

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO₂を高度利用したCARBON POOLコンクリートの開発と舗装および構造物への実装

実施者名：株式会社 安藤・間（幹事会社）、 代表名：取締役副社長 池上 徹

コンソーシアム内実施者：【研究開発項目 1】
株式会社内山アドバンス
大阪兵庫生コンクリート工業組合
灰孝小野田レミコン株式会社
大成ロテック株式会社
【研究開発項目 2】
一般財団法人電力中央研究所

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

★委託 ●再委託

研究開発項目1-① <テーマ1 根幹技術の開発>

生コンクリート由来の廃棄物にCO₂を最大且つ最速に吸収固定化させた混和材や骨材を用いて緻密ではなく透水性・透気性に優れた高性能コンクリート、CPコンクリートを開発

★(株) 安藤・間 (幹事会社)

- ①生コンスラッジにCO₂を固定化させて混和材を生産
- ②残コン・戻りコンにCO₂を固定化させて粒状再生骨材を生産
- ③コンクリート殻にCO₂を固定化させた再生骨材を生産
- ④CO₂を最大且つ最速に固定化させるナノバブルシステム開発
- ⑤製造プラント設計・設置

緻密ではなく
透水性・透気性
に優れた高性能
コンクリートが
脱炭素社会を
実現

研究開発項目2 <テーマ4 総合評価>

LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築

★(一財) 電力中央研究所

研究開発項目2の検討の取りまとめ および LCCO₂評価手法の開発

●東京大学

LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システム
および 社会実装シナリオの検討

●東京都立大学

品質評価・品質管理手法の開発

●国立環境研究所

LCA(材料資源)評価手法の開発

●明星大学

LCC評価手法の開発

研究開発項目1-② <テーマ2 地域内循環技術の開発>

首都圏及び地方都市における地域内循環技術を目指した製造技術実用化の開発

★(株) 内山アドバンス

★大阪兵庫生コンクリート工業組合

★灰孝小野田レミコン (株)

- ①日本各地の工場の生コンスラッジおよび再生骨材の材料特性等を把握し、CPコン材料となる炭酸化スラッジ粉末および炭酸化再生骨材の安定した製造・品質管理技術の確立
- ②各地域の材料および社会環境を考慮したCPコンパイロットプラントの設計、製造を実施、安定したCPコン製造プラントの確立等の各地域の環境に合わせたCPコン製造可能なパイロットプラントの設置を担当。



CPコンクリートの“CP”とは？

当コンソーシアムはRRCS加入者で構成されているが、RRCSが商標登録申請済みの“CARBON POOL”の頭文字

研究開発項目1-② <テーマ3 社会実装に向けた開発> 社会実装に向けての施工技術の確立

<サブテーマ> 舗装

★大成ロテック (株)

- ・CO₂ナノバブルによる硬化コンクリートへのCO₂固定化
- ・舗装用CPコンプラント開発
- ・CO₂固定型路盤材の開発
- ・プレキャスト床版

●日本道路 (株)

車道・駐車場用CPコンクリート舗装

●(株) 佐藤渡辺

歩道・公園用CPコンクリート舗装

<サブテーマ> 構造物

★(株) 安藤・間

CPコン用鉄筋の開発

●青木あすなる建設 (株)

