



令和5年度地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費
（東京湾岸におけるグリーンイノベーション基金事業の効果的実装に向けた相互影響分析調査）
調査報告書

令和6年3月29日

目次

勉強会の趣旨と実施方針	3
■ 調査対象範囲の決定	7
■ カーボンニュートラルモデルの整理	13
■ 海外事例調査・分析	17
■ 絵姿の作成及びイノベーションポイントの考察	34

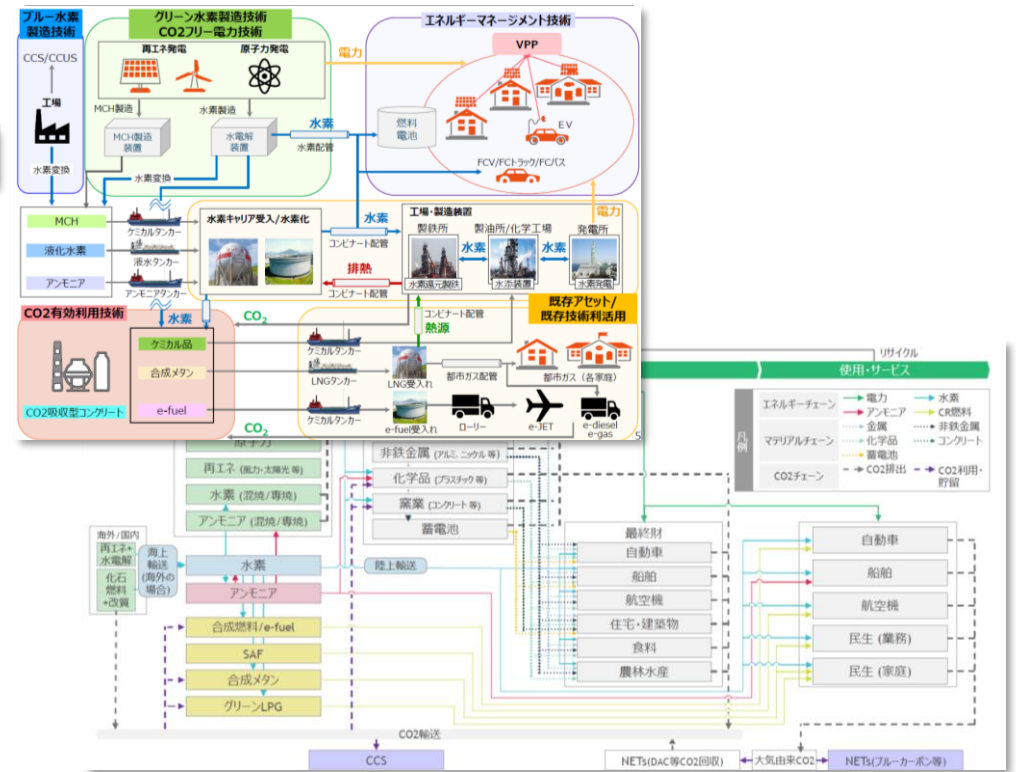
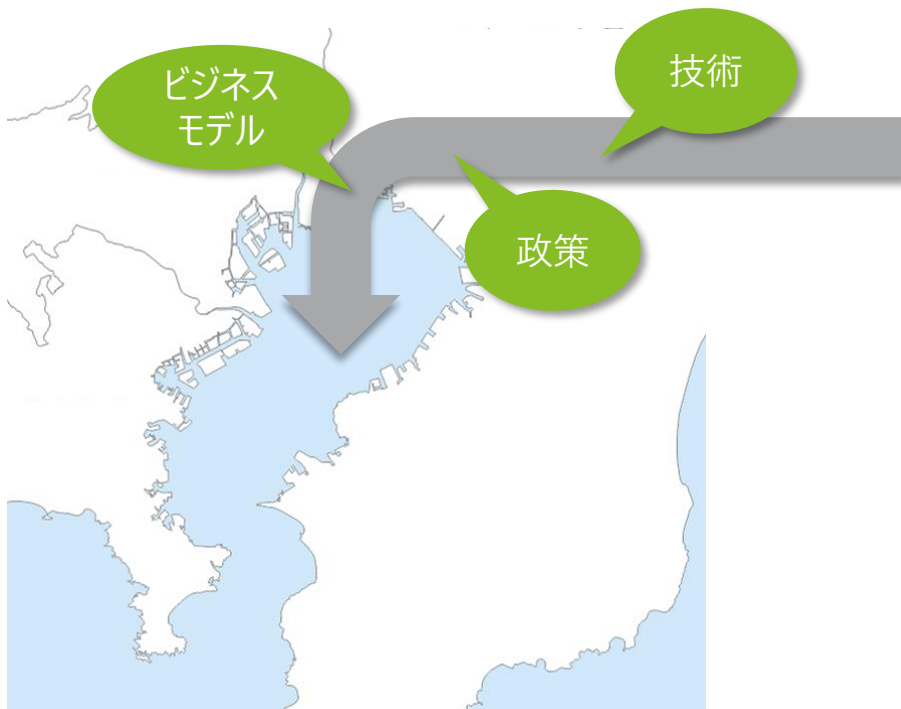
勉強会の趣旨と実施方針

【勉強会の趣旨と実施方針】

東京湾岸地域を対象とし、現状と2050年CNのギャップ是正のための初期検討を行った

勉強会の趣旨

- これまでの「ゼロエミッション検討WG」での議論の成果も踏まえて、2050年カーボンニュートラルが実現しているという前提のもと、東京湾岸地域をモデルとし、現状とのギャップを埋めるための（今後の）必要な取組について初期的議論を行った
- 上記の議論にあたっては、2050年に向けて追加的に必要な、政策的対応、革新的技術、ビジネスモデル、などについて検討し、東京湾岸のカーボンニュートラルエコシステムの絵姿を共有することで、個社の取組の方向性や政策立案の参考とするとともに、不足しているイノベーションポイントの提案につなげることを目指した

