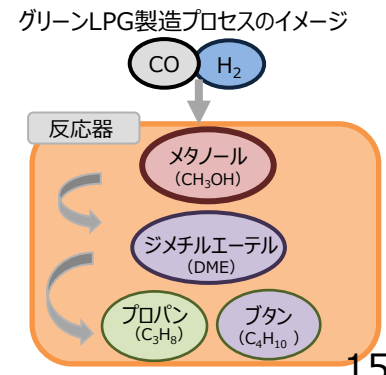
持続可能な航空燃料（SAF）製造に係る技術開発 299.5億円

- 大規模な生産量（数十万kL）を見込めるエタノールからSAFを製造するATJ技術（Alcohol to JET）を確立する。
- 2030年までの航空機への燃料搭載を目指し、液体燃料収率50%以上かつ製造コストを100円台/Lを実現する。



化石燃料によらないグリーンなLPガス合成技術の開発 35.5億円

- 水素と一酸化炭素から、メタノール、ジメチルエーテル経由で合成される、化石燃料によらないLPガス（グリーンLPG）の合成技術を確認する。
- 2030年度までに生成率50%となる合成技術を確認し、年間1,000トンの生産量を目指す。



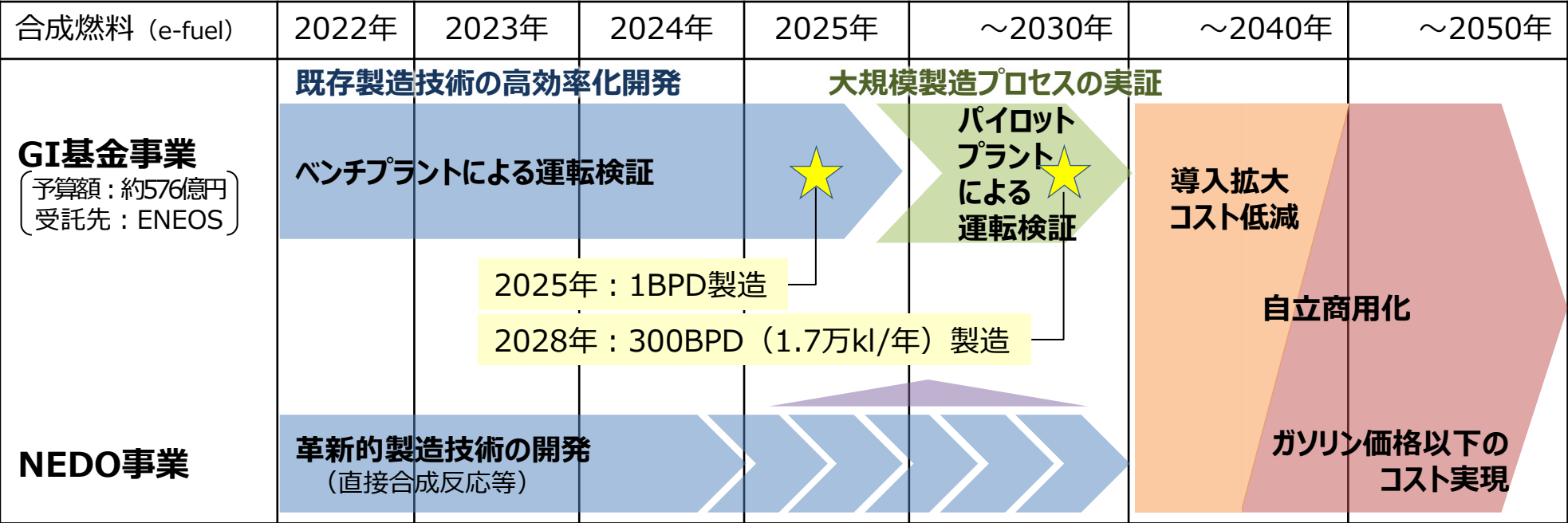
合成燃料の製造技術

- GI基金などにより、大規模かつ高効率な製造プロセスの開発を支援。
- 2030年までの大規模製造プロセスの実証を目指している。

<GI基金プロジェクトにおける研究開発内容>



<合成燃料の推進目標>

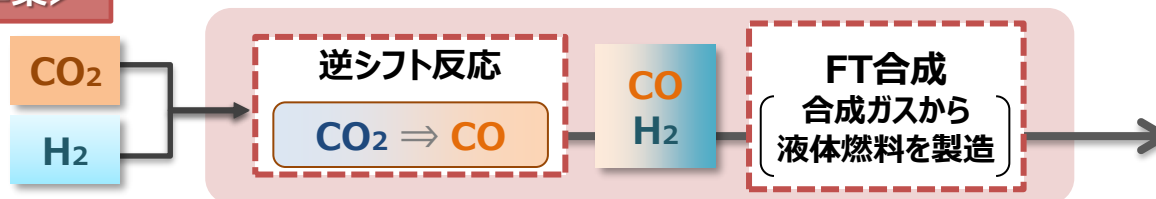


(参考) 合成燃料の製造技術開発