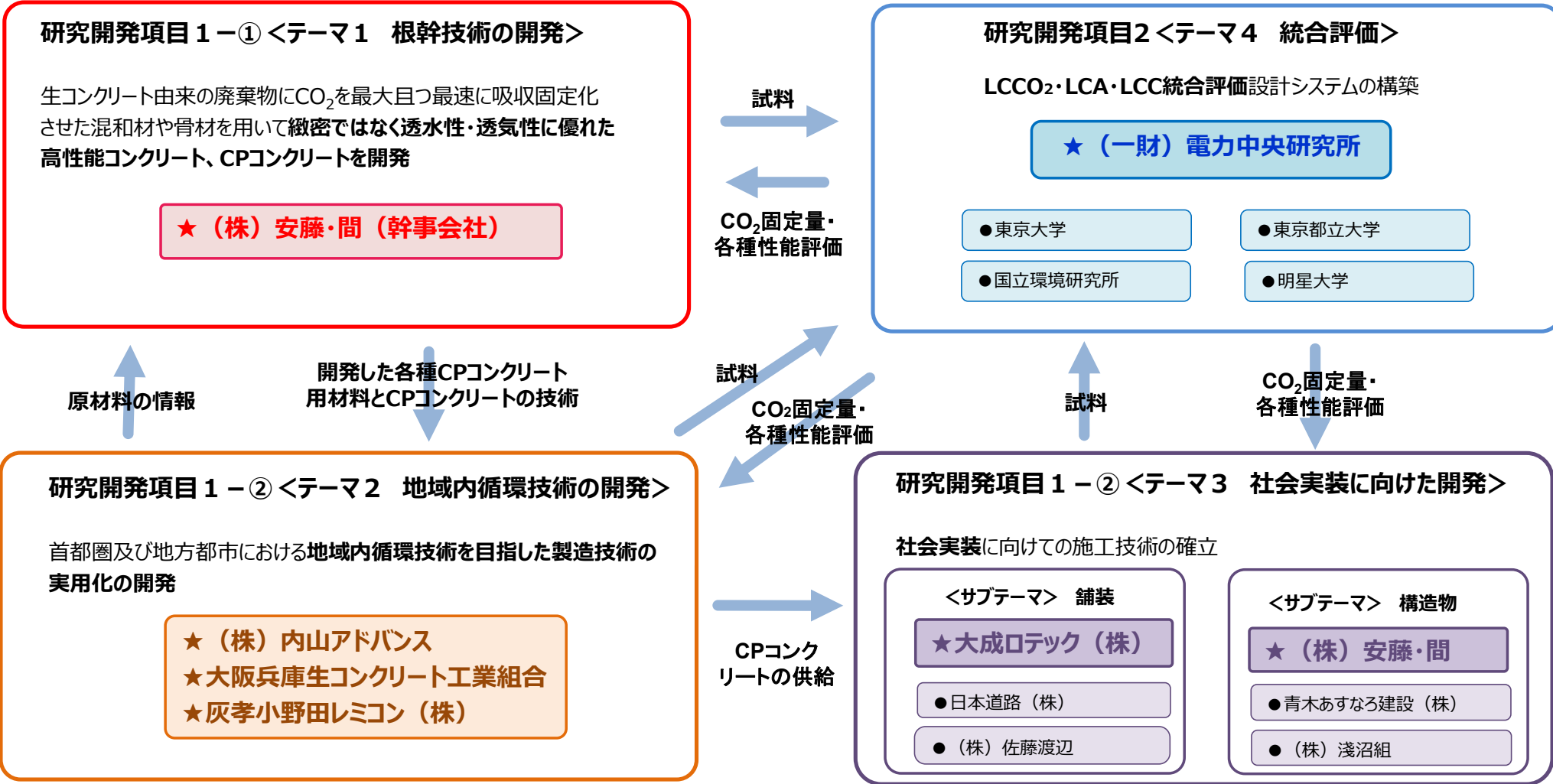
CPコン施工方法の検討

●(株) 浅沼組

CPコン脱型後の炭酸化方法の開発

0. コンソーシアム内におけるテーマ間の連携

★委託 ●再委託



1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

コンクリートは「世界で水の次に消費量が多い」と言われている人類の営みにとって必要不可欠な物質である。一方、セメント・コンクリート産業全体から排出される温室効果ガスは人為起源の排出量の約7%以上を占めており、その削減は必達目標であり、各国・各企業がこぞってCCUS開発を急いでいる。

（経済面）

セメントの市場規模は約3,500億ドル前後と言われているが、毎年10%強の成長を示し拡大し続けてきた産業である。なかでも中国勢が50%を超える圧倒的な世界シェアを誇り、インドが10%に迫る勢いを見せている。一方、日本のメーカーは全体でも世界シェアは4%に過ぎないが、先進国の基幹産業として東南アジア各国において資本・技術提携して大きく貢献している。

（政策面）

セメント・コンクリート産業のCO₂削減策は、ヨーロッパを中心に炭素税とカーボンプレジットにて一定の成果は残しているが、抜本的な解決には至っておらず、CCUSによる核心的技術開発と炭素税を含めた金融との連動が不可欠である。一方、日本国内においては、セメント・コンクリート産業は、産業廃棄物の受け入れ先としても重要な位置づけを担っており、廃棄物行政においても欠かすことの出来ない産業となっている点を考慮しなければならない。

（技術面）

世界的には、CCS開発が進められているが、カーボンニュートラルの達成のためにはCCSだけでは不十分であり、CCUSが必要であるが、CO₂の再利用はいまだ革新的な進歩を遂げていない。また、日本ではCCUSとして脚光を浴びているコンクリート技術もあるが、小型の工場製品に限定されており、現場施工用コンクリートへの展開が求められている。

- 市場機会：世界的なカーボンニュートラルの流れにおいて、日本国内は勿論のこと、発展途上国が多い東南アジアは、非常に大きな市場機会のポテンシャルがある。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：グリーンと相反するものとして、またCO₂排出者としての“悪者”のイメージの強いコンクリートが、より多くのそしてより早くCO₂を吸収固定化出来る建設材料として認知され、結果として資金調達や資産運用といったESG金融の対象となれば、そのインパクトは非常に大きい。

