

# 大阪・関西万博と脱炭素

2023.12.20

地球環境産業技術研究機構 (RITE)  
理事・研究所長  
下田 吉之

# 大阪・関西万博の概要

- テーマ「いのち輝く未来社会のデザイン」
- 開催期間 2025年4月13日～10月13日  
(184日間)
- 開催場所 大阪市 夢洲
- コンセプト：People's Living Lab 未来社会の実験場

# 博覧会における脱炭素関係の経緯 (1)

- **People's Living Lab**促進会議 万博会場で実現したい「未来社会（技術・サービス）」アイデア提案の募集（2020年1月31日締切）
  - ①会場設計、 ②環境・エネルギー、 ③移動・モビリティ、 ④情報通信・データ、 ⑤会場内エンターテインメント、 ⑥その他
  - ②環境・エネルギーで183件のアイデア。
- **2021年1月25日「未来社会における環境エネルギー検討委員会」設置。**
  - 下田（委員長）、秋元(RITE)、岩船(東大)、竹内(U3イノベーションズ)、オブザーバー齋藤、METI博覧会推進室。
  - 6月17日まで10回、ほぼ2週間に一度開催。
  - PLL提案内容を中心に、企業・団体からヒアリング
  - 中間とりまとめ「EXPO2025グリーンビジョン」を発表。

未来社会における  
環境エネルギー検討委員会  
中間取りまとめ

< EXPO 2025 グリーンビジョン >

- 2025年日本国際博覧会（大阪・関西万博）において  
目指すべき環境エネルギーの姿について

2021年6月22日

公益社団法人2025年日本国際博覧会協会  
未来社会における環境エネルギー検討委員会

- 核となる技術

- (1) エネルギーマネジメント
- (2) 水素エネルギー等
- (3) 再生可能エネルギー
- (4) 3R(廃棄物、リサイクル)
- (5) CO<sub>2</sub>回収・利用

<https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/uploads/expo2025greenvison.pdf>

- 目指すべき方向性

- (1) 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・実装プロジェクトを実施
- (2) グリーン成長戦略における重点産業分野の取り組み推進
- (3) 導入する技術の成熟度（先進性／経済性）
- (4) 需要サイドの技術
- (5) スタートアップ等の参加促進
- (6) 来場者の理解促進を図るような仕組み

# 未来のエネルギーとは？（エネルギー基本計画が描く2050年）

「エネルギー基本計画」、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」における2050年エネルギーのビジョン

- 徹底した省エネルギーによるエネルギー消費効率の改善に加え、脱炭素電源により**電力部門は脱炭素化**され、その脱炭素化された電源により、非電力部門において電化可能な分野は電化される。
- 産業部門においては、水素還元製鉄、**二酸化炭素吸収型コンクリート**、二酸化炭素回収型セメント、人工光合成などの実用化により脱炭素化が進展する。一方で、高温の熱需要など電化が困難な部門では、**水素や合成メタン**などを活用しながら、脱炭素化が進展する。
- 民生部門では、電化が進展するとともに、**水素や合成メタン**などの活用により脱炭素化が進展する。
- 運輸部門では、**電気自動車（EV）**や**燃料電池自動車（FCV）**の導入拡大とともに、二酸化炭素を活用した合成燃料の活用により、脱炭素化が進展する。
- 各部門においては省エネルギーや脱炭素化が進展するものの、二酸化炭素の排出が避けられない分野も存在し、それらの分野からの排出に対しては、**二酸化炭素直接回収・貯留（DACCS : Direct Air Carbon Capture and Storage）**や二酸化炭素回収・貯留付きバイオマス発電（BECCS : Bio-energy with Carbon Capture and Storage）、森林吸収源などにより二酸化炭素が除去される。

# 博覧会における脱炭素関係の経緯 (2)

- 2021年9月 EXPO 2025 グリーンビジョン  
具体化タスクフォースをスタート
  - 「エネルギーマネジメント」及び「水素エネルギー等の活用」分野：都市環境エネルギー協会
  - 「CO2回収・利用」分野：RITE(コンソーシアム)
  - いずれも2022年3月まで開催。
- 2021年12月 持続可能性有識者委員会
  - 委員長：伊藤元重(東大、学習院大)
- 2022年7月 同委員会下に脱炭素WG
  - 下田(委員長)、秋元 (RITE)、信時(神大)、吉高(三菱UFJリサーチアンドコンサルティング)

# 改訂版 <EXPO 2025 グリーンビジョン>

## 改定版 <EXPO 2025 グリーンビジョン>

2025年大阪・関西万博の脱炭素・資源循環  
に関する目指すべき方向性及び対策について

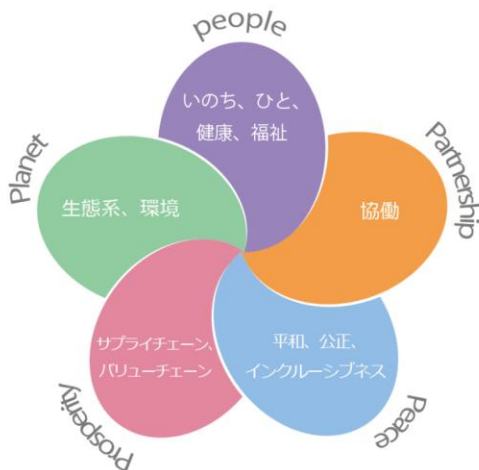
2022年4月27日

公益社団法人2025年日本国際博覧会協会

[https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/uploads/20220427\\_greenvision\\_r.pdf](https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/uploads/20220427_greenvision_r.pdf)

