

令和4年度

地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費

(2025年大阪・関西万博におけるネガティブエミッション技術等
の在り方に関する調査事業)

調査報告書

2023年3月

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

目 次

はじめに

第 1 章	カーボンニュートラル実現に向けた検討	14
1.1	基本分科会での検討	14
第 2 章	カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた検討	38
2.1	展示方法分科会での検討	38
第 3 章	カーボンニュートラル技術に係るアンケート、ヒアリング調査	58
3.1	アンケート調査	58
3.2	ヒアリング結果	76
第 4 章	コンソーシアムにおける検討及び有識者からのヒアリング・技術指導等	83
4.1	コンソーシアムによる検討	83
4.2	有識者からのヒアリング・技術指導等	89
第 5 章	今後の検討課題	96
5.1	カーボンニュートラル実現に向けた課題	96
5.2	カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた検討	96
第 6 章	まとめ	97
6.1	まとめ	97

はじめに

2016年11月に発効したパリ協定は、2020年以降のGHG排出削減に取り組むための国際的な枠組みである。このパリ協定では世界共通の長期目標として、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求することとされている。また、できるかぎり早く世界のGHG排出量をピークアウトし、今世紀後半には、GHG排出量と吸収量のバランスをとること等が明記されている。

我が国においても2019年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」に続き、2020年10月に菅首相は「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と宣言した。またその目指すものとして、2020年1月に閣議決定された「革新的環境イノベーション」において「世界のカーボンニュートラル、更には、過去のストックベースでのCO₂削減（ビヨンド・ゼロ）を可能とする革新的技術を2050年までに確立することを目指し、長期戦略に掲げた目標に向けて社会実装を目指していく。」が明記されている。

このような状況の中迎える2025年大阪・関西万博は我が国の革新的環境イノベーション技術をアピールする絶好の機会である。2020年12月に閣議決定された大阪・関西万博の基本方針では基本的な考え方の第三項目にカーボンニュートラルを目指す上での大阪・関西万博の形として『日本は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す、ネガティブエミッション技術（Direct Air Carbon Capture and Storage）、次世代型太陽電池やカーボンリサイクルをはじめとした、革新的なイノベーションの実用化を見据えた研究開発を促進していくことで地球温暖化対策を進めていくこととしている。

「未来社会の実験場」である会場では、過去のストックベースでの二酸化炭素の削減（ビヨンド・ゼロ）を可能とする日本の革新的な技術を通して世界に向けて脱炭素社会の在り方を示していく。』と明記されている。今後はこの方針にもとづき『2025年大阪・関西万博における革新的な環境技術や脱炭素社会の在り方の示し方』を具体化していく必要がある。

以上のような背景から、本事業ではネガティブエミッション技術であるDACCS（Direct Air Carbon Capture and Storage）及びカーボンリサイクルに関する革新的なイノベーション技術の2025年大阪・関西万博における在り方の示し方に関する調査として、令和3年度においては、基本構想の検討、DACCS技術に関する認知度調査、基本構想実現に向けた課題の抽出を行った。基本構想の検討では、(1)カーボンニュートラル実現に向けた検討、(2)構成要素（構成技術）の検討、(3)コンソーシアムによる検討の3項目を挙げ、(1)では、主にカーボンフットプリントのバウンダリーやカーボンニュートラルを目指す範囲を検討することとし、(2)では、構成技術としてDACCSを位置付けるとともに、DACとの連携やスペース、先進性などの要件を満たすリサイクル技術としてメタネーションを選定した。(3)では、コンソーシア

ムを組織・運営することとし、総会及びその傘下に基本分科会、DACCS 分科会、カーボンリサイクル分科会の 3 分科会を設置して議論・検討を進め、基本構想実現に向けた課題等を明らかにした。

本年度は、これら課題の解決に取り組み、具体的な対応策を取りまとめることとし、調査、検討を行ったものである。各章の概要は以下のとおりである。

第 1 章のカーボンニュートラル実現に向けた検討では、基本分科会において、カーボンニュートラルに資する技術紹介や、公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会（以下、博覧会協会）の脱炭素 WG 等で進めているカーボンフットプリントの算定方法、オフセットの考え方などについて情報共有しつつ、今後の展示に関する議論の参考とするため、あわせてドバイ万博の状況について情報収集を行った。

博覧会協会脱炭素 WG における議論においては、大阪・関西万博においては、GHG プロトコルに沿いつつも、過去の万博、オリパラで採用している手法にも倣い、温室効果ガスの排出量が算定される。参加国・企業のパビリオン及び会場内物流は、他の主体のものであっても万博の排出量として Scope1、2 として算定し、会場外の協会事務所の排出についても算定対象とする計画である。

Scope3 については、来場者の移動、宿泊、会場内で販売される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄までのものも算定範囲とする計画である。

万博関連のGHG排出とGHGプロトコルの適用

GHGプロトコル (企業活動)	対応する万博からの排出	GHGプロトコルを企業活動に適用させる場合との違いを踏まえた万博におけるバウンダリ
Sc1 事業者自らによる温室効果ガスの直接排出 燃料の燃焼、工業プロセス	会場及び会場外の博覧会協会事務所におけるエネルギー使用 (ガス、燃料などの燃料)	事業者＝博覧会協会、ではなくイベントとしてとらえ、参加国、企業等パビリオン、会場内物流等会場内から発生する排出を対象とする(⇨GHGプロトコルでは事業体をバウンダリとする) 試運転等を含む開催期間中のエネルギー消費を対象とする。
Sc2 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出	会場及び会場外の博覧会協会事務所におけるエネルギー使用 (電気)	会場外であっても、博覧会協会が排出しているものは算定対象とする。具体的には、会場外に存在する協会事務所からの排出は開所からの排出を対象とする。
Sc3 Scope1,2以外のGHG排出で、事業活動により発生するが、事業者が所有や管理していない排出源からのもの	<ul style="list-style-type: none"> 上記に含まれないものをScope3相当とする 建設関連(資材、エネルギー、廃棄) 万博関係者の移動 来場者の移動、宿泊 会場内で消費される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄 	<ul style="list-style-type: none"> 企業と同様、イベントのための協会の活動にかかわるサプライチェーンの上流と下流における排出量を考慮する。 企業活動では算定範囲外である以下の項目は他の大イベントに倣い算定範囲内とする。 来場者の移動、宿泊 会場内で販売される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄

図 万博関連の GHG 排出と GHG プロトコルの適用

排出量 (BAU) について、会場内施設・設備では、Scope1 は冷房用のガスで 6,374 トンになる。その他はほとんどが電気であり、Scope2 は 2 万 3 千トンになる。

会場内輸送は、基本的にはディーゼルやガソリンの車両を使う前提で BAU を立てている。人が動くところで一部電化されているものもある。もともと電化を予定しているものもあるが、BAU で考えると 247 トンで、あと場内の貨物で 40 トンである。また、博覧会協会の事務所の排出も対象とされている。

これらの排出に対しては、まず省エネにより削減する。それぞれのパビリオンの取組み、全体の冷房、空調システムにて省エネを進められる。

加えて、エネルギー基本計画にもあるとおり、電化では再エネを使うのが基本であり、例えば会場内の来場者等の輸送に関する 239 トンは再エネによる電化と考えられている。パビリオン等の 2 万 3 千トン等も、排出係数ゼロの電気を使う計画である。

その他の部分、例えば会場内のガス冷房等で一部クレジットを使う必要が生じ、今後の検討項目とされている。会場内の貨物輸送は、2025 年にはトラック等の電化は困難な部分もあると想定され、省エネ、低燃費の車や、バイオディーゼル等も検討されている。

このようにして Scope1、2 では、カーボンニュートラル達成を目指すこととされている。

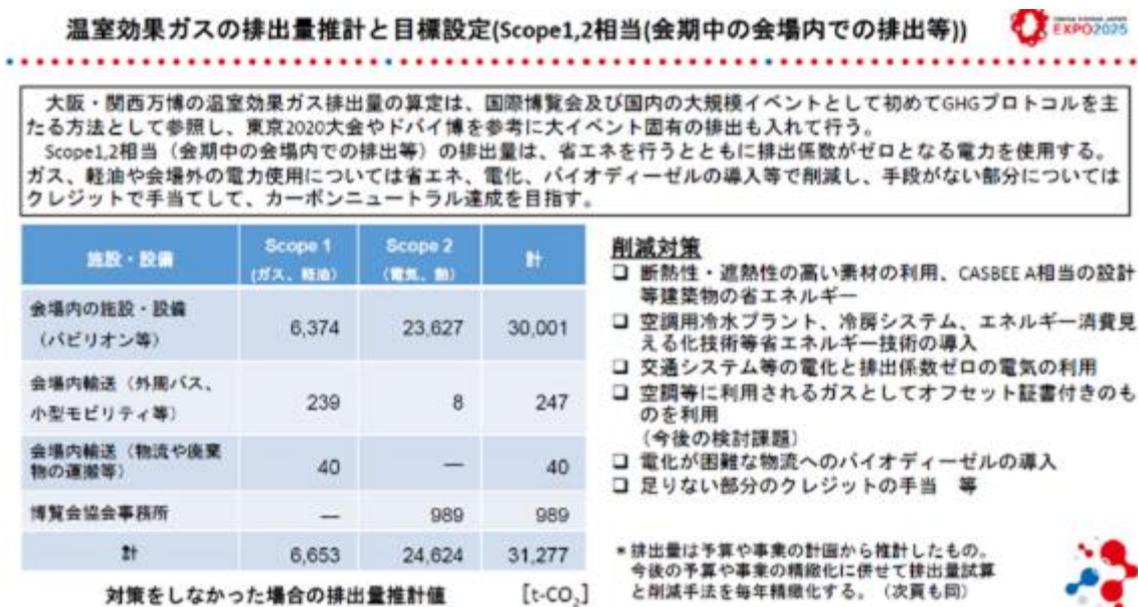


図 温室効果ガスの排出量推計と目標設定(Scope1,2 相当)

Scope3 について、来場者の出発地、移動手段には関係なく、排出量の中には算定しないのが GHG プロトコルだが、オリパラ、ドバイの万博、カタールのワールドカップ等では、来場者関係も入れて排出量を算定しており、この考え方が踏襲されている。

施設設備等、職員の出張、運営、来場者の移動・宿泊等で計 411 万トンだが、やはり大きいのが来場者の移動・宿泊である。これらはサプライチェーン上で発生するものなので、基本的には対策は、リデュース、リユース等の資源循環となる。また、クレジットを購入してもらおう等も検討されている。

温室効果ガスの排出量推計と目標設定 (Scope3相当 (会期前後や会場外の排出))



大阪・関西万博のScope3相当(会期前後や会場外の排出)の排出量は、GHGプロトコルに従いつつ、東京2020大会等を踏まえ来場者の移動、宿泊等の排出量も算入。

Scope3相当の排出量については、食品ロス削減、リユース製品の使用や移動時排出量のクレジット購入促進により削減する。また、会場建設中に重機等で使われる軽油、夢洲会場へ直接アクセスする交通による排出量については、クレジットでのオフセットなども含めて注力する。残りの排出量については、会場外でマイボトルの使用、食品廃棄物削減等会場外での削減努力を行う契機として、万博のレガシーづくりにつなげる(グリーンチャレンジ)。

排出源	排出量	予定する削減対策	[万t-CO ₂]
会場内の建物、施設、インフラ等の建築・構築に伴う排出	76.0	<ul style="list-style-type: none"> 建物の再利用 リース、木材の積極的な活用 低炭素型建材等の積極的な活用 	
職員の出張	0.07	<ul style="list-style-type: none"> 排出量をオフセットした燃料の利用、低燃費車の導入促進 移動時のカーボンクレジット購入推奨 排出量の少ない移動手段の利用 	
職員・参加者・出店者の移動			
廃棄物の処理に伴う排出	0.6	<ul style="list-style-type: none"> 食品ロス削減、食品リサイクル プラスチックの利用削減 	
運営に伴う排出	19.2	<ul style="list-style-type: none"> 排出量をオフセットした燃料の利用、低燃費車の導入促進 	
来場者の移動・宿泊、会場内で消費される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄	315.2	<ul style="list-style-type: none"> 移動時のカーボンクレジット購入推奨 排出量の少ない移動手段の利用 外部事業者と連携した低燃費車、電気自動車、合成燃料、バイオディーゼル等の導入 	
計			

排出量は、対策をしなかった場合の排出量推計値。予定する削減対策は、これまでに予定しているものである。運営の詳細等決定できていないため、個別の試算ができていないが、今までのところ数十万トンを予定、今後も強化予定。



図 温室効果ガスの排出量推計と目標設定 (Scope3 相当)

また、水素事業、DAC、CO₂貯留等、脱炭素の新技术の現在について情報交換を行った。これらの技術は、現時点では、まだコスト面をはじめとして、多くの課題を残すものの、多くの主体が研究・実装に取り組むことで、技術レベルやコスト面で今後のブレイクスルーが期待される。

ドバイ万博を訪問した三菱総合研究所の今村万博推進室長から話を伺い、脱炭素の技術的水準についてはあまり高くないとは言え、見せ方等の点で学ぶものが少なくないことが分かった。

第2章では、カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた検討として、展示方法分科会にて検討をおこなった。

見学施設は、実証プラント (DAC、CCS、メタネーション施設) を設置する熱供給処理施設の隣接地 (管理区域) 内への設置を軸に検討を進め、実証プラントと見学施設の配置、必要面積、受け入れ対象者、見学者数などを想定し、強く印象に残ることを念頭に、ネガティブエミッション技術の本物が見られる最高の実証プラントエリアを目指し、検討を行った。

展示施設への集客に関する検討における実証プラントエリアにおける配置について、熱供給処理施設の隣接地 (管理区域) の全体図を図に示す。

このエリアでは、RITE、大阪ガスおよび CO₂分離・回収担当企業が、各々、実証実験を実施する計画としている。

また、博覧会協会からの要望を受け、3者のエリアを跨ぐ通路の設置を計画しており、見学者はそれぞれの実証エリアを見学できるようになっている。

実証エリアの南側にはEVバスが2台駐車 (大阪ガス用1台を含め計3台) できるバス停を設置する計画である。

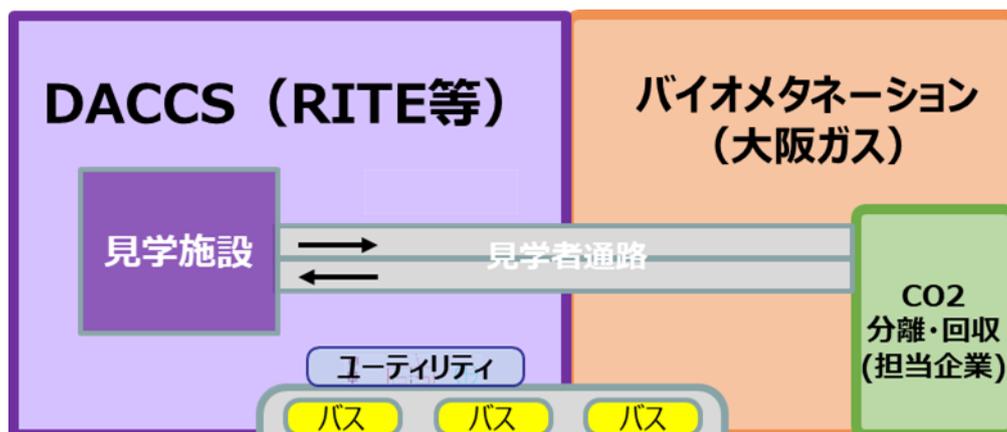


図 見学エリアの全体図

見学施設への移送手段としては、EVバスを想定しており、万博会場の中央部を出発地点として、ピストン輸送を実施する予定である。

EVバスの運行について、万博会場の中央部からRITEの実証プラントエリアまでの来場者の移送については、博覧会協会および外周トラムの運行事業者である大阪メトロ（大阪市高速電気軌道株式会社）と協議をしている。

博覧会協会と大阪メトロとの協議にて、会場中央部でのEVバスの発車と降車地点は、日本館付近の東広場（仮称）を候補としている。

この東広場（仮称）のバス停に、EVバスを停車できるのか、事前予約者の一時的な集合が可能なスペースがあるか、などを含め詳細はバス停の設計事業者と次年度以降に協議する予定である。



図 RITE のバス停を利用するバスとその運行に関する状況

移送に伴う運行事業者からの提案内容について、会期中、事前予約を行った一般来場者など、期最大約 72,000 人程度を移送する計画を前提として、大阪メトロと調整を行った。

大阪メトロとしては、車種は小型 EV バス（全長 7m 程度、定員 30 名）で、外周トラムの EV バスと同一車種を想定しているまた、運転手＋警備員の 2 名体制（各々、交代要員あり）との運行条件が提示されている。

貸切バス運賃見積もり（会場内ルート ④東広場⇔RITE様施設）					2022/12/22
					Osaka Metro
■運行条件					
車種区分	運行時間 (拘束時間)		走行距離		交代運転者
小型 1台	10時間 (12時間)	運行時間は10:00～20:00、拘束時間は始業の点呼・点検等で前後1時間含む	26 km	走行距離はツアー1回につき約1.3km) ×20本 (運行間隔：2本/時)	有
■警備員の配置					
人数	拘束時間		業務内容		交代要員
2名	10時間	運行時間の10:00～20:00	乗客の誘導・案内 (チケットの確認含む)		有

図 大阪メトロによる運行条件

今後、運行体制、事前予約者の確認方法、EV バス内でのサイネージによる PR 内容、実証プラントの事前プレゼンなどの検討や調整を行う予定である。

展示内容の検討を行う上での見せ方コンセプトについて、本実証プラントエリアの特徴としては、日本のネガティブエミッション技術等のあるべき姿を示すことであり、見せ方コンセプトとして、以下の 5 項目を挙げている。

■実証プラントエリアの特徴

- 日本のネガティブエミッション技術等のあるべき姿を示す

ネガティブエミッション技術の本物が見られる最高の実証プラントエリアを目指す

■見せ方コンセプト

- 実証設備全体を俯瞰する
- 実機と映像の融合
- CO₂の流れの見える化
- ミライを担う子どもたちへのインパクト
- 実証プラントエリアでのカーボンニュートラルを目指す

図 実証プラントエリアにおける見せ方コンセプト

実証プラントエリアにおける説明内容について、万博会場の中央部から来場者を、実証プラントエリアの見学施設に EV バスで移送する事としているが、移送した後の説明の流れ及び説明内容については、図のとおりである。

受け入れ対象者は、来場者の内、行政・学識経験者・関連業界の方や、事前予約を行った一般来場者などを対象とする計画である。

実証プラントエリアへの 1 度の受け入れ人数は、見学施設のスペース、実証プラント見学時のアテンド、また EV バスの許容乗車人数などから、最大で 20 名と想定している。また、後述する見学コーナーにおける映像によるプレゼンテーション、実証プラントの見学、来場者の EV バスによる送迎時間を踏まえると、1 度の受け入れで 30 分程度と想定できる。

会場のオープン時間を 1 日 10 時間とすると、最大で 1 日当たり 400 人(20 人/回・0.5 時間、20 回/日)を受け入れることとなり、会期中では最大約 72,000 人程度の来場者数であると算定できる。

VIP の受け入れ時は、行政や学識経験者、関連業界、事前予約を行った一般来場者の受け入れは、危機管理上、停止すべきであると考えられるため、上記にて算定した来場者数を下回るものと想定される。

受け入れた見学者に対して基本的には実証プラントエリア内の DACCS 実証プラントの説明を行うものとするが、適宜、隣接する大阪ガスのメタネーション実証プラント、また CO₂ 排ガス回収実証プラントの説明に関しても、相互対応していく方向で関係各所と検討を進める予定である。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 会場中央部からEVバスにて実証プラントエリア（管理区域）に到着2. 見学コーナーにて映像プレゼン（10分程度）
＜説明内容＞<ul style="list-style-type: none">・プロローグ（地球温暖化現状を説明）・カーボンニュートラル（実現する意義）の紹介・ネガティブエミッション技術としてDAC、CCSの紹介・カーボンリサイクル技術の紹介・エピローグ3. 実機と映像の融合 → VR、MR技術を用いて、目の前の空間にCO₂の流れを再現4. 見学者通路(CO₂吸収コンクリートを想定)に進み実機体感（数分）5. EVバスにて会場中央部へ（お帰り） ※1.～5.で20分程度を想定 |
|--|

図 来場者の受け入れの流れ



図 映像プレゼンテーションのイメージ

展示施設の設置に向けた検討として、DAC、CCS、また見学者に対する説明スペースとして、見学施設の配置（レイアウト）などの検討を進めた。その検討における実証プラント及び見学施設のレイアウトの一例を図に示す。

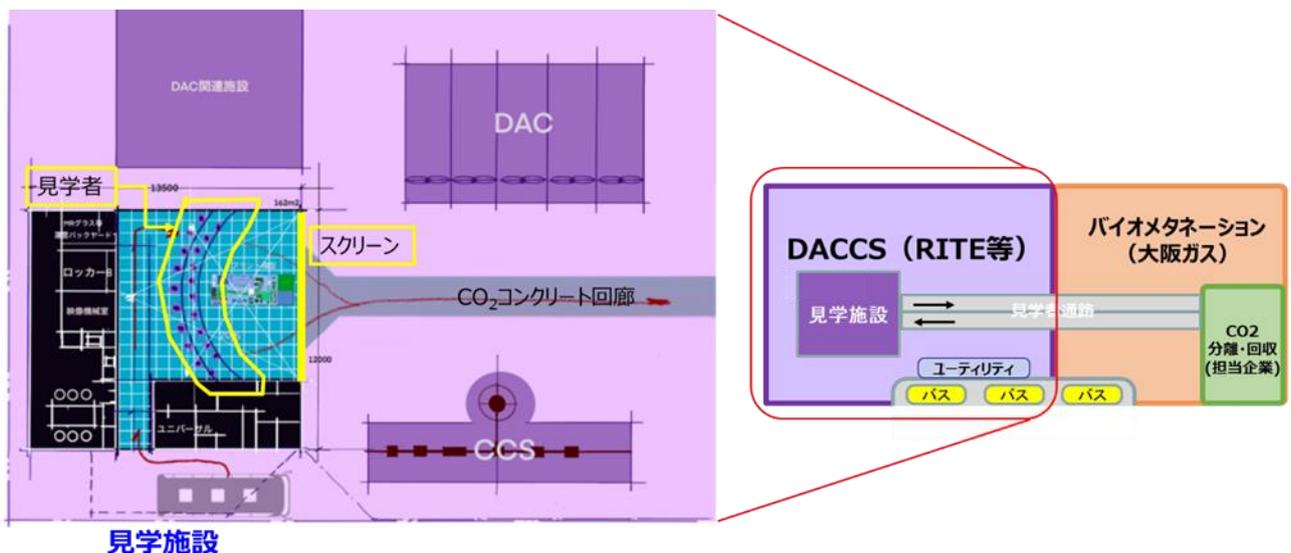


図 実証プラント及び見学施設のレイアウト例

DACCSの実証プラントエリアの敷地面積は、博覧会協会との調整により約1200m²である。この敷地内へのレイアウトの考え方として、必要スペース、ユーティリティ、見学者の見やすさなどの観点から、まずは実証プラントを配置することと

し、残されたスペースに、説明スペース、見学者のユーティリティ、運営スタッフのバックオフィス等を含んだ見学施設及び、実機の見学スペースを配置することとした。

見学施設は、広さは約 160m² 程度である。この中のブルーの部分が見学者への説明スペースで、映像や音響によるプレゼンテーション、運営スタッフによる説明が行われる。これに附帯する黒い部分は、見学者のユーティリティ、運営スタッフのバックオフィス等を含むスペースである。レイアウト例（遠景）を図に示す。



図 実証プラント及び見学施設のレイアウト例（遠景）

なお、実証プラントエリアにおける展示内容について、博覧会協会から実証プラントに関係する展示に限るという方向性が示されたため、博覧会協会より、コンソーシアム参加メンバーに対し、FLE のへの出展に関し説明を実施した。

また、昨年 12 月に九州大学、名古屋大学による博覧会会場での DAC の実証プラントの紹介について情報を得たことから、今後、速やかに、これら大学の実証プラント設置に必要なスペースやユーティリティの詳細な情報を把握し、レイアウトに反映させる必要がある。

加えて、博覧会会場における騒音に関して、博覧会協会が“騒音に関するガイドライン（仮称）”の策定を計画しており（2023年3月時点）、このガイドラインが実証プラントエリアへも適用されると、比較的騒音レベルが大きい DAC について、騒音対策やそれに伴うレイアウトへの反映が必要と考えられる。

第 3 章では、カーボンニュートラル技術に係るアンケート、ヒアリング調査について記載している。

アンケート調査結果において、カーボンニュートラル技術を紹介したいかどうかの設問に対する回答結果を図に示す。

1. 紹介したいとの回答が 6 企業・団体で最も多く、次いで 2. 条件によるが 3 企業・団体であり、合わせて 9 企業・団体がカーボンニュートラル技術を紹介したいと考えている結果で、保有するカーボンニュートラル技術を万博会場で紹介したいという意識は高いことが確認された。

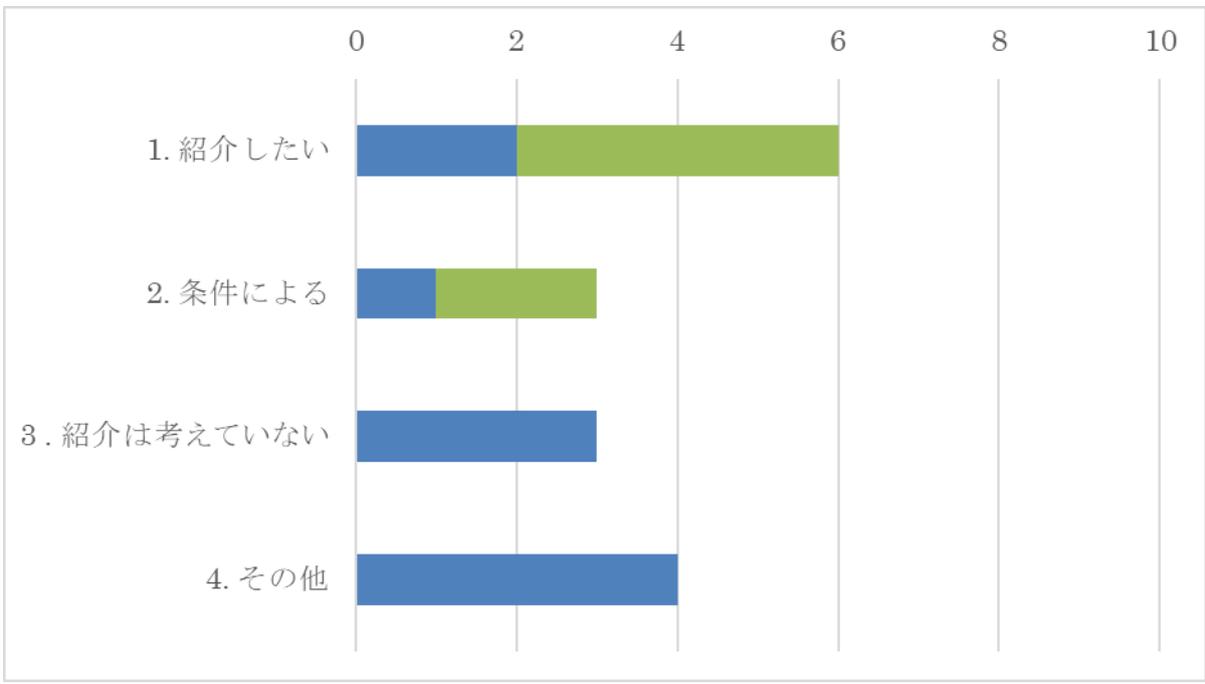


図 カーボンニュートラル技術の紹介に対する回答

また、カーボンニュートラル技術を紹介において、応分の負担が前提となる場合、負担する考えがあるかどうかの設問に対する回答結果を図に示す。

検討中を含め、1. あるとの回答(検討中含む)が 6 企業・団体という結果で、保有するカーボンニュートラル技術を万博会場で、応分の負担を伴っても紹介したい意識は高いことが確認された。

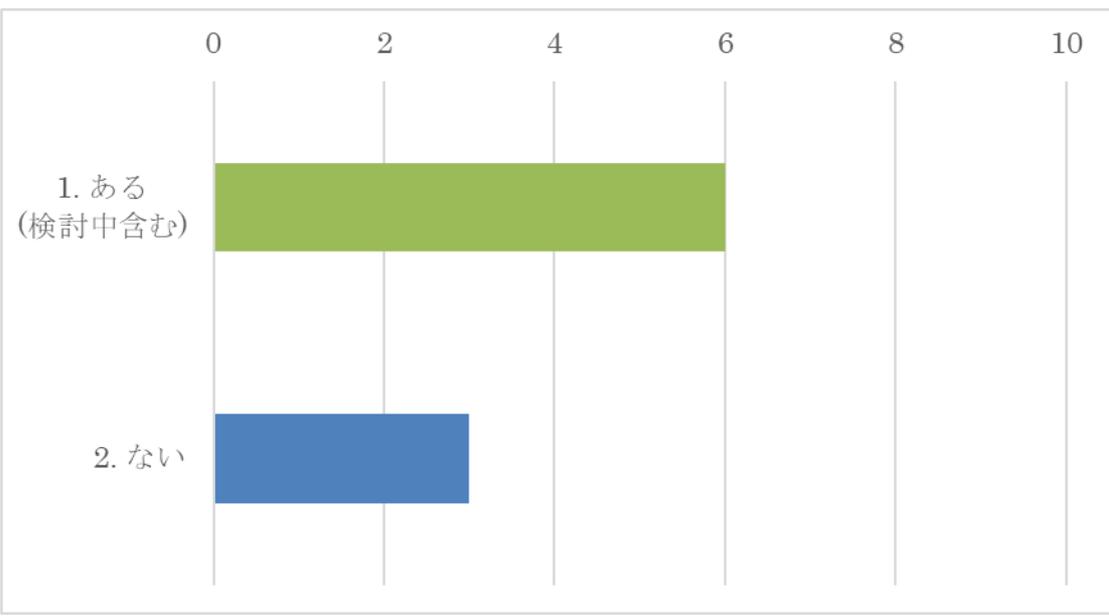


図 カーボンニュートラル技術を紹介する場合の負担

次に、カーボンニュートラル技術を紹介において、応分の負担の考えがあると回答した企業・団体に RITE バイオ研究グループの二酸化炭素を原料としたプラスチックの生産技術を加えたカーボンニュートラル技術の概要を、表に示す。