- ENEOSは、GI基金事業を用いて、最も商用化に近い「逆シフト反応+FT反応」の高効率化・大規模化を目指した技術開発を実施。また、更なる製造効率の向上を目指した直接合成技術の開発にも取り組んでいる。
- 出光は、水素の効率利用に着目し、電気分解を用いた技術開発に取り組んでいる。

逆シフト反応<GI基金事業>

実施者：
ENEOS



混合物“人工的な原油”

ガソリン
 $\text{C}_4\text{H}_{10} \sim \text{C}_{12}\text{H}_{26}$

灯油
・ジェット燃料
 $\text{C}_5\text{H}_{12} \sim \text{C}_{16}\text{H}_{34}$

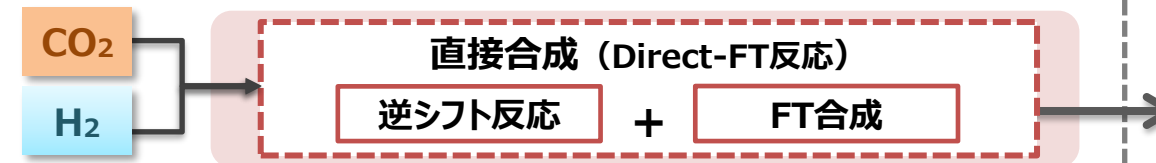
軽油
 $\text{C}_{10}\text{H}_{22} \sim \text{C}_{26}\text{H}_{54}$

重油
 $\text{C}_{20}\text{H}_{42} \sim$

革新的技術

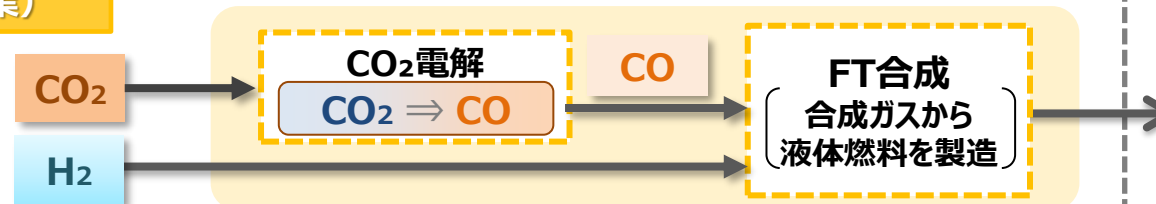
直接合成 (NEDO事業)

実施者：
ENEOS、
成蹊大学、名古屋大学、
横浜国立大学



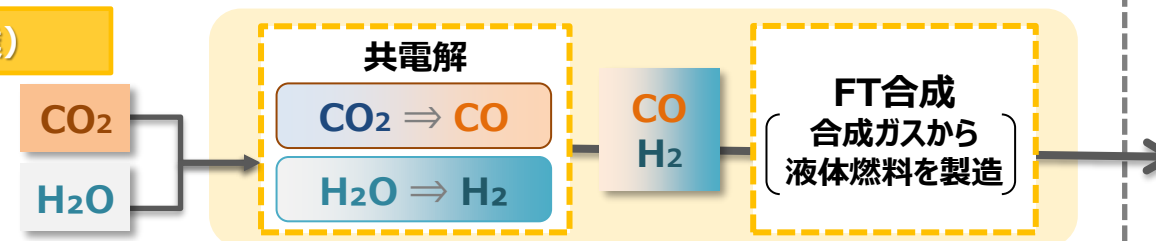
CO₂電解 (環境省事業)