- 目指すべき方向性（一部）
  - (1) 先進性／経済性のある技術等の導入による、万博におけるカーボンニュートラルの実現及び2050年のカーボンニュートラル社会の提示
  - (4) 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・実装プロジェクトを実施（脱炭素先行地域等の取組との連携）
  - (5) グリーン成長戦略／重点産業分野における需給両面の取り組み推進（グリーンイノベーション基金等の取り組みとの連携）

## 【持続可能な大阪・関西万博開催にむけた方針 概要】



### People(いのち、ひと、健康、福祉)

生態系を構成するすべての「いのち」を守り育てることの大切さを訴求する。

### Planet(生態系、環境)

国際的合意(パリ協定、大阪ブルー・オーシャン・ビジョン)の実現に寄与する会場整備・運営を目指す。

### Prosperity(サプライチェーン、バリューチェーン)

「もの」だけでなく、「生活」を豊かにし、可能性を広げることにつながる社会や環境に関する知見をレガシーとして、次世代に継承する。

### Peace(平和、公正、インクルーシブネス)

多様な人々が積極的に、また安心して参加できる環境を整えるとともに、大阪・関西万博からテーマに基づく多様な考え方を発信できるよう、一人一人を尊重したインクルーシブな万博運営を目指す。

### Partnership(協働)

誰もが参加でき、自由にアイデアを交わせる機会を提供する。その中で一人一人がつながりコミュニティが形成されることを目指す。

# 改訂版 <EXPO 2025 グリーンビジョン>

## 4. 核となる対策の候補

EXPO 2025 グリーンビジョン具体化タスクフォースでの検討範囲

### エネルギー

#### 【エネルギーマネジメント・水素エネルギー等】

- ・ エネルギーマネジメントシステム
- ・ 電力貯蔵
- ・ 水素発電/アンモニア発電
- ・ 海外からの水素/アンモニア輸送
- ・ 燃料電池(純水素型燃料電池等)
- ・ 再生可能エネルギー電力からの水素製造
- ・ 水素等を燃料とする次世代モビリティ(FC・EVバス、FC・EV船等)やSAF (Sustainable Aviation Fuel)等の次世代燃料

#### 【CO2回収・利用】

- ・ DAC+CCS
- ・ メタネーション
- ・ カーボンリサイクル技術

#### 【再生可能エネルギー】

- ・ 再生可能エネルギー(次世代型太陽電池発電、風力発電、バイオマス発電、廃棄物発電、帯水層蓄熱、海水冷熱利用 等)

### 会場整備

- ・ 低炭素建材(CO2排出削減・固定量最大化コンクリート、木材等)
- ・ 低炭素工法
- ・ リユース・リサイクルの促進

### 来場者

- ・ 行動変容を促すナッジの仕組み(会期前から来場者等の脱炭素・環境配慮行動に対して、積極的な動機付けを与えること等により行動変容を促し、CO2削減効果を図る)
- ・ 選択可能なオフセットメニューの提示
- ・ カーボンニュートラルに資する技術・仕組みの理解促進を促す展示方法等

### 運営

- ・ ごみゼロに資する技術・仕組み(ごみ回収×ナッジの仕組みの導入、食品提供に使用したプラスチックのリサイクル(プラ資源循環見える化)、生分解性容器のリサイクル及びバイオエタノール製造、マイボトル・マイ容器の推進 等)
- ・ 食品廃棄ゼロに資する技術・仕組み(食品の需給予測、食品残渣や下水汚泥等の活用(バイオガス製造、堆肥化等) 等)
- ・ ファッションロスゼロに資する技術・仕組み(ユニフォームのアップサイクル、サステイナブルファッションの推進 等)