表 カーボンニュートラル技術の概要

企業・団体	カーボンニュートラル技術の概要意見など
株式会社 IHI	CO ₂ を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術
鹿島建設 株式会社	環境配慮型コンクリート CO ₂ -SUICOM
独立行政法人 製品 評価技術基盤機構 (NITE)	世界市場における蓄電池ビジネスの競争力の強化のための蓄電池システムに関する国際標準化の推進
大成建設 株式会社	カーボンリサイクルコンクリート
太平洋セメント 株式会社	CO ₂ 硬化型セメント
デンカ 株式会社	炭酸化混和材 デンカ LEAF (リーフ)
大阪ガス 株式会社	CO ₂ を有効に活用できるメタネーション技術や、製造される合成メタン
RITE バイオ研究 グループ	二酸化炭素固定菌を用いた、二酸化炭素を原料としたプラスチックの生産

次に、アンケート調査を行ったコンソーシアム参加メンバーの内、相応の負担を見据え、カーボンニュートラル技術の紹介を検討している企業・団体を対象に、さらに詳細を把握すべく、ヒアリングを実施した。

コンソーシアム参加メンバーが有するカーボンニュートラル技術は、大きく分け、CO₂削減もしくは吸収に寄与するコンクリートやその材料であるセメントへの適用技術と、CO₂を原材料とした材料生成技術に区分した。

コンクリート関係の企業は、大成建設、太平洋セメント、鹿島建設、デンカの 4 社である。これら 4 社のヒアリング結果を表に示す。

表 ヒアリング結果（コンクリート関係）

企業・団体	技術・製品	特色	見せ方など
大成建設	コンクリート [T-eConcrete]	<ul style="list-style-type: none"> 原料のセメントを高炉スラグ等や大気中のCO₂から生成した炭酸カルシウムに置き換えることで、CO₂マイナス ※建築基準法上はJISコンクリートではない 強アルカリ性であることから、鉄筋を防錆できる 	<ul style="list-style-type: none"> 現場打ち込みコンクリート、コンクリート製品 映像・パネル
太平洋セメント	セメント [CO ₂ 硬化型セメント]	<ul style="list-style-type: none"> 原料のセメントにCaを含む産業廃棄物等を用いることで、セメント製造時のCO₂排出量を減らし、さらにCO₂を吸収しながら硬化 硬化するのに時間を要するため、高濃度のCO₂管理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製品（成形ブロック） 映像、パネル
鹿島建設	コンクリート [CO ₂ 吸収コンクリート SUICOM]	<ul style="list-style-type: none"> 特殊混和材(LEAF)や高炉スラグ等を用いることで、セメントの使用割合を減らし、CO₂排出量を削減するとともに、CO₂吸収しながら硬化 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製品（成形ブロック） ブロック埋設用の型枠 大型型枠による天井など
デンカ	LEAF [特殊混和材γ-C2S (γ-2CaO・SiO ₂)]	<ul style="list-style-type: none"> CO₂吸収コンクリート“SUICOM”で用いる材料の一部 	<ul style="list-style-type: none"> 映像（CO₂吸収の動画）、製品サンプル展示

第4章では、コンソーシアムにおける検討及び有識者からのヒアリング・技術指導等について記載している。

本構想に関するコンソーシアム総会及びその傘下に2つの分科会（基本分科会・展示方法分科会）を組織・運営することとし、総会、各分科会において各種検討を進めるにあたり、有識者として元2005年日本国際博覧会協会事務総長 中村利雄氏に特別顧問として就任頂き、適宜、ご意見を頂戴することとした。

今年度は、コンソーシアム総会を2回、基本分科会を2回、展示方法分科会を3回開催した。

また、有識者からのヒアリング・技術指導等として、展示方法分科会鈴木座長にCCS等の実機を確認いただき、見せ方へ意見、指導を受けるべく、苫小牧CCS実証試験センター及び大阪ガスカーボンニュートラルリサーチハブ（CNRH）を視察いただいた。

第5章では、カーボンニュートラル実現に向けた課題としては、GHGプロトコルによる算定方法については、確定しつつあるが、排出量の削減方法について、特にオフセット、脱炭素電源導入以外の選択肢について、さらに議論を深めていく必要があると思われる。

また、今年度の基本分科会においては、水素、DAC、CO₂貯留等、脱炭素技術について情報共有を行ったが、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、大阪・関西万博における新技術の効果的な周知を行うため、こうした新技術の展示（VR技術等を用いた展示含む）について、さらに議論の必要がある。

カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた主な課題としては、以下の項目が挙げられる。

- ① 名古屋大学、九州大学によるDAC実証プラントを踏まえたレイアウト
- ② 博覧会協会による騒音ガイドライン（仮称）への対応、実証プラントエリアへ適用された場合の騒音対策
- ③ 見学コーナーにおける説明内容(映像)の具体化、カーボンニュートラル技術の見せ方
- ④ 見学者の移送について、会場中央部のバス停、事前予約者の一時的な集合スペースの確保
- ⑤ 運行体制、事前予約者の確認方法、EVバス内でのサイネージによるPR内容、実証プラントの事前プレゼンなどの検討
- ⑥ 事前、会期中の広報活動、会期中の見学コーナー運営体制

第6章では、まとめとして各分科会の検討結果及び今後の検討案について整理している。次年度も引き続きコンソーシアムにおいて、実証プラントエリアの展示企業だけでなく、大阪・関西万博において実証プラントエリア以外におけるカーボンニュートラル技術を展示する企業、万博会場でカーボンニュートラル技術を情報発信する企業、また、大阪・関西万博に合わせて開催される情報発信イベント「けいはんな万博」などと、シナジーが生じると考えられる部分について、大阪・関西万博を盛り上げるために協力して、効果的な広報活動ができるかなどについて検討していく事としている。

また、博覧会協会が、令和5年度の脱炭素WGで検討するグリーン万博の見せ方と歩調を合わせていくことも想定している。

第1章 カーボンニュートラル実現に向けた検討

1.1 基本分科会での検討

国際博覧会においては、イベントの社会的責任としてカーボンニュートラルを達成するとともに、これから日本の産業を支えていくと期待されているカーボンニュートラル関連の産業技術を、博覧会において展示するという、2つの点で「カーボンニュートラル」は非常に重要である。

本分科会では、カーボンニュートラルに資する技術紹介や、公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会（以下、博覧会協会）の脱炭素 WG 等で進めているカーボンフットプリントの算定方法、オフセットの考え方などについて情報共有しつつ、技術についてもさらに考察を行う。

また、今後の展示に関する議論の参考とするため、あわせてドバイ万博の状況について情報収集を行った。

1.1.1 博覧会協会脱炭素 WG における議論の状況

博覧会協会 企画局持続可能性部 永見部長を講師に招き、脱炭素 WG における検討状況、その中でも特に第3回、第4回 WG で議論された温室効果ガスの排出量算定の考え方と算定結果の情報共有、議論を行った。

- ・今年度、博覧会協会では、「脱炭素 WG」4人の先生方に委員に就任頂いている。
（座長：下田吉之大阪大学教授）
- ・第1回 WG では電源の在り方、エネルギー源の在り方について議論。
- ・第2回 WG では省エネ施策として予定しているもの、来場者及びそれ以外の方々を合わせ、万博を通して脱炭素社会をつくっていく取組はできないか、について議論。
- ・第3回 WG では、温室効果ガスの排出量の算定の考え方について説明し、議論。
- ・第4回 WG では、排出量の算定について、推計値と、その削減目標を議論。
これらの議論を踏まえて、グリーンビジョンの改定が行われる。なお、脱炭素以外にも、資源循環、さらに今回は生物多様性についても触れられている。

(1) 第3回脱炭素 WG

第3回 WG では、バウンダリ、排出量の算定について議論であり、結論的には GHG プロトコルを用いるが、元来 GHG プロトコルは企業の排出量を算定する目的のもので、過去の万博、オリンピック、パラリンピックの算定方式も参考にしている。

オリンピックでは、排出量の算定は、2010年のロンドンオリンピックから取り組まれるようになった。当時は、GHG プロトコルは算定の参考にされているものの、Owned（オリンピックの実行機関による支出及び決定事項からの排出、事務所の電気ガス、施設建設等）、Shared（オリンピック村建設等）、Associated（観客関連等）

という分類で、カーボンニュートラルではなく、**Owned** を中心として削減していこうという考え方であった。

リオ大会では、ロンドンと同じく **Owned** を削減していこうとの考え方で、バウンダリの定義、測定方法が決まっておらず、「カーボンニュートラル」とは主張していない。

東京オリンピックも、表立って **Owned**、**Shared** という分け方はしていない。BAU と持続可能性シナリオを比較して、大会後に実測値を基に算定している。**Towards Zero Carbon** と称し、カーボンニュートラルにするとは言っていない。最終的にはオフセットクレジットで、事業者から寄附を募ってカーボンマイナスとされている。

次に万博であるが、2010 年のミラノ万博では、カーボンニュートラルという考え方も、GHG プロトコルも浸透していない。

ドバイ万博では、GHG プロトコル等も一部参照したとの記述があるが、最終的な報告書が公開されていない（算定結果はまだ出ていない）が、BAU で 700 万トン、持続可能性シナリオで 670 万トンと試算されている。海外からの渡航や宿泊に伴うエネルギーと水、建設のインフラからの排出が大きい。

なお、サッカーワールドカップにおいて、カタール大会では、GHG プロトコルでは算定していないものの、宿泊者の移動や宿泊に係る排出量を GHG プロトコル上の **Scope3** として算定している。

GHG プロトコルは、NGO の世界資源研究所（WRI）等が作成しており、企業が排出量算定に取り組む場合のガイドラインとして使用されている。**Scope1**～**3** の概略は以下のとおり。

Scope1：主に石炭、石油、ガス等の事業者自らによる直接排出。

Scope2：基本的には電気、熱、蒸気。エネルギー供給事業者による排出。

Scope3：サプライチェーン全体、建築、資材輸送、来場者に関する排出。

以上、過去のオリンピック、万博では「GHG プロトコルに依る」とまではしておらず、GHG プロトコルとは、

①来場者の移動や排出量を算定対象としている

②会期中の会場内の排出、例えば各国パビリオンにおける排出を、（各国の排出量ではなく）万博の排出量として整理している

の 2 点で違いがある。

大阪・関西万博においても、GHG プロトコルに沿いつつも、過去の万博、オリパラで採用している手法にも倣い、温室効果ガスの排出量が算定される。参加国・企業のパビリオン及び会場内物流は、他の主体のものであっても万博の排出量として **Scope1**、**2** として算定し、会場外の協会事務所の排出についても算定対象とする計画である。

Scope3 については、来場者の移動、宿泊、会場内で販売される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄までのものも算定範囲とする計画である。

万博関連のGHG排出とGHGプロトコルの適用

GHGプロトコル (企業活動)		対応する万博からの排出	GHGプロトコルを企業活動に適用させる場合との違いを踏まえた万博におけるバウンダリ
Sc1	事業者自らによる温室効果ガスの直接排出 燃料の燃焼、工業プロセス	会場及び会場外の博覧会協会事務所におけるエネルギー使用 (ガス、燃料などの燃料)	事業者＝博覧会協会、ではなくイベントとしてとらえ、参加国、企業等パビリオン、会場内物流等会場内から発生する排出を対象とする(⇨GHGプロトコルでは事業体をバウンダリとする) 試運転等を含む開催期間中のエネルギー消費を対象とする。
Sc2	他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出	会場及び会場外の博覧会協会事務所におけるエネルギー使用 (電気)	会場外であっても、博覧会協会が排出しているものは算定対象とする。具体的には、会場外に存在する協会事務所からの排出は開所からの排出を対象とする。
Sc3	Scope1,2以外のGHG排出で、事業活動により発生するが、事業者が所有や管理していない排出源からのもの	<ul style="list-style-type: none"> 上記に含まれないものをScope3相当とする 建設関連(資材、エネルギー、廃棄) 万博関係者の移動 来場者の移動、宿泊 会場内で消費される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄 	<ul style="list-style-type: none"> 企業と同様、イベントのための協会の活動にかかわるサプライチェーンの上流と下流における排出量を考慮する。 企業活動では算定範囲外である以下の項目は他の大イベントに倣い算定範囲内とする。 来場者の移動、宿泊 会場内で販売される飲食料品、ライセンス商品等の製造から廃棄

図 1.1.1-1 万博関連の GHG 排出と GHG プロトコルの適用

図 1.1.1-1 に示すとおり、Scope1 で最も排出が大きいのはガスである。熱供給施設から冷水を供給し冷房をする構想で、会場内だけで動いているトラック等については Scope1 とする。

Scope2 は、電力使用に伴う排出で基本的にオール電化である。料理のため LPG を使う場合は Scope1 に区分する。

Scope3 は、パビリオンなどの建築、運営、来場者の飲食、会場外の交通で入場口まで来客を運ぶもの(会場内で動くトラム等は Scope1、2)、会場外での宿泊等が含まれる。

Scope1-2相当の排出項目(パウンダリ)とBAU排出量の算定の考え方

Scope	排出源	BAU排出量算定の考え方
1	会場内の施設・設備(パビリオン等)の空調に必要な燃料(ガス)	<ul style="list-style-type: none"> ・(建物床面積)×(面積当たりの排出原単位) ・会場内で試運転等を含む開催期間中に使用する燃料を対象とする
	会場内輸送(外周トラム、小型モビリティ等)の動力に必要な燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・(想定走行距離)÷(燃費)×(燃料当たりの排出原単位) ・会場内で試運転等を含む開催期間中に使用する燃料を対象とする
	会場内輸送(場内で使用する車両:廃棄物の運搬等)の動力に必要な燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・(想定走行距離)÷(燃費)×(燃料当たりの排出原単位) ・会場内で試運転等を含む開催期間中に使用する燃料を対象とする
2	会場内にある施設・設備(パビリオン等)の稼働で消費する電力	<ul style="list-style-type: none"> ・(建物床面積)×(面積当たりの排出原単位) ・会場内で試運転等を含む開催期間中に使用する燃料を対象とする
	博覧会協会事務所で消費する電力	<ul style="list-style-type: none"> ・(電力使用量(記録))×(排出係数) ・開所からの排出を対象とし、閉会までの将来予測は前年同月と同じとする。
	博覧会協会事務所の空調用冷却水製造のための電力・ガスに由来するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・保守的にガスとして(燃料使用量(記録))×(排出係数) ・開所からの排出を対象とする ・開所からの排出を対象とし、閉会までの将来予測は前年同月と同じとする。

*実際の使用量の算定に当たっては、Scope1,2は実測値を用いる。

図 1.1.1-2 Scope1-2 相当の排出項目と BAU 排出量の算定の考え方

次に、Scope1-2 相当の排出項目と BAU 排出量の算定の考え方を図 1.1.1-2 に示す。

会期期間中の排出量について、

Scope1 では、床面積×ガスの原単位、会場内輸送の場合は想定走行距離／燃費×燃料当たりの排出原単位。

Scope2 では、建物床面積×原単位等で、博覧会協会事務所で使用する電力、空調などは例外として既存データより概算。

Scope1、2 の排出量削減には、省エネ及び排出係数がゼロとなるカーボンフリー電気を購入する計画である。電化できなかった部分について、ガスはオフセット等を用いたカーボンニュートラルなものを購入する。既に排出係数ゼロでない電気を博覧会協会事務所などで使用済みのため、省エネ努力、カーボンニュートラルとなる燃料、電源の入手にも今後努力しつつ、クレジットの寄附等も募っていきたいとしている。

Scope3相当の排出項目(バウンダリ)

GHGプロトコルをベースに過去の大イベントで算入されている排出項目を大阪・関西万博のScope3の排出項目とする。

排出源	排出量算定の考え方(BAU、及び開催期間後の算定)	Scope3上のカテゴリ等
会場内の建物、施設、インフラ等の建築・構築に伴う排出	・(建物床面積)×(面積当たりの排出原単位) ・面積が分からないものは一部予算×予算をベースとした輸送に関連する排出原単位 ・建築段階で発生する排出量など、開催期間前の活動に伴う排出も対象とする	カテゴリ1(購入した製品・サービス)
廃棄物処理に伴う排出	・過去のイベント等による想定に基づきモデル化、(人数)×(排出量当たりの排出原単位) ・開催期間内の排出を対象とする	カテゴリ5(事業から出る廃棄物)
職員の出張	・(職員数)×(活動をベースとした排出原単位)(来年度以降算定を検討する。)	カテゴリ6(出張)
職員・参加者・出店者の移動	・(職員・参加者・出店者数)×(活動をベースとした排出原単位)	カテゴリ7(雇用者の通勤)
運営に伴う排出	・(予算)×(予算をベースとした排出原単位) ・(水道使用量)×(上水使用量当たりの排出原単位) ・(消費電力)×(電力量当たりの排出原単位) (今後計画詳細が分かる段階でより精緻な原単位をベースとした排出量の算定とする)	カテゴリ1(購入した製品・サービス) カテゴリ4(輸送、配送(上流)) その他排出が見込まれるものの、事業活動の形態が不明なため、当面予算から算定するもの。
来場者の移動・宿泊、会場内で消費される飲食物品、ライセンス商品等の製造から廃棄	・来場者の行動を想定に基づきモデル化、(人数)×(活動をベースとした排出係数) ・開催期間内の排出を対象とする	Scope3のカテゴリには該当しないが、他の大イベントを参考に算定するもの

図 1.1.1-3 Scope3 相当の排出項目(バウンダリ)

次に、Scope3 相当の排出項目を図 1.1.1-3 に示す。Scope3 については、環境省のガイドブックの算定方法によりカテゴリ分けして計算する。加えて、来場者の行動を想定しモデル化した、人数×排出係数という形で、移動・宿泊、飲食などについて排出量算定をする。

海外からの万博来場者は、万博だけでなく、大阪市内や東京の観光もするだろうから、平均滞在日数 6 日間プラス移動で 7 日間ぐらいの旅行と想定し、7 分の 1 が万博会場で使ったエネルギー、温室効果ガスだと考え、国際航空で算定される排出量のうち 7 分の 1 を万博の Scope3 の排出量としてはどうかと、博覧会協会事務局では考えていたが、排出量は正確に出していくべきで、7 分の 1 というのはやめた方がいいと、WG 委員より意見されている。

Scope3 の排出量削減方法は、従来型の温室効果ガスの対策ではなく、資源循環対策として、建物の再利用、リサイクル、食品ロス削減等、加えてクレジットの購入推奨等である。

万博を契機に、直接、万博の削減量としてカウントできるものではないが、Scope3 の排出量を意識して、排出量の削減努力を積み上げていく国民運動的なものとして「グリーンチャレンジ」を取り入れる計画である。低炭素型ツアーの利用や宿泊施設における使い捨て容器の削減、省エネ行動、マイボトルの利用促進等を地元の大学、企業等とも協力し進められる。

(2) 第 4 回脱炭素 WG

グリーンビジョンは「持続可能性方針」のもとに位置付けられている。この方針では 5 つの P が示され、「プラネット」において脱炭素、資源循環・自然環境という柱を立てている。

グリーンビジョンの基本的な考え方として、先進性／経済性のある技術や仕組みの導入、需要サイド・供給サイドの技術や仕組みの導入、来場者等の理解促進を図り、行動変容を起こす仕組みの導入、会場内だけでなく会場外も含めた広域エリアを対象とした実証・実装プロジェクトの実施、グリーン成長戦略／重点産業分野における需

給両面の取組推進、スタートアップ企業、民間団体等、様々な主体の参加促進等を進めることとしている。

一方、国のエネルギー基本計画では、2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応として、産業界・消費者・政府など、国民各層の総力を挙げた取組により、脱炭素電源の活用、水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電等のイノベーション等を進めるとしている。

電化が困難な部門では水素や合成メタン、合成燃料の活用を進め、DACCSやBECCSなども取り入れていくことになっている。

こういった背景に基づき、2つの視点から検討されている。

- ① 博覧会会場を運営していくに当たり、2025年の断面で、できうる限りのことをやっていく。
- ② 2030年=SDGs達成年度、またその先の2050年、こういった未来に向けて来場者にどんなものをお見せして、体験をしていただくことができるかを検討する。

温室効果ガスの排出量推計と目標設定(Scope1,2相当(会期中の会場内での排出等))



大阪・関西万博の温室効果ガス排出量の算定は、国際博覧会及び国内の大規模イベントとして初めてGHGプロトコルを主たる方法として参照し、東京2020大会やドバイ博を参考に大イベント固有の排出も入れて行う。
Scope1,2相当(会期中の会場内での排出等)の排出量は、省エネを行うとともに排出係数がゼロとなる電力を使用する。ガス、軽油や会場外の電力使用については省エネ、電化、バイオディーゼルの導入等で削減し、手段がない部分についてはクレジットで手当てして、カーボンニュートラル達成を目指す。

施設・設備	Scope 1 (ガス、軽油)	Scope 2 (電気、熱)	計
会場内の施設・設備 (バビリオン等)	6,374	23,627	30,001
会場内輸送(外周バス、 小型モビリティ等)	239	8	247
会場内輸送(物流や廃棄物 の運搬等)	40	—	40
博覧会協会事務所	—	989	989
計	6,653	24,624	31,277

削減対策

- 断熱性・遮熱性の高い素材の利用、CASBEE A相当の設計等建築物の省エネルギー
- 空調用冷水プラント、冷房システム、エネルギー消費見える化技術等省エネルギー技術の導入
- 交通システム等の電化と排出係数ゼロの電気の利用
- 空調等に利用されるガスとしてオフセット証書付きのものを利用(今後の検討課題)
- 電化が困難な物流へのバイオディーゼルの導入
- 足りない部分のクレジットの手当 等

* 排出量は予算や事業の計画から推計したもの。今後の予算や事業の精緻化に併せて排出量試算と削減手法を毎年精緻化する。(次頁も同)



対策をしなかった場合の排出量推計値 [t-CO₂]

図 1.1.1-4 温室効果ガスの排出量推計と目標設定(Scope1,2相当)

排出量を算定するに当たり、分かりやすさという観点から、GHGプロトコルをベースに、東京オリンピック・パラリンピック、ドバイ万博などの例を参考に、修正しつつ算定される。

排出量(BAU)について、図1.1.1-4に示す。会場内施設・設備では、Scope1は冷房用のガスで6,374トンになる。その他はほとんどが電気であり、Scope2は2万3千トンになる。

会場内輸送は、基本的にはディーゼルやガソリンの車両を使う前提でBAUを立てている。人が動くところで一部電化されているものもある。もともと電化を予定しているものもあるが、BAUで考えると247トンで、あと場内の貨物で40トンである。また、博覧会協会の事務所の排出も対象とされている。

これらの排出に対しては、まず省エネにより削減する。それぞれのパビリオンの取組み、全体の冷房、空調システムにて省エネを進められる。

加えて、エネルギー基本計画にもあるとおり、電化では再エネを使うのが基本であり、例えば会場内の来場者等の輸送に関する 239 トンは再エネによる電化と考えられている。パビリオン等の 2 万 3 千トン等も、排出係数ゼロの電気を使う計画である。

その他の部分、例えば会場内のガス冷房等で一部クレジットを使う必要が生じ、今後の検討項目とされている。会場内の貨物輸送は、2025 年にはトラック等の電化は困難な部分もあると想定され、省エネ、低燃費の車や、バイオディーゼル等も検討されている。

このようにして Scope1、2 では、カーボンニュートラル達成を目指すこととされている。

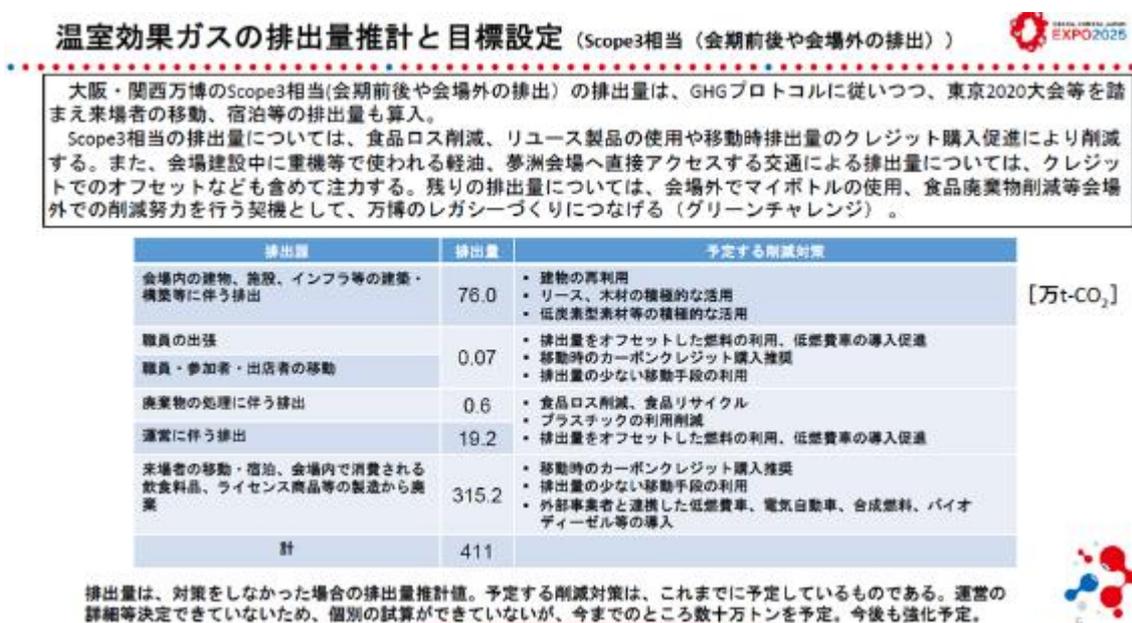


図 1.1.1-5 温室効果ガスの排出量推計と目標設定(Scope3 相当)

Scope3 について、図 1.1.1-5 に示す。GHG プロトコルが予定していない、イベント特有の計算の仕方がある必要がある。来場者の出発地、移動手段には関係なく、排出量の中には算定しないのが GHG プロトコルだが、オリパラ、ドバイの万博、カタールのワールドカップ等では、来場者関係も入れて排出量を算定しており、この考え方が踏襲されている。

施設設備等、職員の出張、運営、来場者の移動・宿泊等で計 411 万トンだが、やはり大きいのが来場者の移動・宿泊である。これらはサプライチェーン上で発生するものなので、基本的には対策は、リデュース、リユース等の資源循環となる。また、クレジットを購入してもらう等も検討されている。

ただ、例えばマイボトルが本当に使えるのか、給水器等を置けるのか等の判断は、警備上の理由等もあり、現時点で判断できておらず、削減量の推計は今回は厳密には算定されていない。なお、ここに挙げた対策により、数十万トンのオーダーで削減ができるのではないかと考えられている。

会期前から企業や学校、自治体などに呼びかけ、脱炭素社会に向けたレガシーとなるよう、万博を契機とした様々な CO₂ 削減努力を一体となってい、将来の削減に貢献していきたいと考えられている。

EXPO グリーンチャレンジとして、削減量を集計し、万博由来の Scope3 相当の排出量を目指して削減努力をして、そのモニタリングが考えられており、マイボトル、食ロス削減、廃油リサイクル等のメニューを、アプリで捕捉でき、インセンティブも与える形で、国民運動として盛り上げていきたい考えである。

2050年に向けた脱炭素社会の具体像の提示



エネルギー基本計画（2021年）に基づき、2050年カーボンニュートラルが達成された社会に向けて、開発し実装されるべき先進的な技術を来場者の方々に印象に残る形でお見せし、体験いただく。特に、①水素社会、②再生可能エネルギー、③カーボンリサイクル技術について注力する。

水素社会

- 水素発電やアンモニア発電を場外から導入
- 複数の民間パビリオンとも連携して再生可能エネルギーを利用して作った水素による燃料電池の展示

再生可能エネルギーの徹底利用

- ペロブスカイト型太陽光発電システムの実装と展示
- 会場内空調において帯水層蓄熱及び海水冷熱の利用する設備の導入

カーボンリサイクル技術

- メタネーション技術の活用：再エネからの電気による電解水素並びに生ごみ由来のCO₂及びDAC(直接大気回収)により得られるCO₂を用いてメタネーション技術によりメタンを製造 → 会場内の給湯設備や厨房で利用
- DACCS（直接大気回収・炭素貯留）：大気から回収したCO₂を地中貯留する設備の導入
- サステイナブル燃料：合成燃料・バイオディーゼルの活用促進