実施者：
出光、東芝、
東芝エネルギーシステムズ、
東洋エンジニアリング、
ANA、JCCS



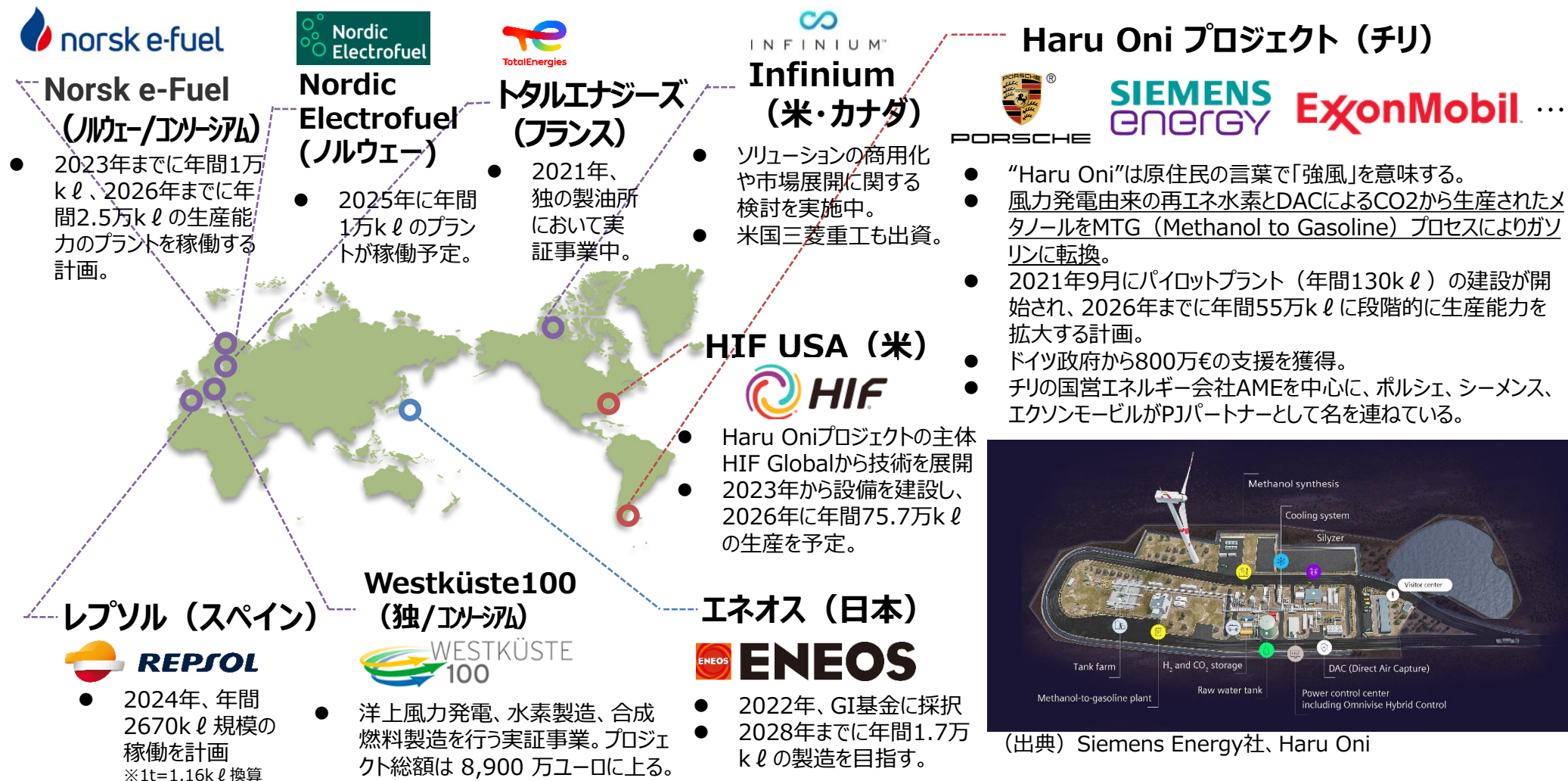
共電解 (NEDO事業)

実施者：
出光、
産総研、JPEC



(参考) 海外における合成燃料 (e-fuel) 技術開発プロジェクト

- 世界各地で合成燃料 (e-fuel) 関連の**技術開発や実証プロジェクトが推進**されている。
- **安価な水素調達が見込まれる地域を実証フィールドに選定**しているプロジェクトが存在する。