2050年カーボンニュートラル実現に向け、コンクリートへのCO₂リサイクルが新たな付加価値として急拡大すると予想

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

（社会面）

石灰石の焼成には再エネが利用できるが、**排出不可避な石灰石からの脱炭酸に伴うCO₂を有効活用する。**

（経済面）

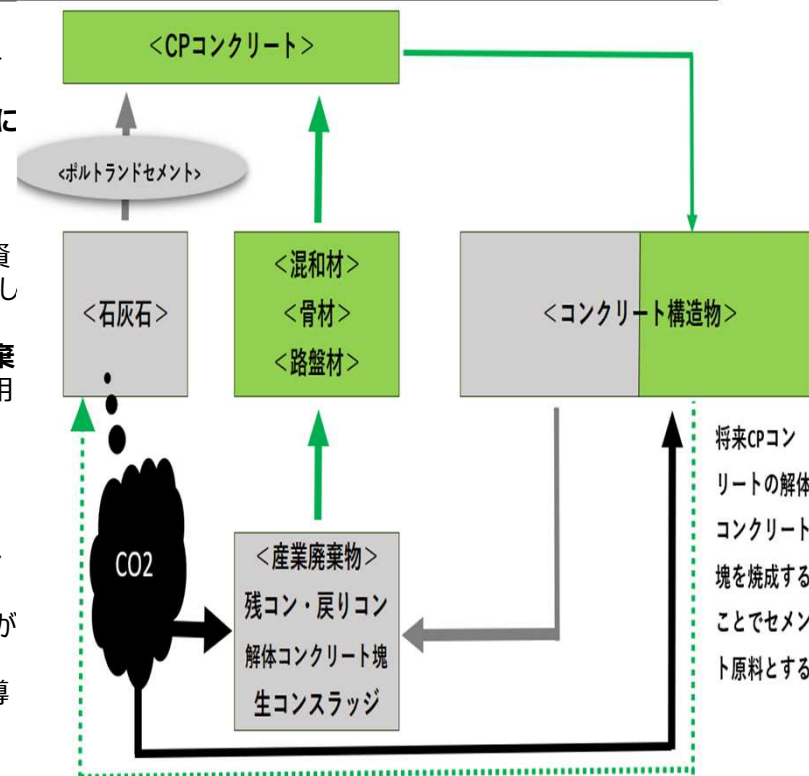
石灰石、骨材は無限の資源ではない。産業廃棄物としてコストを掛けて処理されている**コンクリート由来の廃棄物にCO₂を固定させ再利用する。**

（政策面）

今年8月にリリースされたIPCCの記事によると「**コンクリートは排出されたCO₂を50%は吸収する**」事実が今後インベントリにも反映され、カーボンプライシングが導入されてくるであろう。

（技術面）

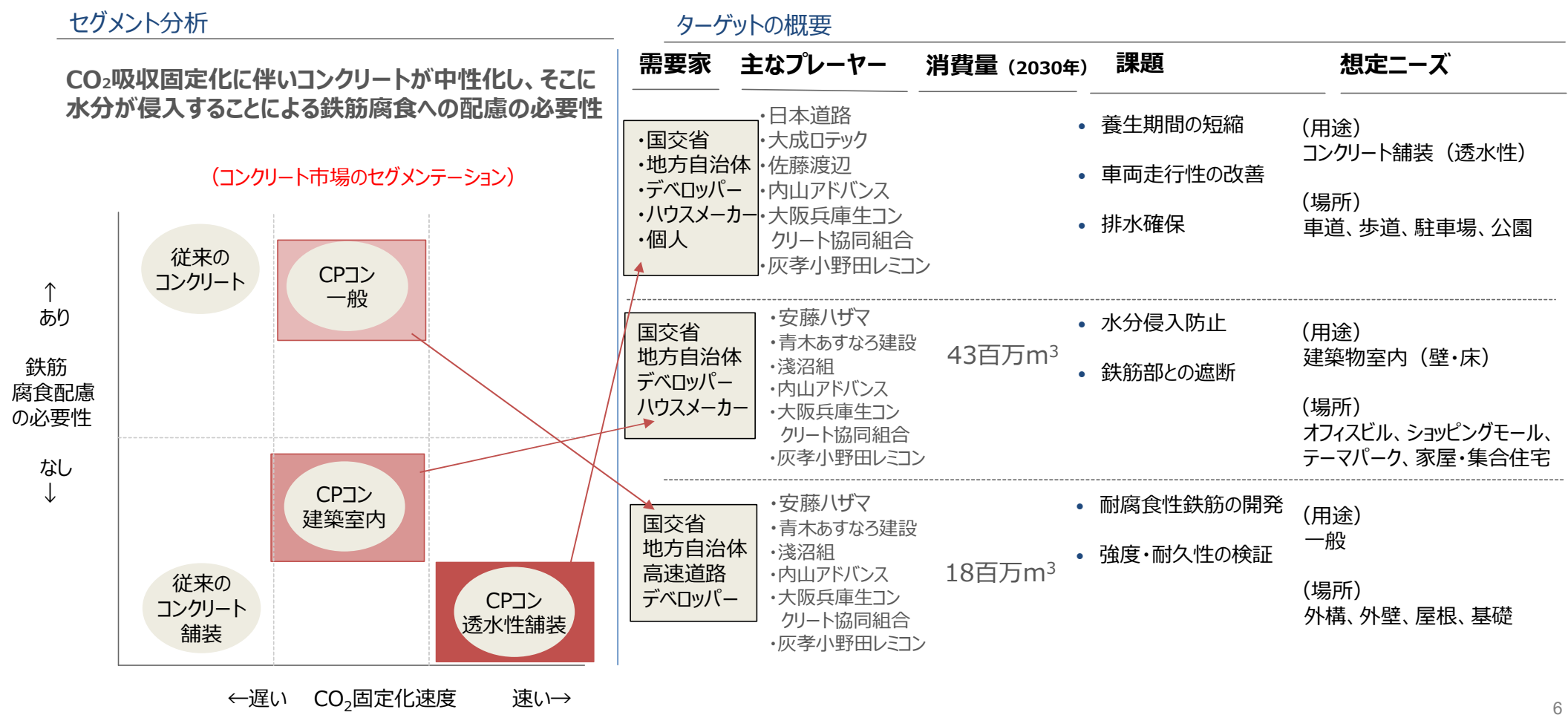
現場施工に対応できる「**緻密でないコンクリート＝透水性・透気性に優れているコンクリート**」を開発し、強度や耐久性を担保するとともに、CO₂を最大163kg/m³以上固定する。