### その他

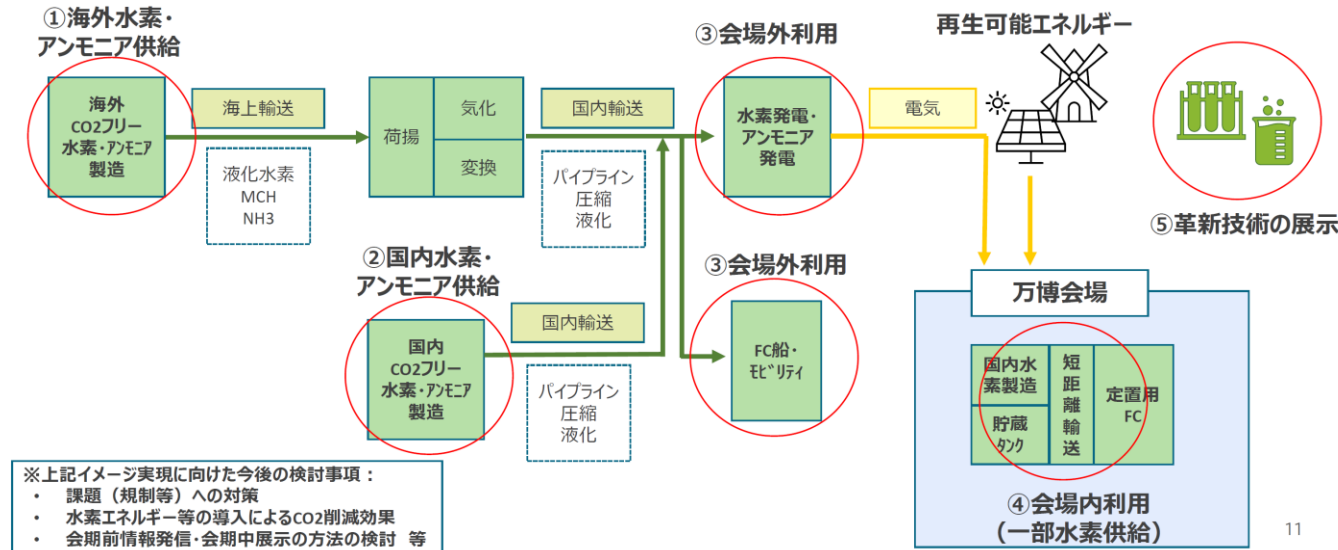
- ・ 会場外脱炭素地域でのクレジット等の創出支援



# タスクフォースの成果

## ■エネルギーマネジメント、水素エネルギー等分野

- 2025年大阪・関西万博会期中の会場および周辺地域での水素エネルギー等の活用イメージについては、以下の通り。その他の検討事項については、今後検討を深める。※本イメージは、記載通りの実施を確約するものではなく、状況を鑑み今後変更があり得るものである。



11

## ■CO2回収・利用分野

### 【具体的な実証・展示イメージ】

- DAC、CCS、メタネーションについては、それぞれ近接して設置することで大気から回収したCO2をCCS、メタネーションで活用することができる。また、食品残渣由来のバイオガスを活用し、再生可能エネルギー電力由来の水素と組み合わせ、合成メタンを製造し、熱供給設備で使用することもできる。
- 当該エリアでは、未来社会ショーケース事業の一環として、実機の見学に加えて、来場者の理解促進を図るための展示や説明を行う。また、合成メタンの一部を迎賓館で使用することで、国内外の賓客に対してカーボンニュートラルに資する技術の訴求に努める。
- CO2排出削減・固定量最大化コンクリートについては、会場内での活用を検討する。
- その他、会場内での設備設置等が難しいものも含め、カーボンニュートラルを実現するために必要な技術や仕組みについて、動画やサンプル等を活用して来場者の理解促進を図る。そのための具体的な展示方法について、本タスクフォースにおいては、「タイムトンネルシアター」が検討案として挙げた。

# EXPO 2025 グリーンビジョン(2023年版)



- 持続可能性有識者委員会の議論を踏まえ、
  - 脱炭素編、
  - 資源循環・循環経済編、
  - 自然環境編の3編構成

[https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/uploads/20230329\\_greenvision.pdf](https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/uploads/20230329_greenvision.pdf)

# 温室効果ガスの排出量推計と目標設定

- 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おこなう。

施設・設備	Scope 1 (ガス、軽油)	Scope 2 (電気、熱)	計
会場内の施設・設備 (パビリオン等)	6,374	23,627	30,001
会場内輸送 (外周バス、 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

対策をしなかった場合 (BAU) の排出量推計値 [t-CO<sub>2</sub>]

グリーンビジョン(2023年版)

## 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

# Scope3排出量の推計(グリーンビジョン2025年版)

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相当の排出量の削減については、建物の再利用、食品ロス削減、プラスチックの利用削減、移動時排出量のクレジット購入促進等により対応する。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
会場内の建物、施設、インフラ等の建築・構築等に伴う排出	76.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の再利用</li> <li>リース、木材の積極的な活用</li> <li>低炭素型素材等の積極的な活用</li> </ul>
職員の出張	0.07	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>移動時のカーボンクレジット購入推奨</li> <li>排出量の少ない移動手段の利用</li> </ul>
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"> <li>食品ロス削減、食品リサイクル</li> <li>プラスチックの利用削減(リユース食器等)</li> </ul>
運営に伴う排出	19.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
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"> <li>移動時のカーボンクレジット購入推奨</li> <li>排出量の少ない移動手段の利用</li> <li>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</li> </ul>
計	411	

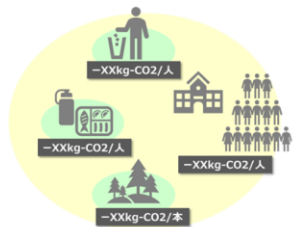
[万t-CO<sub>2</sub>]

## EXPOグリーンチャレンジ

- ❑ 万博をきっかけとしてCO<sub>2</sub>削減につながる行動変容を促す活動
- ❑ 企業、学校、自治体などが登録し、活動を実施
- ❑ それぞれの活動によるCO<sub>2</sub>削減量を算定



- 環境省 ナッジ実証事業
- EXPOグリーンポイント(仮称)
- 万博をきっかけとした、企業等の独自取組
- サステナブル修学旅行の推進
- オフセット旅行の推進※2
- 企業や自治体からのクレジット寄付※2
- その他の取組



# 脱炭素に関する技術の展示(グリーンビジョン2025年版)



## 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

【水素ガスタービン】



出典：三菱重工業株式会社

【アンモニアガスタービン】



出典：株式会社IHI

### 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

【ペロブスカイト太陽電池】

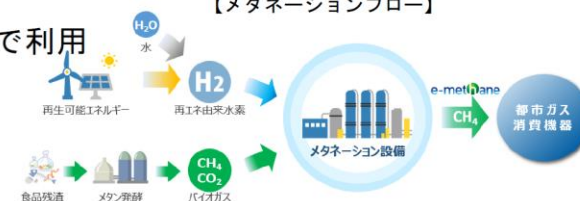


出典：積水化学工業株式会社

### 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CO<sub>2</sub>及びDAC(直接大気回収)により得られるCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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
- CO<sub>2</sub>排出削減・固定量最大化コンクリートの利用促進