合成燃料（e-fuel）官民協議会について

- 合成燃料（e-fuel）の商用化に向けては、技術面・価格面の課題に加え、認知度向上のための国内外への発信やサプライチェーンの構築、CO2削減効果を評価する仕組みの整備等の課題に対応するため、官民が一体となって取り組んでいくことが重要。
- これらの議論を加速させるため、2022年9月に「合成燃料（e-fuel）の導入促進に向けた官民協議会を設立。」また、それぞれの課題について専門的な議論を行う場として同協議会の下に、「商用化推進WG」、「環境整備WG」を設置。

＜各会議体の関係＞

合成燃料（e-fuel） 官民協議会 （2022.9.16～）

（事務局：資源エネルギー庁）

構成員：合成燃料の需要・供給に関する民間団体等
政 府：経済産業省、国土交通省、環境省
テーマ：・合成燃料の導入促進に向けた総合的な検討
・各WGにおける検討のとりまとめ
・政府関係機関等への報告・提言 等

経済産業省 資源エネルギー庁
総合資源エネルギー調査会
（資源・燃料分科会） 等

必要な政策の企画・立案・実行

商用化推進WG （2022.12.19～）

（事務局：資源エネルギー庁）

委員：合成燃料の需要・供給に関する民間団体等
政府：経済産業省、国土交通省、環境省
テーマ：・モビリティ分野を中心とした合成燃料の商用化に向けたロードマップの策定
・モビリティ分野以外における合成燃料の導入可能性の検討
・合成燃料の導入促進に向けた広報活動 等

環境整備WG （2023.1.13～）

（事務局：資源エネルギー庁）

（メネーション推進官民協議会とも連携）

委員：合成燃料の需要・供給に関する民間団体等、有識者
政府：経済産業省、国土交通省、環境省
テーマ：・CO2削減効果を評価する仕組みの整備
・合成燃料の導入促進につながる枠組みの活用
・国際的な認知度向上 等

効率的な水素・アンモニア供給インフラの整備支援制度の検討状況

- 今後大量に必要となる水素・アンモニアを安定・安価に供給するには、大規模な需要創出と効率的なサプライチェーン構築が必要であり、その双方を実現するためには、ハブ＆スポークのように、周辺の潜在的需要家の集積を促し、我が国産業の国際競争力強化にも資するような、「カーボンニュートラル燃料拠点」の形成を戦略的に支援していくことが必要。

<具体的な狙い・意義>

①「技術開発」から「事業開発」へ

- ・ グリーンイノベーション基金等を通じて実施してきた「技術開発」に続く、「事業開発」への支援が主眼。実用化にあたっては、事業への支援を通じた経済性・継続性等の観点が必要。

②CO₂削減効果の最大化

- ・ CO₂削減の観点からは、CO₂の大規模排出地（製鉄所、石油化学、石油精製、電力等の産業を含むコンビナート等）を対象としたカーボンニュートラル化が効率的。
- ・ CCU、CCS等を活用する産業の集積や拠点形成促進のためにも、水素、アンモニアのみならず炭素のまとまった需要がある拠点の形成は効果的。水素、アンモニアの利活用を起点として、産業集積や地域の特色に応じたカーボンニュートラル化の選択肢を拡大する。

③産業競争力の強化と地域経済の活性化

- ・ 産業の新陳代謝の促進や、新産業や新規雇用など地域経済にとっての新たな価値創出の核となる戦略拠点を目指していくべき。
- ・ 国際競争力ある産業集積や拠点整備を促す観点から、中長期かつ全体最適の視点の下で、既存のコンビナートや港湾のあり方も位置づけていくべき。