【水素ガスタービン】

出典：三菱重工株式会社

【アンモニアガスタービン】

出典：株式会社HII

【ペロブスカイト太陽電池】

出典：積水化学工業株式会社

【メタネーションフロー】

出典：大塚ガス株式会社

図 1.1.1-6 2050 年に向けた脱炭素社会の具体像の提示

2030 年、2050 年に向けた脱炭素社会の具体像（図 1.1.1-6）をどう見せていくかについては、今後の検討事項とされている。

エネルギー基本計画なども踏まえ、水素社会・再生可能エネルギー・カーボンリサイクルという柱を中心にして 2050 年に向けてのビジョンを見せていくとの考えである。

水素社会については、水素発電やアンモニア発電の電気を場外から導入し、複数の民間パビリオンとも連携して、再エネ活用により作った水素による燃料電池が展示される。再生可能エネルギーに関しては、ペロブスカイト型太陽電池の設置が検討されている。

カーボンリサイクル技術、DACCS 等の施設についてももしっかり見せていくこととされており、サステイナブルな燃料（合成燃料、バイオディーゼル等）も活用される。

グリーンビジョン本文には書かれていないが、会場外周辺にも施設・設備を有する工場等があり、場外でのエクスカージョン等も検討されている。

ガス冷房以外は基本的に電気を使う会場運営とされるが、料理にガスを使いたいという要望もあり、万博参加国に向けた特別規則の中で LPG も使えるという整理がされている。ただし、カーボンニュートラルにさせていただくこととしている。

航空機について、航空会社の取組もいろいろなされており、オフセットする枠組みも各社で用意されているので、こうした取組を進めていただくため、調達コードに反映すると整理している。

調達コードは、ドバイ万博、オリパラ東京大会、リオ大会等でも作られている。木材、紙、水産物、パーム油等について、違法な伐採や過酷な労働環境を経ているものは買わないという、民間もしくは公的な認証マークがあり、これらを使っていくこととされている。

カーボンニュートラルLPGは、主に参加国を想定しており、参加国はパビリオンと共にレストランを出店でき、ガスを使いたいときはLPGを使えるようにするが、何らの形でカーボンニュートラル、クレジットでオフセットされたものを使っていただくよう調達コードに記載する。

航空機のオフセットについては、来場者・参加者について「推奨」していくと整理されている。

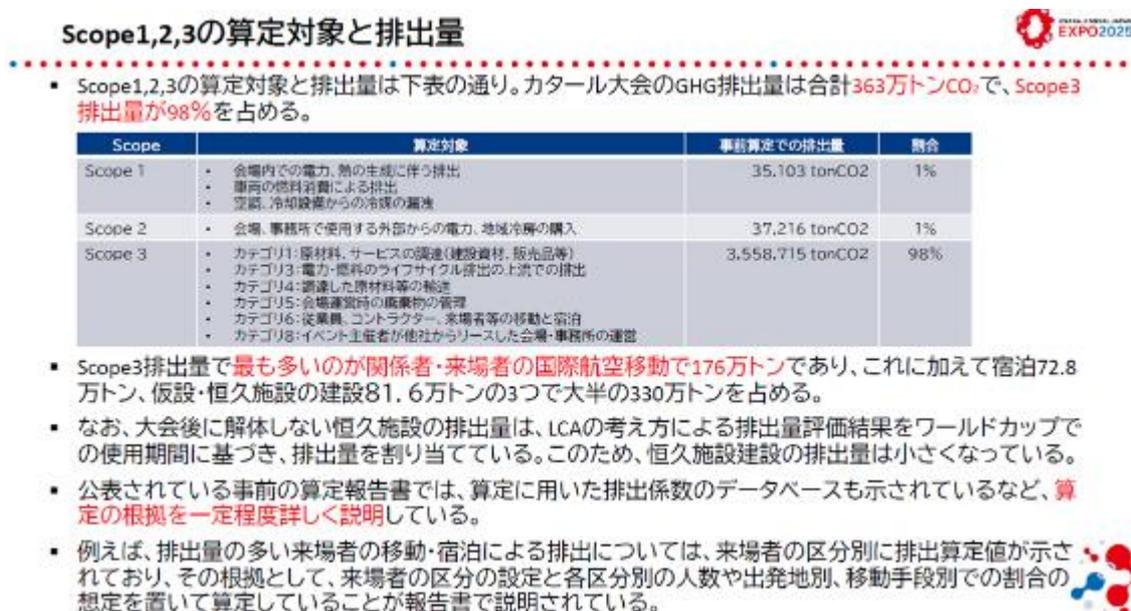


図 1.1.1-7 Scope1,2,3 の算定対象と排出量

来場者の移動について、カタール・ワールドカップでは、GHG プロトコルと考え方が違うが、Scope3に入れて算定(図 1.1.1-7)している。

実際に出た量としては、363万トンで、最も多いのが関係者・来場者の国際航空の移動で、半分ぐらいを占める。宿泊も大きく、仮設・恒久施設もかなり大きい。会場の幾つかはリユースに積極的に取り組んでいるが、恒久施設もある。大会後に解体しない恒久施設の排出量については、排出量を使用期間に基づき割り当てられている。

大会前には、これを全てオフセットすることとしていたが、クレジットで363万トンもオフセットできないのではないかと考えられている。脱炭素WG等の議論でも、クレジットを使うことは基本的には最小限にしていく、使うにしても質の担保をしっかりとしていくことの必要性が強く指摘されている。

1.1.2 2050 年に向けて有望視される脱炭素技術について

(1) 川崎重工業株式会社の水素事業と将来に向けての活動について

川崎重工業株式会社 水素戦略本部プロジェクト総括部 プロジェクト開発部二課 長谷川課長を講師に招き、脱炭素技術として有望視される水素技術の進展状況について情報共有を図った。以下に、長谷川講師の説明内容を記す。

- ・水素・液化水素の導入により、クリーンエネルギーの大量・長期・長距離の貯蔵・輸送と、セクター間の融通を可能にする。合わせて再エネ+電池のコスト高を緩和し、極めて広い産業とプレーヤーが関与するので、産業政策、経済政策として有望視されている。
- ・水素エネルギーの社会実装と政策は、日本が世界をリード。第 6 次エネルギー基本計画では、「水素・アンモニア発電 2030 年 1%」という明確な目標を掲げている。
- ・民間企業による Hydrogen Council は現在 134 社、時価総額で 1,500 兆円以上の企業が参画しており、水素を利用した新エネルギー移行に向けた共同ビジョンと長期的な目標を提唱している。
- ・水素の国際間流通は 1990 年代から構想され、豪州の大量、安定調達可能で安価な褐炭で水素をつくり（さらに CCS をプラス）日本に持ってくるという形で検討されてきた。（図 1.1.2-1）水素のコストを下げるには、非常に大きなスケールが必要で、まずは発電所に水素を供給することに大量の水素サプライチェーンを構築したい。水素が安くなれば、他の産業に供給でき、水素を使っても経済が回る。

海外クリーン水素への期待

水素は様々な資源から製造、様々な国から調達が可能

⇒ エネルギーセキュリティー

電気と比較して、大量、長距離、長期さらにセクター間の融通が可能

⇒ レジリエンス

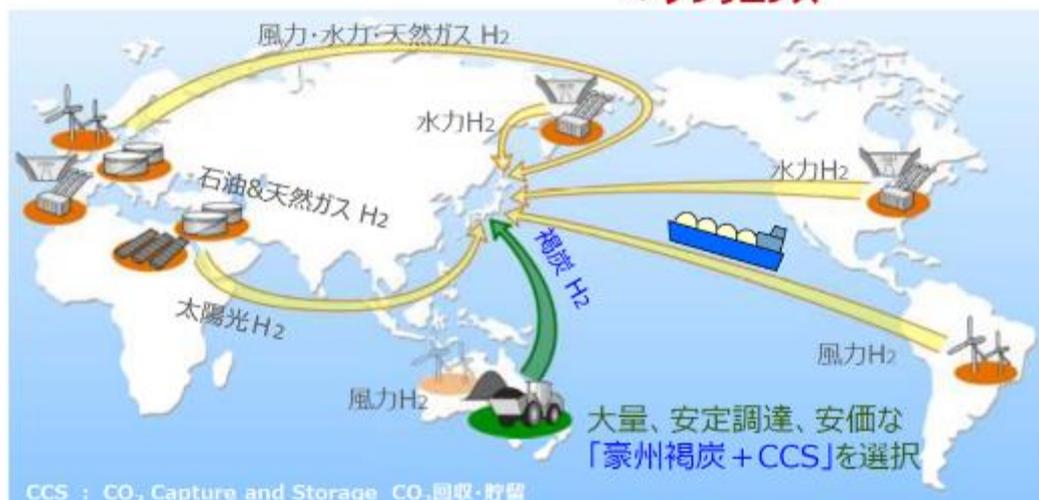


図 1.1.2-1 海外クリーン水素への期待

- 水素はマイナス 253 度で液化、LNG に比べて 90 度低い、気体の 800 分の 1 の体積になり、輸送効率が非常に向上する。高性能断熱技術の採用で、LNG と同等の長期貯蔵性を実現できると考えられている。また水素はマイナス 253 度になる段階で、おのずと純度が上がり精製が不要。蒸発させるだけで広範囲な用途に供給可能である。(図 1.1.2-2)

液化水素・水素の大量輸送手段

- 極低温 (-253℃) で液化 ⇒ 気体の1/800の体積
- 高性能断熱技術(二重殻真空断熱)の採用で、LNGと同等の長期貯蔵を実現
- 高純度=精製不要(蒸発させるだけで燃料電池他、広範な用途に供給可能)
毒性無し、無臭、温室効果無し



図 1.1.2-2 液化水素・水素の大量輸送手段

- Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) プロジェクトのパイロット版を日豪の政府、民間各社とともに推進、技術的リスクの洗い出しを行っている。2030年の商用サプライチェーンの確立を目指し、2020年頃に商用レベルの100分の1の規模のサプライチェーンを構築、システム・技術を確認している。
- 現在、炭田の横の褐炭火力発電所の敷地に水素製造プラントを建造。液化基地は、100分の1スケールで、製造した水素ガスを液化基地に運び液化して、液化水素コンテナに貯蔵。そして移送して、コンテナから船に液化水素を乗せるという実証を行っている。
- 液化水素を運搬する「すいそふろんていあ」は、全長 116m で液化水素のタンク、1,250m³のタンクを1基搭載、一回の航行で、満載で75トンの水素が運べる。日豪両政府が共同で国際海事機関(IMO)に提案していた、液化水素運搬に関する安全要求案が、2016年9月に審議、承認された。
- 水素受入基地は2020年の夏に完成、2020年度下期から実証運用中。液化水素はタンク 2,500m³で、約150トンの液化水素が貯蔵可能である。

水素CGS実証 エネルギー供給先（神戸ポートアイランド）



図 1.1.2-3 水素 CGS 実証 エネルギー供給先

- ・ 1MW クラスのガスタービンを神戸のポートアイランドに設置（図 1.1.2-3）して、水素を使い付近の建物に熱電供給の実証を行っている。電力は約 1MW、熱は約 3MW のエネルギー供給能力である。市街地にて水素 100% を燃料としたガスタービンの熱電供給は、世界初である。
- ・ 今後、2030 年の商用化に向けて実証が予定されている。機器サイズは商用規模としつつ、プラント構成はミニマム系列とし、経済性を含めた商用化の成立性を見極める。大型化開発では、例えば大型商用船では 16 万 m^3 、32 倍のタンクを建造する。受入れ基地のタンクは、20 倍のタンクを建造し、健全性を確かめ商用化実証する。GI 基金の事業に採択され、ENEOS、岩谷産業と一緒に実証を進める。
- ・ 日本だけでなく豪州、中東、出荷側としては欧州や東南アジアでの受入れ基地など、水素を輸入したいという国は世界的に拡大している。また、モビリティの水素化も検討されており、水素エンジンをバイク 4 社、ヤマハ、ホンダ、スズキ、トヨタ、デンソーとともに検討を行っている。
- ・ 大阪・関西万博に向けての活動としては、将来の水素事業を担う人材の教育に力を入れ、水素の有益性やサイト見学を高校生対象に共有している。

1.1.3 DAC(Direct Air Capture)の技術開発動向について

IPCC の第 5 次報告書では、ネガティブエミッションは、ジオエンジニアリングとして現実的なものから少し離れた技術に受け止められていたが、第 6 次報告書では、CDR として、普通の再エネや省エネのような緩和策の一部としてしっかり整理し直されている。DAC を日本でも産業として根づかせていくため、研究開発も重要で、博覧会で見せていくということも非常に大事であることから、RITE 化学研究グループ

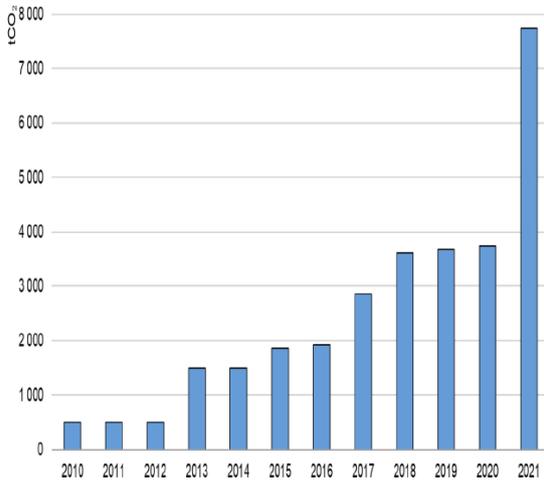
安原主任研究員を講師とし、DACの技術開発の動向に関して説明を行った。以下に、説明内容を記す。

- DACは大気中の約0.04%を占めるCO₂を分離回収する技術であり、大量のエアを集めるため大きな送風機を使用する。回収には大量の電力あるいは熱エネルギーが必要だが、設置場所を選ばないので、エネルギーコストが安い場所を選ぶことが可能である。
- 回収したCO₂を地中に貯留すれば(DACCS)温室効果ガスが大気から削減され、ネガティブエミッション技術として注目を集めている。
- 経産省のグリーン成長戦略が示すところでは、2019年では非電力、電力合計で10.3億トンのCO₂が排出されている。電化や水素化、合成燃料、メタネーション、バイオマスなどの活用により、2050年に向けて減らしていくが、どうしてもCO₂の排出削減が困難な領域がある。その部分をDACCSのようなネガティブエミッションで相殺し、ゼロ排出を達成しようという考えに基づいている。
- さらに、CO₂回収にかかるコストは最初は非常に小さいが、次第に回収が困難になり、コストが増加する。現時点よりコストが増大した段階の温暖化対策を、DACCSに置き換えることによって、全体費用を抑制することができるため、**Backstop technology**と呼ばれている。
- 加えて、DACで回収したCO₂を資源として利用する(カーボンリサイクル)では、水素製造や再エネ由来の水素と合成することでメタンやガソリン、メタノールといった燃料合成が可能である。
- その他のネガティブエミッション技術として、植林、BECCS(Bio Energy with CCS)等があるが、植林は広範な面積が必要で、80億トンのCO₂削減には欧州の面積の約8割を植林する必要があり、水も大量に使う。DACCSは食料生産と土地競合の問題などへの悪影響も抑制できる可能性がある。
- 日本経済新聞(2022/9/2)によれば、DAC技術はここ数年で盛んになり、世界各国で開発が進んでいる。2040年では全世界で1億トン、2050年では9.4億トンのCO₂回収量が予測されている。米国では大規模なCO₂回収に対して5年間で補助金が35億ドルと報じられている。英国も同様、グーグルやマイクロソフトなどの巨大IT企業やユナイテッド・エアなどの航空会社などによる民間の投資も盛んになってきている。

DAC装置の稼働状況

21年までに世界で8,000t-CO₂/yのDAC装置が稼働している

DAC global operating capacity, 2010-2021



IEA. All rights reserved.

DAC plants in operation worldwide

Company	Country	Sector	CO ₂ storage or use	Start-up year	CO ₂ capture capacity (tCO ₂ /year)
Global Thermostat	United States	R&D	Not known	2010	500
Global Thermostat	United States	R&D	Not known	2013	1 000
Climeworks	Germany	Customer R&D	Use	2015	1
Carbon Engineering	Canada	Power-to-X	Use	2015	Up to 365
Climeworks	Switzerland	Power-to-X	Use	2016	50
Climeworks	Switzerland	Greenhouse fertilisation	Use	2017	900
Climeworks	Iceland	CO ₂ removal	Storage	2017	50
Climeworks	Switzerland	Beverage carbonation	Use	2018	600
Climeworks	Switzerland	Power-to-X	Use	2018	3
Climeworks	Italy	Power-to-X	Use	2018	150
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Netherlands	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	50
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	50
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	3

出典 : Direct Air Capture A key technology for net zero IEA (April 2022)

11

図 1.1.3-1 DAC 装置の稼働状況

- IEA の報告（図 1.1.3-1）では、DAC 装置の稼働状況は 2021 年に 8,000 トン／年となり、前年より倍増している。これはスイスの新興企業の Climeworks の大規模装置が稼働によるもの。この他、Global Thermostat や Carbon Engineering の DAC 装置が稼働している。（図 1.1.3-2）
- Carbon Engineering は、水溶液系の吸収液を使った DAC 装置で、水酸化カリウムあるいは水酸化カルシウムを使う。エアーを水酸化カルシウムに吸収させ、それを水酸化カルシウムに CO₂ を受け渡し、最後に熱を加えて CO₂ を排出する。石油会社 Occidental Petroleum がスポンサーで、Direct Air Capture Innovation Center を構築している。大規模な装置開発で 50 万トン／年の設備を建設開始したと報道されている。2024 年後半に稼働予定で、いずれ 100 万トンへの拡張も視野に入れている。また、2035 年までに 70 基建設することも表明している。
- Climeworks は 2017 年に回収量約 900 トン／年の装置を製作。送風機が 3 階建ての構造。アミン系の固体吸収材に CO₂ を吸収させ、100℃程度の熱をかけて CO₂ を分離回収する。実証では、ごみ焼却施設の廃熱を利用して、エネルギーコストを抑えている。
- 2021 年にはアイスランドにて Orca Project が立ち上げられている。こちらは 4,000 トン／y と世界最大規模である。回収した CO₂ は、この Carbfix という企業の技術を用いて、地中に埋めて鉱物化するため、DACCS を実証化している。

- この Carbfix は、2006 年からプロジェクトとして始まり、Orca プロジェクトに併せて 2020 年から操業を開始している。回収 CO₂ を水に溶解させ、地下深く玄武岩層に注入、炭酸塩化して固定する。2 年以内に CO₂ の 95% が鉱物化する。
- Climeworks は、さらに大規模な Mammoth プロジェクトにおいて、36,000 トン / y の CO₂ 地下貯留施設をアイスランドに建設中である。
- Climeworks は、DACCS の設備を使ってサブスクビジネスを展開。ウェブサイト上に個人が日々排出する CO₂ を試算し、金額に応じて、その CO₂ の一部の回収・貯留を代行する。欧州のような環境意識の高い地域の人たちのみならず、全世界の人に向けて展開している。2021 年 9 月では、参加人数は約 9,000 人だったが、本日時点で 1 万 8,000 人が参加している。
- 先週、Climeworks が炭素クレジットの企業間取引を開始したとプレスリリースされた。先ほどの Orca プロジェクトに基づいて算定した炭素クレジットをマイクロソフトなどに売る取引を始めた。マイクロソフトに加えて、カナダのネットショップ大手のショッピングファイヤ、オンライン決済のストライプとも取引を始めるようである。
- また、DAC で回収した CO₂ の算定量を、DNV と呼ばれるノルウェーの第三者認証機関によって認証を得たと発表されている。DNV とは、船舶に関する損害賠償の保険に関する事業に始まり、認証機関的な役割や、再エネを中心としたエネルギーの技術アドバイザーサービスなどを行っている。
- 次の Global Thermostat は Haru Oni Project において、パタゴニア地方で風力発電を用いて DAC を回収して水素をつくり、DAC で回収した CO₂ から液体の燃料を合成するプロジェクトを進めている。現在、他の 4 か所でも計画されており、日本法人の設立も検討されている。

海外のDAC企業の大規模化の動き*



*各企業HP,各種資料よりRITE作成

企業	実施場所		Project (協力企業)	CO ₂ 回収量	適用先	期間
Carbon Engineering (Canada) KOH吸収液	米国	Permian Basin in West Texas	Occidental Petroleum 1PointFive	100万t/y 設計中 (2035年までに70基(最大135基)を計画)	EOR/地中貯留	2022に建設開始、2024年後半開始予定 (世界初の100万t/y DACプラント)
	英国	North-East Scotland	Dreamcatcher Project (Storegga) AtmosFUEL Project (LanzaTech UK, British Airways, Virgin Atlantic)	50~100万t/y 設計中	Acorn CCS プロジェクトとの連携 1億L/yのJet燃料	2021 FS 2022 詳細設計 2026年までに稼働
	カナダ	Squamish, British Columbia	Direct Air Capture Innovation Center (BBA)	不明 (操作,実験用1,250m ² の建物)	DACとAIR TO FUELS プロセスの完全統合	隣接パイロットプラントで2015年からDAC、2017年から燃料変換
Climeworks (Switzerland) アミン系 固体吸収材	アイスランド	Hellisheiði Geothermal Power Plant	Project Silverstone (Carbfix, ON Power)	7万ton庄入済 計画34,000t/y	地中 (玄武岩層) 貯留	2012 Pilotスケール開始 2021 9月~Orca稼働1年半~2年後Mammoth稼働予定(2050年までに10億t/y達成)
			Project Orca(Carbfix) Mammoth (6月着工)	4,000t/y (現状世界最大) 3.6万t/y		
	ドイツ スウェーデン	Dresden Herøya	Koperniks(Power-to-X) Project (Snnfire, INERATEC)	不明	FT合成 (Norsk e-Fuel)	2023年 1000万L 2026年 1億L 予定
Global Thermostat (USA) アミン系 固体吸収材	チリ	Magallanes (チリ南のパタゴニア地方)	Haru Oni Project (Porsche, Siemens Energy, Enel Green Power, ENAP, ExxonMobil)	1ユニット当たり2,000t/y×4基~スケールアップを計画 他4カ所も計画中	eFuel合成 (MTG)	2022 13万L 2024 5500万L 2026 5.5億L のeFuel製造

22

図 1.1.3-2 海外の DAC 企業の大規模化の動き

- ・国内においては、実用化に向け川崎重工含め15メーカーを中心に開発を進めている。いずれも現時点では数kgから数十kg/日で、1年から3年後には実用化されると思われる。
- ・2017年のAmerican Physical Societyの試算では、DACのコストは1トン当たり600ドル程度とされている。今後はコスト低減やエネルギーの低減が課題である。
- ・DACは発展途上であり、試算結果の幅が広く、今後も精査が必要である。日本でも欧米のように早期に大規模化・実証を行い、改良を進めることが必要である。
- ・RITEにおいても、ムーンショット事業などを活用して今後開発を進める予定で、RITE本部にDAC試験棟を設置した。固体吸収剤の材料開発を中心に開発を進めている。

1.1.4 CO₂貯留の世界動向について

RITE CO₂貯留研究グループ 三戸主任研究員を講師とし、CO₂貯留の動向に関して説明を行った。以下に、説明内容を記す。

- ・CO₂貯留は、ネガティブエミッション技術の1つとして着目されている。
- ・DACCSでは、CCSと呼ばれるCO₂回収貯留技術の内の、回収の場所が大気になっている。CO₂回収貯留では、主に回収場所としては、大規模な工場等を想定し

ており、鉄工やセメント・発電所や、油や天然ガスを生産するところで、煙突から出てくる CO₂ を回収、輸送して、地下に貯留するのが CCS である。

- CCS 自体は化石燃料使用で排出された CO₂ を地下に貯めることによりカーボンニュートラルを達成しようとしている。なので、既に大気中にある CO₂ を回収して地下にためる DACCS は、ネガティブエミッションを目指している。
- 貯留する場所としては、水を通さない遮蔽層の下に、貯留層、普段人間活動で活用していないような塩水がたまっている帯水層がある場所になる。
- 遮蔽層はシール層とも呼ばれ、貯留層にたまった CO₂ が浮力で地上に向かうことを阻む。水たまり等でなかなか水はけの悪いところがあったりするが、そういう場所は泥がたまっているため水はけが悪くなっている。その泥が地下でたまっている遮蔽層があるところを探すことが、CO₂ 貯留の第 1 前提である。
- その下に貯留層があり、砂場の砂や砂浜の砂のようなものが押し固められてできているような砂岩の層がある。そういった砂岩の層、砂の層は泥の層よりも粒と粒の隙間があるため、その隙間に、もともとは水がたまっているが、その水を押しつけて CO₂ をためるのが CO₂ の貯留技術になっている。

IEA のレポートでは、電力は省エネルギーや電力の太陽光や再生可能エネルギーに転換していくと、2050 年に向かって CO₂ の排出量は減っていくと予測されているが、工場や輸送、建設等の、削減努力をしても削減しきれない産業分野があるということが分かってきた。それを BECCS と DACCS でカバーする必要があることが認識されており、2050 年には、BECCS・DACCS によって 1.5 ギガトンぐらいの削減が必要であろうと言われている。

- 米国では空前の CCS ブームが起こっており、欧州ではイギリス、ノルウェー、オランダ、ベルギーなど産油国が中心となり、各国が協力し合って CCS を進めている。CO₂ の貯留をしようという機運が高まっている。

世界の CCS の実施件数は 2018 年以降からどんどん増えており、現在 196 件の CCS の開発が進められている。

世界分布（図 1.1.4-1）を見ると CCS は米国や欧州で多い。操業中の DACCS は、アイスランドの 1 か所のみ。CCS の規模としては、一年あたり、数十から数百万トンの規模。陸域の貯留が大多数で、海底下は、ノルウェーの 2 か所のみである。

世界のCCS実施分布

(グローバルCCSインスティテュート2022年報告書 より)

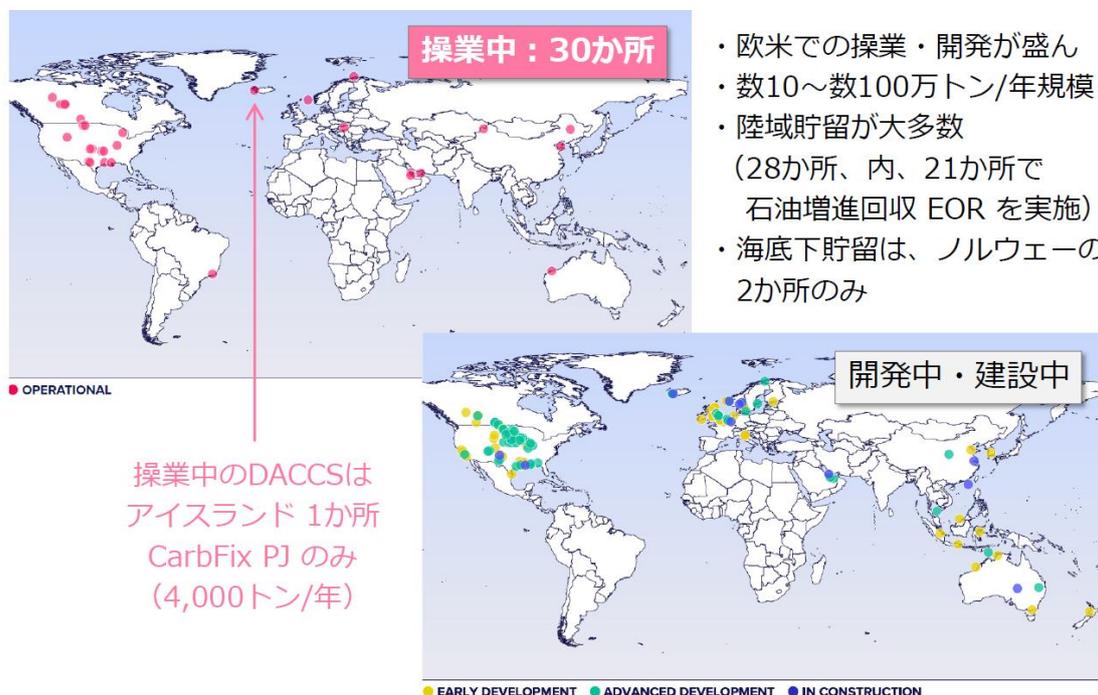


図 1.1.4-1 世界の CCS 実施分布

- ・ノルウェーでは、1996年に Sleipner という、北海の油ガス田で CO₂ の貯留が始まり、その後 Snohvit や Northern Lights という CO₂ 貯留の計画が進められている。
- Longship は、この Northern Lights を包括的なプロジェクトにするためのもので、Northern Lights だけだと船舶輸送と海底パイプラインで、あとは貯留の事業だけだが、それをノルウェーとして後押しするために回収を含めた技術となっている。
- ・回収場所としては、セメント工場、廃棄物発電所などを想定しており、現在は 40 万トン、それぞれ回収して 1 か所に集めて 80 万トンの CO₂ を、船で輸送して海底下の地中に貯留するという事業になっている。計画は、どんどん規模を拡大しており、現在 80 万トンのところを、150 万トンで 2024 年から始めようとしている。
- ・また、貯留層の開発は、その 150 万トンに合わせたものではなくて 500 万トンの事業に拡大できるようにしている。ノルウェーは、近隣各国と連携して、Northern Lights プロジェクトを活用して、欧州全体の CO₂ の削減に協力していく準備をしている。このように欧州では、北海を中心とした CO₂ の回収貯留が進んでいる。
- ・米国では、エネルギー省の主導で実証が進められている。米国は制度設計を着実に実施しており、また CCS だけではなく、ネガティブエミッション技術として、

炭素除去技術、Carbon Dioxide Removal、CDR ということ、カーボンニュートラル、プラスアルファ、カーボンネガティブの技術を発展させていこうとしている。