【メタネーションフロー】



出典：大阪ガス株式会社

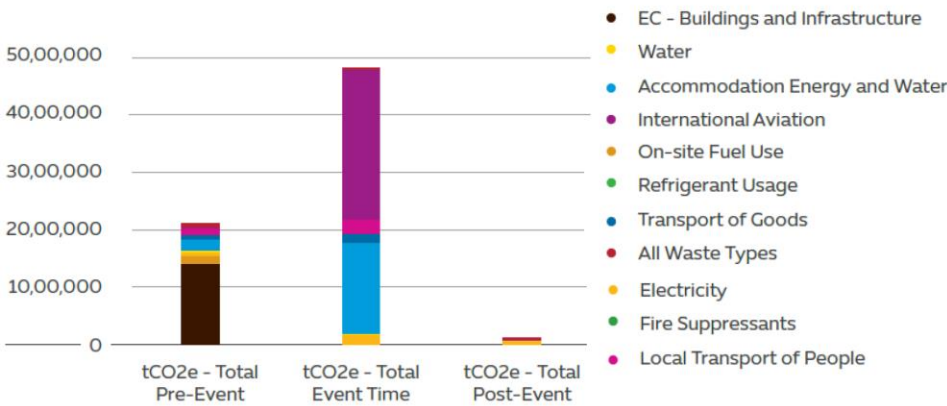
# 博覧会場においてエネルギーの新しい取り組みを行うことの意義

- 国際イベントの社会的責任としての脱炭素
- 展示としての脱炭素
  - 新しいエネルギーシステムの実証の場として
  - 来場者に「脱炭素社会」の到来を告げ、GXの機運を醸成する。
  - 2050年カーボンニュートラルを担う人材を育てる。