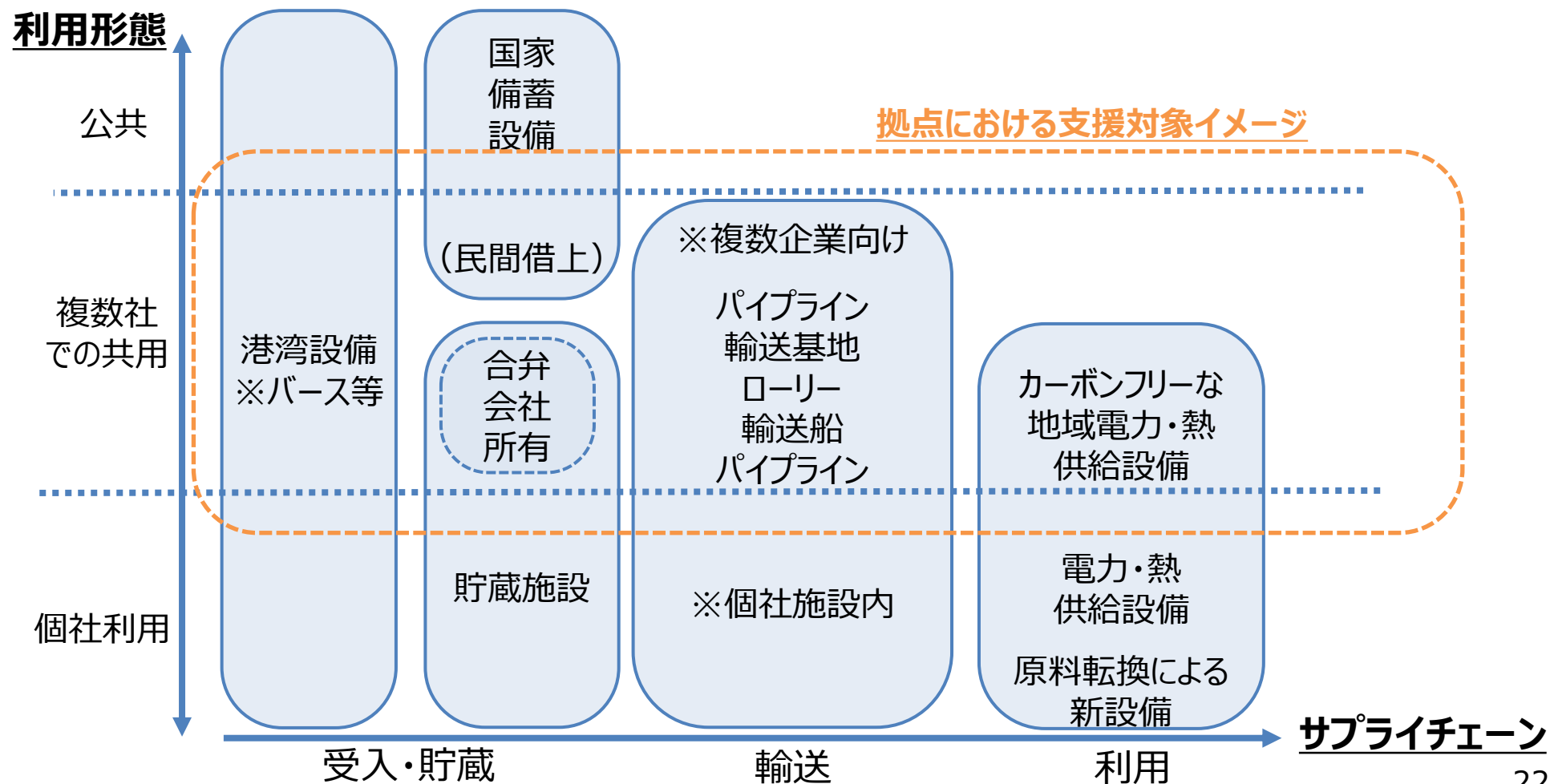
④先進事例の活用と他地域への展開

- ・ GXの先行モデル地域を戦略的に創出することで、今後のGX実現に向けた課題の抽出や他地域への先例とする。
- ・ 米国（水素ハブ）、英国（低炭素・CCUSクラスター）、欧州（水素バレー）など海外でも、拠点形成に着目した脱炭素化への政策アプローチが導入されている。諸外国の事例も参考に、拠点形成に向けた支援を行っていくべき。

拠点が備えるべき機能

- 拠点の支援対象は共用インフラをまず念頭に置くべきと考えられる。また、集積効果を高めるための支援策や仕掛けの検討が必要。
- 拠点の担い手は、供給から利用にいたるまで幅広いステークホルダーを巻き込み、かつ長期的なコミットメントを有する主体によって構成されることが重要。