- ・米国では、政府と民間が一丸となって推進しており、どちらかと言うと排出業者のほう为主体となって削減の努力をしている。徐々に貯留規模も増やしていくようなステップを考えており、地道に規模を拡大している。
- ・DACCS への期待も大きく、全米各洲にいろいろな Bench スケールや FEED スケールのものが展開されている。FEED スケールとしては、今 5 万トン規模のものから 100 万トン規模のものが 5 か所計画されており、やはり大気からの CO₂ を回収して米国では、ネガティブエミッションを達成しようという強い意志が感じられる。(図 1.1.4-2)

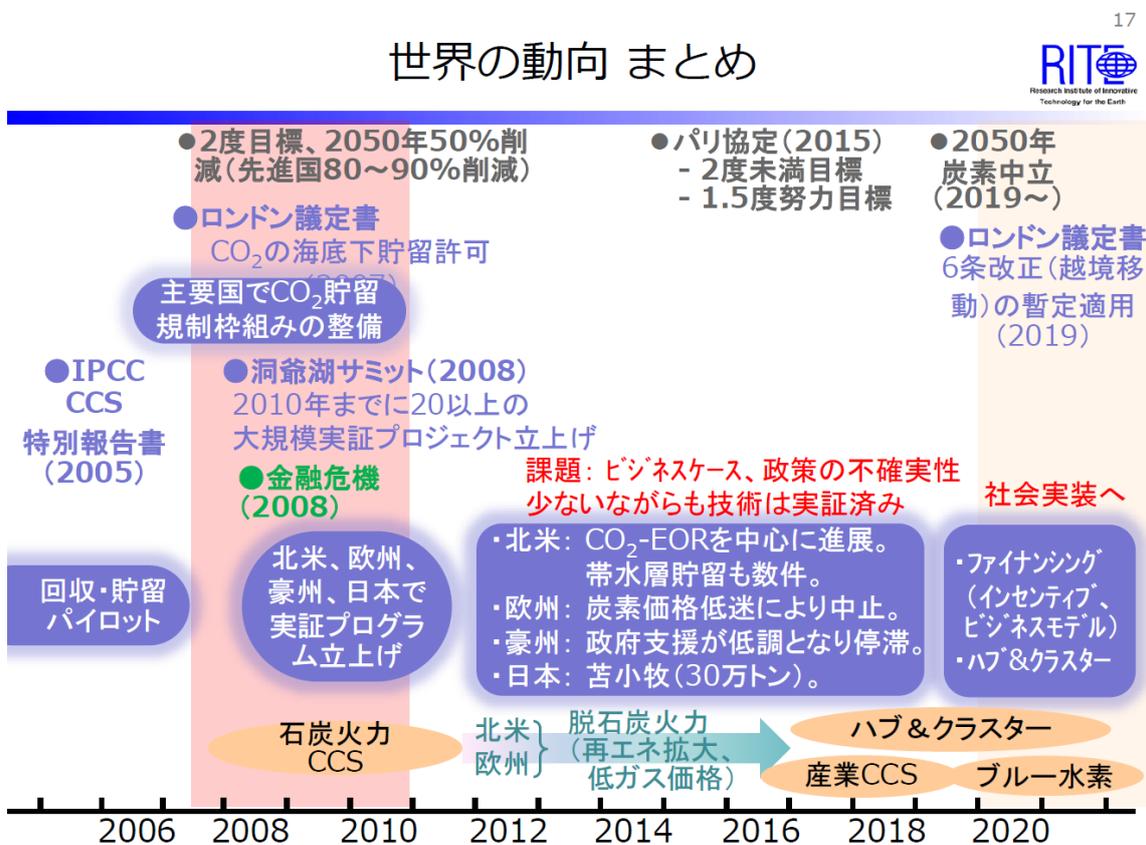
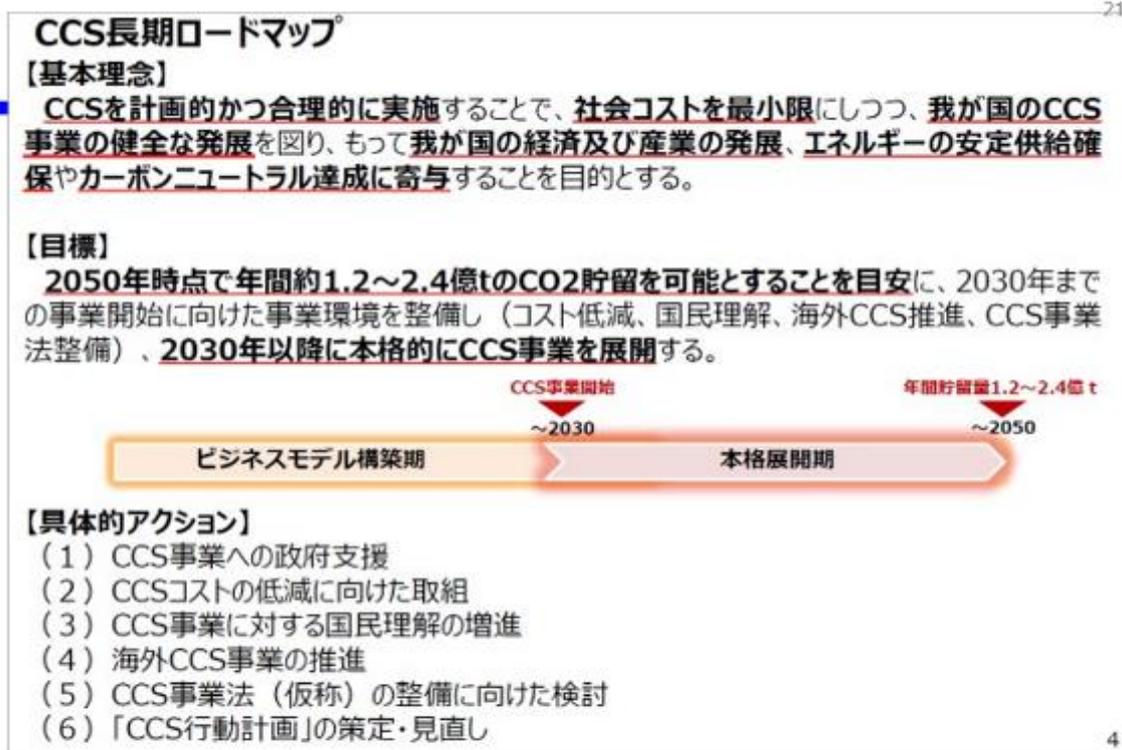


図 1.1.4-2 世界の動向図 1.1.4-2 まとめ

- ・国内でもカーボンニュートラル宣言の後、省エネルギーや CO₂ 排出原単位の低減、非電力部門の電化、ネガティブエミッションによって、排出を削減していても、排出量がゼロにできない部分があることが認識され、CO₂ の回収貯留への期待が高まっている。
- ・ネットゼロシナリオを達成しようとする、世界全体で 76 億トンの CO₂ を削減しないと行けないことになり、日本の排出量の割合を掛けると、日本では最大

2.4 億トンの CO₂ を削減するという目標が必要になってくる。(最小で 1.2 億トン)。

- ・このような CCS の導入を達成していくため、具体的アクションとして (1) から (6) までは挙げられている。(図 1.1.4-3)
- ・CCS 事業に対する国民理解の増進、国民理解がなければ進めることができないので、認知度の向上が必要な段階である。



CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ 説明資料 2023年3月
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/006.html

図 1.1.4-3 CCS 長期ロードマップ検討会最終とりまとめ 説明資料

- ・昨年度、本コンソーシアムの DACCS 分科会で、DAC 及び DACCS に関する認知度等の調査を行った。(回答数 2,000 件) DACCS の認知度を見ると、まず CCS という言葉を知っているという人が一番多く、DAC、DACCS となると徐々に減っていくという結果であった。
- ・CCS や DACCS の認知度を上げるには、大阪・関西万博で、カーボンニュートラルを体現していただき、実際 DACCS という言葉が耳になじんでもらうことが重要である。そのためにも、DACCS を大阪・関西万博で実施する意義は大きいと考えている。

1.1.5 ドバイ万博の状況

ドバイに拠点を持っている株式会社三菱総合研究所 今村万博推進室長から万博の状況について情報提供いただき、共有を図った。

- ・万博は1社だけで考えるのではなくて、いろいろな会社と考えていくべきで、2018年に万博みらい研究会を関西の約100社で立ち上げ、万博でやるべきことの提言などを行っている。
- ・「レガシー」を考えることも重要である。レガシーは、残すよりは、残るもので、一過性のものにしては本当にもったいない。どうそれが社会に対してポジティブな影響をつくっていくかという設計を、EXPO 共創事務局の協賛社として、レガシー共創チームリーダーという立場を拝命し、いろいろ議論をスタートしている。
- ・ドバイ万博博の会場は、砂漠のど真ん中に切り開かれた会場である。
- ・ウエルカムゲートは非常に重厚。中央に Al Wasl Plaza、一番中心の場所には、大きなシンボリックな建物がある。QRのチケットで、紙は使わずに配信されている。
- ・パビリオンについて、イングランド館では、みんなが書いたメッセージが表に出るようなパビリオンが建築されている。スウェーデンは、完全に木をモチーフにした建築物。
- ・UAEのホストパビリオンでは、太陽光パネル掛ける屋根みたいところでシンボリックな建物をつくっている。中に入ると、砂を触れるという仕組みと、大きなビジョンの映像を組み合わせで体験させている。
- ・ドイツのパビリオンは、大きな科学技術館みたいなもの。子供たちがボールプールで遊んだりしながら、エコな技術を体験したりできる。インスタレーションなどを通じて、環境にかなり配慮した設計の演出がされていた。
- ・その他、企業館で、水を中心にした演出をしているパビリオンや、またドバイ万博でもSDGsはキーワードになっていて、路面でのペインティング等を含め、SDGsを体験した取組は多数あった。
- ・ウイメンズパビリオンでは、カルティエの協力を得て、女性活躍というものをしっかり発信するという取組がされていた。
- ・シンガポールのパビリオンでは、全て木・草をあしらって壁面がつくられていた。ウクライナ館は、ニュースで見た方もおられるのではないかと思うが、付箋でいろいろな国の人のメッセージが集まる場になっていた。
- ・サウジアラビア館は、壁面全て鏡面になっており、またモニターになっていたり、いろいろな館が、夜は夜の万博の形をつくるという形で、ライトアップを非常に意識していた。ドバイは暑いので、基本的に昼より夜のほうが人が多く、夜の12時を回ってもたくさんの来場者がいた。
- ・日本館が一番デザインが優れた館ということで表彰されており、最後の日も、アルバイトの学生さんたちが中の運営をされていた。
- ・これも改めて客層としては、グローバル、本当にいろいろな国の人たちで、年齢層も30代、40代ぐらいが多い。
- ・ドバイ万博は幾つか施設を残していて、再開業している。残す施設を残しながら解体が進み、ホストパビリオンのようなものは今も再来場できるような仕掛けになっている。日本館はファサードの一部がリサイクルされると報道されていた。

- ・建築物について、木とかグリーンというもののメッセージ性を挙げている例は結構多い。例えば照明や、ごみ箱みたいな備品にも木を使っていくということで取組を発信しているケースがあった。
- ・ドバイ万博では、あらかじめ **District2020** というマスタープランがあり、残す施設が事前に都市開発の観点から決められている。「このパビリオンは終わった後、子供向けの施設にします」ということで、建築の形式が全然違う。仮設建築なのか恒久建築なのかで当然違うと思うが、残す建物は杭の打ち方とか、箱の建て方が明らかに違う。
- ・その残す施設のうち、モビリティのパビリオン、サステナビリティのパビリオンが、既に 2022 年 10 月に再オープンしている。
同じように、万博のスタッフ用につくられた EXPO ビレッジが賃貸住宅として生まれ変わっている。駅直結のモールも 2022 年 10 月に「EXPO シティドバイ」として運営を再開している。
- ・ごみ箱は、①缶・ビン・ペットボトルを入れる **MIXED RECYCABLE**、② **LANDFILL**（埋立て用に回るごみ）③あと紙ごみ・生ごみの **ORGANIC WASTE**、という大きな 3 つの分類。
- ・ロボットを使うようなハイエンドな技術はあまりなく、スタッフが普通にごみ回収され、ただ結構きれいで、スタッフが普通に話しかけてくれたり、非常に丁寧な心証だった。
- ・容器は、普通のプラスチックカップもたくさんあり、また紙のカップを使っているのも多くあって、一律ではないかなという心証。ペプシはビン・缶を使っていた。マイボトルではないが、入れ替えるようなものもあり、個別で取り組んでいる。プラスチックの対策が全体で敷かれていたとは思わず、一番使いやすい形を各バイヤー、店舗が使っているのかという心証。
- ・カトラリーとしては、木のスプーンやフォークを使っているところも結構あり、意識しているのかと思われる。
- ・配布物について、紙の地図は、全員手渡し等ではなかった。いろんな場所で、地図等を取るゾーンがあり、ディズニーランド等と同じく、取る人は取っていく。地図には 150 以上の施設の情報があり、基本は皆デジタルアプリを見ていた。地図は結構精度は高かった。
- ・私は、万博自体、**toB** のイベントではなくて、やはり **toC** のイベントだと思う。ここが難しいとっていて、出店の仕方は **toB** 向けの出店をするが、お客さんの受け止め方は **toC** である。そして、やはり各国の人が集まってくるところが万博の醍醐味である。
- ・ドバイ万博は、面積も違うし、ドバイは砂漠で地盤がとても堅い。大阪・関西万博は、埋立ての場所で、そんなに地盤が強固ではない。運営資金も当然違うし、ドバイと日本が今立っている、世界におけるポジションも当然違う。来場者の属性や人口に関しても、ドバイは国自体がグローバルな国なので、自国の来場者は本当に少なく、ほとんど海外の方々。また若い国なので、平均年齢も全然日本と違う。来場者の方もとても若かったが、日本だと違ってくる可能性はある。

- また、ドバイは周りが全部砂漠であり、お酒が飲めない。大阪ならばユニバーサル・スタジオ・ジャパン、海遊館にも回れるし、東京に行けばディズニーランド、シーがあるし、京都にも行けるし、ということがあるが、ドバイはそういうことがないので、このエリアに集中するという仕組みになっていた。
- また、ドバイは雨が降らない。調べたところでは、半年で 2 回ぐらいしか多分雨が降らない場所だったので、非常にオープンな建築物も多い。大阪だと、梅雨が 2 か月ぐらい入ると思うので、その辺も全部変わってくる。
- 出店する方にせよ、来場する方にせよ、パネルを読むだけではなくて、万博に行って 1 つでもメッセージを持ち帰れる仕掛けを作りたい。実際、ごみ箱が全くないエリアをつくってみる。全く光がない空間で何かを考えると、雨というものを真に受けるとかいう形で、別に会場の中外は関係ないかもしれないが、この機会に 2025 年の日本で伝えたいメッセージというのは何なのか、ということを考えながらプランニングをしてはどうか。

参考文献

- 1) 博覧会協会ホームページ 第3回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 3-2 排出量算定の考え方(バウンダリ・算定条件等)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/221205_3-2.pdf
- 2) 博覧会協会ホームページ 第3回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 3-3 他のイベントについて(バウンダリ・排出量算定等)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/221205_3-3.pdf
- 3) 博覧会協会ホームページ 第4回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 4-5 EXPO2025 グリーンビジョン (2023年概要版) (脱炭素編：案)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/230201_4-5-b.pdf
- 4) 川崎重工業株式会社ホームページ Hydrogen Road
<https://www.khi.co.jp/hydrogen/>
- 5) Climeworks ホームページ Our journey to gigaton scale
<https://climeworks.com/purpose>
- 6) Global Thermostat ホームページ The Global Thermostat Solution
<https://globalthermostat.com/the-gt-solution/>
- 7) Carbon Engineering ホームページ Our Technology
<https://carbonengineering.com/our-technology/>

第2章 カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた検討

2.1 展示方法分科会での検討

昨年度のコソシアムにおける検討では、DACCS 分科会及びカーボンリサイクル分科会にて、来場者に分かり易い展示方法・内容などについて、議論・検討を行ってきたが、今年度はより具体的な議論を進めるべく、これら 2 つの分科会を展示方法分科会に集約し、DAC、CCS、カーボンニュートラル技術等の展示に関する具体的な議論・検討を進めることとした。

見学施設は、実証プラント（DAC、CCS、メタネーション施設）を設置する熱供給処理施設の隣接地（管理区域）内への設置を軸に検討を進め、実証プラントと見学施設の配置、必要面積、受け入れ対象者、見学者数などを想定し、強く印象に残ることを念頭に、ネガティブエミッション技術の本物が見られる最高の実証プラントエリアを目指し、検討を行った。

検討においては、実証プラントエリアの見学を希望する来場者について、会場中央部から見学施設までの移送方法について、博覧会協会、外周トラムの運行事業者と調整、検討を行った。

また、見せ方のコンセプト、受け入れ対象者、想定人数、見学施設における見学コーナーでの説明内容などに検討を行うとともに、コソシアム参加メンバーの企業・団体を対象に、展示内容等の具体化、カーボンニュートラル技術の紹介に関するアンケート調査、ヒアリングを実施し、実証プラントエリア内での紹介に関して検討を行った。

加えて、今後、変更の可能性があるものの、現時点で想定される見学施設、実証プラントのレイアウト案の検討を実施した。

2.1.1 展示施設への集客に関する検討

(1) 実証プラントエリアにおける配置

熱供給処理施設の隣接地（管理区域）の全体図を図 2.1.1-1 に示す。

このエリアでは、RITE、大阪ガスおよび CO₂ 分離・回収担当企業（以下、3 者とす）が、それぞれの実証実験を実施する計画としている。

また、博覧会協会からの要望にて、3 者のエリアを跨ぐ通路の設置を計画しており、見学者はそれぞれの実証エリアを見学できるようになっている。

実証エリアの南側には EV バスが 2 台駐車（大阪ガス用 1 台を含め計 3 台）できるバス停を設置する予定である。

なお、大阪ガスエリア内のバス停は、大阪ガスがガスパビリオンから移送する見学者用のバス停である。

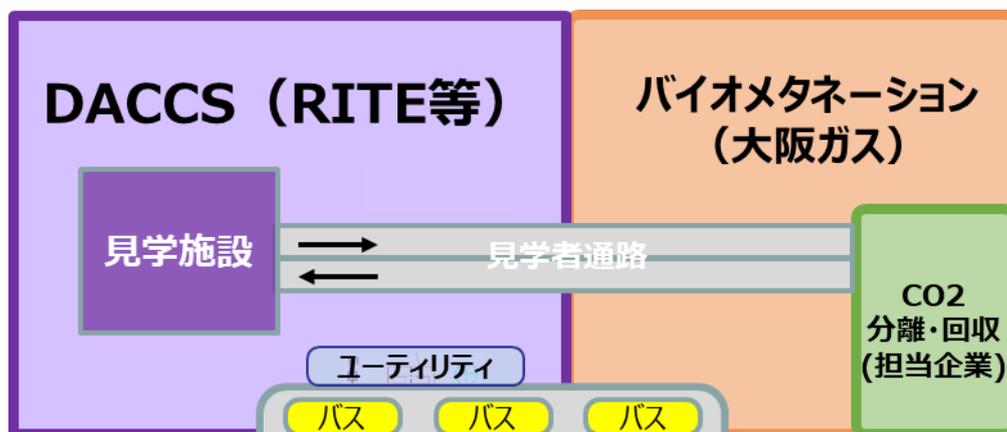


図 2.1.1-1 見学エリアの全体図

(2) 来場者の移送

見学施設への移送手段としては、EV バスを想定しており、万博会場の中央部を出発地点として、ピストン輸送を実施する予定である。また、CO₂ 分離・回収担当企業は見学のための集客は行わず、RITE または大阪ガスの実証エリアを見学に来た来場者を、RITE または大阪ガスにて対応するよう、博覧会協会より依頼を受けており、今後、協議を進めることとしている。

図 2.1.1-2 に EV バスの運行に関する図を示す。

万博会場の中央部から RITE の実証プラントエリアまでの来場者の移送については、博覧会協会および外周トラムの運行事業者である大阪メトロ（大阪市高速電気軌道株式会社）と協議をしている。

博覧会協会と大阪メトロとの協議にて、会場中央部での EV バスの発車と降車地点は、日本館付近の東広場（仮称）を候補としている。理由としては、東広場（仮称）のバス停は、外周トラム（東回り）のバス停であり、かつ内周バス（西回り）のバス停にもなっているため、片側通行の EV バスしか停車できない他のバス停と比較して、大きく EV バスが旋回可能なロータリーを有しているためである。

このロータリーを利用することで、RITE の実証エリアを見学した見学者を下ろした後、ロータリーを前進することで、実証エリアに見学に向かう見学者を乗せる、という効率的な EV バスの運用が可能になるという特徴がある。

この東広場（仮称）のバス停に、EV バスを停車できるのか、事前予約者の一時的な集合が可能なスペースがあるか、などを含め詳細はバス停の設計事業者と次年度以降に協議する予定である。

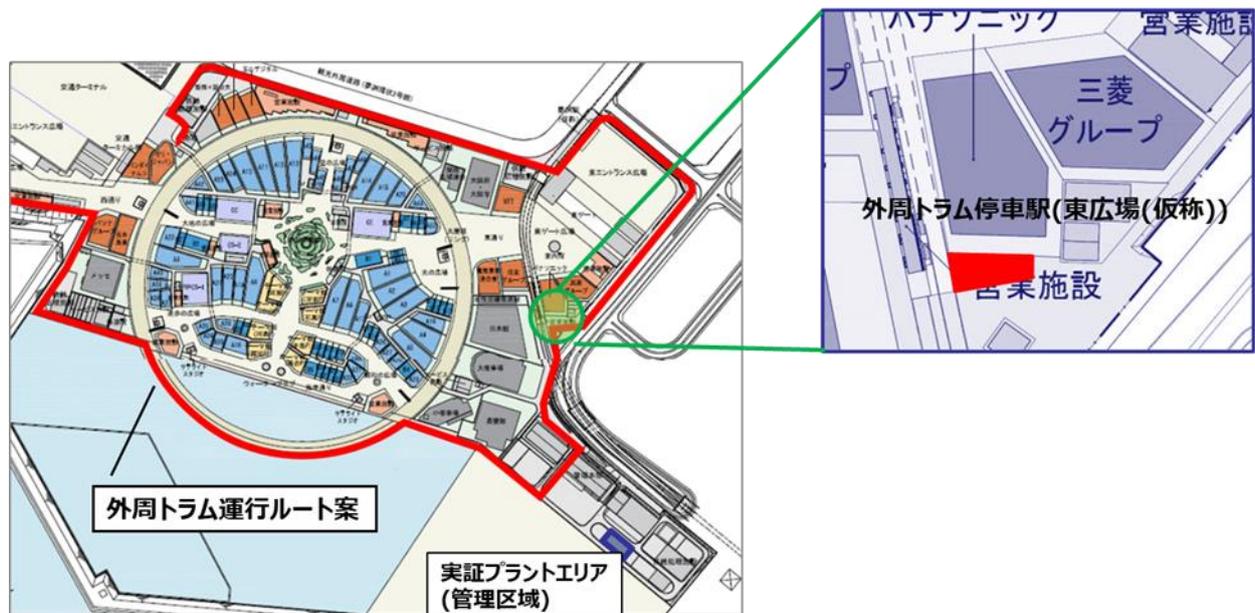


図 2.1.1-2 RITE のバス停を利用するバスとその運行に関する状況

(3) 移送に伴う運行事業者からの提案内容

会期中、事前予約を行った一般来場者など、期最大約 72,000 人程度を移送する計画を前提として、大阪メトロと調整を行った。

大阪メトロとしては、車種は小型 EV バス（全長 7m 程度、定員 30 名）で、外周トラムの EV バスと同一車種を想定している。また、運転手＋警備員の 2 名体制（各々、交代要員あり）で、図 2.1.1-3 に示す運行条件が提示されている。

貸切バス運賃見積もり（会場内ルート ④東広場⇄RITE様施設）						2022/12/22
						Osaka Metro
■ 運行条件						
車種区分	運行時間（拘束時間）		走行距離		交代運転者	
小型 1台	10時間 (12時間)	運行時間は10:00～20:00、拘束時間は始終業の点呼・点検等で前後1時間含む	26 km	走行距離はツアー1回につき約1.3km)×20本（運行間隔：2本/時）	有	
■ 警備員の配置						
人数	拘束時間		業務内容		交代要員	
2名	10時間	運行時間の10:00～20:00	乗客の誘導・案内（チケットの確認含む）		有	

図 2.1.1-3 大阪メトロによる運行条件

今後、運行体制、事前予約者の確認方法、EV バス内でのサイネージによる PR 内容、実証プラントの事前プレゼンなどの検討や調整を行う予定である。

参考として、万博での走行イメージ図を図 2.1.1-4~図 2.1.1.6 に示す。なお、本イメージ図は、万博で EV バスを運行することに関する記事や情報より抜粋したものである。



図 2.1.1-4 万博における EV バス運行イメージ (1)



図 2.1.1-5 万博における EV バス運行イメージ (2)



図 2.1.1-6 万博における EV バス運行イメージ (3)

参考文献

- 1) Osaka Metro ホームページ「大阪・関西万博で「来場者移動 EV バス」を運行します！」2022 年 9 月 7 日
https://subway.osakametro.co.jp/news/news/other/20220907_evbus_unkou.php
- 2) 博覧会協会プレスリリース「大阪・関西万博『未来社会ショーケース事業出展』協賛企業発表第 1 弾 ―「大阪・関西万博バーチャル会場」、「来場者向けパーソナルエージェント」、「来場者移動 EV バス」の 3 事業―」2022 年 9 月 7 日
<https://www.expo2025.or.jp/news/news-20220907-01/>
- 3) Osaka Metro ホームページ「EV バス 100 台を導入し、エネルギー効率化を目指した運行管理システムを開発 万博輸送及び市内での運行に活用します」2022 年 7 月 20 日
https://subway.osakametro.co.jp/news/news_release/20220720_evbus_dounyuu.php
- 4) Impress Watch ニュース 大阪万博、自動運転 EV バスやメタバース「空飛ぶ夢洲」で未来体験
<https://www.watch.impress.co.jp/docs/news/1438117.html>
- 5) 関西電力株式会社 【2025 年大阪・関西万博】来場者移動 EV バス紹介動画
<https://www.youtube.com/watch?v=5DoFTB5ches>
- 6) ORICON NEWS 『大阪・関西万博』会場内外で EV バス 100 台を自動運転へ 実証実験として「世界に類のない規模」
<https://www.oricon.co.jp/news/2248365/full/>

2.1.2 展示内容の検討

(1) 見せ方コンセプト

見せ方コンセプトの検討を行うにあたり、本実証プラントエリアの特徴としては、日本のネガティブエミッション技術等のあるべき姿を示すこととし、その上で、目指すものとしては、実証プラントの実物を見られることとした。

その上で、見せ方コンセプトとして図 2.1.2-1 に示す、5 項目を挙げている。

■実証プラントエリアの特徴

- 日本のネガティブエミッション技術等のあるべき姿を示す

ネガティブエミッション技術の本物が見られる最高の
実証プラントエリアを目指す

■見せ方コンセプト

- 実証設備全体を俯瞰する
- 実機と映像の融合
- CO₂の流れの見える化
- ミライを担う子どもたちへのインパクト
- 実証プラントエリアでのカーボンニュートラルを目指す

図 2.1.2-1 実証プラントエリアにおける見せ方コンセプト

まず、実証プラントエリアに、実証設備を集約することで、全体を俯瞰することが出来るようにする。次に、VR や MR といった最新の映像技術を用いることで、実機と映像を融合させ、CO₂の流れを見える化し、技術の理解促進を図る。

また、将来を担う子どもたちへの訴求も重要であることから、子どもたちへ印象深く残る見せ方とし、ネガティブエミッション技術を見せるというエリアで有ることから、実証プラントエリアでカーボンニュートラルを目指すことも掲げている。

(2) 実証プラントエリアにおける説明内容の検討

万博会場の中央部から来場者を、実証プラントエリアの見学施設に EV バスで移送することとしているが、移送した後の説明の流れ及び説明内容について検討を行った。

① 受け入れ対象者

受け入れ対象者は、来場者の内、行政・学識経験者・関連業界の方や、事前予約を行った一般来場者などを対象とする計画である。なお、事前予約の手法や広告方法については、今後、検討を行うこととしている。

② 実証プラントエリアへの想定来場者数

実証プラントエリアへの1度の受け入れ人数は、見学施設のスペース、実証プラント見学時のアテンド、またEVバスの許容乗車人数などから、最大で20名と想定している。

また、後述する見学コーナーにおける映像によるプレゼンテーション、実証プラントの見学、来場者のEVバスによる送迎時間を踏まえると、1度の受け入れで30分程度と想定できる。

会場のオープン時間を1日10時間とすると、最大で1日当たり400人(20人/回・0.5時間、20回/日)を受け入れることとなり、会期中では最大約72,000人程度の来場者数であると算定できる。

なお、VIPの受け入れ時は、行政や学識経験者、関連業界、事前予約を行った一般来場者の受け入れは、危機管理上、停止すべきであると考えられるため、上記にて算定した来場者数を下回るものと想定される。

なお、受け入れた見学者に対して基本的には実証プラントエリア内のDACCS実証プラントの説明を行うものとするが、適宜、隣接する大阪ガスのメタネーション実証プラント、またCO₂排ガス回収実証プラントの説明に関しても、相互対応していく方向で関係各所と検討を進める予定である。