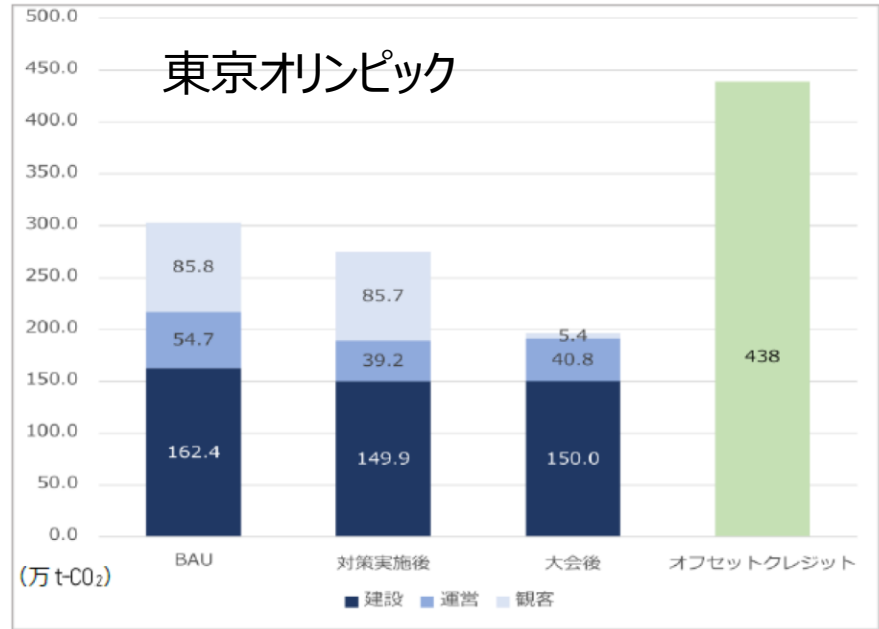
# 国際イベントにおける温室効果ガス排出の計算例

## ドバイ万博

BAU = 7,015,489 tCO<sub>2</sub>e



## 東京オリンピック



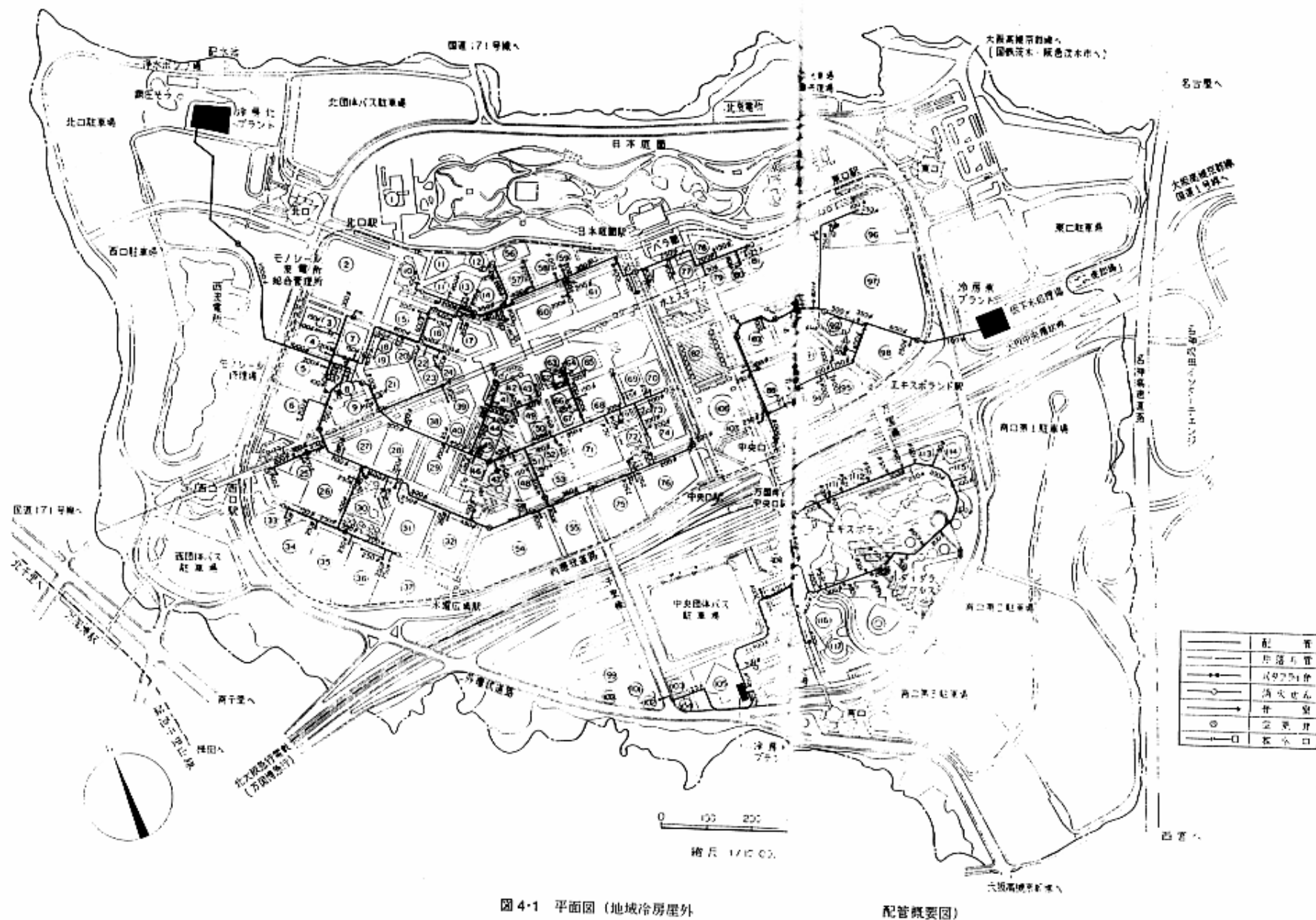
- Scope 1, 2, 3の算定対象と排出量は下表の通り。カタール大会のGHG排出量は合計**363万トンCO<sub>2</sub>**で、**Scope 3排出量が98%**を占める。

Scope	算定対象	事前算定での排出量	割合
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>会場内での電力、熱の生成に伴う排出</li> <li>車両の燃料消費による排出</li> <li>空調、冷却設備からの冷媒の漏洩</li> </ul>	35,103 tonCO <sub>2</sub>	1%
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>会場、事務所で使用する外部からの電力、地域冷房の購入</li> </ul>	37,216 tonCO <sub>2</sub>	1%
Scope 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>カテゴリ1: 原材料、サービスの調達(建設資材、販売品等)</li> <li>カテゴリ3: 電力・燃料のライフサイクル排出の上流での排出</li> <li>カテゴリ4: 調達した原材料等の輸送</li> <li>カテゴリ5: 会場運営時の廃棄物の管理</li> <li>カテゴリ6: 従業員、コントラクター、来場者等の移動と宿泊</li> <li>カテゴリ8: イベント主催者が他社からリースした会場・事務所の運営</li> </ul>	3,558,715 tonCO <sub>2</sub>	98%

- Scope 3排出量で**最も多いのが関係者・来場者の国際航空移動で176万トン**であり、これに加えて宿泊72.8万トン、仮設・恒久施設の建設81.6万トンの3つで大半の330万トン占める。