【拠点形成に必要なインフラ・設備の利用形態イメージ】



水素・アンモニアの潜在的需要地のイメージと技術的な時間軸

令和4年12月13日
第7回 省エネルギー・新エネルギー分科会
水素政策小委員会/資源・燃料分科会
アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会 合同会議

大規模発電利用型

- 単独で大規模な石炭/ガス火力発電所が存在し、今後、水素・アンモニアの需要が期待される場合。
- その際に、水素・アンモニアの周辺への供給も考えられる。

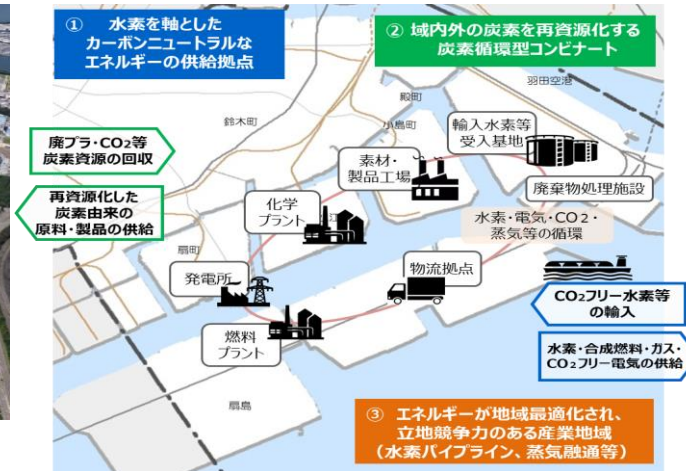
(碧南の例)



多産業集積型

- (主にガス) 火力発電所以外にも石油化学、石油精製、製鉄等の産業が集積。
- 複数の用途で水素/アンモニアの利用が見込まれる。

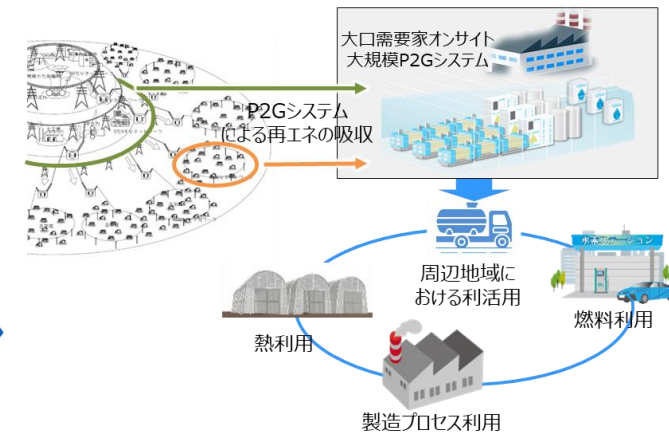
(川崎市の例)



地域再エネ生産型

- 地域で再エネ生産を行い、水素・アンモニア製造を行う。
- 地域での需要創出（生産拠点の誘致など）が重要。

(山梨県の例)



関連する水素・アンモニアの技術時間軸

- 20%アンモニア混焼技術の実用化
～2024年度 (NEDO実証)
- アンモニア高混焼・専焼の実用化
～2028年度 (GI基金)

- 合成燃料の製造技術開発
～2028年度 (GI基金)
- 水素輸送技術等の大型化・高効率化
技術開発 (液化水素、MCH等)
- 水素混焼・専焼の実用化
- アンモニアナフサトラック実用化
- 水素還元製鉄の技術開発
～2030年度 (GI基金)