③ 来場者の受け入れの流れ、説明内容

来場者を受け入れてからの流れを図2.1.2-2に示す。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 会場中央部からEVバスにて実証プラントエリア（管理区域）に到着2. 見学コーナーにて映像プレゼン（10分程度）
＜説明内容＞<ul style="list-style-type: none">・プロローグ（地球温暖化現状を説明）・カーボンニュートラル（実現する意義）の紹介・ネガティブエミッション技術としてDAC、CCSの紹介・カーボンリサイクル技術の紹介・エピローグ3. 実機と映像の融合 → VR、MR技術を用いて、目の前の空間にCO₂の流れを再現4. 見学者通路(CO₂吸収コンクリートを想定)に進み実機体感（数分）5. EVバスにて会場中央部へ（お帰り） ※1.～5.で20分程度を想定 |
|--|

図 2.1.2-2 来場者の受け入れの流れ

受け入れた来場者には、まず初めに見学施設内の見学コーナーにて、映像によるプレゼンテーションを行う。そのプレゼンテーションの内容は、地球温暖化問題の現状から始め、カーボンニュートラルに取り組む意義、次いでネガティブエミッション技術として DACCS の説明、加えて実証プラントエリア内で紹介できるカーボンニュートラル技術の紹介、最後にエピローグという流れを検討した。

この映像によるプレゼンテーションの所要時間は、約 10 分程度と見込んでいる。

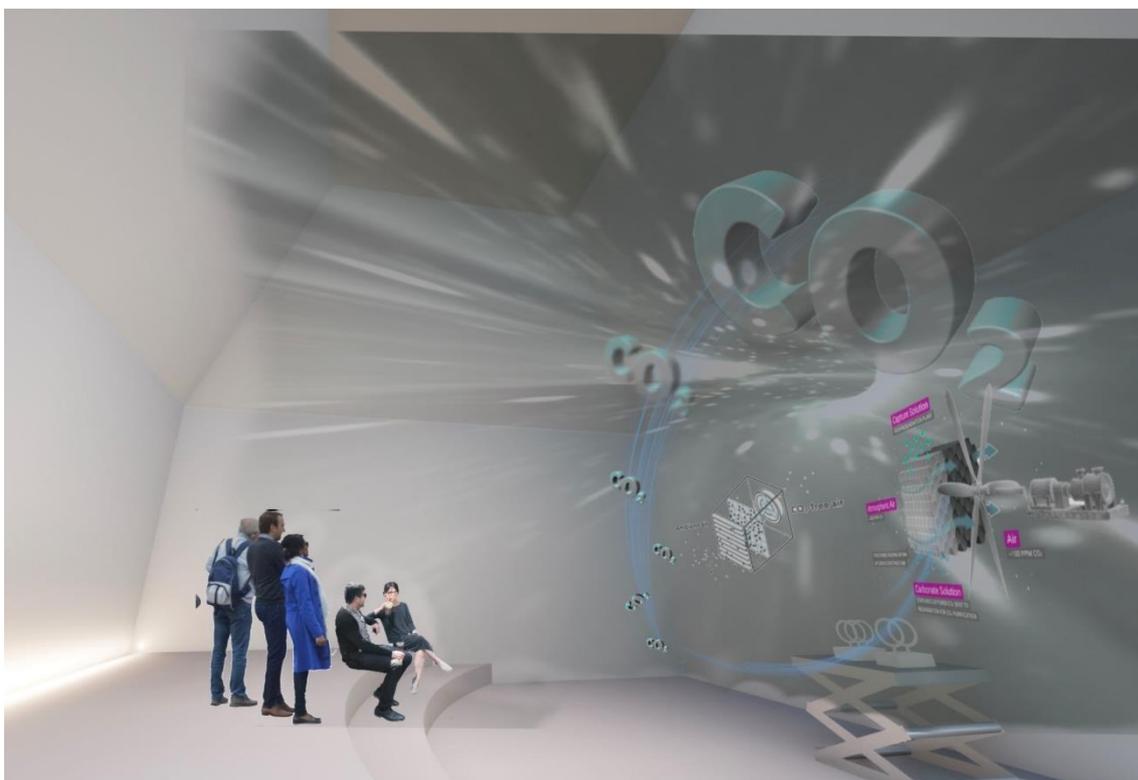


図 2.1.2-3 映像プレゼンテーションのイメージ

次に、来場者を屋外に誘導し、実機の見学に移る。この見学では実機を目で目視するだけでなく、VR、MR 技術を用いて、大気中の CO_2 、その CO_2 の DAC による分離吸収、DAC からの CO_2 が CCS に移り、地中への貯留というように、透明である CO_2 が目視でき、その流れが容易に分かるような見せ方を検討している。イメージを図 2.1.2-3～図 2.1.2-5 に示す。

また、カーボンリサイクル技術として、仮に CO_2 吸収コンクリートを実証プラントエリア内で紹介できるのであれば、その紹介も合わせて行うことを想定している。

この実機の見学には、数分要するとし、トータルで 20 分程度を想定している。



図 2.1.2-4 VR、MR 技術を用いた CO₂ の流れ（昼間）



図 2.1.2-5 VR、MR 技術を用いた CO₂ の流れ（夜間）

さらに、昨年度実施した DACCS 技術に関する認知度調査結果では、DACCS について「言葉は聞いたことがある」「全く知らない」の回答者のうち、知っておきたい情報で「安全管理対策」を選択した者の“DACCS に対する疑問点や知りたいこと、意見の自由回答”をみると「二酸化炭素を地中に埋めることに危険はないのか」「地中貯留することによる環境への影響」を懸念する意見が複数みられた。その他にも自然環境への影響予測データや対策、地震対策、国や企業の責任の所在などが挙げられており、環境面だけでなく安全面での関心も高いことが分かっている。

そのため、DACCS の紹介においては、DACCS 技術やその必要性、意義にとどまらず、環境面や安全面に関しても、映像での紹介のみならず、実機の見学においても説明にて触れる方向で検討を進める。

2.1.3 展示施設の設置に向けた検討

本年度は、展示施設の設置に向け、DAC、CCS、また見学者に対する説明スペースとして、見学施設の配置（レイアウト）などの検討を進めた。その検討における実証プラント及び見学施設のレイアウト例を図 2.1.3-1 に示す。

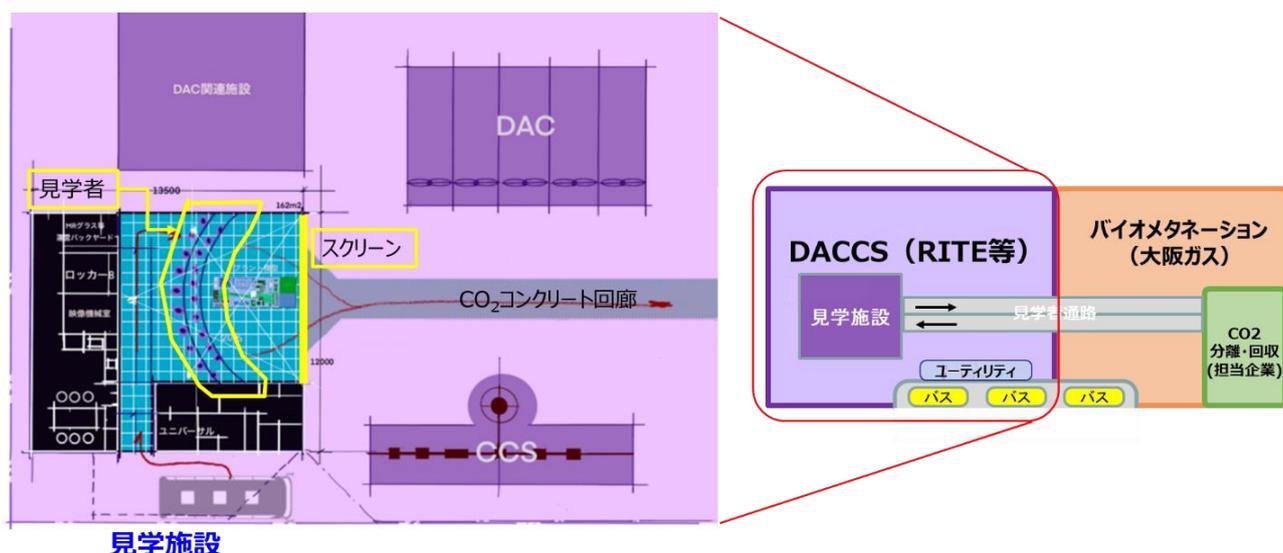


図 2.1.3-1 実証プラント及び見学施設のレイアウト例

DACCS の実証プラントエリアの敷地面積は、博覧会協会との調整により約 1200m^2 である。この敷地内へのレイアウトの考え方として、必要スペース、ユーティリティ、見学者の見やすさなどの観点から、まずは実証プラントを配置することとし、残されたスペースに、説明スペース、見学者のユーティリティ、運営スタッフのバックオフィス等を含んだ見学施設及び、実機の見学スペースを配置する方針である。レイアウト例を図 2.1.3-1 に、レイアウト例（遠景）を図 2.1.3-2 に示す。

見学施設は、図 2.1.3-1 の左下にあるブルーと黒のスペースで、広さは約 160m^2 程度である。この中のブルーの部分が見学者への説明スペースで、映像や音響によるプ

レゼンテーション、運営スタッフによる説明が行われる。これに付帯する黒い部分は、見学者のユーティリティ、運営スタッフのバックオフィス等を含むスペースである。

説明スペースでは、黄色い線で囲んでいる部分に 20 人程度の見学者が 2 列で、正面に位置するスクリーンの映像を視聴する想定である。また、そのスクリーン付近には、実証プラントエリアの模型を設け、実証プラントの説明や位置関係の把握、全体レイアウトを実感していただく。



図 2.1.3-2 実証プラント及び見学施設のレイアウト例（遠景）

先にも述べたが、見学施設を配置するにあたり、まずは DAC と CCS の実証プラントのレイアウトを行うこととし、検討を進めたが、昨年 12 月に九州大学、名古屋大学による博覧会会場での DAC の実証プラントの紹介について情報を得たことから、今後、速やかに、これら大学の実証プラント設置に必要なスペースやユーティリティの詳細な情報を把握し、レイアウトに反映させる必要がある。

また、博覧会会場における騒音に関して、博覧会協会が“騒音に関するガイドライン（仮称）”の策定を計画しており（2023年3月時点）、このガイドラインが実証プラントエリアへも適用されると、比較的騒音レベルが大きい DAC について、騒音対策やそれに伴うレイアウトへの反映が必要と考えられる。

そのため、今後の課題としては、以下の項目が挙げられる。

- 新たに加わった名古屋大学、九州大学による DAC の実証プラントの詳細情報の把握、レイアウトへの反映
- 博覧会協会による騒音ガイドライン（仮称）への対応、実証プラントエリアへ適用された場合の騒音対策

今後、これらを踏まえ、必要に応じレイアウトに反映していく必要があり、引き続き関係者間で、検討を進めていく。また、見学施設における説明内容についても、2大学の実証プラントの説明内容を包含するなど、更なる具体化が必要である。

今後のスケジュールについて、2023年度には①基本計画の確定、②詳細な建築設計の実施、③大阪市への仮設建築物許可申請、建築確認申請を完了し、2024年度初めから建築工事を着工する予定である。

2.1.4 名古屋大学による DAC 実証

名古屋大学の DAC 実証のイメージ図を図 2.1.4-1 に示す。

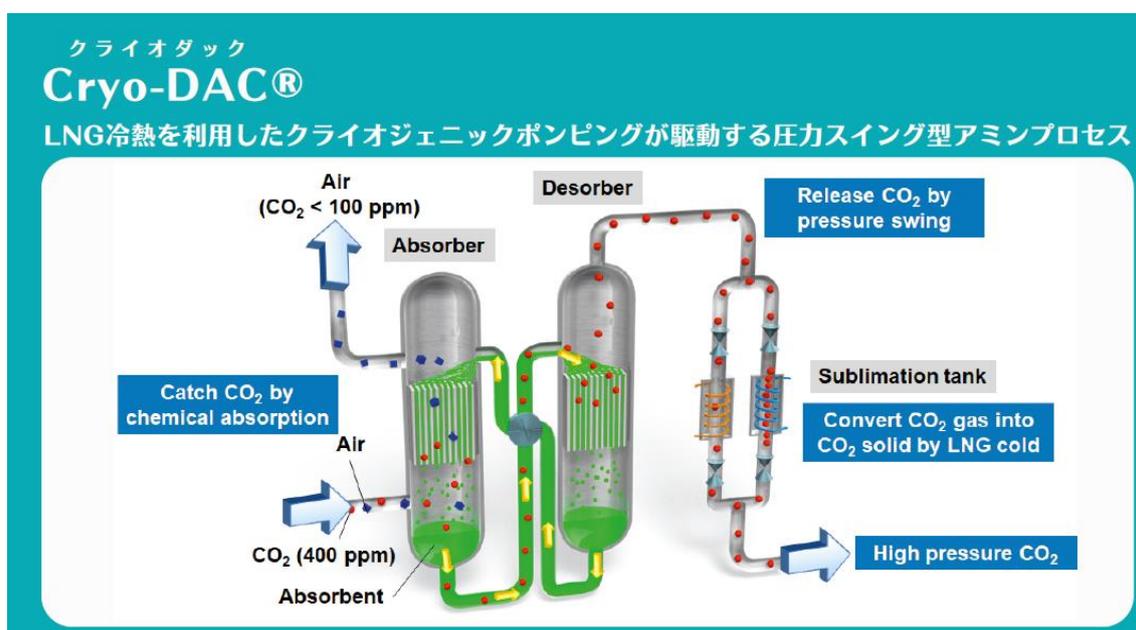


図 2.1.4-1 名古屋大学の DAC 実証のイメージ図

名古屋大学が取り組む CO₂ガス回収技術をベースに、液化天然ガスの LNG を気化する際に生じる冷熱を有効活用する CO₂の回収技術を組み合わせて DAC に応用する研究開発を行っており、NEDO のムーンショット事業に採択された。

具体的には CO₂の回収に従来は加熱再生を適用していたものを、CO₂ガスを LNG の冷熱で冷却することでドライアイスにする。このドライアイスにするときの体積の減少をポンプのような役割にして圧カスイングで CO₂を分離回収するものである。

現在、設備を設計中であり、2022年度までの研究結果をもとに、スケールアップする計画（図 2.1.4-2）で、次のベンチスケール機の詳細設計をプラントエンジンメーカーである日揮株式会社と共に行っている。大阪・関西万博の会場では、このベンチスケール機による実証試験を行いたいと考えている。

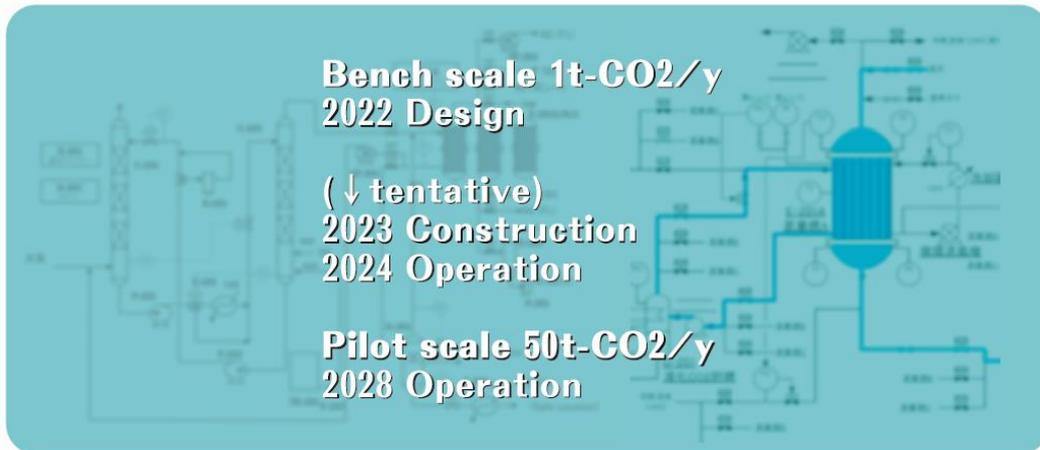


図 2.1.4-2 DAC 実証機のプラント設計計画

2.1.5 九州大学による DAC 技術の展示

九州大学が開発中の CO₂を通す分離膜の構成を図 2.1.5-1 に示す。

九州大学では、この非常に薄い分離膜を装置に組み込み、空気中から CO₂を回収し、その CO₂を直接、燃料等の有価物に変換する一体型のシステムを開発しようとしており、DAC-U システムと称している。

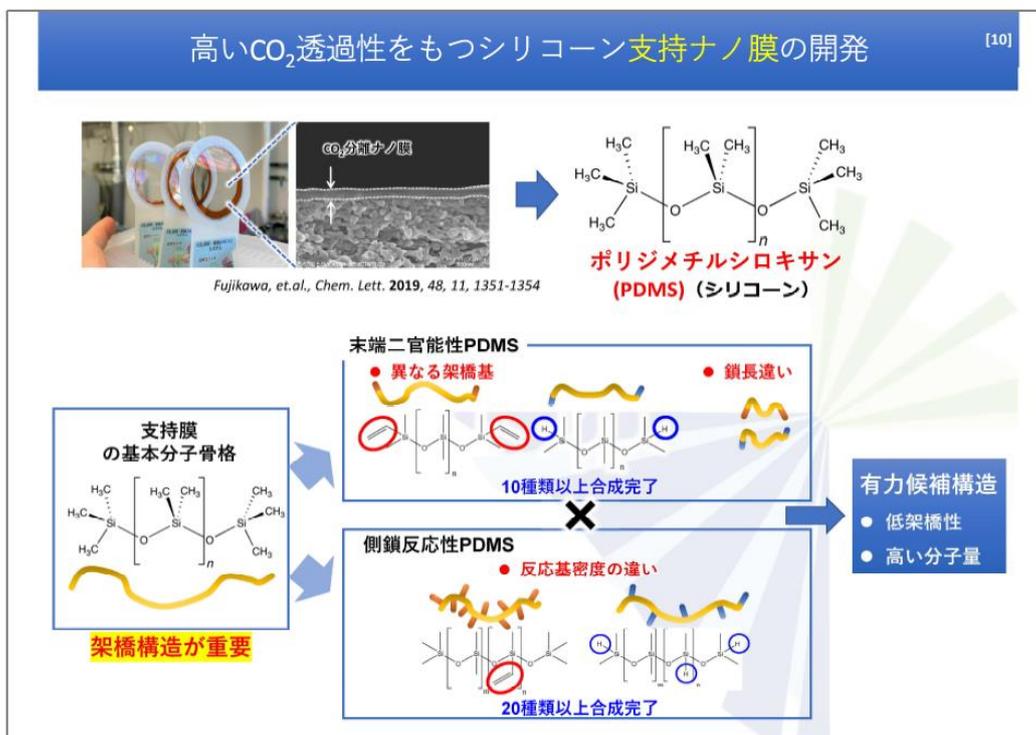


図 2.1.5-1 開発中の分離膜

九州大学の DAC 実証のイメージ図を図 2.1.5-2 に示す。

非常に薄い分離膜を使い CO₂を空気中から直接吸い込み、都市ガスの主成分であるメタンに返還する装置に送り込み、連続的なメタン合成に成功している。現時点ではメタン合成量が少ないので、性能と合成量を上げていくことが開発課題とされている。一方で非常に選択性高い特徴を有し、導入した CO₂のほぼ 90 パーセント以上をメタンに変換することを実現している。

この仕組みを装置化して大阪・関西万博の会場にて実証試験を行いたいと考えている。

大阪・関西万博以降の構想として、小型分散スケラブルな装置を町中に分散配置し、新しい炭素資源を循環する装置と、炭素資源の地産地消社会を目指すことを、コンセプトとしている。既に設計に着手しており、大気から CO₂を回収する装置として現状、幅が 80cm、長さ 125cm、高さ 100cm 程度を想定しているが、その装置に CO₂を変換する装置を組み合わせ、万博会場では、CO₂からメタンを生成するシステムを紹介する計画である。

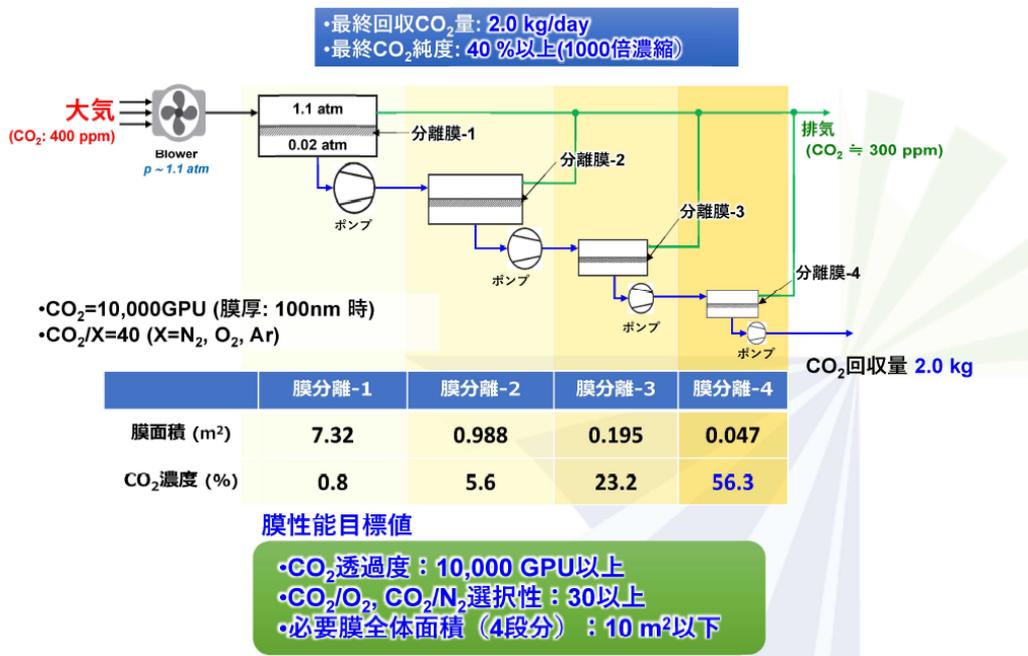


図 2.1.5-2 九州大学の DAC 実証のイメージ図

2.1.6 メタネーション実証エリアの検討状況（大阪ガス）

大阪ガスメタネーション実証のイメージ図を図 2.1.6-1 に示す。

まず、再生可能電力から水の電気分解で水素を、グリーン水素を製造する。次に食品残渣から微生物の力を使ってメタン発酵を行い、6 割メタン、4 割 CO₂が含まれるバイオガスを製造する。RITE が実証する DAC で回収した CO₂を供給する計画としており、検討を進めている。これらの原料から合成メタンを製造する。具体的にはバイオガス中の CO₂と水素、あるいは DAC から回収した CO₂と水素からメタンを合成する。生成したメタンを万博会場で稼働する都市ガスの消費機器で使用するという一

連のサプライチェーンの実証を環境省の委託事業として大阪ガスが幹事として実施する。

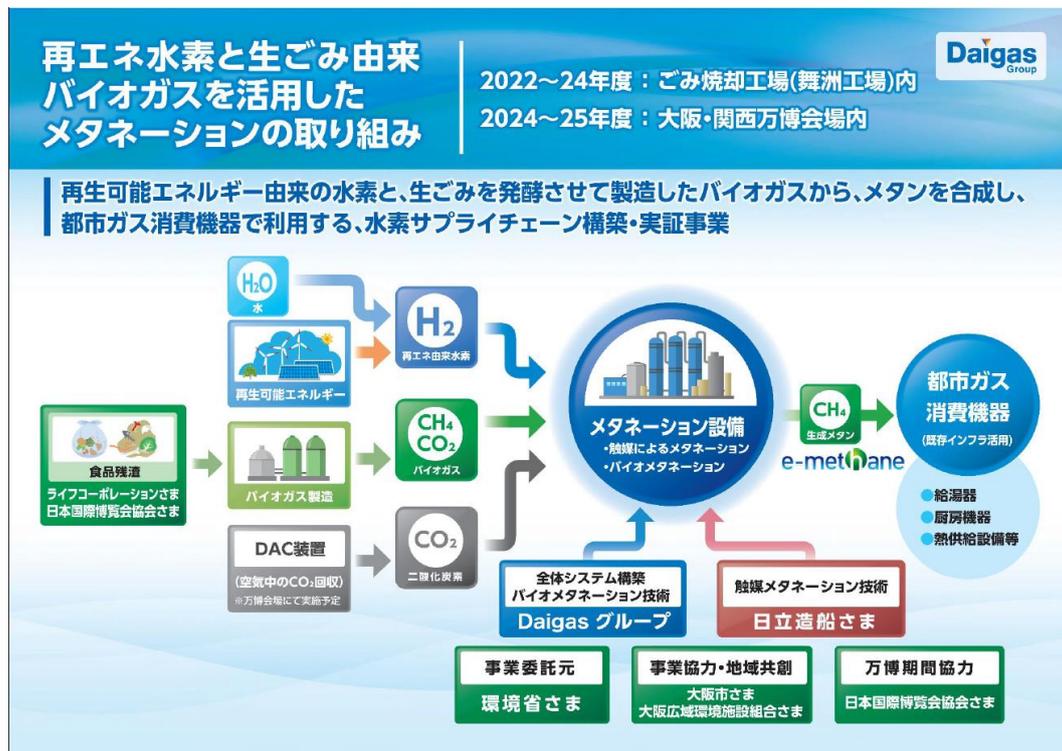


図 2.1.6-1 大阪ガスにおけるメタネーションの取り組み

博覧会会場で実証する前に、2024年度に大阪市舞洲の清掃工場にて実証し、その装置を会場に2024年度の後半に移設し、2025年度の万博開催期間内に実証する計画である。ごみの供給に関しては、舞洲の際はライフ、万博では博覧会協会が供給元で、事業委託元の環境省、舞洲では大阪市、大阪広域環境施設組合と、万博開催期間中は博覧会協会他と共に実証事業を進める。

大阪ガスにおけるメタネーション実証のスケジュールを図 2.1.6-2 に示す。

2023年度から2025年度までの4年間の事業であり、2023年度は主に装置の詳細設計、プラントの製作を一部開始する。2024年度は舞洲の清掃工場での建設工事、試運転がメインになり、前半に実証し、後半に万博会場に移設する予定。2024年度の第4四半期には試運転を完了させ、万博期間中には実証試験に移行する。

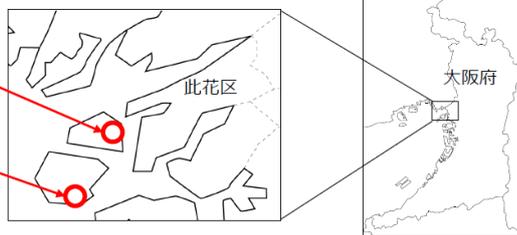
実証事業概要

- 2022年度～24年度は、ごみ焼却工場(舞洲工場)において、工場内で製造した再エネ由来水素と生ごみから得られるバイオガスから、メタンを製造し、同施設内のガス消費機器で利用する実証を行う予定です。
- 2024年度から、大阪・関西万博会場に設備を移設し、会場内で製造した再エネ由来水素と、会場内の食品残渣由来のバイオガスからメタンを製造し、熱供給設備やガス厨房等で利用する実証を行う予定です。

実証サイト

実証地 1サイト目('22～'24年)
大阪広域環境施設組合 舞洲工場内

実証地 2サイト目('24～'25年)
大阪・関西万博会場内



全体スケジュール

項目	概要	22年度				23年度				24年度				25年度				
		1Q	2Q	3Q	4Q													
1 設計製作	<ul style="list-style-type: none"> ● システム設計、プラント製作 ● 現地工事、移設工事 			→	→													
2 ごみ焼却工場(舞洲工場)実証	<ul style="list-style-type: none"> ● システム構築と個別機器の性能評価 ● 地域の食品残渣を原料とし、合成メタンを製造、利用 																	
3 万博会場実証	<ul style="list-style-type: none"> ● システム構築と個別機器の性能評価 ● イベントの食品残渣を原料とし、合成メタンを製造、利用 																	
4 適用可能性調査・評価	● 将来展開に向けた適地調査やコスト・CO ₂ 削減量評価																	

図 2.1.6-2 メタネーション実証のスケジュール

現在、万博会場でのレイアウト検討を開始しており、敷地中央部を東西に貫く見学通路を設け、その他のスペースに装置を配置するよう検討している。

具体的には、敷地北側から会場の生ゴミを受け入れ、その西側のメタン発酵槽で微生物の力を使ってバイオガスを製造する。水電解装置で再エネの電力を受け入れ、水の電気分解し水素を製造する。バイオガスと水素を原料にバイオメタネーションとサバティエメタネーションの二つの技術でメタネーションを行う。生成した合成メタンは、漏れたときに漏えい検知ができるように腐臭し、配管を使って消費機器側に送る。

来場者の見学に関しては、実証エリアの中央を東西に貫く通路を活用し、ガスパビリオンと連携した見学を検討している。都市ガス業界は 2050 年に向けてカーボンニュートラル都市ガスへの挑戦をテーマにしており、それを来場者に PR するためにガスパビリオンとの連携も含めて検討している。具体的には、ガスパビリオンで受け入れた来場者を、ガスパビリオン見学後、バスで 5～10 分かけてメタネーションの実証エリアへ移送し、実証エリアで機器の概要説明や機器の見学を 30 分程度行い、その後、バスで移動して降車場所まで移送して終了という工程を検討している。

見学ツアーは、10時から18時の間の8時間で、1時間当たり2回とし、1日当たり16回を計画している。1回当たり10人程度の見学者を想定しており、ガスパビリオンの事前予約者限定のツアーである。

2.1.7 フューチャーライフエクスペリエンス（FLE）での出展

(1) FLE での出展

実証プラントエリアにおける展示内容について、博覧会協会から実証プラントに係る展示に限るという方向性が示されたため、博覧会協会より、コンソーシアム参加メンバーに対し、FLE への出展に関し説明を実施した。