## カタールワールドカップ

# 1970大阪万博の地域冷房



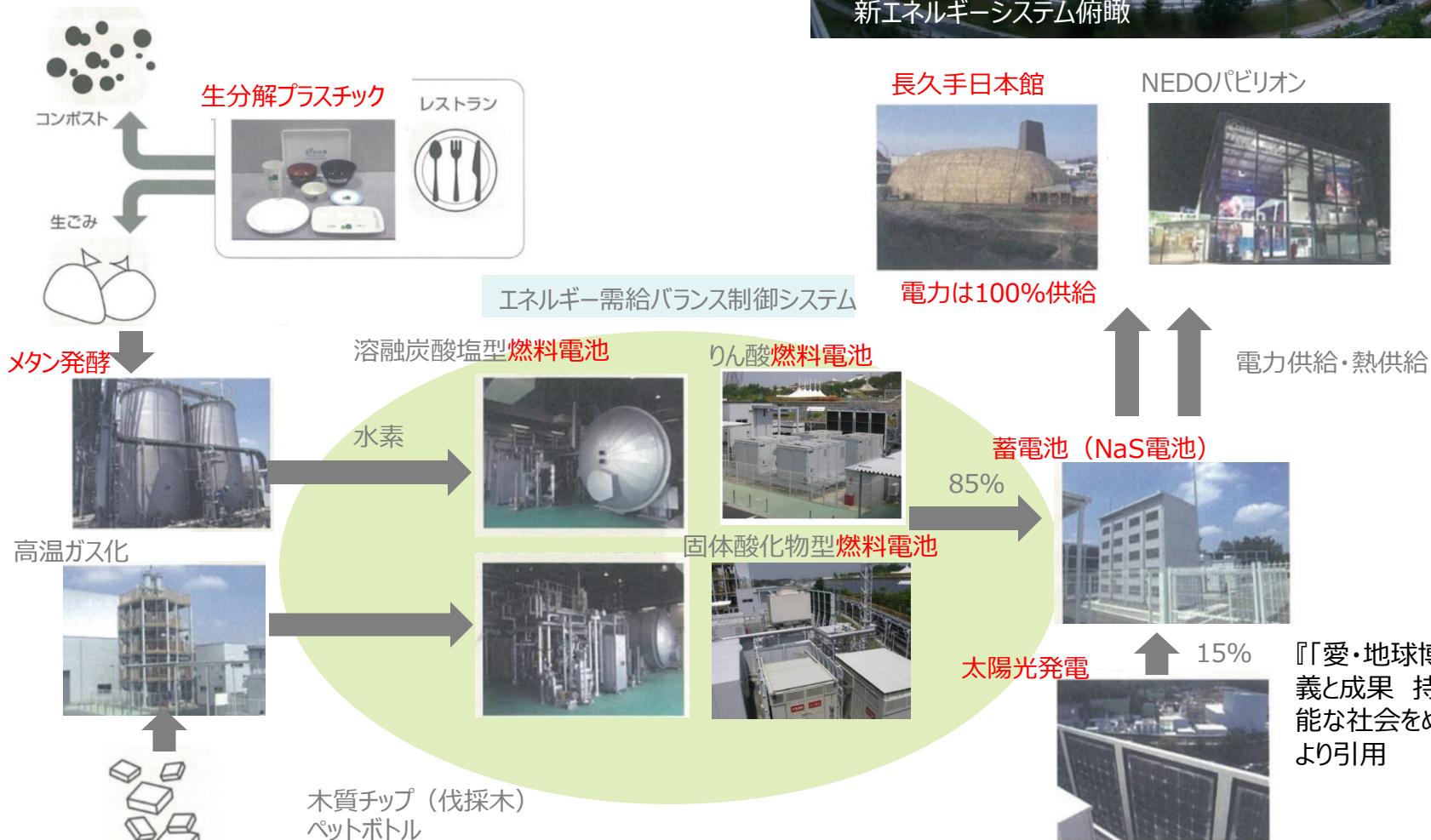


# 1970年大阪万博で地域冷房を導入したことの波及効果

- 大型冷凍機の開発
  - 我が国初めての3000RTターボ冷凍機の開発
- そのほか、計画・施工・規格決定上の数々の経験
- 恒久施設としての千里中央地域冷暖房、新宿副都心地域冷暖房、成田空港地域冷暖房への設備の移転利用
- 現在全国百数十施設の地域冷暖房の普及へつながる。

# 愛・地球博 再生可能エネルギーとマイクログリッド

21世紀の未来技術の実験万博として、最先端かつ世界最大規模2200kW発電の循環型新エネルギー供給システム実証実験を実施



長久手日本館



電力は100%供給

NEDOパビリオン



電力供給・熱供給

蓄電池 (NaS電池)

85%

太陽光発電

15%

『愛・地球博』の意義と成果 持続可能な社会をめざしてより引用

木質チップ (伐採木)  
ペットボトル

# 脱炭素社会の到来を告げる博覧会

- まち・くらしの分野の重要性
  - 民生 + 運輸旅客で温室効果ガス排出の半分
  - 建築・建築設備・家電・自動車は日本の得意分野
- 屋根置き太陽光も含め、普及の主役は市民と中小企業
  - コストは重要だが、特に家庭ではコストだけでは購入行動を説明できない。
  - 脱炭素の製品やサービスをCO2排出量のみで語ると、多くの市民には「レストランのメニューのカロリー表」にしか見えない。
  - エネルギー設備といえども「見た目のデザイン」は大事な要素。
  - 博覧会では「脱炭素社会の到来」を見て、感じられることも重要ではないか？

# RITEが検討している内容

「CO<sub>2</sub>排出を実質ゼロ」とする『カーボンニュートラル』、更にそれを超えて過去のストックベースでのCO<sub>2</sub>を削減する『**ビヨンド・ゼロ**』を実現する環境技術を、『**RITEネガティブエミッションプラント**』として世界の方々に見学いただき、日本の先進的な環境技術をアピールする。

## 【RITEネガティブエミッション実証プラント】

- ①大気からのCO<sub>2</sub>の直接回収技術（DAC(Direct Air Capture)）
- ②CCS技術（CO<sub>2</sub>の分離回収・地中貯留技術）
  - ⇒① + ② DACCS（Direct Air Capture with Carbon Storage）
- ③CO<sub>2</sub>の鉱物固定（炭素固定）技術（アスファルト舗装材等への利用など）

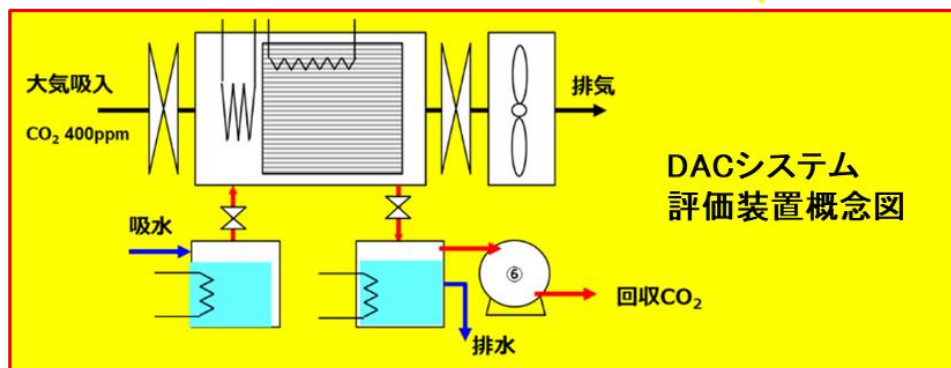
その他調整中

\* CCSについては、社会受容性の向上を目的としてガイダンス施設等で解説予定

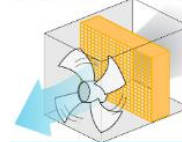
# ムーンショット型研究開発事業： 大気中からの高効率CO2分離回収・炭素循環技術の開発