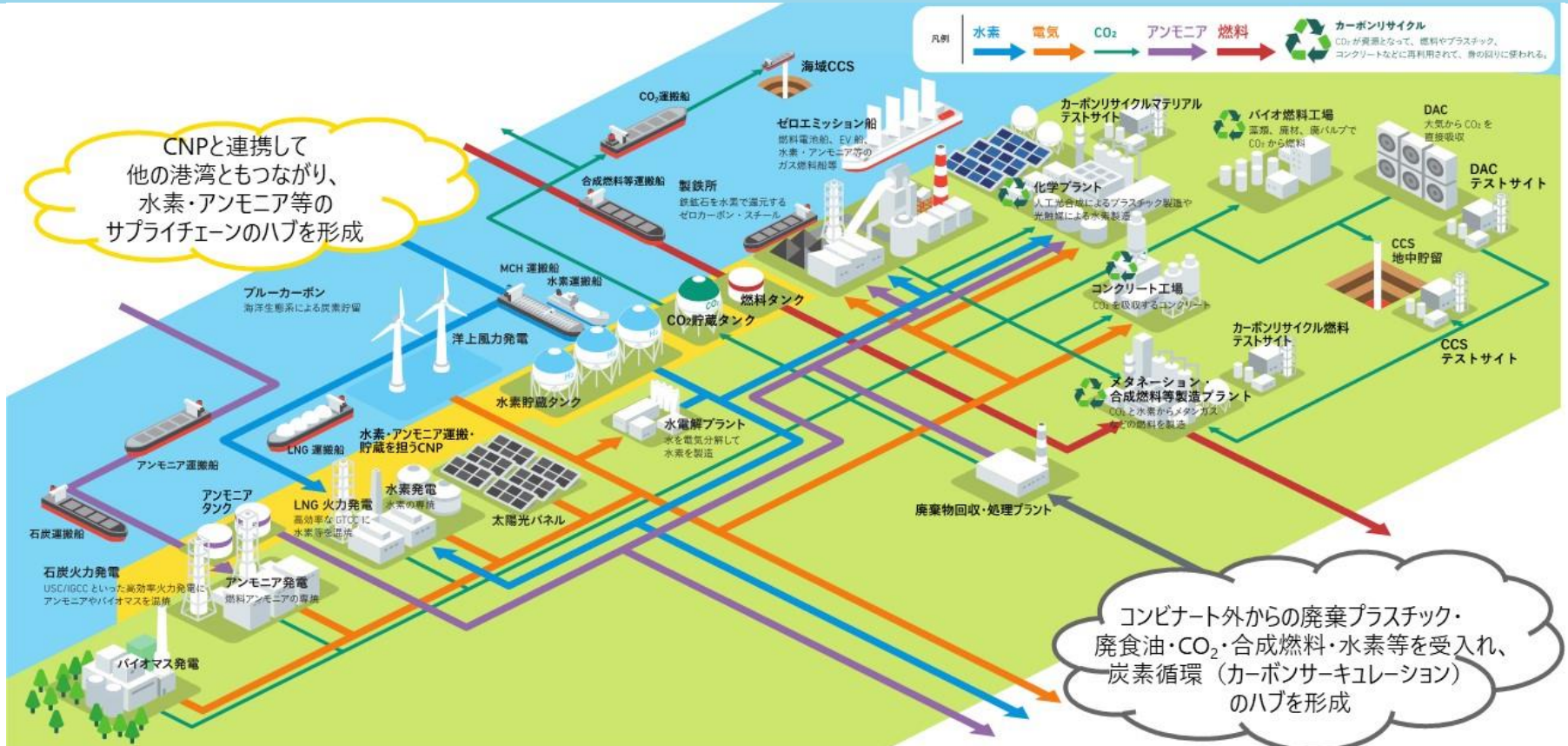
- 水電解装置を用いた水素製造の大型化技術の開発
PEM型 ～2025年度 (GI基金)
アルカリ型 ～2030年度 (GI基金)

拠点形成支援の方向性

令和4年12月13日

第7回 省エネルギー・新エネルギー分科会 水素政策小委員会/資源・燃料分科会
アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会 合同会議

- 「技術開発」から「事業開発」へと支援フェーズは変化することに留意し、バリューチェーンとして事業の立ち上がり
を支援することが重要である。水素・アンモニアのみならず、炭素のまとまった需要のあるコンビナートは拠点形成
の起点となり得る。
- 既存インフラも含む、事業者が有する現在の「強み・アセット」も生かした、国際競争力の向上に資する支援を
講じることが重要。
- こうした点に留意して、大規模な需要創出と効率的なサプライチェーン構築が必要であり、その双方を実現する
ためには、周辺の潜在的需要家の発掘・集積を促し、我が国産業の国際競争力強化にも資するような、
「カーボンニュートラル燃料拠点」の形成を戦略的に支援していくこととする。



カーボンニュートラルの産業イメージ

電気はすべて脱炭素化し、産業部門の電化を進める
水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるキーテクノロジー
CO₂は回収し、カーボンリサイクルや地中貯留(CCS)へ