- 当該変化に対する経営ビジョン：安藤ハザマVISION2030の実現に向けた中期経営計画では、**2030年にCO₂排出削減率33%**（2017年度比：6.8万トン）を目標としているが、本プロジェクトで期待されるCO₂削減量（2035年で年間9万トン、2040年頃には年間200万トン以上）は、それを大きく超えるものとなる可能性があり、社会的なイメージを向上させ、会社の発展に大きく寄与する。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

鉄筋腐食への配慮による市場セグメンテーション



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

CPコンクリート技術を用いて脱炭素社会に必要な製品・サービスを提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

（社会への提供価値）

現状ではコストを掛けて**産業廃棄物**として破棄されてきた物資（**残コン・戻りコン**、コンクリート廃棄物、生コンスラッジ）に、セメント製造時等に排出される**CO₂**を**資材**として投入することにより、生コンクリート用の骨材や混和材を生成し、CPコンクリートに用いることで、**CO₂のリサイクルループを構築**する。

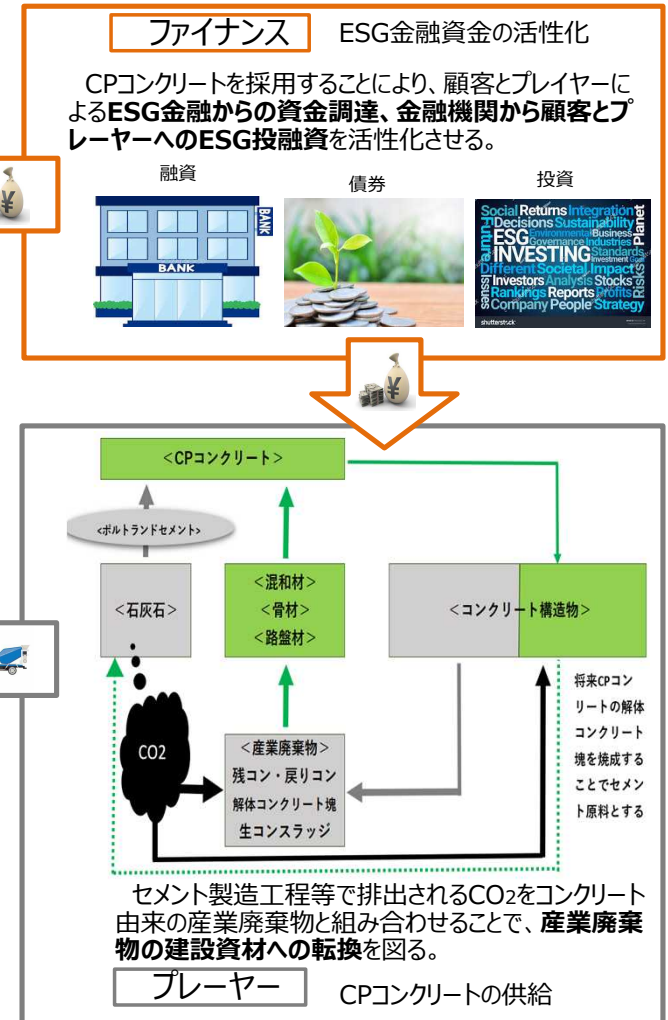
また、脱化石燃料社会を見据え、**アスファルトの代替品**としてCPコンクリートを使用することで、現状では日本国内で5%、先進諸国でも30%と言われているコンクリート舗装のシェアを引き上げ、尚且つ脱炭素社会にも貢献する。