## 【DAC実験棟(RITE敷地内設置)にてDACシステム評価装置の試験開始】

(2022.9.20 NEDO、MHIエンジ、RITE、3者プレスリリース)



■ 処理量 ~数kg-CO<sub>2</sub>/day  
・実機サイズのハニカム性能評価



開発したDACシステム評価装置を設置  
RITE・三菱重工エンジニアリングが連携

→万博会場にてベンチスケールプラント(500kgCO<sub>2</sub>/day) 実証試験予定

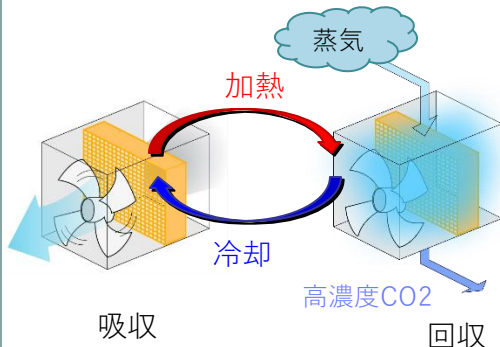
## 大気中からの高効率CO<sub>2</sub>回収 (Direct Air Capture) 技術開発 (吸収材およびシステム開発)

### 万博内RITE実証プラント



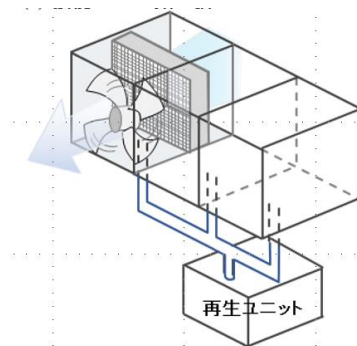
2020~2024年度  
(基盤技術開発フェーズ)  