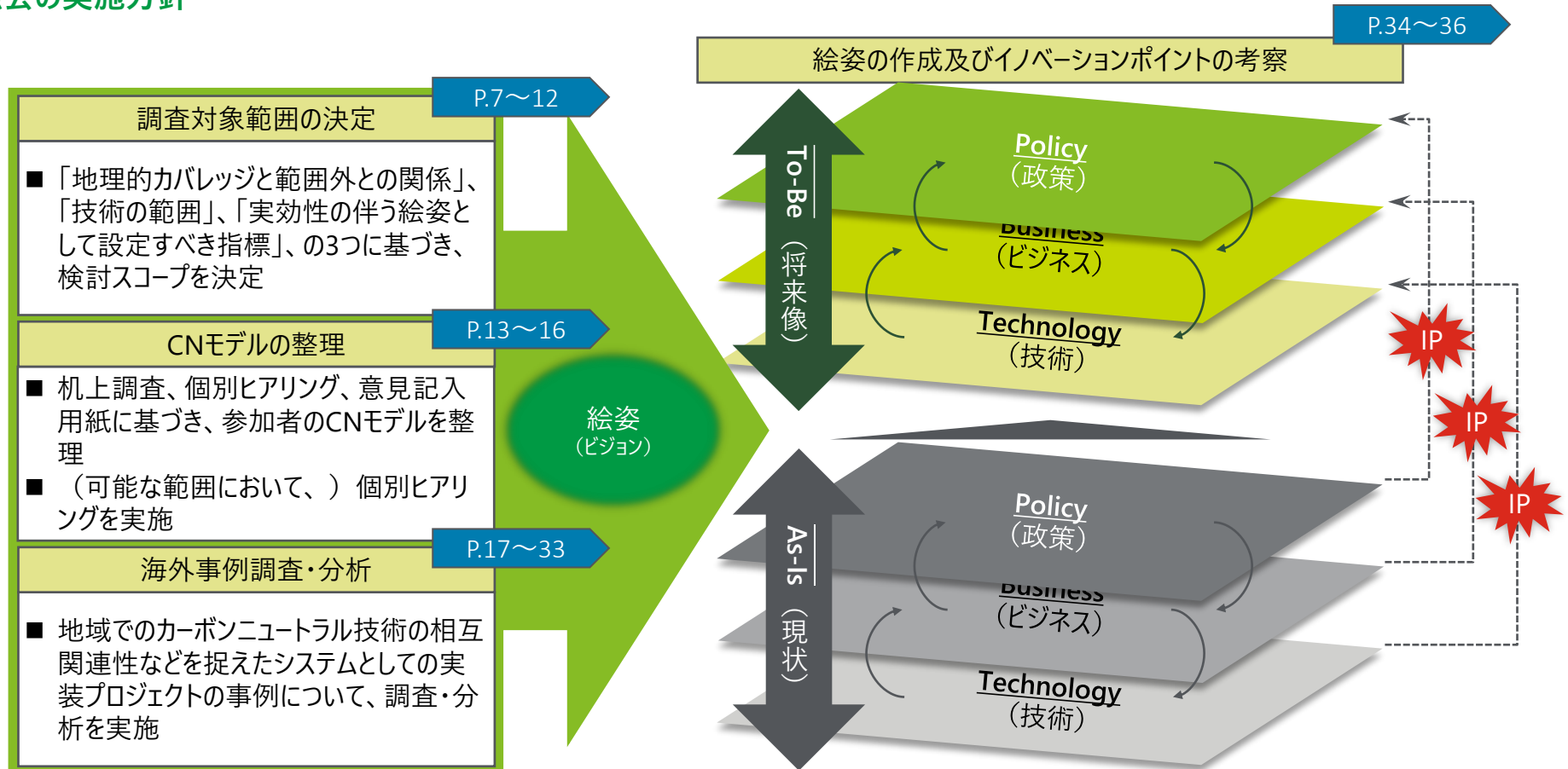


参考：経済産業省「カーボンニュートラル関連政策の動向」（令和5年12月）

【勉強会の趣旨と実施方針】

東京湾岸カーボンニュートラルシステムの絵姿及びイノベーションポイントの初期検討を行った

勉強会の実施方針



～「カーボンニュートラルエコシステムを考える勉強会」の趣旨～

「As-Is (現状)」と「To-Be (2050年カーボンニュートラルの実現 × 東京湾岸地域)」のギャップ是正への必要な取組について深堀・具体化すべく、「Technology (技術)」、「Business (ビジネス)」、「Policy (政策)」の3つの視点に基づき、今後求められるイノベーションポイントを検討していく

* IP : Innovation Point (イノベーションポイント)

【勉強会の趣旨と実施方針】

本年度は計4回に渡って勉強会を開催し、絵姿及びIP*の検討のための論点を洗い出した

全体スケジュール

	第1回勉強会	第2回勉強会	第3回勉強会	第4回勉強会
実施概要	議論のたたき台と参加者意見記入用紙の説明	参加者の問題意識と要点の説明	海外事例調査・分析とシミュレーションの結果の説明	本年度成果と次年度の活動イメージ（案）の説明
議事次第	<ul style="list-style-type: none"> ■ COP28の成果と今後の動向 ■ 本勉強会の全体像及び実施方針 ■ 東京湾岸カーボンニュートラルシステムの絵姿（たたき台） ■ 参加者意見記入用紙 ■ 今後の勉強会スケジュール 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 東京湾岸カーボンニュートラルシステムの想定ビジョン ■ 参加者意見 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 参加者意見記入用紙の結果概要（事務局主体） ➢ 参加者発表（参加者主体） ■ ディスカッション ■ 今後の勉強会スケジュール 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 本日の位置づけ及びこれまでの協議結果 ■ 海外事例調査・分析及びシミュレーションの結果 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 海外事例調査・分析結果 ➢ シミュレーション結果 ■ ディスカッション ■ 次年度の活動イメージ（案） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 東京湾岸カーボンニュートラルシステムの絵姿及びイノベーションポイントの検討 ■ 次年度の活動イメージ（案）及び実施方針についての意見交換

*：イノベーションポイント（：Innovation Point）の略称

調査対象範囲の決定

【調査対象範囲の決定】

本年度は、神奈川・千葉の2地域×GI基金技術を中心に絵姿（たたき台）を作成した

実施方針

- 東京湾岸地域の“どこ”で、“いずれの”技術を、“いつ実効性の伴う”カーボンニュートラルシステムの絵姿（たたき台）を作成した
- 本年度は、以下の6つの主要論点のうち、2つのハイライトを調査対象範囲と設定した

検討要素	主要論点	実施方針
要素1 東京湾岸地域の地理的カバレッジとは加えて、範囲外との関係性とは	■ 対象の東京湾岸地域とは（もしくは、地域の分類とは）	■ 神奈川沿岸エリア（川崎市～横浜市）、千葉沿岸エリア（市原市～君津市）の2つのエリア（参考：東京湾岸自治体環境保全会議）
	■ 国内外のエネルギー輸送方法や、地域内での必要な供給量とは	■ 生産量・輸出入・移出入（活動量）は人口変化及び各業界団体が整理している指標 次年度以降実施予定
要素2 技術の対象範囲とは	■ 対象の脱炭素技術（カーボンニュートラル技術）とは	■ GI基金技術のうち、参加者が現在取組んでいる（研究開発している）技術や、SCの視点から追加検討すべき技術（例：水素配管、水素貯蔵タンク） ■ 技術同士を繋ぐチェーン（例：エネルギーチェーン、CO2チェーン）
	■ 対象技術ごとの主要スペック及び社会実装時期とは	■ 現在、研究開発が進められている技術については2050年までの商用化を想定 ■ 2030年時点においては、各参加者の目標設定の実現を想定 次年度以降実施予定
要素3 実行性の伴う絵姿として設定すべき指標とは	■ GI基金事業の評価として好ましい指標とは	■ 2030年はCO2削減量のみとし、2050年はCO2削減量及び経済波及効果（2050年時点においてライフサイクルでの計上とするかは別途相談） 次年度以降実施予定
	■ 持続性・競争力の維持に向けての価格とは	■ エネルギー価格を評価指標として設定し、カーボンプライシングを踏まえたうえで、既存エネルギーとの価格を比較（対象年：2030年、2050年） 次年度以降実施予定

【調査対象範囲の決定】

本年度は、以下の2つの地域を対象として、絵姿（たたき台）を作成した

要素1 地理的カバレッジの決定

- 東京湾岸自治体環境保全会議においては、“東京都沿岸エリア”、“川崎市・横浜市沿岸エリア”、“横須賀市・三浦市沿岸エリア”、“浦安市～千葉市沿岸エリア”、“市原市～君津市沿岸エリア”、“富津市～館山市沿岸エリア”の6つに分類している
- 東京湾岸カーボンニュートラルシステムの絵姿の作成にあたっては、参加者の活動拠点をもとに、“川崎市・横浜市沿岸エリア”、“市原市～君津市沿岸エリア”の2つのエリアを中心に整理を行った

川崎市・横浜市沿岸



市原市～君津市沿岸



参考：東京湾岸自治体環境保全会議

【調査対象範囲の決定】

参加者の取組を中心として、対象技術の洗出しを行った

要素2 対象技術の決定 (1/2)

- GI基金事業において、現在取り組まれている技術について、まずは整理した
- 上記の実施後、参加者意見記入用紙などをもとに、足りない要素を適宜追加した

GI基金事業において組成されているプロジェクト一覧	ゼロエミバイ採択事業者（略称）
1 洋上風力発電の低コスト化	鹿島建設、TEPCO、三菱電機
2 次世代型太陽電池の開発	AIST、東大、東芝
3 大規模水素サプライチェーンの構築	岩谷産業、ENEOS、川崎重工、NIMS
4 再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造	旭化成、AIST、TEPCO、東レ、日揮ホールディングス
5 製鉄プロセスにおける水素活用	日本製鉄、JFEスチール
6 燃料アンモニアサプライチェーンの構築	AIST、TEPCO、東大、出光興産、千代田化工、東工大、三菱重工
7 CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発	ENEOS、住友化学、東洋エンジニアリング、ブリヂストン、三井化学、三菱ガス化学
8 CO2等を用いた燃料製造技術開発	ENEOS、AIST、東京ガス、出光興産、AICE
9 CO2を用いたコンクリート等製造技術開発	鹿島建設、東大、住友大阪セメント、電中研
10 CO2の分離回収等技術開発	AIST、日本製鉄、住友化学、RITE、千代田化工、デンソー、レゾナック

※プロジェクトの対象は、グリーン成長戦略及び「GX実現に向けた基本方針」に基づく今後の道行きを踏まえて、随時改訂されていく予定

【調査対象範囲の決定】

参加者の取組を中心として、対象技術の洗出しを行った

要素2 対象技術の決定 (2/2)

- GI基金事業において、現在取り組まれている技術について、まずは整理した
- 上記の実施後、参加者意見記入用紙などをもとに、足りない要素を適宜追加した

GI基金事業において組成されているプロジェクト一覧	ゼロエミバイ採択事業者（略称）
11 廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現	未決
12 次世代蓄電池・次世代モーターの開発	日産自動車、日立製作所、出光興産、住友化学、デンソー、マツダ
13 電動車等省エネ化のための車載コンピューティング・シミュレーション技術の開発	日本自動車研究所
14 スマートモビリティ社会の構築	AIST、TEPCO、大林組、電中研
15 次世代デジタルインフラの構築	NEC、デンソー、富士通、東芝（子会社）
16 次世代航空機の開発	川崎重工
17 次世代船舶の開発	伊藤忠商事、商船三井、川崎重工
18 食料・農林水産業のCO2等削減・吸収技術の開発	NARO、森林研究・整備機構
19 バイオものづくり技術によるCO2を直接原料としたカーボンリサイクルの推進	RITE、東京大学、電力中央研究所、東レ、日揮
20 製造分野における熱プロセスの脱炭素化	東京ガス