（顧客への提供価値）

"CARBON POOL コンクリート"は、CO₂を固定するコンクリートであるというブランドイメージを定着させる。CPコンクリートを使うこと

が、**カーボンニュートラル社会の実現に貢献しているという顧客満足度**を満たし、従来のコンクリートから脱却してCPコンクリートへの転換を促す。

更に、国内外の顧客及びプレイヤーにCPコンクリートは脱炭素社会に貢献する建設資材であることを継続してアピールすることで、資金調達方法としての**ESG金融の活性化**に寄与する。



1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

環境経営の強みを活かして、社会・顧客に対して脱炭素社会に貢献する建築資材という新たな価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）		他社に対する比較優位性				
ターゲットに対する提供価値 国内で排出されるCO ₂ と生コンクリート由来の産業廃棄物を組み合わせることで、脱炭素社会に貢献するホワイトカーボンという新たな価値を提供する。						
自社の強み ・全社一体となった環境価値の創造 - 中期経営計画において、2030年にCO₂排出削減率33%（2017年度比）を目標 - SBTおよびRE100への取り組み - 2022年4月：脱炭素技術開発部の新設 - RRCS研究会での粒状化骨材JIS化・大阪万博ロスコンゼロ運動への取り組み		自社	技術 (現在) ・ 生コンクリート由来の産業廃棄物はコストを掛けて処理。 	顧客基盤 ・ 国、地方自治体、民間の土木・建築構造物 	サプライチェーン ・ 現場に残ったコンクリートは、生コン工場に処理を依頼。 ・ “再生骨材普及連絡協議会”に入会。 	その他経営資源 ・ 資本金170億円 ・ 社員3400人 ・ 建設業（土木・建築） 
			(将来：2030年) ・ CO₂を生コンクリート由来の産業廃棄物に120kg / m³以上固定化させたCPコンクリート技術・製造設備を供給。	・ 国、地方自治体、民間の土木・建築構造物・コンクリート舗装 ・ 全国の生コン工場・リサイクル工場 ・ CO₂クレジット市場 ・ 海外へのCO₂固定技術の輸出	・ 戻りコン・スラッジは資源化ステーションを経て生コン材料にリサイクル。 ・ 全国で排出されるCO₂は生コン・打設後のコンクリートに固定。	・ 資本金340億円 ・ 社員5000人 ・ 建設業（土木、建築、道路） ・ 残コン資源化事業 ・ ホワイトカーボン事業 ・ CO₂クレジット事業
自社の弱み及び対応 ・ 道路専門事業会社を有していない。 - 本コンソーシアムに道路会社（大成ロテック、日本道路、佐藤渡辺）を招き、研究段階からアライアンスを組みながら実装に繋げる。 ・ 建設業以外の事業形態を有していない。 - RRCS研究会、電中研、東京大学等から最新の社会・技術情報を得ながら事業化を推進する。		大成建設				・ どの会社の技術も、現段階では、一般的な生コン工場での製造を考慮していないため、社会実装が難しい。 ・ 同業他社への技術提供を積極的に実施しないと社会に広まらない。
		清水建設				
		大林組				
		アイサワ工業				

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

2030年度までの研究開発の後、2031年頃の事業化、2038年頃の投資回収を想定

投資計画 研究開発項目 1－①＜テーマ1 根幹技術の開発 CPコンクリートの開発＞
研究開発項目 1－②＜テーマ2 地域内循環技術の開発＞ 委託先：(株)安藤・間

	2021年度	...	2030年度	2031年度	...	2038年度
売上高	-	...	-	コンクリート構造物および舗装市場への導入を図り、2040年構造物コンクリート（9百万m ³ ）、舗装コンクリート（5百万m ³ ）程度を目指す。 ※（）内は、想定されるCPコンの出荷数量		
研究開発費	約25.8億円（本事業の支援期間）			NEDO事業完了後は3年目まで50万円/年を計上。 4年目からは100万円/年を計上。		
取組の段階	研究開発 →			事業化 →		
CO ₂ 削減効果	-	...	-	-	...	計1,316千トン
						CPコンクリートにより124～163kg-CO ₂ /m ³ 以上を固定。2041年頃年間2百万トン以上になる見込み。