(2) FLE の概要

FLE は博覧会会場の北西に位置（図 2.1.7-1）し、展示面積は約 1000m² である。



図 2.1.7-1 FLE の配置図

FLE は、未来社会ショーケース事業の中にある 6 万博の内、フューチャーライフ万博の 카테고リーに含まれている（図 2.1.7-2）。また、フューチャーライフ万博には、出展者が行う事業と博覧会協会が行う事業との 2 つがある（図 2.1.7-3）。

出展者で行う事業は、建物から全て出展者が行うが、FLE は博覧会協会が行う事業である。基本計画を博覧会協会が策定し、その後の基本設計、実施設計、建物設置まで博覧会協会が行い、コンテンツ等は出展者に行う。FLE の募集は来年度以降に予定されている。建物等は博覧会協会を用意されるが、出展者からの協賛金や施設利用料などで、運営費用を賄うこととされている。

未来社会ショーケース事業			
未来社会ショーケース事業は、2025年より先の未来を感じさせる次世代技術・社会システムの実証と、2025年の万博にふさわしい先端技術・社会システムの実装の二つのレイヤーを念頭に実施を検討しています。			
スマートモビリティ万博 <ul style="list-style-type: none"> 会場アクセスバス 会場内・外周バス 会場内パーソナルモビリティ ロボット(会場サービス) 空飛ぶクルマ 等 	アート万博 <ul style="list-style-type: none"> ウォータープラザ水上ショー 大屋根プロジェクションマッピング 静けさの森インスタレーション パブリックアート パレード 等 		
デジタル万博 <ul style="list-style-type: none"> 来場者向けパーソナルエージェント、XR案内 自動翻訳システム 高速大容量通信環境 大型映像、サイネージ 等 	グリーン万博 <ul style="list-style-type: none"> DAC+CCS、メタネーションガス 水素発電、純水素型燃料電池 アンモニア発電 CO2吸収路面素材 次世代太陽電池 		
バーチャル万博 <ul style="list-style-type: none"> バーチャル会場 XR演出 サイバー万博(仮称) 等 	フューチャーライフ万博 <ul style="list-style-type: none"> 未来の都市、住宅、環境、交通、文化(フューチャーライフパーク) 未来のヘルスケア(健康医療等データ活用、医療機器、福祉用具 等) 未来の食、農業(フードテック、自動化、食文化 等) 未来への行動(CIFAM EXPO 2025ベストプラクティス展示) 		

これら3テーマを中心に未来の体験ができるコーナーを準備する予定

※ 現時点のものであり、今後変更することがあります。

図 2.1.7-2 未来のショーケース事業

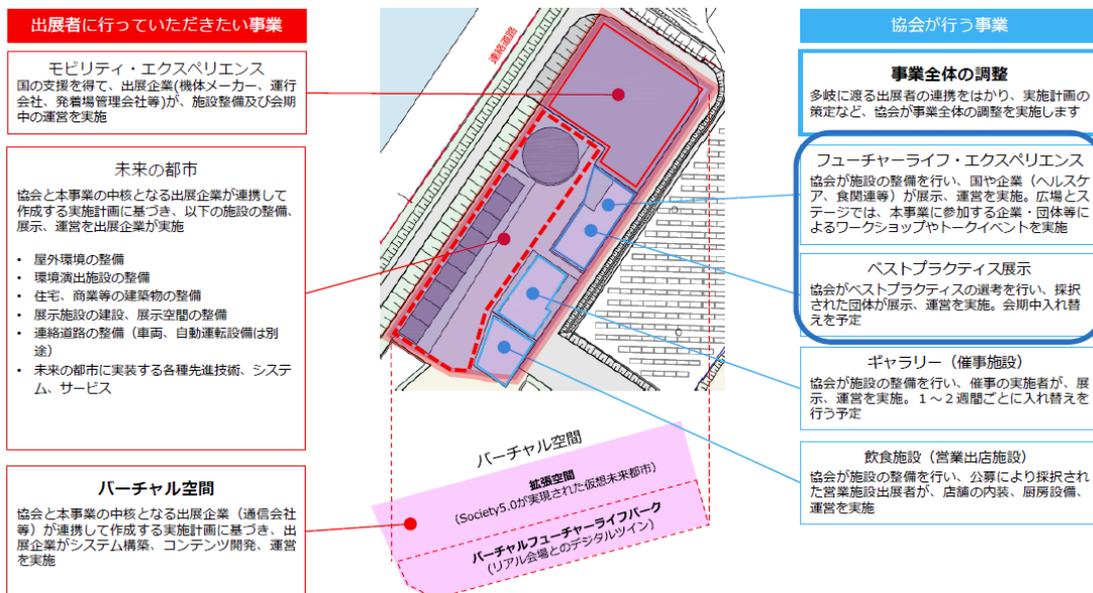
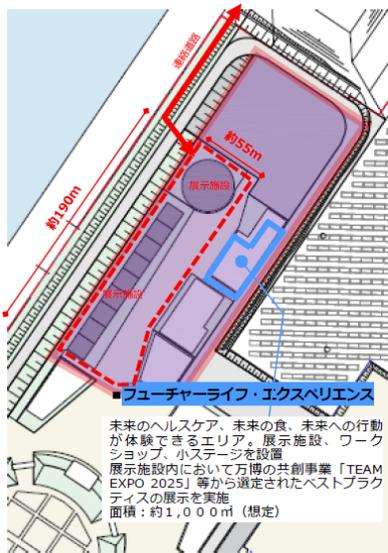


図 2.1.7-3 事業の役割

実装方針(案)として、常設出展、期間出展、ステージ出展の3つがある。常設出展の対象は大口企業であり、会期全体を通して出展するものである(図 2.1.7-4)。

期間出展は、期間ごとに区切り、ヘルスケアや食などのテーマを設定し、複数の出展者によるタイムシェアード型の入替え展示である。ベンチャーの企業やスタートアップの企業の出展が想定されている。直接的な費用の他にも、人を半年間張りつけないといけないのは難しいという出展者ために、1週間や1か月という期間を区切って出展できる方策を検討している。

ステージ出展について、フューチャーライフテーマに応じた様々な出展者が、情報を発信できるエリアである。期間展示よりも安易に出展できる形が取られている。ステージ出展を行う者は、例えば1時間ほど時間を取り、自己の活動などの紹介することを想定している。



◆FLEエリアコンセプト

未来のヘルスケア、未来の食、未来への行動などが体験できるエリア

Society5.0が実現する未来社会を
「共創」によってつくりあげる
インキュベーション型事業

(協賛・参加企業募集による運営)
※出展には協賛金または施設利用料が必要です

◆実装方針(案)(基本計画策定中! ※詳細内容は12月未予定)

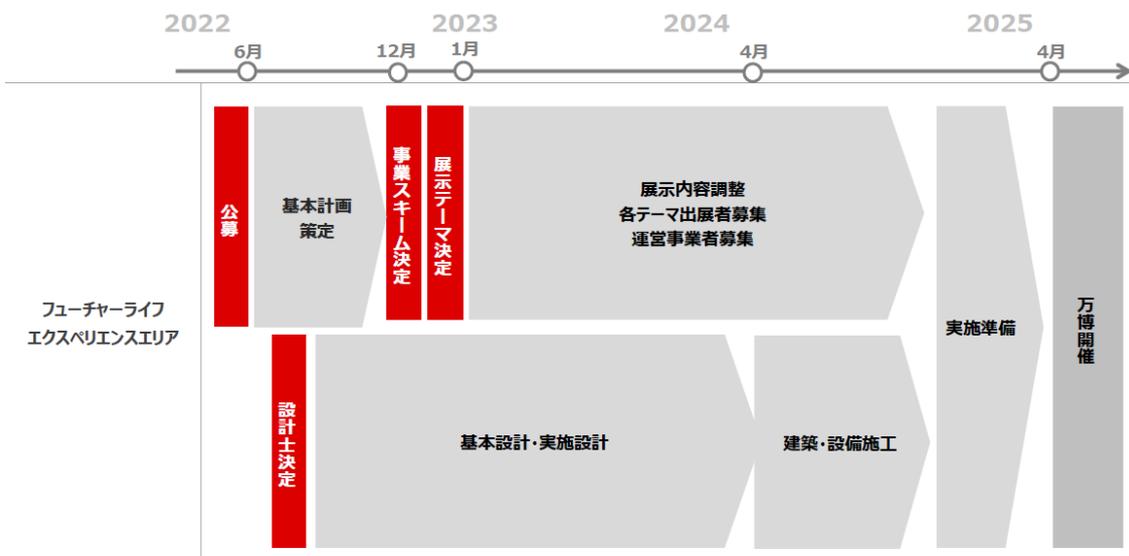
- ①常設出展 (対象:大口企業協賛出展)
開催期間を通して「未来のヘルスケア」「未来の食」「未来の行動」を体験できる展示エリア
- ②期間出展
期間ごとにヘルスケア・食などのテーマを設定
フューチャーライフテーマに応じた複数の出展者によるタイムシェアード型の入れ替え展示エリア
- ③ステージ出展
フューチャーライフテーマに応じた様々な出展者が、情報を発信できるエリア

図 2.1.7-4 FLE における実装方針案(2022.11 時点)

今後のスケジュール(図 2.1.7-5)について、2022年6月から12月にかけて基本計画の策定をしている。12月に事業スキームと展示テーマの決定を目標に進めている。(2022年11月時点)

また、2023年度から2024年度にかけて、展示内容の調整と各テーマ出展者の募集、運営先の募集が進められ、2024年4月以降に、出展者の公募が開始する予定である。

建物について、現在、建築準備が進められている。基本設計を建築士と進めている段階で、2023年2月頃までに基本設計を終え、現地着工ができるのが2024年4月であることから、来年1年間で実施設計等を進め、2024年4月に建築に着手する予定とされている。



※上記は現時点での想定スケジュールであり、今後検討を進める中で変動していく可能性があります。

図 2.1.7-5 FLE における今後のスケジュール

参考文献

- 1) ムーンショット型研究開発事業 目標4
2022年度成果報告会 予稿集 (2023年1月17日、18日)

第3章 カーボンニュートラル技術に係るアンケート、ヒアリング調査

日本にネガティブエミッション技術等のあるべき姿を示す上で、コンソーシアム参加メンバーの企業・団体が保有するカーボンニュートラル技術を紹介することも重要であり、2025年大阪・関西万博で示し来場者の理解促進を図るべきと考えられる。

そのため、コンソーシアム参加メンバーを対象に、自信が保有するカーボンニュートラル技術を実証プラントエリアで紹介することに関してどのような考えであるかを調査するとともに、紹介することに前向きな企業・団体に対しては、より詳細に技術開発の状況や、現状における商品化、またどういった見せ方を検討（希望）しているかを把握すべく、個別にヒアリングを実施し、その結果を展示方法や説明内容等の検討に資することとしている。

3.1 アンケート調査

3.1.1 アンケート調査概要

(1) 調査目的

コンソーシアム参加メンバーにおいては、非常に有用なカーボンニュートラル技術を有している。そのため、実証プラントエリアにて、カーボンニュートラル技術を紹介する考えがあるのか、また、紹介する場合、どういった見せ方を想定（希望）しているのかなどについて把握し、今後の展示内容の検討に資するため実施した。

(2) 調査方法

RITEにて、図 3.1.1-1 図 3.1.1-2 に示すアンケート調査票を作成し、コンソーシアム参加メンバーへ配布（メールによる送付）し、回答いただくこととした。

調査期間は2022年7月11日（月）～15日（金）に実施した。

(3) 調査対象

調査対象は、コンソーシアム参加メンバーの16企業・団体とした。調査対象の企業・団体一覧を表3.1.1-1に記す。

(4) 調査内容

主な調査内容は、カーボンニュートラル技術を紹介したいか、カーボンニュートラル技術を紹介する場合、どういった見せ方を想定（希望）するか、またカーボンニュートラル技術を紹介する場合、応分の負担を負う考えはあるかなどである。

合わせて、今年度の展示方法分科会の進め方へのご意見などについても、調査を行った。

表 3.1.1-1 アンケート対象者一覧

	企業・団体
1	株式会社 アースサイド
2	株式会社 IHI
3	岩谷産業 株式会社
4	応用地質 株式会社
5	大阪ガス 株式会社
6	鹿島建設 株式会社
7	関西電力 株式会社
8	公益社団法人 関西経済連合会
9	Global CCS Institute
10	独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE)
11	大成建設 株式会社
12	太平洋セメント 株式会社
13	デンカ 株式会社
14	株式会社 トクヤマ
15	三菱重工エンジニアリング 株式会社
16	公益財団法人 地球環境産業技術研究機構(RITE)バイオ研究グループ

2025 年大阪・関西万博におけるネガティブエミッション技術等の
在り方を示すコンソーシアム
カーボンリサイクル技術等に関するアンケート調査票

貴社・貴団体名： _____

<アンケートについて>

見学者の皆さまの印象に残り、来て良かったと思っただけの展示施設を目指し、今年度は、その具体的な内容や展示方法の検討を進めることとしております。

展示施設は、DAC、CCS、メタネーションの各実証設備の隣接地に位置※するものと想定し、これら実証設備のPRに加え、カーボンニュートラルに資する技術（CN技術）の展示も考えています。（その1つの検討案として、昨年度はタイムトンネルシアターを検討いたしました。）

つきましては、参加メンバーの皆さまから、どのような技術をご紹介いただけるのか、紹介いただける場合、こういった見せ方を想定されているのかなどについて、お考えをお聞かせいただきたく、よろしく申し上げます。

※万博会場から南東の管理区域内に位置

① 展示施設にて貴社・貴団体が有する CN 技術を紹介したいとお考えですか。

1. 紹介したい 2. 条件による 3. 紹介は考えていない 4. その他

4. その他に回答の方は記載下さい

② ①にて 2. にご回答された方にお聞きします。具体的にはどのような条件を最も重視しますか。

1. 紹介場所 2. 紹介スペース（広さ） 3. 見せ方 4. 負担額

5. その他

5. その他に回答の方は記載下さい

図 3.1.1-1 カーボンリサイクル技術等に関するアンケート調査票（1 / 2）

③ 貴社・貴団体が有する CN 技術を展示施設にて紹介する場合、どういった見せ方を想定（希望）していますか。

1. 実機・実物 2. 模型 3. 映像のみ 4. パネルのみ 5. その他
5. その他に回答の方は記載下さい

④ 貴社・貴団体が有する CN 技術を展示施設にて紹介する場合、応分の負担が前提となりますが、ご負担いただけるお考えはおありでしょうか。

1. ある 2. ない

⑤ ④で応分の負担の考えが「ある」とご回答された方にお聞きします。具体的なお考え、またご希望などがあれば、記載してください。

<自由記述>

⑥ 今年度の展示方法分科会の進め方について、ご意見などがございましたら、記載してください。

<自由記述>

図 3.1.1-2 カーボンリサイクル技術等に関するアンケート調査票（1 / 2）

3.1.2 アンケート調査結果

(1) カーボンニュートラル技術の紹介

カーボンニュートラル技術を紹介したいかどうかの設問に対する回答結果を図3.1.2-1に示す。

1.紹介したいとの回答が6企業・団体で最も多く、次いで2.条件によるが3企業・団体であり、合わせて9企業・団体がカーボンニュートラル技術を紹介したいと考えている結果で、保有するカーボンニュートラル技術を万博会場で紹介したいという意識は高いことが確認された。

なお、4.その他に回答の4企業・団体の内、1企業は、カーボンニュートラル技術の使用先としての紹介であれば、検討するとの回答であった。

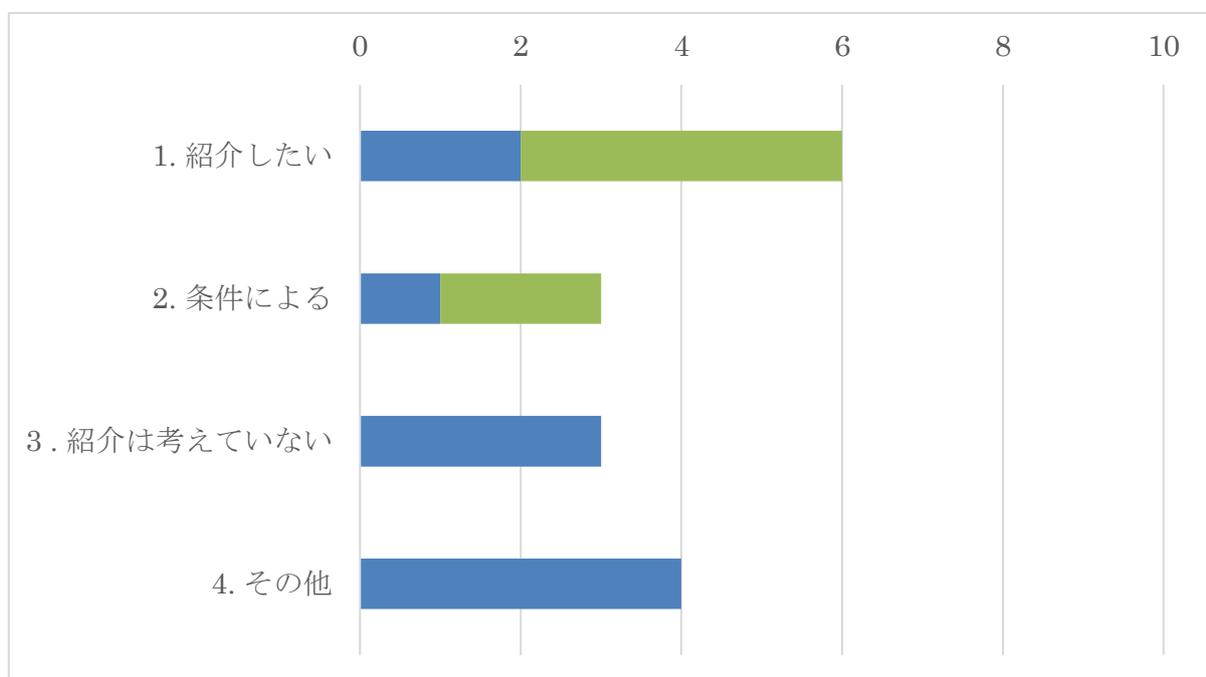


図 3.1.2-1 カーボンニュートラル技術の紹介に対する回答

(2) カーボンニュートラル技術の紹介の条件について

カーボンニュートラル技術を紹介したいと回答した企業・団体において、具体的などのような条件を重視するかの設定に対する回答結果を図 3.1.2-2 に示す。

カーボンニュートラル技術の紹介の条件としては、1.紹介場所、3.見せ方、4.負担額が重要視されている結果であった。なお、2.紹介スペース（広さ）の回答が無かったのは、実証プラントエリアの面積は、他のパビリオンなどと比較して大きくないことを認識しているためと推測される。

5.その他に回答の 2 企業・団体においては、カーボンニュートラルに関連する技術として蓄電池に関する技術を紹介したいが、国の予算が認められる場合、また水素関連の取り組みとして関西企業連盟で参画出来れば、という回答であった。

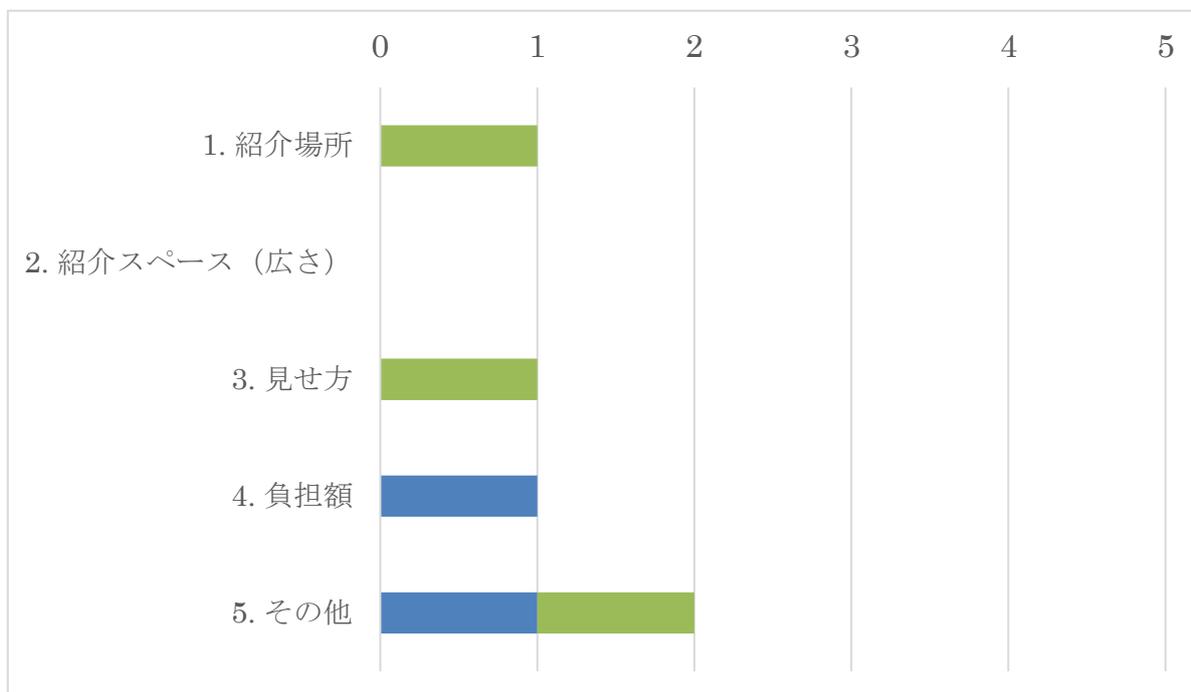


図 3.1.2-2 カーボンニュートラル技術の紹介の条件

(3) カーボンニュートラル技術の見せ方

カーボンニュートラル技術を実証プラントエリアで紹介する場合、こういった見せ方を想定（希望）するかの設問に対する回答結果を図 3.1.2-3、表 3.1.2-1 に示す。なお、本設問は複数回答可としたものである。

1.映像のみとの回答がもっとも多く 8 企業・団体、次いで 1.実機・実物、4.パネルのみとの回答が 5.企業・団体で、その次に 2.模型との回答が 3 企業・団体という結果であった。映像のみとの回答が多かったのは、RITE による DAC、CCS の紹介も映像をベースに検討しているためと推測される。一方で、実機・実物という回答もあり、これも RITE が実証プラントを設置することを踏まえた回答であると考えられる。

パネルのみとの回答においては、映像＋パネルもしくは実機・実物＋パネルといったように、説明の補助として活用するものと考えられ、模型との回答にあたっては、サンプルを持ち込みたい、という意向であるものと思われる。

5.その他の 2 企業・団体の内、体験(実食)の場として飲食店への提供や商品販売、他パビリオンとの連携という考えの企業もあった。

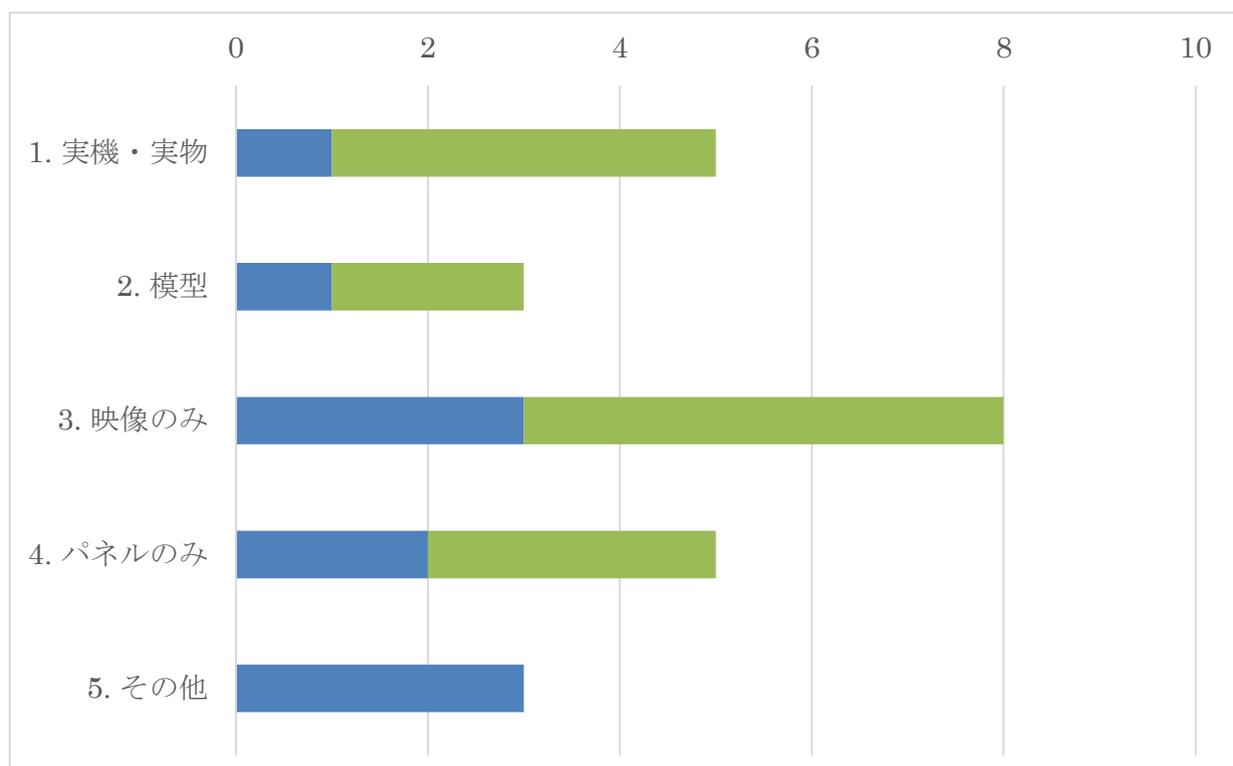


図 3.1.2-3 カーボンニュートラル技術の見せ方

表 3.1.2-1 企業・団体の回答内容（抜粋）

企業・団体	回答内容
A社	映像と合わせてサンプル展示も検討している
B社	バイオガスメタネーションの実証機器および説明映像、パネル等を想定している
C社	小型の実物（CO ₂ 吸収固定コンクリート）をパネル、映像とともに展示させていただきたいと考えている
D社	体験(実食)の場として飲食店への提供や商品販売、他パビリオンとの連携という多面的な方法も考えられる
E社	動画、パネル展示も併せて紹介できればと考えている
F社	CO ₂ を固定化するコンクリートに添加する材料を提供することを想定。関係会社と協議中。展示方法は現時点で不明。
G団体	映像のみの場合は、インパクトが残せる形（バーチャルリアリティなど）を考えてみたい。
H団体	映像を中心にして、バイオの技術を用いて作ったサンプル製品を展示したいと考えている

(4) カーボンニュートラル技術を紹介する場合の負担について

カーボンニュートラル技術を紹介において、応分の負担が前提となる場合、負担する考えがあるかどうかの設問に対する回答結果を図 3.1.2-4 に示す。

検討中を含め、1.あるとの回答(検討中含む)が 6 企業・団体という結果で、保有するカーボンニュートラル技術を万博会場で、応分の負担を伴っても紹介したい意識は高いことが確認された。

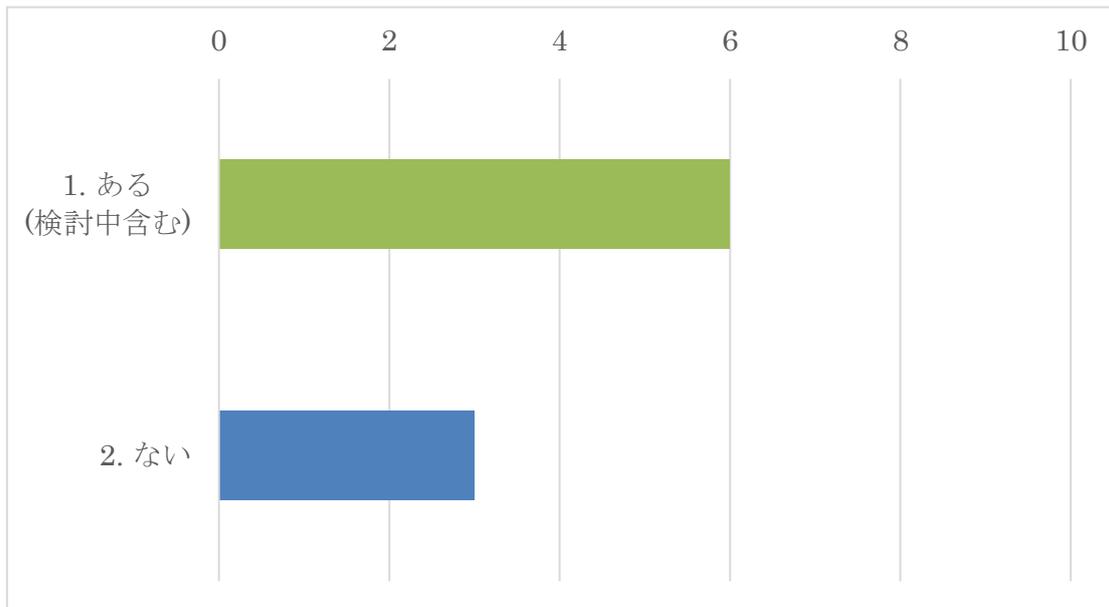


図 3.1.2-4 カーボンニュートラル技術を紹介する場合の負担

(5) 今年度の展示方法分科会の進め方について(企業・団体)

今回のアンケート調査においては、今年度の展示方法分科会の進め方への意見などについても、自由記述にて把握した。なお、本項目に関しては、アンケートの調査対象の16企業・団体に加え、大阪府、大阪市からも意見を求めた。