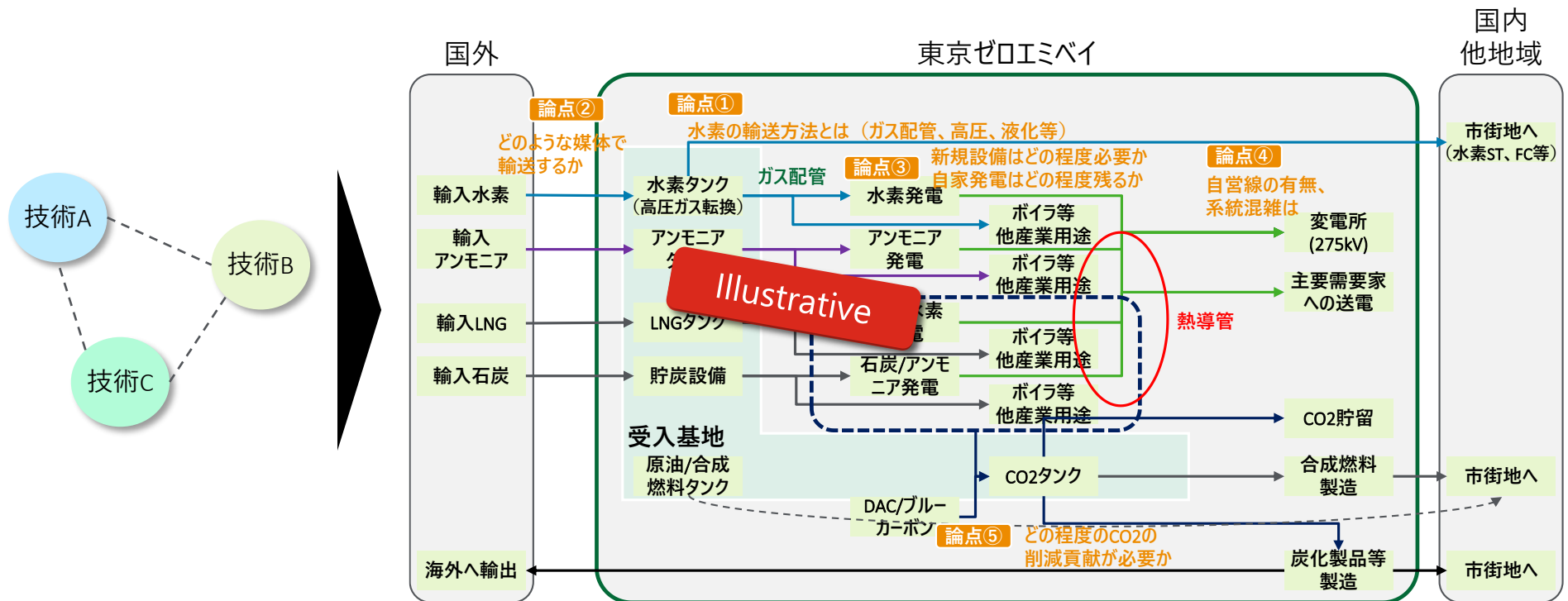
※プロジェクトの対象は、グリーン成長戦略及び「GX実現に向けた基本方針」に基づく今後の道行きを踏まえて、随時改訂されていく予定

【調査対象範囲の決定】

サプライチェーンの視点から追加検討すべき技術やインフラの洗出しを行った

要素2 追加的な調査対象技術の決定

- GI基金技術をエコシステムとして繋げると、関連サプライチェーンの技術が抽出される（例：配管、電力系統、タンク）
- 例えば、“水素の輸送方法”、“媒体”、“自家発電設備”、“自営線と電力系統”などが追加で調査すべき技術として挙げられる



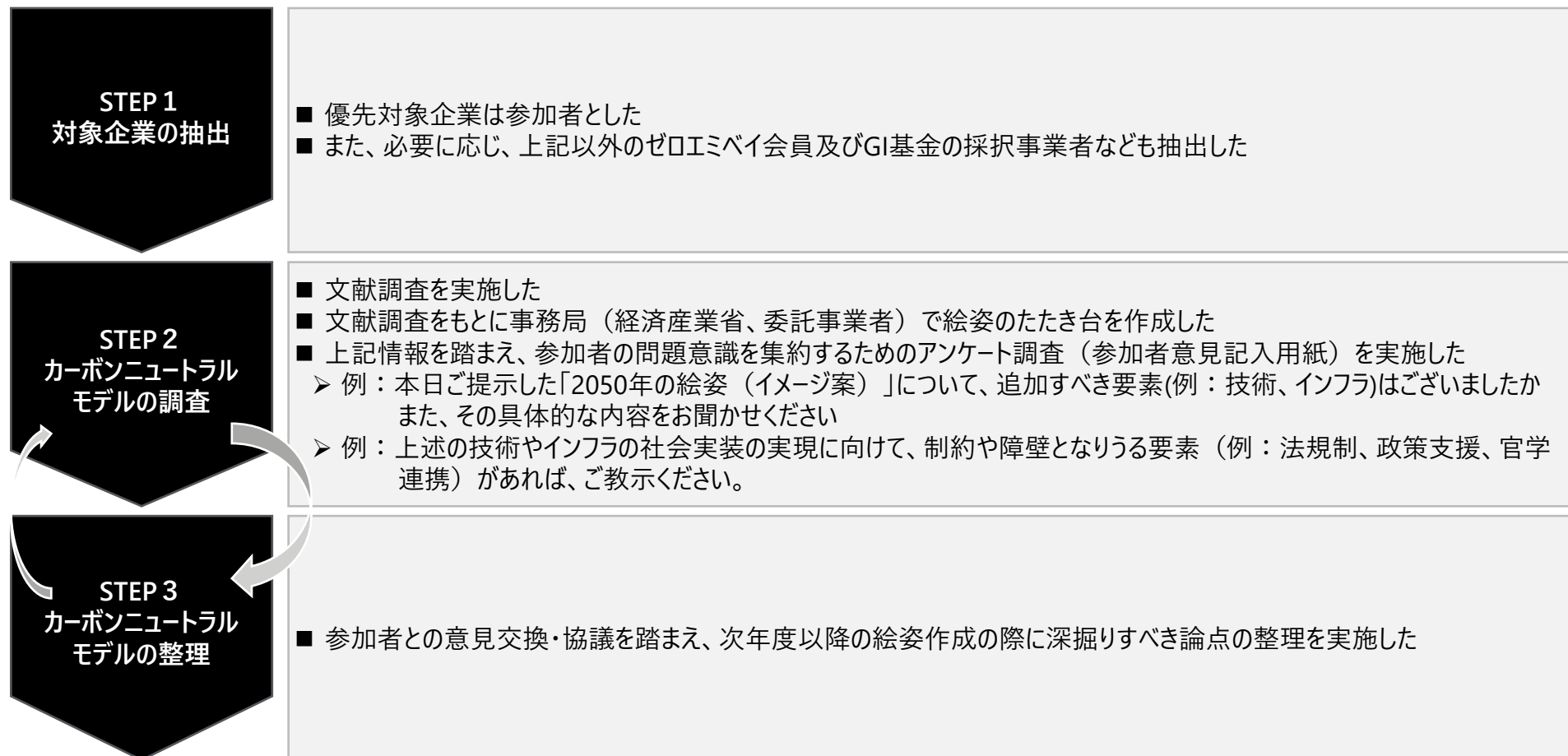
カーボンニュートラルモデルの整理

【カーボンニュートラルモデルの整理】

カーボンニュートラルモデルの整理では、以下の3つのステップに沿って検討を行った

実施方針

実施事項



【カーボンニュートラルモデルの整理】

以下のとおり、エネルギー全般に関する参加者意見を取りまとめた

参加者意見記入用紙の結果概要（エネルギー全般に関するご意見）

- 「参加者意見記入用紙」の回答内容概要について、以下のとおり集約した
- 「参加者意見記入用紙」の回答内容詳細については、参加者希望を踏まえ事務局でのみ取扱うこととし、本調査報告書では概要のみの記載とした