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- CO₂固定量最大163kg/m³以上達成するための - CP用コンクリート材料の開発 - CPコンクリートの開発 - CPコン施工技術の開発 - CPコンクリートの性能確保 - CPコンクリート構造物の耐久性確保 2025年の大阪万博及び琵琶湖グリーンインフラへの実証実験（舗装、建築室内、外部コンクリート）を目指す。 - CPコンクリートのJIS、ISO化を目指した開発 ✓	- 既存プラントの利用 - CPコンクリート用増設設備のコンパクト化 2種類のCPコンクリートの設定 ① CO₂固定量最大型CPコンクリート： 炭酸化再生骨材Lを最大限添加したCO₂固定量を最大化したコンクリート ② 地域内循環型CPコンクリート： 生コン工場内で排出される材料から製造した炭酸化生コンスラッジ、炭酸化粒状骨材を利用したリサイクルを主目的としたコンクリート - 戦略的なパイロットプラントの設置地域 大阪生コン組合⇒大阪万博 灰孝小野田⇒琵琶湖グリーンインフラ 内山アドバンス⇒首都圏 ✓	- 研究開発及び実証実験の段階から当該コンソーシアムの母体である（一社）残コン・生コンソリューション技術研究会（RRCS）や参画企業の広報を通じ、商標申請積みのCARBON POOLブランドを常に意識した広報活動に務める。 - 今回の主な市場となる車道・歩道・公園は公共事業となることから、ESG金融の活性化を睨んだ各地方銀行との連携を深めながら進める。 - 主に戸建て住宅案件をターゲットとした全国約700の生コンクリート工場をアライアンスしているプラットフォームを活用する。 ✓
国際競争上の優位性	- ISO化による海外競争力の強化 - タイ・サイアムセメントとの事業提携により海外環境に適した開発の展開	- 輸出対応型CPコンクリート製造プラントを整備 - 国内の生コン工場の状況に合わせた2種類のCPコンクリートの整備	- 透水性コンクリートによるCO₂吸収固定量に関する論文は世界的にも発表されていない。当該コンソーシアムに参画頂いているアカデミアはコンクリート、LCA、LCCの各専門家であり、より多くの論文発表をすることで世界的な認知度の向上に努める。 - 東南アジアにおいて圧倒的なシェアを有するタイ・サイアムセメントとの協業を深める。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

資金が必要な場合は、自己資金の開発費で対応予定

資金調達方針 研究開発項目 1－①＜テーマ1 根幹技術の開発 CPコンクリートの開発＞
研究開発項目 1－②＜テーマ2 地域内循環技術の開発＞ 委託先：(株)安藤・間

	2021年度	...	2030年度	...
事業全体の資金需要	約30.4億円			
うち研究開発投資	約30.4億円			
国費負担※ (委託又は補助)	約25.8億円			
自己負担	約4.6億円			

※インセンティブが全額支払われた場合

本事業期間にてCPコンクリート技術の開発を完了させた後、引き続き必要な研究開発費や設備投資費については、自己負担により対応する予定。

- (外部調達の場合、想定される資金調達方法を記載)
- なし（自己負担は、CPコンクリートの実施料（売上）により対応予定）
 - (上記の自己負担が会社全体のキャッシュフローに与える影響)
 - 影響なし

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

【研究開発項目 1-①】

CPコンクリートへのCO₂固定量最大化というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目 1-①

根幹技術の開発
【CPコンクリートの開発】

アウトプット目標

通常、廃棄物となる生コンスラッジ、残コン・戻りコンおよび解体後のコンクリート塊にCO₂を固定化させ、生コンクリートへリサイクルすることを目指す。

研究開発内容

- 1 CO₂固定量を最大化・最速化した炭酸化生コンスラッジの開発および高性能化

KPI

生コンスラッジ粉末へのCO₂固定量：
 $\underline{377\text{kg-CO}_2/\text{ton}}$
C×20%置換： $\underline{22.6\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

KPI設定の考え方

生コンスラッジ粉末1トン中に骨材微粒分が20%含まれる場合、800kgがセメント。
その内の活性を保った粉末が60%である場合
 $\text{CO}_2\text{固定量} = 800\text{kg} \times 60\% \times 44/56 = 377\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ 。

- 2 CO₂固定量を最大化・最速化した残コン・戻りコン由来の炭酸化粒状再生骨材およびコンクリート塊由来の炭酸化再生骨材Lの開発および高性能化

再生骨材L・粒状化再生骨材へのCO₂固定量：
 $\underline{37.8\text{kg-CO}_2/\text{ton}}$

G×100%置換： $\underline{52.9\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

C = 300kg/m³、単位骨材量1.4トンの場合

① $\text{Ca(OH)}_2 : 300\text{kg} \times 50\% \times 222/456 = 73\text{kg}/\text{m}^3$
 $73\text{kg} \times 44/74 = 43.5\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$

② $\text{C-S-H} : 300\text{kg} \times 50\% \times 342/456 = 112.5\text{kg}/\text{m}^3$
 $112.5\text{kg} \times 132/342 = 43.5\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$

① + ② $(43.5 + 43.5) \div 2.3\text{トン}$
 $= \underline{37.8\text{kg-CO}_2/(\text{再生骨材 1トン})}$

骨材100%置換の場合

$37.8\text{kg} \times 1.4\text{トン} \times 100\% = \underline{52.9\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

【研究開発項目 1-②】

CPコンクリート舗装・構造物へのCO₂固定量最大化というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