各企業・団体からの意見を表3.1.2-2に、行政からの意見を表3.1.2-3に示す。

表 3.1.2-2 今年度の展示方法分科会の進め方に関する意見（企業・団体）

企業・団体	意見など	分科会事務局 コメント
岩谷産業	博覧会協会からも企業協賛、協力依頼もいただいているが、優先度付けの判断が付かない。他パビリオンと本企画との明確な違い・アピールポイントを映し出す展示を行う必要があるのではないかと。なお、当社は、水素燃料電池船の開発、商用運航を最優先事項としているが、その他については関西経済連合会とも協議し検討してきた経緯がある。	・明確な違いは実設備を有すること
大阪ガス	博覧会協会はグリーンビジョンのPR（詳細不明）をフューチャーライフパークで計画されていると伺っているが、展示分科会では実証機器付近での展示施設の検討となっている。博覧会協会の計画との役割分担、重複の有無、連携方法などをご調整されたい。うで、個別に協議させていただきたい。	・協会殿とは連携を密に進めており、必要事項について別途、個別に調整させていただきたい
鹿島建設	多くの人に見ていただきたいと希望するが、展示場所の南東の管理区域は見学者が少ないのではないかと懸念している。例えば、本コンソの展示もフューチャーライフパークで行うほうが、それらの技術展示との相乗効果も期待できるので良いのではないかと。	・実設備だけでなく、カーボンニュートラル技術も含め、印象に残る展示を目指している
関西電力	万博協会とRITEの足並みがそろって検討を進めることが望ましい。そのうえで、微力ながら、より良い展示となるよう協力をさせていただきたい。	・協会殿とは連携を密に、進めていく
太平洋セメント	各社との展示内容に大きく差が生じるような展示形態となるのであれば、アピールの逆効果とならないかを危惧している。対等なアピールを可能とする、映像やパネルでのコーナーを創出いただければ、素材メーカーにおいても参画しやすい。	・映像やパネルで紹介いただくことも検討している
関西経済連合会	これまでカーボンニュートラル技術でも水素に注力してきており、万博期間中における水素関連の啓蒙・企画の要望等を検討している。（水素ウィーク、デイの設定や水素関連会合の誘致など）DACやCCS、メタネーション等も同じCN技術であり、こういった企画の中で協業できる事があれば、協業させていただきたい。	・今後とも協業等について、情報交換をさせていただきたい

表 3.1.2-3 今年度の展示方法分科会の進め方に関する意見（行政）

行政	意見など	分科会事務局 コメント
大阪市	<p>展示施設は DAC、CCS、メタネーションの各実証設備の隣接地の位置が想定されており、各実証設備の PR については、隣接地であることを活かした展示を引き続きご検討いただきたい。</p> <p>一方、展示施設は来場者が回遊しない場所と考えられる。万博会場内では、DAC、CCS、メタネーション以外の CN 技術も実施されると伺っており、万博会場内での他のカーボンニュートラル技術の展示等との相互連携を図ることができれば効果的ではないかと考える。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 協会殿とは連携を密に進めており、類似のカーボンニュートラル技術等の展示について別途、個別に調整していきたい
大阪府	<p>カーボンニュートラル技術展示施設は DAC、CCS、メタネーションの各実証設備の隣接位置に想定されており、各実証設備の PR については、隣接地にあることを十分に活かして頂き、カーボンニュートラル技術と連携することにより相乗効果を高めて来場者の行動変容につながる効果的な展示を引き続きご検討いただきたい。</p> <p>一方で、DAC、CCS、メタネーションの各実証設備は来場者が回遊するメインルートから離れた場所（南東部の管理施設、供給処理施設付近）と伺っており、万博会場内外での他のカーボンニュートラル技術の展示ツアーや動画・アニメーション、SNS 等デジタルコンテンツ、モビリティ等と相互連携を図ることができれば、相乗効果が高められるのではないかと考える。</p> <p>このほか、展示施設やカーボンニュートラル技術、モビリティ、資源循環等の環境先進技術、GX、イノベーションを世界に向けた効果的な発信方法についてご検討をお願いします。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 来場者の行動変容も含め、展示について検討したい ・ 相互連携に関しては、協会殿と連携を密に進めたい

(6) 企業・団体の有するカーボンニュートラル技術

カーボンニュートラル技術を紹介において、応分の負担の考えがあると回答した企業・団体は、以下の6企業・団体(検討中含む)である(表3.1.2-4)。

これら企業・団体に RITE バイオ研究グループの二酸化炭素を原料としたプラスチックの生産技術を加えたカーボンニュートラル技術の概要を、図3.1.2-5～図3.1.2-12に示す。

なお、本内容については、第2回展示方法分科会にて、各企業・団体より説明を行っている。

表 3.1.2-4 カーボンニュートラル技術の概要

企業・団体	カーボンニュートラル技術の概要意見など
株式会社 IHI	CO ₂ を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術
鹿島建設 株式会社	環境配慮型コンクリート CO ₂ -SUICOM
独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE)	世界市場における蓄電池ビジネスの競争力の強化のための蓄電池システムに関する国際標準化の推進
大成建設 株式会社	カーボンリサイクルコンクリート
太平洋セメント 株式会社	CO ₂ 硬化型セメント
デンカ 株式会社	炭酸化混和材 デンカ LEAF (リーフ)
大阪ガス 株式会社	CO ₂ を有効に活用できるメタネーション技術や、製造される合成メタン
RITE バイオ研究グループ	二酸化炭素固定菌を用いた、二酸化炭素を原料としたプラスチックの生産

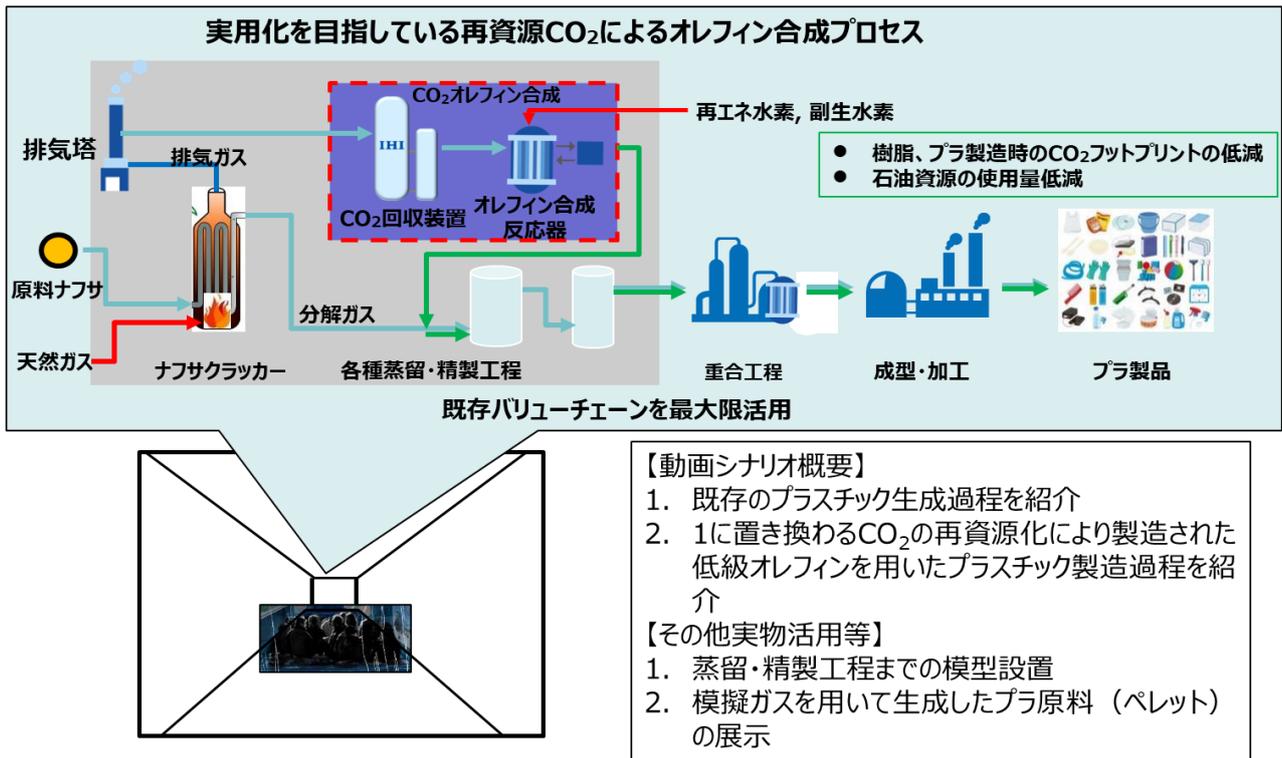


図 3.1.2-5 株式会社 IHI

CO₂-SUICOMの展示案

基本的な技術概要の展示
(一般市民に伝わりやすい形式)



バーチャル展示



実物展示

展示イメージ (COP26での展示例)

CO₂-SUICOMによって削減されるCO₂と同等量の植物を展示

CO₂-SUICOM
1m³が吸収するCO₂
-18kg-CO₂/m³

杉1本が1年間に吸収するCO₂

-14kg-CO₂/year

*1m³が削減するCO₂
-300kg-CO₂/m³

1m³
1m



*本図はイメージで、展示物のサイズ等は要検討

CO₂を充填した袋内でCO₂-SUICOMがCO₂を吸収する様子を映像で紹介



図 3.1.2-6 鹿島建設 株式会社

世界最大規模の試験評価施設と新技術の評価方法の標準化を通して我が国蓄電池ビジネスの発展とカーボンニュートラルに貢献

試験評価を通じた我が国蓄電池ビジネスの競争力強化

目的

- カーボンニュートラルの実現に向け、大型蓄電池システム等の、今後、大きなビジネスの発展が期待される新技術の評価方法を世界に先駆けて確立するとともに、新技術の評価方法の国際標準化などを通じて、**世界市場における蓄電池ビジネスの競争力の強化**に貢献しています。

特徴

- 大阪の咲洲コスモスクエア地区に国内初となる大型蓄電池システム試験評価施設として蓄電池評価センター（NLAB: National LABORatory for advanced energy storage technologies）を整備・運営し、多くの方々にご利用いただいています。
- 国内の他の試験場ではできないような、規模や条件での大型蓄電池システムの試験を実施することができます。
- 得られたデータを元に、蓄電池システムに関する**国際標準化**を推進しています。

利用対象者

- 企業、大学、研究機関、試験・認証機関、蓄電池システムユーザーなど。



● 多目的大型実験棟



● 多目的大型実験棟内部

標準化から認証・評価サービス提供へ

①蓄電池システムの初期の安全性

- 2016年5月に**国際提案**し2020年4月に**IEC 62933-5-2**として発行。
- 対応**JIS C 4441**は2021年3月発行。
- 国内認証機関（JET）による量産品の認証サービス及び大型蓄電池システムのリスクアセスメント評価サービスが2022年2月受付開始。

②蓄電池部の耐熱焼性試験（火災・爆発からの保護評価）

- NLABで実証試験を行い、試験手法を確立。
- **JIS C 8715-2**及び**IEC 62619**：第2版（2022年5月発行）へ反映
- 「令和3年度 補正予算再生可能エネルギー導入加速化に向けた系統用蓄電池等導入支援事業費補助金」の要件として採用。



③蓄電池システムの運用中の安全性

- 2020年3月に**IEC 62933-5-3**を国際提案。現在、国際規格原案：CDVの提案にむけ、TC 120/WG5の国内外審議体にて活動中。

蓄電池は、再エネ電気の安定化や電気自動車、非常用発電機に代わるバックアップ電源などにも使われています。

図 3.1.2-7 独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）

カーボンリサイクルコンクリートによるCO₂削減技術の紹介（案）

①動画による技術紹介

コンクリートの役割・重要性を理解頂いた後、カーボンリサイクルコンクリートの考え方と期待される効果を動画にて説明

【動画シナリオ概要】

コンクリートの歴史、成り立ち
現代のコンクリートの役割
未来のイメージ



②パネルを用いた技術紹介

カーボンリサイクルコンクリートの技術を説明
・技術の仕組み
・製造方法
・材料の化学分析結果（電顕写真等）
・使用例



パネルイメージ

③施設へのカーボンリサイクルコン設置とCO₂削減モニタ表示
施設内壁へのパネル設置、施設周辺の敷石設置等を期間中順次実施し、CO₂削減量をモニタ表示する。



CO₂モニタイメージ

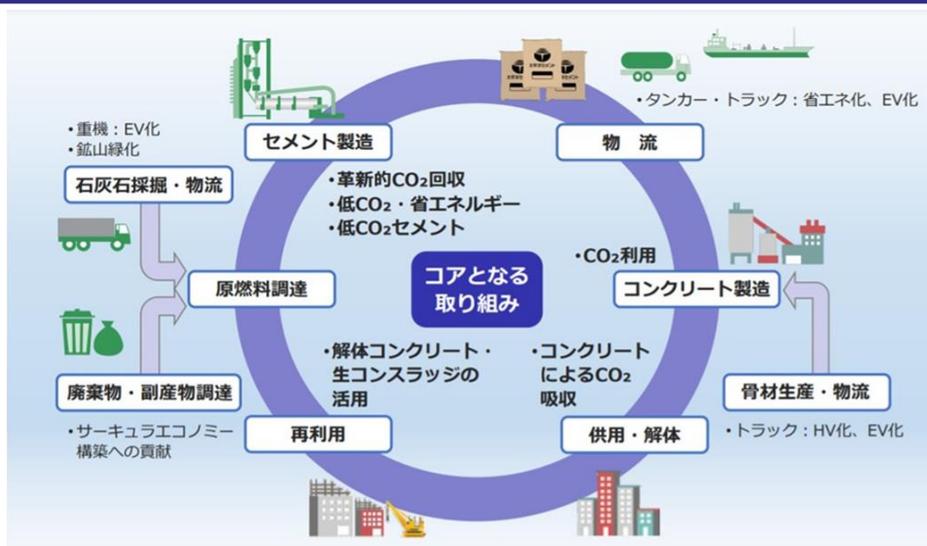


壁パネル・敷石イメージ



図 3.1.2-8 大成建設 株式会社

太平洋セメントのカーボンニュートラル実現への取組とCO₂硬化型セメントの紹介



【概要】

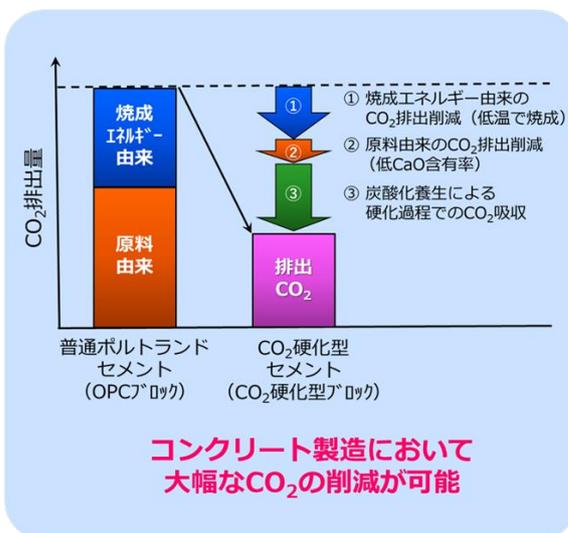
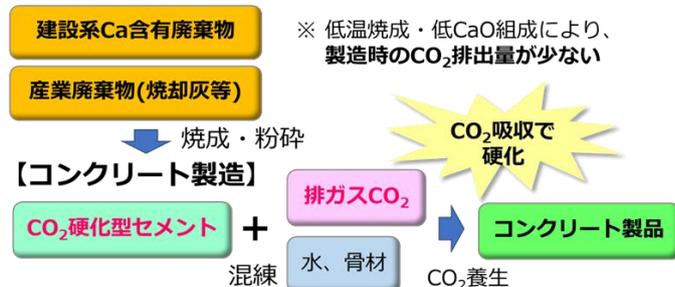
「カーボンニュートラル戦略2050」を掲げ、2050年にサプライチェーン全体でのカーボンニュートラル実現に取り組んでいる。各局面の低炭素化を多角的に取り組むと共に、省エネ化を図った製造プロセスの利点を活かし、化学吸収法よりも産業に有利な革新的CO₂回収技術を導入し、CO₂削減と廃棄物活用による資源循環を両立させた製造プロセスの構築を目指す。

【展示】

映像やパネルでの上記取組みの説明の他、CO₂硬化型セメントで製造した小型コンクリート製品の展示説明を想定

● 当社CO₂硬化型セメントの特長

【セメント製造】低炭素化※・原料の廃棄物活用が可能



CO₂硬化型セメント



CO₂硬化型セメントで製造した
インターロッキングブロック

コンクリート製造において
大幅なCO₂の削減が可能

図 3.1.2-9 太平洋セメント株式会社

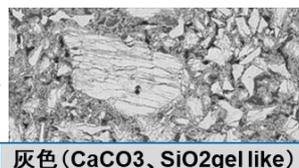
炭酸化混和材 デンカ LEAF (リーフ) の技術紹介・展示イメージ

・紹介する技術の内容



(カルシウムシリケート化合物)

- 理論上、1トンあたりのLEAFは約500kgのCO₂と反応(固定化)する
- 製造時のCO₂排出量(約100kg/t) + 固定量(約-500kg/t) = **-400kg/t**



・展示のイメージ

- パネル展示や映像での紹介
- 製品サンプルの展示

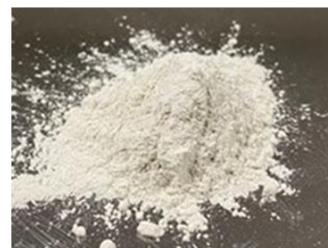


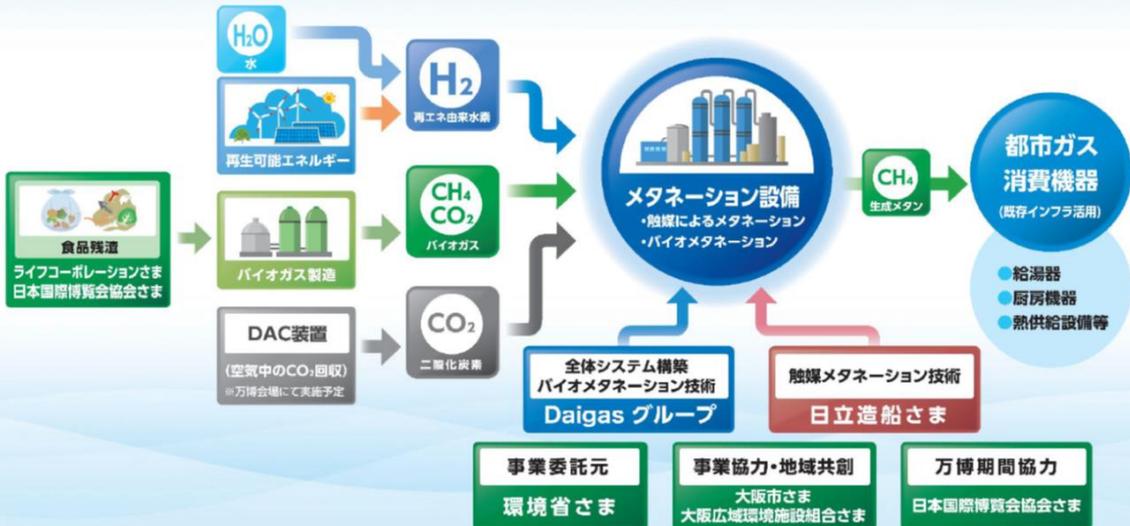
図 3.1.2-10 デンカ株式会社

再生水素と生ごみ由来 バイオガスを活用した メタネーションの取り組み

2022～24年度：ごみ焼却工場(舞洲工場)内
2024～25年度：大阪・関西万博会場内



再生可能エネルギー由来の水素と、生ごみを発酵させて製造したバイオガスから、メタンを合成し、都市ガス消費機器で利用する、水素サプライチェーン構築・実証事業

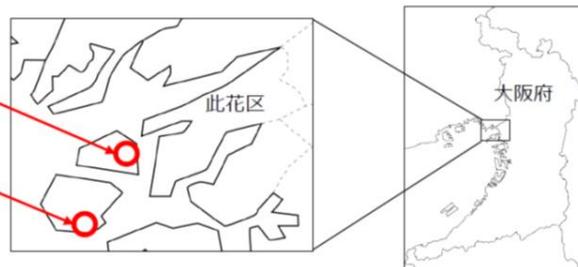


実証事業概要

- 2022年度～24年度は、ごみ焼却工場(舞洲工場)において、工場内で製造した再生水由来水素と生ごみから得られるバイオガスから、メタンを製造し、同施設内のガス消費機器で利用する実証を行う予定です。
- 2024年度から、大阪・関西万博会場に設備を移設し、会場内で製造した再生水由来水素と、会場内の食品残渣由来のバイオガスからメタンを製造し、熱供給設備やガス厨房等で利用する実証を行う予定です。

実証サイト

- 実証地 1 サイト目 ('22～'24年)
大阪広域環境施設組合 舞洲工場内
- 実証地 2 サイト目 ('24～'25年)
大阪・関西万博会場内



全体スケジュール

項目	概要	22年度		23年度		24年度		25年度						
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	
1 設計製作	● システム設計、プラント製作 ● 現地工事、移設工事		→		→									
2 ごみ焼却工場(舞洲工場)実証	● システム構築と個別機器の性能評価 ● 地域の食品残渣を原料とし、合成メタンを製造、利用					→	→	→	→					
3 万博会場実証	● システム構築と個別機器の性能評価 ● イベントの食品残渣を原料とし、合成メタンを製造、利用							→	→	→	→	→	→	→
4 適用可能性調査・評価	● 将来展開に向けた適地調査やコスト・CO ₂ 削減量評価													→

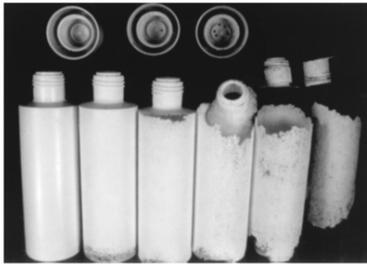
図 3.1.2-11 大阪ガス 株式会社

二酸化炭素固定菌を用いた、二酸化炭素を原料としたプラスチックの生産

映像

革新的なCN技術を 来場者に分かりやすく説明

- 「二酸化炭素固定菌を用いた、二酸化炭素を原料としたプラスチック生産」の**革新的なCN技術**
- 生産したプラスチックが持つ**生分解性能**



上記のような生分解性能を動画で紹介

展示・配布等

実際の成形物を見て・触れて 革新的なCN技術を実感

- 二酸化炭素から生産された**実際の成形物（食器など）**を展示。
- 成形物の**海洋中での分解状況**を展示。
- 見学者に対し、二酸化炭素から生産された**成形物（オーナメント等）**を配布。



オーナメント例
(RITEロゴのバッジ等)

※ CN=Carbon Neutral (カーボンニュートラル)

図 3.1.2-12 RITE バイオ研究グループ

3.2 ヒアリング結果

3.2.1 ヒアリング概要

(1) 実施目的

アンケート調査を行ったコンソーシアム参加メンバーの内、相応の負担を見据え、カーボンニュートラル技術の紹介を検討している企業・団体を対象に、第2回展示方法分科会にてカーボンニュートラル技術の説明は行われたものの、さらに詳細を把握すべく、ヒアリングを実施した。

(2) 実施方法

ヒアリングは、RITE 及び展示方法分科会鈴木座長（株式会社乃村工藝社）他にて、企業・団体に出向き、可能な限り対面にて実施した。

実施期間は2022年9月13日（火）～10月7日（金）であった。ヒアリング概要を表3.2.1-1に示す。

(3) 実施対象

実施対象は、IHI 株式会社、鹿島建設株式会社、大成建設株式会社、太平洋セメント株式会社、デンカ株式会社、独立行政法人製品評価技術基盤機構、大阪ガス株式会社、三菱重工エンジニアリング株式会社の8企業・団体である。

なお、大阪ガス株式会社、三菱重工エンジニアリング株式会社に関しては、主に実証プラント設置に係る技術的な内容に関しヒアリングを実施した。

(4) 実施内容

ヒアリングでは、カーボンニュートラル技術の開発状況や課題、今後の開発の方向性、製品化の状況などについて、聞き取り聴取した。

また、現時点で各企業・団体が考えている、カーボンニュートラル技術の紹介方法やどういった見せ方を希望しているかなども含めて、実施した。

表 3.2.1-1 ヒアリング概要

企業・団体	開催日	開催方法	開催場所
大成建設	9月26日(月)	対面&web	技術センター (神奈川)
太平洋セメント	9月28日(水)	対面&web	本社(東京)
デンカ	9月30日(金)	対面&web	本社(東京)
製品評価技術基盤 機構(NITE)	9月30日(金)	対面&web	本所(東京)
IHI	10月6日(木)	対面	関西支社 (大阪)
鹿島建設	10月7日(金)	対面&web	本社(東京)
大阪ガス	10月6日(木)	対面&web	本社(大阪)
三菱重工 エンジニアリング	9月13日(火)	対面	RITE 京都本部

3.2.2 ヒアリング結果

(1) ヒアリング結果（コンクリート関係）

コンソーシアム参加メンバーが有するカーボンニュートラル技術は、大きく分け、CO₂削減もしくは吸収に寄与するコンクリートやその材料であるセメントへの適用技術と、CO₂を原材料とした材料生成技術に区分した。

コンクリート関係の企業は、大成建設、太平洋セメント、鹿島建設、デンカの4社である。これら4社のヒアリング結果を表3.2.2-1に示す。

大成建設のT-eConcreteについては、強アルカリ性であることから、鉄筋を防錆できるため、現場打ち込みコンクリートとしての活用が期待できる。そのため、実証プラントエリアにおいては、路盤や装置基礎等に活用しつつ、紹介することが想定される。

太平洋セメントのCO₂硬化型セメントについて、本セメントを用いてコンクリート製品を作るには、コンクリートが硬化するのに時間を要するため、高濃度のCO₂雰囲気

気下に置く必要がある。そのため、工場などで作成した製品を持ち込み、通路等に敷き詰めて使用、紹介することが想定される。

鹿島建設のCO₂吸収コンクリート「SUICOM」については、骨材にステンレスを用いることなどで、コンクリートの平板を製品として製作した実績もあり、こういったコンクリート製品を見学施設の壁などに使用し、紹介することが想定される。また、成型ブロックを通路等に敷き詰めて使用、紹介することも想定される。なお、デンカのLEAF（特殊混和材）はSUICOMの原材料の一部であり、SUICOMを紹介することで、LEAFを紹介することにも繋がる。

表 3.2.2-1 ヒアリング結果（コンクリート関係）

企業・団体	技術・製品	特色	見せ方など
大成建設	コンクリート [T-eConcrete]	<ul style="list-style-type: none"> 原料のセメントを高炉スラグ等や大気中の CO₂ から生成した炭酸カルシウムに置き換えることで、CO₂ マイナス ※建築基準法上は JIS コンクリートではない 強アルカリ性であることから、鉄筋を防錆できる 	<ul style="list-style-type: none"> 現場打ち込みコンクリート、コンクリート製品 映像・パネル
太平洋セメント	セメント [CO ₂ 硬化型セメント]	<ul style="list-style-type: none"> 原料のセメントに Ca を含む産業廃棄物等を用いることで、セメント製造時の CO₂ 排出量を減らし、さらに CO₂ を吸収しながら硬化 硬化するのに時間を要するため、高濃度の CO₂ 管理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製品（成形ブロック） 映像、パネル
鹿島建設	コンクリート [CO ₂ 吸収コンクリート SUICOM]	<ul style="list-style-type: none"> 特殊混和材(LEAF)や高炉スラグ等を用いることで、セメントの使用割合を減らし、CO₂ 排出量を削減するとともに、CO₂ 吸収しながら硬化 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製品（成形ブロック） ブロック埋設用の型枠 大型型枠による天井など
デンカ	LEAF [特殊混和材 γ -C2S (γ -2CaO · SiO ₂)]	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 吸収コンクリート “SUICOM” で用いる材料の一部 	<ul style="list-style-type: none"> 映像（CO₂ 吸収の動画）、製品サンプル展示

(2) ヒアリング結果（コンクリート関係以外）

コンクリート関係以外の企業・団体のヒアリング結果を表 3.2.2-2 に示す。

IHI のオレフィン合成技術について、IHI は CO₂ 由来のペレット生成までを研究開発の範囲としており、当該ペレットを用いた商品化までは研究範囲外とされている。CO₂ 由来のペレットのサンプルを紹介することについては、FLE 等での紹介も考えられる。

NITE における蓄電池の安全性評価の国際標準化にあたっては、DAC、CCS といった CO₂ を回収または貯留するという直接的に CO₂ を扱うものではなく、再生可能エネルギーで発電した電気を貯める蓄電池の安全性評価、また、蓄電した電気を使用する過程におけるマネジメントなど、間接的に CO₂ 低減に資するものである。そのため、実証プラントエリアでの各装置を踏まえると、仮に非常用電源等を設置する場合は、それら装置との親和性が生じる。一方で、NITE は万博会場の近傍に、世界最大規模の蓄電池の試験施設を有しており、こちらに来場者を導くことも考えられ、博覧会協会において今後、場外ツアーなどが検討されると、それに組み込むなどの方法も想定される。

大阪ガスと三菱重工エンジニアリングについては、主に技術的なヒアリングを行った。

大阪ガスのメタン生成技術について、会場内の CO₂ からメタンを生成し、迎賓館でエネルギー（熱源）として使用する計画である。また、RITE と同様に実証プラントの見学を検討しており、各機器へ通じる通路を設定し、きめ細かな装置説明、紹介を行う検討を進めている。また、大阪ガスは DAC で回収した CO₂ を使用することも検討しており、今後、CO₂ の受け渡しについて調整を進めていくこととしている。