項目	概要
電力	災害（例：能登半島地震や今後の首都直下型地震など）に強い電力供給網を整えることを目的とし、再生可能エネルギーを用いた電力供給分散を行い、小型の電源を分散し狭い地域でエネルギーを地産地消できる体制を整え、マイクログリッドを推進
	電気エネルギーの効率的・安定的利用を目的とした、電力の安定供給に向けた地産地消グリッドの形成
	東京湾岸エリア外との電力系統（送電網）、系統安定
CO2	国内におけるCO2貯留ポテンシャルを鑑みた際に、海外等への搬出・貯留を目的とした、CO2の船舶輸送
	製鉄所で発生したCO2の回収・貯留（CCS）
水素	海外からの輸入水素を想定する場合は、港湾のインフラやパイプラインなどの水素供給インフラが必要
	オンサイトで、水素やe-methane等（再エネ＋水素製造、ターコイズ水素＋炭素処理など）のCN燃料を製造
熱	熱供給チェーンとヒートポンプの反映 理由として、熱利用に伴う燃料使用量削減に向けて、廃熱を利用するためには、高効率の熱交換器が必要となるため
非化石燃料	化石燃料と異なるエネルギー源で生産を行うことや原材料を化石燃料から置き換えることを目的とし、非化石燃料を活用した新たな需要モデルの構築
メタノール・アンモニア	船舶を用いて、国外とメタノールやアンモニアの船舶輸移入

【カーボンニュートラルモデルの整理】

以下のとおり、技術全般に関する参加者意見をとりまとめた

参加者意見記入用紙の結果概要（技術全般に関するご意見）

- 「参加者意見記入用紙」の回答内容概要について、以下のとおり集約した
- 「参加者意見記入用紙」の回答内容詳細については、参加者希望を踏まえ事務局でのみ取扱うこととし、本調査報告書では概要のみの記載とした

大項目	小項目	概要
GI基金の対象 (現時点)	製鉄時のCN燃料利用	製鉄時、CN燃料の活用
	洋上風力	千葉県の外海に対して、浮体式洋上風力設置
	廃棄物	東京に対して、廃棄物循環の反映 例：CO2分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術、高効率なバイオメタン等転換技術
	バイオマス	バイオマス導入ポテンシャルがある東京湾岸地域に対して、バイオマスの反映 例：未利用バイオマスの利用拡大を目指したダイレクトバイオマス燃料電池技術
	ペロブスカイト	東京湾岸全域に対して、ペロブスカイトの反映
	水素	需要：地産地消の水素製造を行う場合、安定した再エネが必要 供給：水素を利用する側の設備導入支援
	ブルーカーボン	東京湾岸全域において、ブルーカーボンの反映
GI基金の対象外 (現時点)	製鉄時のバイオマス利用	市原～君津において、製鉄でのバイオマス利用
	液化水素による冷熱	川崎・横浜、市原～君津において、液体水素の冷熱利用
	CO2の可視化	CO2排出量と利用量・貯留量を勘案したCO2チェーンを可視化するデジタルインフラ
	資源回収	市原～君津、船橋～千葉、東京都湾岸において、東京湾岸の未利用水溶性天然ガス・ヨウ素資源の回収利用（ブルー水素製造含む）及び、CO2溶解水還元技術（CO2-EGWR）を用いた地盤沈下抑制と効率的な資源回収並びにCO2地中貯留の両立
	コミッションング	オペレーションなどソフトウェアに係る技術や設備を計画・設計通りに稼働していることを検証するコミッションング技術も必要

海外事例調査・分析

【海外事例調査・分析】

海外事例調査・分析は、以下の4つのステップに沿って進めた

実施方針

- GI基金プロジェクトで検討されていない“技術”が何かを議論するために、「港湾規模と地域特性の観点から、東京湾岸地域と類似性の高い港湾」及び「参加者意見記入用紙に記載があった港湾」を抽出し、「STEP 2」～「STEP 4」を進めた



【海外事例調査・分析】 調査対象港湾は、以下のとおり抽出した

STEP 1：調査対象港湾の抽出

凡例 ■：エネルギー輸入地域 ■：エネルギー輸出地域

- 世界の港湾別コンテナ取扱量ランキングの中で、阪神港以上の取扱量を有し、京浜港と同規模のものを母集団として設定した
- 上記のうち、京浜港（≠東京湾岸地域）の地域特性と類似しているものを抽出した

#	港湾名 (国・地域名)	取扱量 (万TEU)	地域 特性
1	上海（中国）	4,703.0	—
2	シンガポール	3,747.0	—
3	寧波-舟山（中国）	3,107.0	—

…（スペースの問題上、本紙では記載を割愛）

10	ロッテルダム（オランダ）	1,530.0	■
11	ドバイ（UAE）	1,374.2	*
12	ポートケラン（マレーシア）	1,372.4	*
13	廈門（中国）	1,204.6	*
14	アントワープ（ベルギー）	1,202.0	■
15	タンジュンペレパス（マレーシア）	1,120.0	*

#	港湾名 (国・地域名)	取扱量 (万TEU)	地域 特性
16	ロサンゼルス（米国）	1,067.8	■
17	高雄（台湾）	986.4	*
18	ロングビーチ（米国）	938.4	■
19	ニューヨーク/ニュージャージー（米国）	898.6	*
20	ハンブルグ（ドイツ）	871.5	■
21	レムチャバン（タイ）	833.5	*
22	ホーチミン（ベトナム）	795.6	*
23	京浜（東京、横浜、川崎）	786.9	■

…（スペースの問題上、本紙では記載を割愛）

36	阪神（神戸、大阪）	524.9	—
----	-----------	-------	---

京浜港湾と同規模と仮定

京浜港湾と同規模と仮定




参考：国土交通省HP「世界の港湾別コンテナ取扱個数ランキング（2021年・速報値）」

【海外事例調査・分析】

深堀対象港湾は、以下のとおり抽出した

STEP 2：深堀対象港湾の抽出

- 「社会実装への取組状況（例：産官コンソーシアムなどを通じたプロジェクトの組成・実施）」、「実装技術とゼロエミベイ技術の関連性」、「産官学連携の有無」、「絵姿の多様性」といった観点に基づき、深堀対象港湾を抽出した

港湾名* (国名)	深堀対象港湾の抽出観点			
	社会実装への取組状況	✕ ゼロエミベイ技術との関連性	✕ 産官学連携の有無	✕ 絵姿の多様性
 ロッテルダム (オランダ)	Holland Hydrogen I (社会実装：2025年)	グリーン水素製造プラントの構築	■ 産：Shell ■ 官：Port of Rotterdam	■ プロジェクト全体の絵姿 ■ プロジェクト個別の絵姿
	Porthos (社会実装：2026年)	CCSインフラの構築	■ 産：Gasunie, EBN ■ 官：Port of Rotterdam	■ インフラの絵姿 …
 アントワープ (ベルギー)	Antwerp@C (社会実装：2025年)	CCUSのインフラの構築	■ 産：BASFなど、計7社 ■ 官：Port of Antwerp	■ プロジェクト全体の絵姿 ■ プロジェクト個別の絵姿
	Hydrogen Import Coalition (社会実装：不明)	グリーン水素サプライチェーンの構築	■ 産：Demeなど、計4社 ■ 官：Port of Antwerpなど	■ インフラの絵姿 …
 ハンブルグ (ドイツ)	HGHH (社会実装：2026年)	グリーン水素ハブの形成	■ 産：Shellなど、計12社 ■ 官：Port of Hamburg	■ プロジェクト全体の絵姿 ■ プロジェクト個別の絵姿
	※要確認 (社会実装：2026年)	グリーンアンモニア受入基地の構築	■ 産：Air Productsなど ■ 官：Port of Hamburg	■ ハブ拠点の絵姿 …