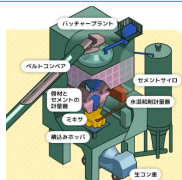
研究開発項目 1-②

- ・地域内循環技術の開発
【地域内循環技術を目指した製造技術の開発】
- ・社会実装に向けた開発
【社会実装に向けての施工技術の確立】

研究開発内容

1 CPコンクリート 量産型プラ ントの開発

生コンプラント

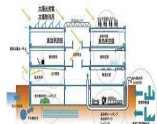


2 CO₂固定量を最大化・最速 化した透水性CPコンクリート 舗装施工技術の開発



車道・歩道

3 CO₂固定量を最大化・最速 化したCPコンクリートの一般 構造物への施工技術開発



商業用構造物



インフラ構造物

アウトプット目標

CPコンクリート量産型プラントの開発

透水性CPコンクリートの車道・駐車場、公園・歩道への施工技術の確立およびCO₂固定。
CPコンクリートの一般構造物への適用・施工技術の確立およびCO₂固定。

KPI

CPコンクリート製造時のCO₂固定量の
目標値

・CO₂固定量最大型CPコンクリート：
76kg-CO₂/m³

硬化後のコンクリートへのCO₂固定量：
87kg-CO₂/m³

再生砕石・セメント系安定処理剤への
CO₂固定量：37.8kg-CO₂/ton

硬化後のコンクリートへのCO₂固定量：
87kg-CO₂/m³

KPI設定の考え方

・CO₂固定量最大型CPコンクリート
置換率 炭酸化スラッジC×20%⇒22.6kg-CO₂/m³
炭酸化再生骨材G×100%⇒52.9kg-CO₂/m³
炭酸スラッジ水W×3%⇒0.5kg-CO₂/m³
CO₂固定量の合計：76kg-CO₂/m³

C = 300kg/m³、単位骨材量1.4トンの場合
① Ca(OH)₂：300kg×50%×222/456 = 73kg/m³
73kg×44/74 = 43.5kg-CO₂/m³
② C-S-H：300kg×50%×342/456 = 112.5kg/m³
112.5kg×132/342 = 43.5kg-CO₂/m³
① + ② 43.5 + 43.5 = 87kg-CO₂/m³
再生砕石への固定量：87÷2.3トン = 37.8kg-CO₂/トン

C = 300kg/m³、単位骨材量1.4トンの場合
① Ca(OH)₂：300kg×50%×222/456 = 73kg/m³
73kg×44/74 = 43.5kg-CO₂/m³
② C-S-H：300kg×50%×342/456 = 112.5kg/m³
112.5kg×132/342 = 43.5kg-CO₂/m³
① + ② 43.5 + 43.5 = 87kg-CO₂/m³

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【研究開発項目 1-①：根幹技術の開発】

CPコンクリートへのCO₂固定量最大化というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 CO ₂ 固定量を最大化・最速化した炭酸化生コンスラッジの開発および高性能化	生コンスラッジ粉末へのCO ₂ 固定量： <u>377kg-CO₂/ton C×20%置換</u> ： <u>22.6kg-CO₂/m³</u>	コンセプトの作成 (TRL2)	初期のプロトタイプ (TRL4)	- 生コンスラッジへのCO₂固定方法 - 方式① 砂状の生コンスラッジを大気中に放置して、CO₂固定。 - 方式② さらに微粉碎してパウダー状にして、大気中に放置してCO₂固定。 - 方式③ 脱水前のスラッジ水に炭酸ナノバブルを投入し、固定化させる。	高い (80%)
2 CO ₂ 固定量を最大化・最速化した炭酸化粒状再生骨材および炭酸化再生骨材Lの開発および高性能化	再生骨材へのCO ₂ 固定量： <u>100%置換</u> ： <u>52.9kg-CO₂/m³</u>	コンセプトの作成 (TRL2)	初期のプロトタイプ (TRL4)	- 再生骨材L・粒状化再生骨材へのCO₂固定方法 - 方式① 高濃度に炭酸ナノバブルを発生させた水槽に浸漬する。 - 方式② 炭酸ナノバブルの気泡径の分布（大きい径～小さい径）を工夫して発生させた水槽に浸漬する。 - ノズル式で、炭酸ナノバブル水を吹き付ける。 - 炭酸ナノバブル水を散水する。	やや高い (70%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【研究開発項目 1-②：地域内循環技術および社会実装に向けた開発】