kg/day

材料・システム開発



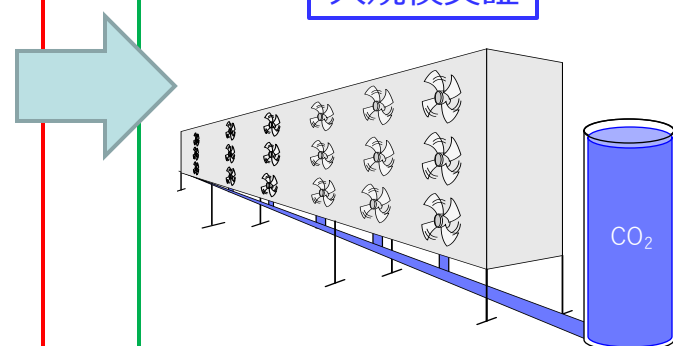
2025 年度の実証試験  
(ベンチスケール試験)  
0.5t/day

小規模実証

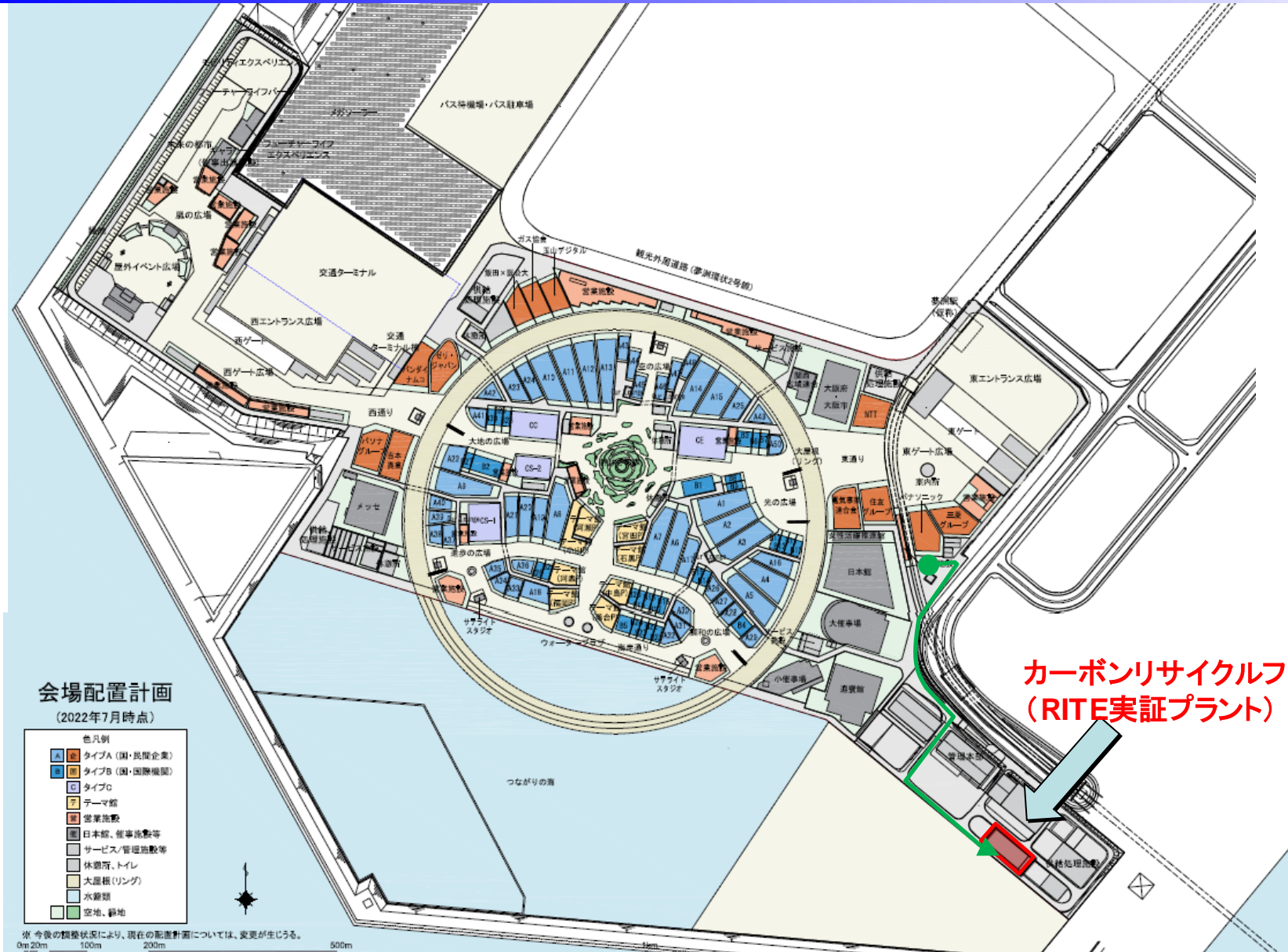


2026以降  
(パイロット試験(予定))  
商業機設計データ採取が  
可能な規模

大規模実証



# RITE実証プラントエリア

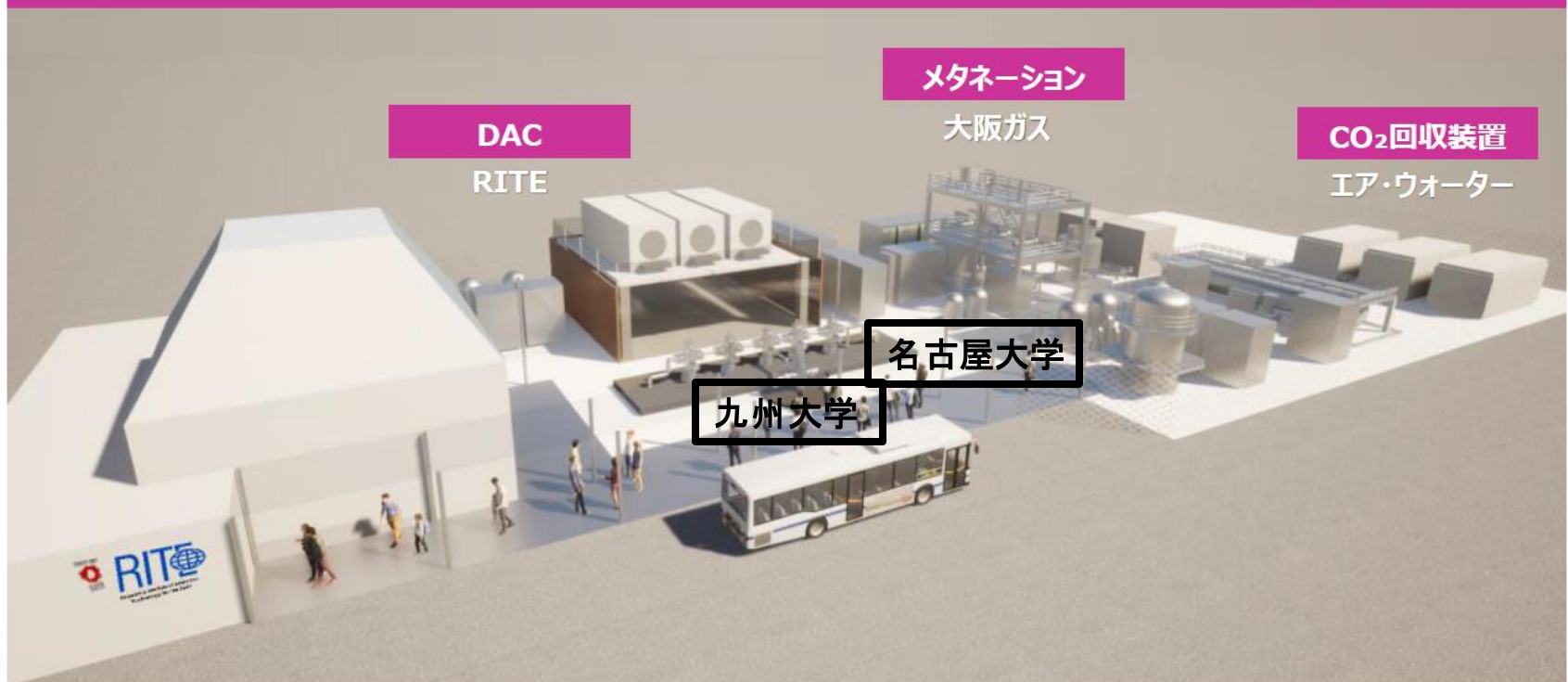


**カーボンリサイクルファクトリー  
(RITE実証プラント)**

## カーボンリサイクルファクトリー イメージ図



管理区域のカーボンリサイクルファクトリーにて先進技術を実証  
事前に予約いただいた方がバスで見学が可能





## 2. RITE実証プラント 3D全体イメージ図



**ご清聴ありがとうございました。**