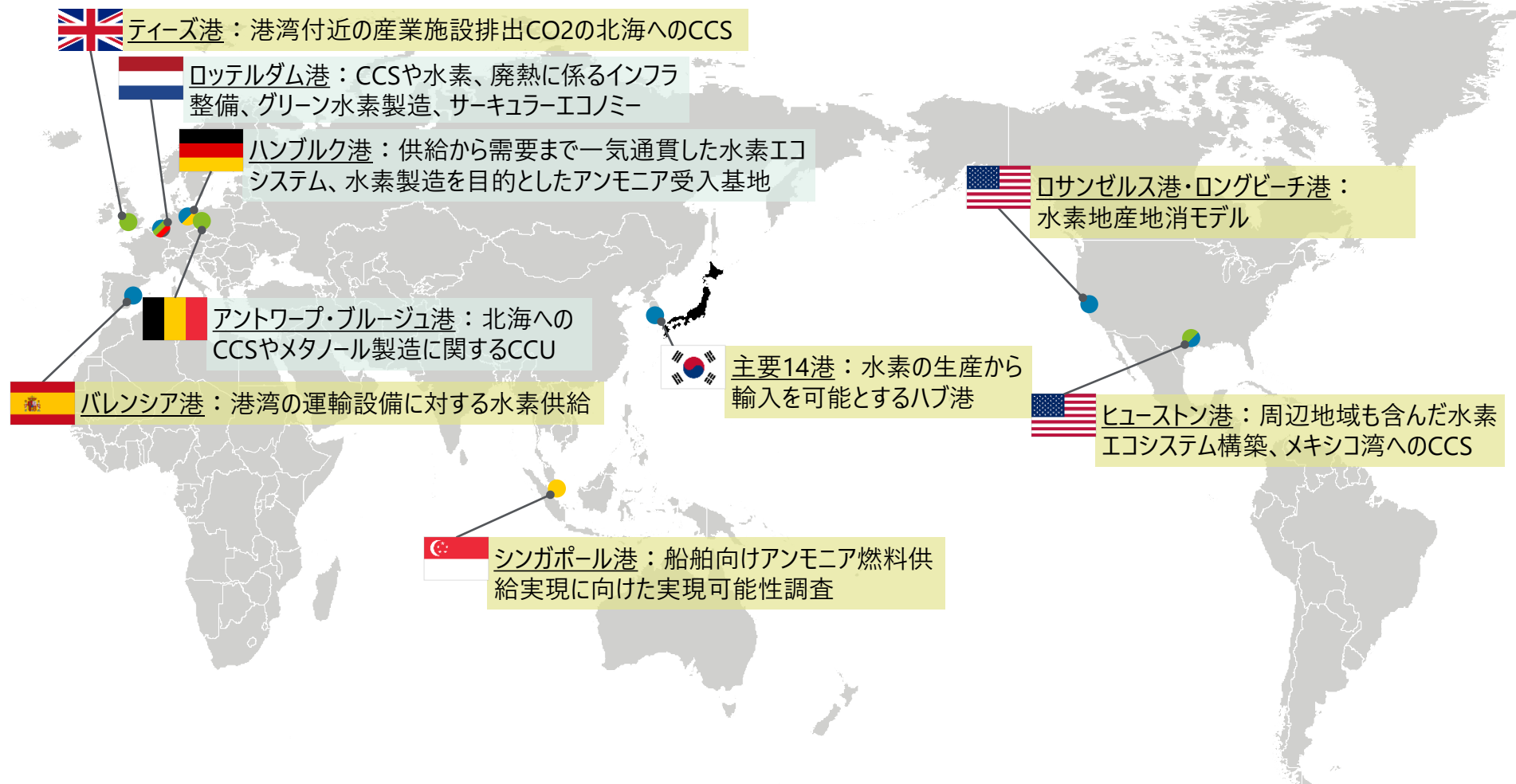
参考：各種港湾プロジェクト

【海外事例調査・分析】

海外港湾では、主に水素及びCO2に関する取組が推進中で、 サーキュラーエコノミーやアンモニア受入・利用、廃熱についても一部港湾で検討中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査

凡例 ●：水素 | ●：CO2 | ●：資源 | ●：アンモニア | ●：熱
□：事務局より抽出 | □：参加者意見記入用紙より抽出



アントワープ・ブルージュ港では、港湾周辺で排出されたCO2の国外輸送によるCCS及びCO2と水素による国内メタノール生産が検討されている

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | アントワープ・ブルージュ港（ベルギー）

● 港湾特徴

ベルギーはエネルギー輸入国である。また、港湾周辺産業として石油化学工業が欧州最大級で、コンテナ取扱量*1では世界14位

● プロジェクト名称

- ✓ Antwerp@C
- ✓ Power to Methanol Antwerp（現在休止中）

● プロジェクト概要

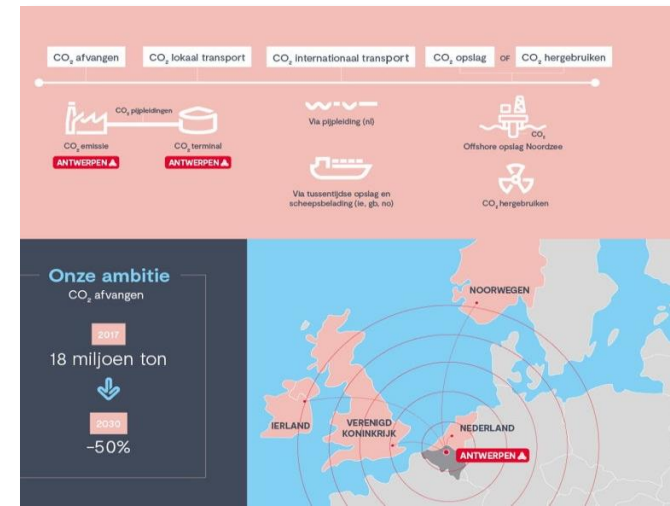
Antwerp@C

- 産業由来のCO2を回収・再利用・輸送・貯留を検討するコンソーシアムでプロジェクトを運営
- 港湾周辺で排出されたCO2を、①ノルウェー領海の北海の枯渇ガス田に船舶輸送、または②ロッテルダム港にパイプライン輸送した後に、北海に輸送することを想定
- 運用開始10年間で約14.2百万トンのCO2削減予定
- EUから約9百万ユーロの補助金

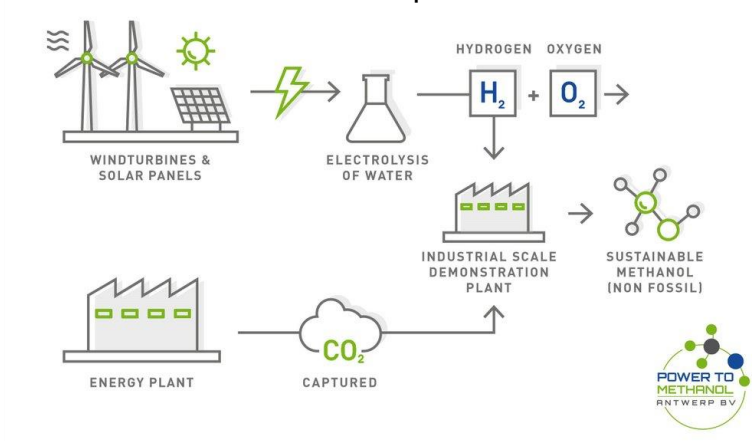
Power to Methanol Antwerp

- 回収したCO2とグリーン水素からメタノール生産を目指すプロジェクト
- 将来的には、海洋および道路輸送用の持続可能な燃料などの産業用途のため、メタノールを活用予定
- フランダーズ政府から100万ユーロの財政支援

■ Antwerp@C



■ Power to Methanol Antwerp



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考：アントワープ・ブルージュ港、Power to Methanol Antwerp社ホームページ

ハンブルク港では、様々な企業が連携し、供給から需要まで一気通貫した水素のエコシステム、加えて水素製造を目的としたグリーンアンモニア輸入・流通インフラを構想中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | ハンブルク港（ドイツ）

● 港湾特徴

ドイツはエネルギー輸入国である。港湾付近は、大型航空機や医療などの産業が多く存在し、コンテナ取扱量*1では世界20位

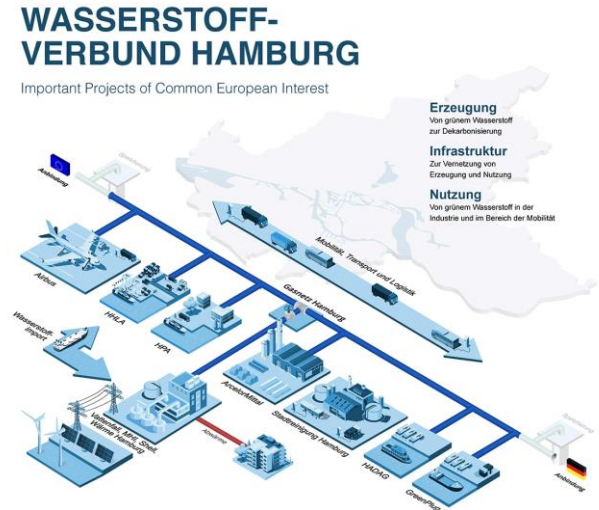
● プロジェクト名称

✓ HGHH（Hamburg Green Hydrogen Hub）、Hamburger Hydrogen-Industrie-Net（HH-WIN）、Hydrogen Logistics Applications & Distribution（H2LOAD）など