RITE と三菱重工エンジニアリングの DAC 実証においては、ラボ試験レベルからのステップアップ(0.5t/day)を計画している。

表 3.2.2-2 ヒアリング結果（コンクリート関係以外）

企業・団体	技術・製品名	特色	見せ方など
NITE	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池の安全性評価 蓄電池の路面非接触充電* ※万博出展団体の技術	<ul style="list-style-type: none"> 再エネを「貯める」ことでカーボンニュートラルに貢献 暮らしの中のエネルギーマネジメント技術 	<ul style="list-style-type: none"> 見学施設の非常用電源 パーク&ライドの乗り物や会場内のトラム等の万博関連のモビリティでの映像紹介 VR 利用のインタラクティブ展示
IHI	オレフィン合成技術 (オレフィン合成に必要な CO ₂ 回収装置 (アミン吸収) やアンモニアガスタービン技術も保有)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 由来の合成技術 (従来は原油由来) ペレット生成まで開発・試作中 (ペレットからのプラ製品の製造はメーカーの協力が必要) 	<ul style="list-style-type: none"> 映像、実物(ペレット)展示
大阪ガス	メタン生成技術	<ul style="list-style-type: none"> 会場内の CO₂ からメタンを生成し、迎賓館で使用(計画) 実証プラントの設置 (生ごみ受入施設、メタン発生器、水素発生器、タンク類、操作室等で構成) 	<ul style="list-style-type: none"> 実機の見学、各機器間を通った見学も思考
三菱重工 エンジニアリング	DAC 技術	<ul style="list-style-type: none"> 実証プラントの設置 ラボ試験レベルからのステップアップ(0.5t/day)を計画 	<ul style="list-style-type: none"> 実機の見学

参考文献

- 1) IHI 株式会社プレスリリース「CO₂の再資源化によるオレフィン製造技術の開発に向けた NEDO 委託事業に採択 ～プラスチック・樹脂の原料として CO₂のカーボンリサイクルを目指す～」2021年11月11日
https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2021/resources_energy_environment/1197583_3345.html
- 2) 大阪ガス株式会社プレスリリース「SOEC メタネーションに関するグリーンイノベーション基金事業の採択について～世界最高効率の合成メタン製造技術の開発に挑戦～」2022年4月19日
https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2022/1305922_49634.html
- 3) 鹿島建設株式会社ホームページ 環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®（シーオーツースイコム）」
https://www.kajima.co.jp/tech/c_eco/co2/index.html#!body_02
- 4) 大成建設株式会社ホームページ「使えば使うほど二酸化炭素を削減！新たな未来をつくるカーボンリサイクル・コンクリートの秘密」2023年1月5日
<https://www.taisei.co.jp/portal/tech/commentary/02.html>
- 5) 太平洋セメント株式会社ホームページ「カーボンニュートラル実現に向けた取り組み」
https://www.taiheiyo-cement.co.jp/csr/pdf/data/2021/rep_06.pdf
- 6) 鹿島建設株式会社、株式会社竹中工務店、デンカ株式会社プレスリリース「脱炭素から「活性炭」へ次世代コンクリート技術の共同研究を開始」
https://www.denka.co.jp/storage/news/pdf/937/20211008_denka_carbon-negative-concrete_2.pdf
- 7) 独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）ホームページ「大型蓄電池システムの試験・評価」
<https://www.nite.go.jp/gcct/nlab/index.html>
- 8) 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構（RITE）バイオ研究グループ
<https://www.rite.or.jp/bio/>

第4章 コンソーシアムにおける検討及び有識者からのヒアリング・技術指導等

4.1 コンソーシアムによる検討

本構想に関するコンソーシアム総会及びその傘下に 2 つの分科会（基本分科会・展示方法分科会）を組織・運営し、コンソーシアム総会を 2 回程度、分科会を 6 回程度（いずれも Web を活用したハイブリッド開催（半日））の会合を行う事としている。

総会、各分科会において各種検討を進めるにあたり、有識者として元 2005 年日本国際博覧会協会事務総長 中村利雄氏に特別顧問として就任頂き、適宜、ご意見を頂戴することとした。

4.1.1 総会・分科会概要

総会は、課題の共有化を図るとともに、コンソーシアム終了時に検討結果・意見等を取りまとめ、共有化を行うものである。また、総会の下に設置した基本分科会、展示方法分科会においては、より細やかな検討・意見交換を実施するものである（表 4.1.1-1）。

今年度は、コンソーシアム総会を 2 回、基本分科会を 2 回、展示方法分科会を 3 回開催した。

表 4.1.1-1 コンソーシアム構成

会長	山地 憲治	公益財団法人地球環境産業技術研究機構理事長
特別顧問	中村 利雄	元 2005 年日本国際博覧会協会事務総長
分科会	基本分科会	カーボンニュートラルに対する考え方や取り組み内容、またカーボンニュートラルの見せ方などを検討し、対応方針案の取りまとめを行う
	展示方法分科会	来場者に分かり易い展示方法、展示内容及び費用対効果などを考慮した予算額等を検討し、具体的な展示内容案の取りまとめを行う

各分科会の座長、メンバー一覧を表 4.1.1-2 に示す。なお、総会メンバーは、各分科会メンバーと同一である。

表 4.1.1-2 各分科会座長及びメンバー一覧

基本分科会	座長	公益財団法人地球環境産業技術研究機構
	メンバー	岩谷産業株式会社
		応用地質株式会社
		大阪ガス株式会社
		大阪市
		大阪府
		鹿島建設株式会社
		関西電力株式会社
		公益社団法人関西経済連合会
		Global CCS Institute
		株式会社スプレッド
		独立行政法人製品評価技術基盤機構
		デンカ株式会社
		株式会社トクヤマ
		公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会
株式会社乃村工藝社		
展示方法 分科会	座長	株式会社乃村工藝社
	メンバー	株式会社 IHI
		岩谷産業株式会社
		応用地質株式会社
		大阪ガス株式会社
		大阪市
		大阪府
		鹿島建設株式会社
		関西電力株式会社
		公益社団法人関西経済連合会
		Global CCS Institute
		株式会社スプレッド
		独立行政法人製品評価技術基盤機構
		大成建設株式会社
		太平洋セメント株式会社
デンカ株式会社		
公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会		
二酸化炭素貯留技術研究組合		
株式会社乃村工藝社		
三菱重工エンジニアリング株式会社		

4.1.2 開催概要

コンソーシアムは表 4.1.2-1 のスケジュールで開催した。

なお、開催は新型コロナウイルスの影響により、ハイブリッド開催で実施した。

表 4.1.2-1 コンソーシアム総会、分科会開催状況

年月日	会議名	開催場所等
2022年7月5日	第一回コンソーシアム総会	大阪・オンライン
2022年8月9日	第一回展示方法分科会	大阪・オンライン
2022年11月28日	第二回展示方法分科会	大阪・オンライン
2023年1月17日	第一回基本分科会	大阪・オンライン
2023年3月9日	第二回基本分科会	大阪・オンライン
2023年3月9日	第三回展示方法分科会	大阪・オンライン
2023年3月29日	第二回コンソーシアム総会	大阪・オンライン

(1) コンソーシアム総会

① 第一回コンソーシアム総会

- 日時：2022年7月5日 14:00～16:00
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）
- 参加申込者：会場 29名、オンライン 52名
- 議事：
 - ① 愛・地球博の創意工夫（中村特別顧問）
 - ② 大阪・関西万博のめざすもの（日本国際博覧会協会）
 - ③ 今年度のコンソーシアムについて（RITE）

② 第二回コンソーシアム総会

- 日時：2023年3月29日 14:00～16:00
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）
- 参加申込者：会場 17名、オンライン 58名
- 議事：
 - ① 2分科会における検討状況について（RITE、各分科会座長）
 - ② 「EXPO 2025 グリーンビジョン（2023年概要版）、および2023年度の持続可能性有識者委員会とワーキンググループでの検討の方向性、ならびに博覧会会場の整備に係る全体スケジュール」について（日本国際博覧会協会）
 - ③ 来年度の方向性について（案）（RITE）

(2) 基本分科会

① 第一回基本分科会

- 日時：2023年1月17日 14:00～16:00
- 場所：AP 大阪淀屋橋（オンライン併用）

- 参加申込者：会場 12 名、オンライン 46 名
- 議事：
 - ① 大阪・関西万博 脱炭素ワーキンググループにおける議論の状況について（日本国際博覧会協会）
 - ② 川崎重工業の水素事業と将来に向けての活動（川崎重工業）
 - ③ DAC の技術開発動向について（RITE）

② 第二回基本分科会

- 日時：2023 年 3 月 9 日 10：00～12：00
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）
- 参加申込者：会場 15 名、オンライン 45 名
- 議事：
 - ① 大阪・関西万博 脱炭素ワーキンググループにおける議論の状況について（日本国際博覧会協会）
 - ② ドバイ万博の状況報告～2025 年に向けて何を学ぶか～（三菱総合研究所）
 - ③ CO₂ 貯留の世界的な動向について（RITE）

(3) 展示方法分科会

① 第一回展示方法分科会

- 日時：2022 年 8 月 9 日 14：00～16：30
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）
- 参加申込者：会場 14 名、オンライン 51 名
- 議事：
 - ① 愛・地球博の実績（乃村工藝社）
 - ② カーボンニュートラル技術等の展示に関するアンケート調査結果等について（RITE）

< 各企業・団体によるカーボンニュートラル技術等の紹介 >

IHI

鹿島建設

製品評価技術基盤機構

大成建設

太平洋セメント

デンカ

大阪ガス

RITE バイオ研究グループ

- ③ 今年のスケジュールについて（RITE）

② 第二回展示方法分科会

- 日時：2022 年 11 月 28 日 14：00～16：00
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）

- 参加申込者：会場 19 名、オンライン 49 名
- 議事：
 - ① カーボンニュートラル技術に関するヒアリング結果について（RITE）
 - ② 見学施設等の検討状況について（RITE、乃村工藝社）
 - ③ フューチャーライフエクスペリエンスについて（日本国際博覧会協会）

③ 第三回展示方法分科会

- 日時：2023 年 3 月 9 日 14：00～16：00
- 場所：AP 大阪茶屋町（オンライン併用）
- 参加申込者：会場 19 名、オンライン 60 名
- 議事：
 - ① 実証プラントエリアの準備状況について（RITE）
 - ② 名古屋大学の実証試験について（名古屋大学）
 - ③ メタネーション実証エリアの検討状況について（大阪ガス）
 - ④ CO₂ 分離回収の準備状況について（NEDO）
 - ⑤ 九州大学の実証試験について（九州大学）
 - ⑥ グリーン万博の広報について（日本国際博覧会協会）
 - ⑦ 展示方法分科会の取りまとめ及び来年度の対応案について（RITE）

参考文献

- 1) 博覧会協会ホームページ 第3回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 3-2 排出量算定の考え方(バウンダリ・算定条件等)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/221205_3-2.pdf
- 2) 博覧会協会ホームページ 第3回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 3-3 他のイベントについて(バウンダリ・排出量算定等)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/221205_3-3.pdf
- 3) 博覧会協会ホームページ 第4回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 4-5 EXPO2025 グリーンビジョン (2023年概要版) (脱炭素編：案)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/230201_4-5-b.pdf
- 4) 博覧会協会ホームページ 第4回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 4-2 カーボンニュートラル LPG、航空機のオフセットについて
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/230130_4-2.pdf
- 5) 博覧会協会ホームページ 第4回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 4-3 FIFA ワールドカップ 2022・カタール大会バウンダリ・排出量算定等
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/230130_4-3.pdf
- 6) 博覧会協会ホームページ 第4回脱炭素ワーキンググループ開催について
資料 4-4 EXPO2025 グリーンビジョン (2023年版) (脱炭素編：案)
https://www.expo2025.or.jp/wp-content/uploads/230201_4-4-b.pdf

4.2 有識者からのヒアリング・技術指導等

4.2.1 CCS 実証プラントの視察

(1) 視察概要

CCS 実証プラントを視察する事で、CCS 技術についての理解を深めるとともに、来場者への見せ方や説明内容に関して、どういったポイントに留意すべきか、把握する。

(2) 日時、場所

日時；2023年3月6日 14:30～16:00

場所；苫小牧 CCS 実証試験センター（北海道苫小牧市真砂町 12 番地）

(3) 参加者

展示方法分科会 鈴木座長（株式会社乃村工藝社 統括エグゼクティブクリエイティブディレクター）

(4) 視察結果

本実証試験を受託している日本 CCS 調査株式会社の担当者より説明を受け、CCS 実機の視察、質疑応答などを実施した。

現地での説明の流れは、以下のとおり。

① ガイダンス映像（13分）

貯留に至るプロセスから、CO₂ 回収、貯留方法、モニタリング、地域との連携、海外からの視察情報、注目される日本の技術などの概略が理解できる映像

② アテンダントによる解説（7分）

カーボンニュートラルの概要から、ガイダンス映像では説明しきれない貯留の状態や貯留期間、世界の CCS 動向などを資料にて、アテンダントが丁寧に解説。様々な角度からの情報が理解促進につながるものであった。

③ プラントの詳細説明（15分、超臨界状態の解説映像 1分含む）

アテンダントによる苫小牧プラントの詳細説明。

また、ファクトシートをベースに苫小牧の詳細説明に加え、世界の実証状況や、環境対策としての様々なモニタリング、実証試験の成果と今後の課題等、理解促進に必要な情報をパワポ資料を使い説明。

臨界状態の実写映像や地中における CO₂ の長期的な変化などを、モーショングラフィックスなどを用いて立体的に理解が進む内容であった。

④ 屋外での実証プラントの説明（30分）

CO₂ 回収プラントの解説（13分、管理棟屋上（図 4.2.1-1））、CO₂ 圧入井見学及び現地解説（12分）（図 4.2.1-2～図 4.2.1-4）

実際の圧入井を見学する事で現実的なイメージが湧き、圧入状態や掘削方法などの疑問を通じて、理解促進につながる内容であった。また、現場の整然とした機器類などは安全性に対する不安の解消に繋がるものである。貯留層などの実物サンプルなどが展示されることや実際に見ることが出来ない臨界状態が映像などでタイムリーに開設できると理解が進むように思われる。

⑤ 質疑応答（ガイダンス施設、25分）

一般人にとってはCCSの必要性や安全性に関する理解促進のために疑問点が数多くあり、この質疑時間によってさらに理解が進む。

ステークホルダーにとってもより専門的な質疑が出来る事が非常に重要で、この段階であらゆる質疑に答えられる必要があり、十分準備している専門家でないとは返答は不可能と感じる。（アテンダントの教育レベルが高くても難易度が高い。海外からの見学者も多い注目される実証プラントなので、言語対応やアフターフォロー等の運営配慮も特に重要で、見学滞在時間の長さによっては飲み物などのホスピタリティなど、一般のパビリオン並みの対応も配慮する必要。）



図 4.2.1-1 CO₂ 回収プラントの説明（管理棟屋上）



図 4.2.1-2 圧入井建屋



図 4.2.1-3 CO₂ 圧入井の現地解説



図 4.2.1-4 圧入井

全体で 90 分程度の工程であったが、理解していただくには必要な時間であり、DAC と合わせてどの位の見学時間を確保するかは相当重要な課題である。また、現地解説者の「十分理解いただけたら、これからは是非知り合いの方々に広めていただきたい。」という発言も重要な視点であると感じた。

4.2.2 大阪ガスカーボンニュートラルリサーチハブ（CNRH）の視察

(1) 視察概要

2025 年大阪・関西万博の会場においてネガティブエミッション技術等の展示検討のため、大阪ガスの CNRH を見学し、技術内容への理解を深めるとともに展示手法・運営に関する情報収集を行った。

対応内容は、以下の通り。

- ・技術者 1 名、アテンダント 1 名で対応
- ・ノベルティ：トートバッグ、説明資料を挟んだファイル、お茶
- ・見学者数：オープン 1 年間で 500 組、2,000 名程度の見学者が来場

(2) 説明の流れ

① 施設の紹介

2050年CN実現への取り組みおよび本日の見学内容の動画視聴後、アテンダントによる説明。※質問は最後に時間を設けている点も最初に説明。

大阪ガスでは、2050年カーボンニュートラル実現に向け、大阪ガスエネルギービジネスとしてガス体エネルギーの脱炭素化（水素利用・バイオガス等）、電源脱炭素化（再エネ等）、低炭素化（燃料電池、コージェネ等）に取り組んでいる。

② メタネーション紹介

別室に移動し、メタネーションデモ装置を見ながら技術紹介。

経済産業省の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてメタネーション技術等により築かれるカーボンニュートラルな産業分野が成長戦略上の重要分野として位置づけられており、メタネーションによる合成メタンの実用化・導入拡大が必要。

従来技術のサバティエメタネーションでは変換効率は55～60%だが、SOECメタネーション技術ではメタン合成時の廃熱を有効利用した高いエネルギー変換効率（85～90%）が実現でき、大幅なコストダウンが期待できる。また、合成メタンは既存インフラおよび設備をそのまま活用することができる。

③ ケミカルルーピング燃焼技術

車にて移動し、技術紹介後、3塔式循環流動層コールドモデル装置見学（屋外）

ケミカルルーピング燃焼技術では燃料にバイオマスを用いることでグリーン水素とグリーン電気に加えて、バイオ由来のCO₂を回収することが可能である。

④ 水素・アンモニア燃焼技術

車にて移動し、燃焼技術の紹介およびアンモニア燃料用小型エンジン実機の紹介。

アンモニアは燃焼してもCO₂を発生せず、LPGと同じく容易に液化できるため、貯蔵・輸送しやすく、化石燃料の代替として注目されている。大阪ガスではアンモニアの特性を活かし、燃焼技術の確立に取り組んでいる。

世界初のアンモニア燃料用小型エンジンシステムを豊田自動織機と共同開発。アンモニアは燃焼性が低く、サイクル毎の着火・燃焼が必要なため、アンモニアの一部を水素に改質することでエンジンの燃焼を改善できるシステムを開発中。

⑤ バーチャルパワープラント

車にて移動し、VPPの紹介と全体の質疑応答

動画、アテンダントの説明、デモ機を見せるという流れは分かりやすい。モニターを見るだけでは、頭がいっぱいになるので、実機があると来場者の反応も違うとのことである。

アテンダントと技術者がペアで対応しており、質疑応答は技術者が対応するため、知識が広く、幅広い質問に対応できている。

また、鈴木座長からは、「大阪ガスの CNRH を見学したが、その中でメタネーションのケミカルカービング燃焼試験の実物大の装置が動く姿を見て、ダイナミックで記憶に残るものだった。」というコメントをいただいた。



図 4.2.2-1 CNRH 拠点のコンセプト(大阪ガス HP より)

分類	主な内容・状況	
カーボンニュートラルなエネルギーを「つくる」	SOEC メタネーション* ⁵	・ 金属支持型の新型 SOEC を開発中。新型 SOEC のセル等を展示 ・ 2022 年 3 月に、SOEC メタネーションの専用ラボを整備予定
	従来型メタネーション	・ メタネーション触媒を開発中 ・ 生ごみなどから発生したバイオガスを活用したメタネーションの実証を 2025 年大阪・関西万博に提案中
	ケミカルレーピング燃焼	・ 2021 年 12 月に、金属酸化物の流動を可視化するための小スケールの装置（コールドモデル）を導入予定 ・ 2023 年以降、300kW* ⁶ 規模の試験装置を導入予定
カーボンニュートラルなエネルギーをうまく「つかう」	再エネ・VPP	・ 家庭用燃料電池エネファームを活用した VPP 実証中 ・ 当社独自の気象予測技術を活用し、太陽光発電量予測の高度化を実証中
	アンモニアエンジン	・ アンモニア燃料単体で利用可能な小型エンジンシステムを技術開発中
足元の徹底した CO ₂ 排出量削減	CNRH ANNEX (アネックス)	・ 業工用のお客さまに低・脱炭素サービスを提案 ・ 業工用のお客さま向けの最新機器やサービスを展示
	スマートエネルギーホーム	・ 2022 年 1 月から、燃料電池、太陽光発電システム、蓄電池、電気自動車などを導入した実験住宅として活用
	バイオガス利活用	・ 低コストで高効率を両立するバイオガス精製* ⁷ の検証 ・ 食品廃棄物を処理してバイオガスを製造するオンサイト型バイオガス化システム「D-Bio メタン」
	放射冷却素材* ⁸	・ 実使用に近い環境で同素材を活用したテントなどの効果を検証中

* 5 : SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell の略、固体酸化物を用いた電気分解素子) を用いて、水を CO₂ と共に再生可能エネルギー電力で電気分解することによって水素と CO を生成し、更に触媒反応によってメタンを合成するもの。メタン合成時の排熱を有効活用できるためエネルギー損失が小さく、従来のメタネーション (約 55~60%) や水電解による水素製造 (約 70~80%) に比べ、約 85~90% と高いエネルギー変換効率が期待される。当社は金属支持型の新型 SOEC の実用サイズのセルの試作に、国内で初めて成功 (2021 年 1 月発表)

* 6 : 単位時間あたりの供給燃料熱量を表す

* 7 : バイオガス中の不純物や水分、CO₂ を除去し、バイオガスから純度の高いメタンを精製・濃縮すること

* 8 : 直射日光下において、放射冷却により宇宙に熱を逃がすことで、エネルギーを用いずに外気温よりも温度低下する素材

図 4.2.2-2 CNRH での主な取り組み (2021 年 10 月時点、大阪ガス HP より)

第5章 今後の検討課題

5.1 カーボンニュートラル実現に向けた課題

博覧会会場における排出量の算定については、GHG プロトコルを採用し、先行する大イベントの例にならって、同プロトコルを修正する形で適用するものとされる予定である。

算定方法は確定しつつあるが、排出量の削減方法、特にオフセット、脱炭素電源導入以外の選択肢について、さらに議論を深めていく必要があると思われる。

また、今年度の基本分科会においては、水素、DAC、CO₂貯留等、脱炭素技術について情報共有を行ったが、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、大阪・関西万博における新技術の効果的な周知を行うため、こうした新技術の展示（VR技術等を用いた展示含む）について、さらに議論の必要がある。

5.2 カーボンリサイクル技術の発信の実現に向けた検討

展示基本分科会において、令和4年度は、来場者に分かり易い展示方法・内容などに関し意見交換を実施した。

主な課題としては、以下の項目が挙げられる。

- ① 名古屋大学、九州大学によるDAC実証プラントを踏まえたレイアウト
- ② 博覧会協会による騒音ガイドライン（仮称）への対応、実証プラントエリアへ適用された場合のレイアウト影響検討
- ③ 見学コーナーにおける説明内容(映像)の具体化、カーボンニュートラル技術の見せ方
- ④ 見学者の移送における会場中央部のバス停、事前予約者の一時的な集合スペースの確保
- ⑤ 運行体制、事前予約者の確認方法、EVバス内でのサイネージによるPR内容、実証プラントの事前プレゼンなどの検討
- ⑥ 事前、会期中の広報活動、会期中の見学コーナー運営体制

第6章 まとめ

6.1 まとめ

6.1.1 各分科会の検討結果

(1) 基本分科会

博覧会協会の脱炭素 WG における議論の状況については、下記のとおりであることが分かった。博覧会におけるエミッションの計測について、

- 基本的には GHG プロトコルを適用していく。
- 過去のオリンピック、博覧会等のイベントの状況を見ると、これら直近の大イベントにおいては、GHG プロトコルに修正を加えて算出方法としていることを踏まえ、2025 年大阪・関西万博においても、この方式を参考にする。

修正点のうち大きなものは、Scope3（サプライチェーンにおける排出量の算定）において、GHG プロトコルでは来場者の輸送・宿泊を算出対象にしていないが、これらを対象に含めることで、排出量をかなり大きめに算定することになる。

また、博覧会協会本体以外の各パビリオンや、会場以外に位置する博覧会協会の事務所の排出も算定対象とする（Scope1、2）

排出量の削減についての問題点は、5 章の「今後の検討課題」に記載した。

また、水素事業、DAC、CO₂ 貯留等、脱炭素の新技术の現在について情報交換を行った。これらの技術は、現時点では、まだコスト面をはじめとして、多くの課題を残すものの、多くの主体が研究・実装に取り組むことで、技術レベルやコスト面で今後のブレイクスルーが期待される。

ドバイ万博を訪問した三菱総合研究所 今村万博推進室長から話を伺い、脱炭素の技術的水準についてはあまり高くないとは言え、見せ方等の点で学ぶものが少なくないことが把握できた。加えて「万博」は、様々な企業や個人が一緒に行動することを可能にする、魔法のキーワードであり、この機会に試みられた自由なチャレンジが、万博後の新しい社会をつくっていく契機になると語られていた。

(2) 展示方法分科会

展示施設への集客に関する検討では、博覧会協会との調整を経て RITE、大阪ガスおよび CO₂ 分離・回収担当企業の 3 者のエリアを示すとともに、外周トラムの運行事業者（大阪メトロ）との調整・検討により、外周トラムの EV バスを移送手段として活用することや、乗車・降車のバス停の候補を明らかにし、大阪メトロより運行条件などの提示を受けるに至った。

展示内容の検討にあたっては、見せ方のコンセプトとして、以下の 5 項目を掲げた。

- 実証設備全体を俯瞰する
- 実機と映像の融合
- CO₂ の流れの見える化

- ミライを担う子どもたちへのインパクト
- 実証プラントエリアでのカーボンニュートラルを目指す

受け入れ対象者については、来場者の内、行政・学識経験者・関連業界の方や、事前予約を行った一般来場者などを対象とし、想定来場人数は最大で 72,000 人と想定した。

受け入れ後の説明の流れ、説明内容については、まず初めに見学施設内の見学コーナーにて、映像によるプレゼンテーションを行う。そのプレゼンテーションの内容は、以下のとおり。

- プロローグ（地球温暖化問題の現状）
- カーボンニュートラル（取り組む意義）の紹介
- ネガティブエミッション技術として DACCS の紹介
- カーボンニュートラル技術の紹介
- エピローグ

次に、来場者を屋外に誘導し、実機の見学に移るが、この見学では実機を目で目視するだけでなく、VR、MR 技術を用いて、大気中の CO₂、その CO₂ の DAC による分離吸収、DAC からの CO₂ が CCS に移り、地中への貯留というように、透明である CO₂ が目視でき、その流れが容易に分かるような見せ方を検討している。

受け入れから実機の見学終了までを 20 分程度と想定している。

展示施設の設置に向けた検討では、DACCS の実証プラントエリアの敷地面積は、博覧会協会との調整により約 1200m² であり、この敷地内へのレイアウトの考え方として、必要スペース、ユーティリティ、見学者の見やすさなどの観点から、まずは実証プラントを配置することとし、残されたスペースに、説明スペース、見学者のユーティリティ、運営スタッフのバックオフィス等を含んだ見学施設及び、実機の見学スペースを配置する方針である。

一例として、レイアウト案を作成し、見学施設の広さは約 160m² 程度であり、この中の説明スペースで、映像や音響によるプレゼンテーション、運営スタッフによる説明を行うこととし、20 人程度の見学者が 2 列で、正面に位置するスクリーンの映像を視聴する想定とした。また、そのスクリーン付近には、実証プラントエリアの模型を設け、実証プラントの説明や位置関係の把握、全体レイアウトを実感していただく。

一方で、昨年 12 月に九州大学、名古屋大学による博覧会会場での DAC の実証プラントの紹介について情報を得たことから、今後、速やかに、これら大学の実証プラント設置に必要なスペースやユーティリティの詳細な情報を把握し、レイアウトに反映させる必要がある。

また、博覧会会場における騒音に関して、博覧会協会が“騒音に関するガイドライン（仮称）”の策定を計画しており（2023 年 3 月時点）、このガイドラインが実証プラントエリアへも適用されると、比較的騒音レベルが大きい DAC について、騒音対策やそれに伴うレイアウトへの反映が必要と考えられる。

今後、これらを踏まえ、必要に応じレイアウトに早急に反映していく必要があり、引き続き関係者間で、検討を進めていく。また、見学施設における説明内容についても、2大学の実証プラントの説明内容を包含するなど、更なる具体化が必要である。

また、コンソーシアム参加メンバーを対象に、自信が保有するカーボンニュートラル技術を実証プラントエリアで紹介することに関して、アンケート調査を行った。結果、9企業・団体がカーボンニュートラル技術を紹介したいと考えており、6企業・団体が、保有するカーボンニュートラル技術を万博会場で、応分の負担を伴っても紹介したいとの回答であり、意識が高いことが確認された。

また、意識が高い企業・団体に対して、より詳細に技術開発の状況や、現状における商品化、またどういった見せ方を検討（希望）しているかを把握すべく、個別にヒアリングを実施した。

6.1.2 今後の検討案について

実証プラントエリアにおける実証事業者が明らかになってきたことから、実証プラントエリアの展示企業だけでなく、大阪・関西万博において実証プラントエリア以外におけるカーボンニュートラル技術を展示する企業、万博会場外でカーボンニュートラル技術を情報発信する企業、また、大阪・関西万博に合わせて開催される情報発信イベント「けいはんな万博」などと、シナジーが生じると考えられる部分について、大阪・関西万博を盛り上げるために協力して、効果的な広報活動ができるかなどについて検討していく。

また、博覧会協会が、令和5年度の脱炭素WGで検討するグリーン万博の見せ方と歩調を合わせていくことも想定している。

なお、実証プラント関連の検討課題については、本コンソーシアムとは切り離して検討することが効率的であると考えられるため、別途、設備設置の関係者の情報交換の場を設置して検討を進め、適宜、総会等へ進捗状況を報告する予定である。