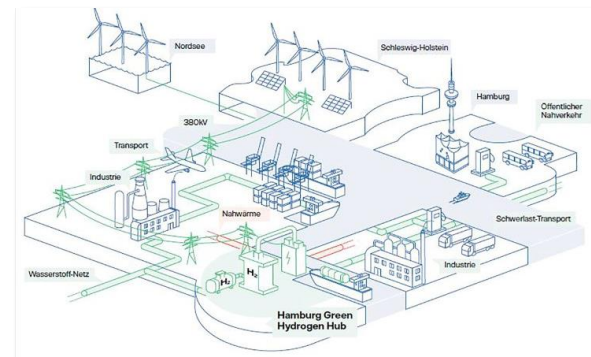
● プロジェクト概要

- 12社が9つのプロジェクト（一部プロジェクトの概要を以下に記載）の水素ネットワークを形成し、2030年までに100万トン削減予定
現在、IPCEIプログラムに基づくドイツ連邦政府による財政支援申請中
- 周辺産業や家庭を目的とした、**風力/太陽光から水素を製造可能な出力100MWの水電解装置を建設予定**
- 2030年までに、水素インフラを整備し、年間約5億7,000万立方メートルの**天然ガスをグリーン水素に代替し、120万トンのCO2削減**想定
- **水素を動力源とする船舶や民間航空機**の開発や、**燃料電池駆動を備えたさまざまなタイプの大型機器**（トラック、トラクター、フォークリフト、コンテナフォークリフトなど）を稼働予定
- また、**水素還元製鉄**を検討
- また、**ドイツ北部への水素供給を目的**とし、既存のタンクターミナルを活用して、**大規模なグリーンアンモニア輸入・流通インフラ及び水素製造施設の設置**を2026年までに実施する予定

■ 12社・9プロジェクトの水素エコシステム形成



■ Hamburg Green Hydrogen Hub



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考： Vattenfallのプレスリリース、Hamburg Moorburg、ArcelorMittalのホームページ

バレンシア港では、港湾に用いる運輸施設への水素供給を実証中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | バレンシア港（スペイン）

● 港湾特徴

スペインはエネルギー輸入国である。港湾付近は、農産物の集散地で、コンテナ取扱量*1では世界31位

● プロジェクト名称

✓ H2Ports project

● プロジェクト概要

- 移動式水素供給ステーションを用いて、運輸設備（スタッカレーンやトラック）の燃料電池に対して、水素供給の実施を想定
- 運用活動の2年間にわたり毎日機器を稼働させ、燃料電池港湾機器の運用のエネルギー効率、性能、安全性を向上させる方法について実証・検証中
- 2030年までのゼロエミッションを掲げている
- 官民含めて総投資額として、約400万ユーロとなっている

■ H2Ports project



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考：H2Ports projectホームページ

ロサンゼルス港・ロングビーチ港では、RNGを活用した水素製造から、運輸設備への利用に関する実証事業を実施中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | ロサンゼルス港・ロングビーチ港（アメリカ）

● 港湾特徴

ロサンゼルスは、映画や情報産業、製造業が主流で、コンテナ取扱量*1ではLA港が世界16位、LB港が18位

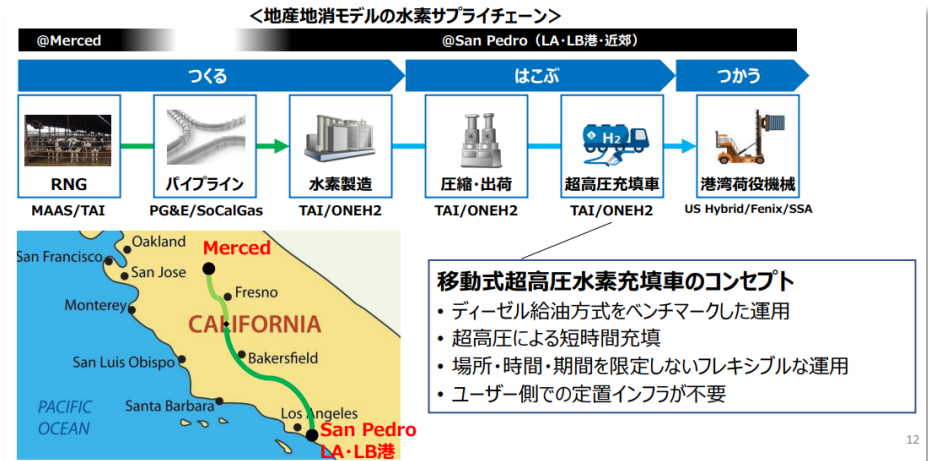
● プロジェクト名称

✓ 水素地産地消モデルの実証事業

● プロジェクト概要

- NEDOの「水素社会構築技術開発事業／地域水素利活用技術開発」の採択を受け、2022年2月から、2026年3月まで、運輸設備（港湾荷役機械と輸送トラックなど）及び港湾特化の地産地消型クリーン水素モデルの事業を実施
- 水素地産地消のサプライチェーン構築に関しては、家畜ふん尿由来の再生可能天然ガス（RNG）をガス改質し、水素製造を想定
- そのうえで、水素製造設備、超高压移動式水素充填車を開発・導入し、水素供給方法を検証中
- FC化した運輸設備（港湾荷役機械や港湾に出入りする輸送トラックなど）の水素充填や機械の稼働時間の検証など、実使用環境下での運用・実証

■ 水素サプライチェーン・供給インフラ構想内容



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考：豊田通商株式会社のプレスリリース

ロッテルダム港では、北海へのCCS・産業廃熱・水素利用を目的としたインフラ整備、グリーン水素製造、産業廃棄物に関するサーキュラーエコノミーが推進中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | ロッテルダム港（オランダ）

● 港湾特徴

オランダはエネルギー輸入国である。港湾付近は、石油化学工業地帯で、コンテナ取扱量*1では世界10位

● プロジェクト名称

✓ Cluster Energy Strategy Rotterdam Moerdijk Key Project

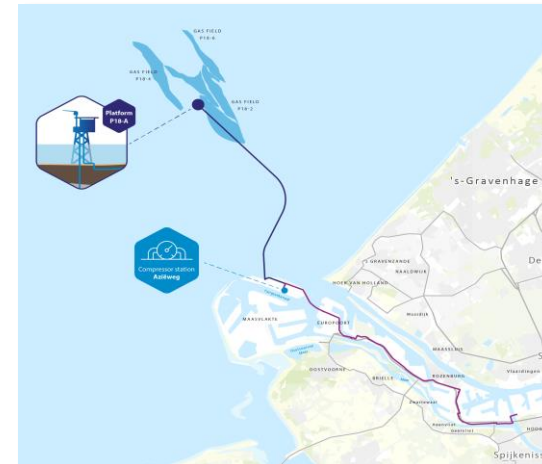
● プロジェクト概要

- 2050年までにカーボンニュートラル、2030年までに2,300万トンのCO2削減を目指し4本の柱（以下記載）に基づく8つのプロジェクトを取り組み、循環型港湾に向けたエネルギー転換を予定
 1. 産業排出CO2を北海へ貯留するためのパイプライン、産業排出熱による家庭/企業利用のための地下配管、産業用途水素の配管や輸入ターミナルなどの、**新たなインフラ整備**
 2. **洋上風力による電解装置**（2025年までに、250MWの電解装置を開発予定）を用いて、**年間約10～18万トンのグリーン水素**を産業界や運輸部門に供給
 3. 産業排水からの塩素や廃棄物からの金属原材料、風力タービンブレードからの他原料へのリサイクルなど、**循環型経済の実現**
 4. 物流チェーンに係る、**化石燃料から代替燃料/持続可能燃料へのシフト**
- EUから2,500万ユーロの資金提供

■ 水素エコシステム



■ 北海洋上CCSエコシステム



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
 参考：ロッテルダム港湾局、Porthosのホームページ

シンガポールでは、船舶向けのアンモニア燃料供給実現に向けた調査を実施している

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | シンガポール港（シンガポール）

● 港湾特徴

シンガポールはエレクトロニクスや石油産業が主流で、コンテナ取扱量*1では世界2位

● プロジェクト名称

✓ 船舶向けアンモニア燃料供給実現に向けた実現可能性調査

● プロジェクト概要

- 2021年3月より[シンガポールでの船舶向けアンモニア燃料供給の事業化に向けて、複数社で検討](#)
- 参画団体：住友商事、川崎汽船、A.P. Moller - Maersk A/S、Fleet Management Limited、Keppel Offshore & Marine、Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping、American Bureau of Shipping、シンガポール海事港湾庁
- アンモニア調達地候補の特定、インフラ（輸送船・貯蔵タンクなど）、輸送船の基本設計、コスト見積もり、安全評価、オペレーション策定など、商業的実現に向けて調査を実施

イメージなし

*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考：住友商事、Maersk Mc-Kinney Møller Centerのプレスリリース

ヒューストン港湾では、周辺地域も巻き込んだ水素エコシステム構築及びメキシコ湾へのCCSを構想中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | ヒューストン港（アメリカ）

● 港湾特徴

港湾付近は、天然ガス、石油化学工業地帯でコンテナ取扱量*1では世界56位

● プロジェクト名称

- ✓ HyVelocity Hub
- ✓ ヒューストンCCSイノベーションゾーン

● プロジェクト概要

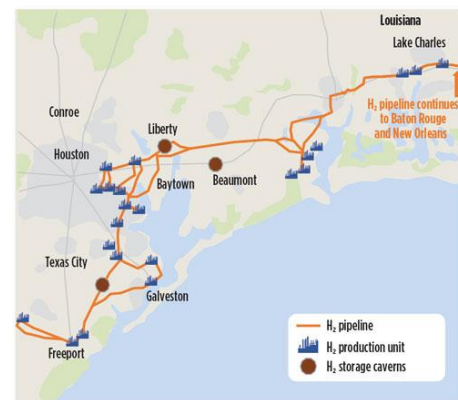
HyVelocity Hub

- テキサス州、ルイジアナ州南西部、および米国メキシコ湾岸沿いのクリーン水素エコシステム（製造から供給、利用）を推進
- 水素を活用し、産業用途や輸送に用いる低炭素燃料、家庭用の熱・電気生産などを検討
- 10年間で1キログラムあたりのクリーン水素のコストを80%削減（1ドル/kg）を目指す
- 米国の超党派による、インフラ投資で最大12億ドル

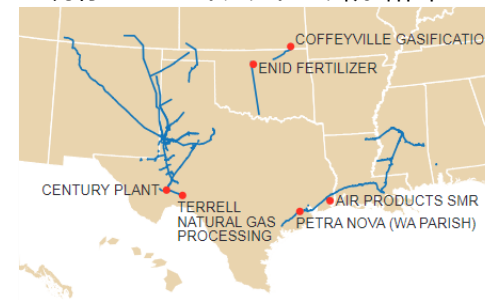
ヒューストンCCSイノベーションゾーン

- ExxonMobil発案で、周辺地域の石油化学、製造、発電施設からCO2を回収し、2030年までに年間最大5,000万トン、2040年までに1億トンのCO2を回収することを目標に掲げている
- 対象地域での連合を立ち上げ、官民共同でメキシコ湾海底にパイプラインを用いてCCS推進予定
- 企業や政府から、総投資額1,000億ドル以上が必要と想定

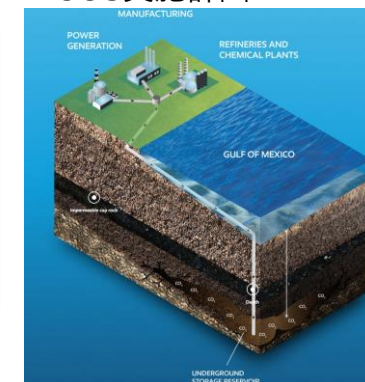
■ 米国メキシコ湾岸地域における既存H2システム



■ 既存CO2パイプラインの概略図



■ CCS実施計画



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照

参考：HyVelocity Hubのホームページ、ExxonMobil、ガルベスタウン郡（テキサス州）のプレスリリース、国家石油評議会「Carbon Capture, Use, and Storage (CCUS) Report」

【海外事例調査・分析】

ティーズ港では、港湾周辺の産業施設から排出されたCO2をパイプラインを通じて、北海にCCSすることを構想中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | ティーズ港（イギリス）

● 港湾特徴

イギリスはエネルギー輸入国である。港湾付近は、石油やポリマー、汎用化学産業が多く存在し、コンテナ取扱量*1では世界100位圏外

● プロジェクト名称

✓ Net Zero Teesside

● プロジェクト概要

- CO2の輸送・貯留インフラを整備し、CCSを行うことで、ゼロカーボンの産業クラスターとすることを旨す
- 各施設で排出されたCO2は、パイプラインを通じて北海南部（エンドウランス帯水層）に貯留
- 2030年にはプロジェクト対象地域で、年間1,000万トンのCO2回収を見込んでいる
- イギリス政府のccusに関する助成プロジェクトの対象で、他プロジェクトと合わせて10億ポンド

■ ティーズエリアの産業とCO2パイプラインの構想



*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考： Net Zero Teessideのホームページ、日本貿易振興機構の記事

韓国における主要14港では、産業施設と連携したブルー水素製造やグリーン水素輸入に対応する水素ハブ港を構築し、港湾輸送施設に対して利用することを検討中である

STEP 3：深堀対象港湾の実態調査 | 韓国における主要14港（韓国）

● 港湾特徴

韓国はエネルギー輸入国であり、電子機器、自動車、鉄鋼が主要産業
釜山港のコンテナ取扱量*1は世界7位、麗水港光陽港は85位

● プロジェクト名称

未定

● プロジェクト概要

- ▶ 海洋水産部が2040年までに計14か所の水素港湾を造成し、港湾を通じて、年間1,300万トンの水素を供給することを目指す
 - 蔚山港：既存のLNG施設を活用したブルー水素の生産インフラを整備するほか、グリーン水素を輸入後、韓国内に供給する水素ハブ港
 - 光陽港：複合水素ステーション（水素エンジントラックの休憩所や発電施設など）を2040年までに港湾周辺の石油化学プラントと連携して水素を生産・消費拠点を構築予定
 - 釜山港：船舶や貨物車のための水素燃料生産および供給システム構築
 - 平沢・唐津港：2025年から、水素モビリティ実証工業団地を造成し、2040年までに、港湾荷役機械全般を水素燃料にシフト
 - 群山港：二酸化炭素（CO2）を貯蔵する技術を活用しブルー水素を生産する専用ターミナルを、2028年までに試験的に構築
- ▶ SKグループは、2021年から5年間で約165億ドルを投資予定

イメージなし

*1：2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022より）を参照
参考：各種報道

【海外事例調査・分析】

海外港湾の推進・検討内容の中で、GI基金プロジェクトで検討されている事例もある一方、未検討事例も存在している

STEP 4：調査結果のとりまとめ（1/3）

凡例	 GI基金プロジェクトで検討
	 GI基金プロジェクトで未検討（類似プロジェクトは存在するが、支援対象外）
	 GI基金プロジェクトで未検討（類似プロジェクトは存在しない）

分類		海外事例	GI基金プロジェクトとの比較
水素	製造	LNG・化学施設との連携や家畜糞尿由来の再生可能天然ガスの利用 (ロサンゼルス港/ロングビーチ港)	③大規模水素サプライチェーンの構築 (液化水素、MCH、アンモニアからの水素製造以外は未検討)
		グリーン水素の製造 (ハンブルク港)	③大規模水素サプライチェーンの構築
	流通	水素輸入・流通インフラの整備 (ハンブルク港、ロッテルダム港、ヒューストン港、韓国主要14港)	③大規模水素サプライチェーンの構築
	利用	航空機、船舶 (ハンブルク港)	⑯次世代航空機の開発、⑰次世代船舶の開発
		水素還元製鉄 (ハンブルク港)	⑤製鉄プロセスにおける水素活用
	港湾における運輸設備 (ハンブルク港、バレンシア港、ロサンゼルス港/ロングビーチ港、韓国主要14港)	未検討 (エネルギー基本計画や国土交通グリーンチャレンジで検討中)	
CO2	CCS	パイプラインや船舶輸送を用いた産業排出CO2のCCS (アントワープ・ブルージュ港、ロッテルダム港、ヒューストン港、ティーズ港)	未検討 (GX実現に向けた基本方針で検討中)
	CCU	グリーン水素を活用したメタノール生産 (アントワープ・ブルージュ港)	⑧CO2等を用いた燃料製造技術開発 (LPガス合成過程として、メタノールは存在するが、メタノール生産が主目的ではない)
資源		塩素や廃棄物からの金属原材料、風力タービンブレードなど産業廃棄物の活用した、資源循環経済 (ロッテルダム港)	⑪廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現
アンモニア	流通	グリーンアンモニア輸入・流通インフラの整備 (ハンブルク港)	⑥燃料アンモニアサプライチェーンの構築 (合成技術やタービンについては言及されているが、受入基地については言及無し)
	利用	船舶利用 (シンガポール港)	⑰次世代船舶の開発 (水素・アンモニア・LNGの燃料利用)
熱		産業廃熱の家庭/企業への利用及びインフラ整備 (ロッテルダム港)	未検討 (未利用熱活用制度は存在)

【海外事例調査・分析】

各海外港湾において、カーボンニュートラル実現に向けて下記の推進・検討が行われている

STEP 4：調査結果のとりまとめ（2/3）

凡例 ●：水素 | ●：CO2 | ●：資源 | ●：アンモニア | ●：熱

港湾特徴			港湾名	各港湾の推進・検討内容
港湾規模*1	エネルギー輸出/輸入国*2	港湾周辺地域主要産業		
－	エネルギー輸入国	化学、鉄鋼	京浜・京葉港	－
同程度	エネルギー輸入国	化学	アントワープ・ブルージュ港	<ul style="list-style-type: none"> ● 産業排出CO2の①北海へ船舶輸送、②ロッテルダム港へのパイプライン輸送 ● 輸送燃料や産業用途を目的とした、CO2とグリーン水素を活用したメタノールを国内で生産（現在休止中）
		航空産業 医療	ハンブルク港	<ul style="list-style-type: none"> ● 企業が連携して、供給～需要までの水素エコシステムを構築 ● 家庭/企業の利用を目的とした、風力・太陽光発電によるグリーン水素製造や、港湾に用いる運輸設備や水素を動力源とする船舶、民間航空機、水素還元製鉄に水素を使用することを検討 ● ドイツ北部への水素供給を目的とし、グリーンアンモニア輸入・流通インフラ及び水素製造施設を整備することを予定
		農産物	バレンシア港	<ul style="list-style-type: none"> ● 港湾に用いる運輸設備に対する水素活用
	エネルギー輸出国	映画・情報産業 航空・宇宙産業	ロサンゼルス港 ロングビーチ港	<ul style="list-style-type: none"> ● 家畜糞尿由来の再生可能天然ガスによる水素製造 ● FC化した運輸設備への水素供給

*1：「2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022）」を参照すると、京浜地域（東京・横浜・川崎）のコンテナ取扱量は22位と23位の間に該当するため、前後10位である12～33位を『同程度』として、本資料では定義する。 *2：「Green hydrogen: Energizing the path to net zero（Deloitte）」の2050年における主要地域間の世界水素に基づき、参考までにエネルギー輸出/輸入国を判断する。 32
参考：各社ホームページ、関連ニュースを参照

【海外事例調査・分析】

各海外港湾において、カーボンニュートラル実現に向けて下記の推進・検討が行われている

STEP 4：調査結果のとりまとめ（3/3）

凡例 ●：水素 | ●：CO2 | ●：資源 | ●：アンモニア | ●：熱

港湾特徴			港湾名	各港湾の推進・検討内容
港湾規模*1	エネルギー輸出/輸入国*2	港湾周辺地域主要産業		
—	エネルギー輸入国	化学、鉄鋼	京浜・京葉港	—
異なる規模 (京浜地域より上位)	エネルギー輸入国	化学	ロッテルダム港	<ul style="list-style-type: none"> ● CCSや家庭/企業利用目的の産業廃熱利用、産業用途の水素利用を目的としたインフラ（パイプラインや輸入ターミナルなど）の整備 ● 洋上風力によるグリーン水素製造 ● 産業廃棄物（塩素や廃棄物からの金属原材料、風力タービンブレードなど）による循環型経済
		電子機器 化学	シンガポール港	● 船舶に対してのアンモニア供給
異なる規模 (京浜地域より下位)	エネルギー輸出国	化学	ヒューストン港	<ul style="list-style-type: none"> ● 家庭/企業の利用を目的とした、国内外問わず他地域も巻き込んだ水素エコシステムの形成 ● 官民共同で、産業排出CO2のメキシコ湾への配管を用いたCCSの推進
		化学	ティーズ港	● 産業排出CO2の北海へのパイプライン輸送
異なる規模 (全港湾において、京浜地域と異なる規模)	エネルギー輸入国	電子機器 自動車 鉄鋼	韓国における主要14港	<ul style="list-style-type: none"> ● LNGや石油化学施設と連携したブルー水素製造、またグリーン水素の輸入に対応する水素ハブ港の構築 ● 港湾の輸送設備に対しての水素利用

*1：「2021年における世界の港湾別コンテナ取扱量（ONE HUNDRED PORTS 2022）」を参照すると、京浜地域（東京・横浜・川崎）のコンテナ取扱量は22位と23位の間に該当するため、前後10位である12～33位を『同程度』として、本資料では定義する。 *2：「Green hydrogen: Energizing the path to net zero（Deloitte）」の2050年における主要地域間の世界水素に基づき、参考までにエネルギー輸出/輸入国を判断する。 33
参考：各社ホームページ、関連ニュースを参照

絵姿の作成及びイノベーションポイントの考察

【絵姿作成及びイノベーションポイントの考察】

勉強会参加者との協議・意見交換を踏まえつつ、絵姿作成（たたき台）の検討を行った

絵姿作成への勉強会参加者コメント

絵姿の全体像

- 輸入燃料の価格が高いことから、結果として、輸入燃料と比べ安価な国内再生可能エネルギー（京浜と京葉のいずれでも、供給されていく電力は域内で発電されたもののみならず、系統増強などによって域外から供給されてくるものも含まれている）が進んで、電化の加速された絵姿となっている
- 他方、国内再生可能エネルギーのみですべてのエネルギー需要を賄うことは難しいことから、水素・アンモニアや合成メタン・合成燃料といったカーボンニュートラル燃料が補完的に輸入されていく絵姿となっている

水素・アンモニア

- いずれの地域でも、水素配管の拡充・新設などによって、多様な部門（発電、産業、運輸、一部民生）に対し輸入水素が導入されていく（かつ周辺地域への燃料輸送も行われていく）うえ、水素配管の拡充・新設などは単一地域内で留まらず、エコシステムとしての東京湾岸全体のエネルギー需給最適化の観点から、京葉側と京浜側で横断していくようなものも設置しう方向性があるのではないか
- アンモニアの用途としては、船舶燃料や石炭火力発電への混焼・専焼といった検討の余地があるのではないか

合成メタン・合成燃料

- 合成メタンと比べLNGの方が安価なため、いずれの地域でも、引き続き、民生部門では都市ガスの利用が大部分を占めていくうえ、もう一つの輸入燃料の合成燃料も高価なため供給は限定的となって、運輸部門では、EV（旅客メイン）、FCV（貨物メイン）の導入が推進されていくのではないか
- なお、カーボンニュートラル燃料の輸入量の考え方としては、燃料価格のみならず、熱量（需要側の規模）も抱合せて検討していくことが求められるうえ、土地制約や土地コスト、インフラ整備のためのリードタイムなどの制約も考慮していく必要があるのではないか

化石燃料

- 引き続き、LNG発電の利用（一部、水素発電へシフトしていく）は行われていくものの、2050年までに石炭火力発電所は廃止（アンモニア専焼・混焼へ完全切替）されていくのではないか
 - なお、電力供給の観点からは、商業地において、オフィスビルなどへのペロブスカイト太陽電池の設置やVPP（例：EVからの電力融通）といったGI基金関連技術の社会実装が推進されていくのではないか

CO2

- 発電所、製鉄所、化学プラントなどで排出されたCO2は域内・域外問わず、回収・貯留（CCS）していく可能性が考えられるうえ、CCUの観点から、化学品製造へ利用していくものとし、エチレン生産のための材料として活用していく可能性も考えられる（ただし、化石燃料由来のCO2のCCUとしての活用可能性については、海外動向なども注視しつつ、精査していく必要があるのではないか）
- CCUSの最適利用のためには、イギリスの主要な産業クラスターでのCCUSプロジェクトなども参考としつつ、各臨海工業地帯においてCO2配管を設置（かつ、水素配管同様、地域横断的なものも設置）し、融通の最適化を図っていくことが好ましいのではないか

【絵姿作成及びイノベーションポイントの考察】

前頁の協議・意見交換の結果を踏まえつつ、イノベーションポイント（案）の検討を行った

イノベーションポイント（案）の考察

2050年カーボンニュートラル達成のための制約（例）

物理的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 各技術はつながるか■ インフラ整備にあたって十分な土地はあるか
技術的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 検討されている技術の実現性とは■ 新技術の実用化タイミングとは
時間的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 2030年において、To-Be（将来像）を実現するための各種設備の製造は間に合うか
資源的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 2030年以降の貴金属などの資源調達が可能か（需要に対し、十分な採掘権はあるか）
人的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 各種サプライチェーンを担うプレイヤーはいるか■ 技術の実装に向けて十分な研究者はいるか
経済的制約	<ul style="list-style-type: none">■ 目標とするコストの達成は可能か

今後検証すべき要素（例）

- ✓ 水素輸入量が増加した際に、船舶数や受入・貯蔵タンク的能力などのキャパシティーは十分か
- ✓ CCSを実施するためのCO2チェーンの新設などは現実的か
- ✓ データセンターへの冷熱利用の実現性はあるか
- ✓ 合成メタンや合成燃料などのCN燃料は、域内で製造していくか
- ✓ 水素タンカーなどの次世代技術の製造は間に合うか
- ✓ カーボンニュートラル達成時点において、コバルト、リチウム、白金などの貴金属は調達可能か
- ✓ 次世代型太陽電池を建設するプレイヤーは十分か
- ✓ キングスカイフロントのような研究拠点は追加的に必要か
- ✓ 30円/Nm3（2030年）、20円/Nm3（2050年）での水素供給コストの実現は可能か