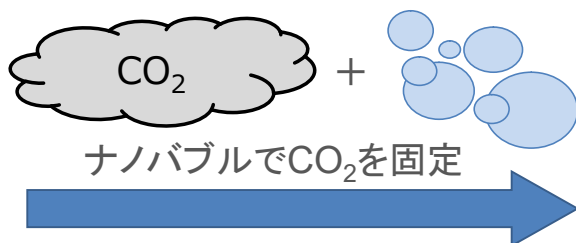
CPコンクリート舗装・構造物へのCO₂固定量最大化というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 CPコンクリート量産型プラントの開発	CPコンクリート製造時のCO ₂ 固定量の目標値 ・CO ₂ 固定最大型 76kg-CO ₂ /m ³	検証必要なプロトタイプ (TRL 3)	初期のプロトタイプ (TRL4)	3工場において特徴のあるプラントを設置 - 方式① CO₂固定量最大型CPコンクリート製造用プラントの設計・設置	高い (80%)
2 CO ₂ 固定量を最大化・最速化した透水性CPコンクリート舗装施工技術の開発	硬化後のコンクリートへのCO ₂ 固定量 87kg-CO ₂ /m ³	コンセプトの策定 (TRL2)	初期のプロトタイプ (TRL4)	- 透水性CPコンクリートの施工技術構築 - 方式① 既存の透水性舗装コンクリート技術の応用 - 方式② 必要な施工機器の開発	高い (80%)
3 CO ₂ 固定量を最大化・最速化したCPコンクリートの一般構造物への施工技術の開発	硬化後のコンクリートへのCO ₂ 固定量 87kg-CO ₂ /m ³	コンセプトの作成 (TRL2)	初期のプロトタイプ (TRL4)	- 一般RC構造物への適用技術構築 - 方式① 炭酸化したコンクリート中で耐久性保持できる鉄筋 - 方式② 適用箇所の選定	高い (80%)
4 透水性CPコンクリート舗装への多角的なCO ₂ 固定方法の開発	路盤用再生骨材及びセメント系安定処理剤へのCO ₂ 固定量 37.8kg-CO ₂ /ton	コンセプトの作成 (TRL2)	初期のプロトタイプ (TRL4)	- 再生路盤材へのCO₂固定技術 - 方式① 再生骨材への固定化と同じくナノバブルを利用	高い (80%)

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

【研究開発項目 1-①】 CARBON POOL コンクリートの主要材料

(1) 生コンスラッジ水

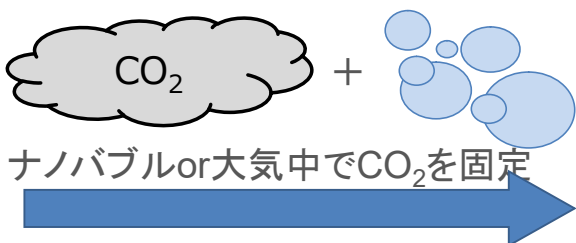
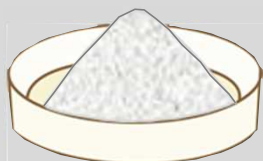


(1) 炭酸化生コンスラッジ水



- ・生コン車の洗浄時にCO₂ナノバブル水を使用する等によりスラッジ水にCO₂を固定
- ・CO₂固定量
100kg-CO₂/ton (スラッジ水の10%と仮定)

(2) 生コンスラッジ粉末

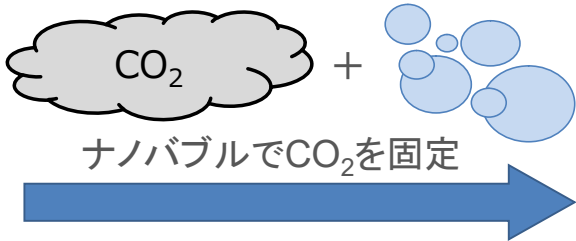


(2) 炭酸化生コンスラッジ粉末

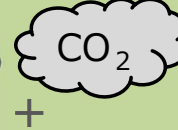


- ・生コン車の洗浄時にCO₂ナノバブル水を使用
または大気中CO₂によりCO₂を固定
- ・CO₂固定量【Ca(OH)₂及びC-S-Hを炭酸化】
377kg-CO₂/ton (上限固定量の7割)

(3) 粒状化骨材

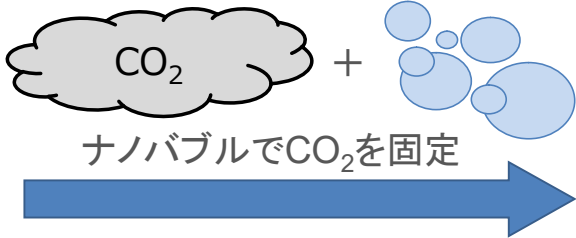


(3) 炭酸化粒状化骨材

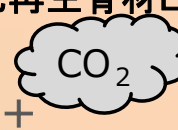


- ・粒状化骨材をCO₂ナノバブル水に浸漬する
等により粒状化骨材にCO₂を固定
- ・CO₂固定量【Ca(OH)₂及びC-S-Hを炭酸化】
37.8kg-CO₂/ton

(4) 再生骨材L



(4) 炭酸化再生骨材L



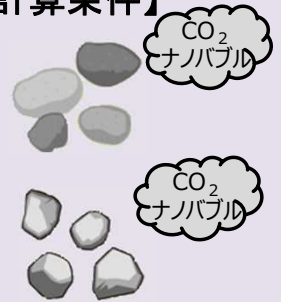
- ・再生骨材LをCO₂ナノバブル水に浸漬する
等により再生骨材LにCO₂を固定
- ・CO₂固定量【Ca(OH)₂及びC-S-Hを炭酸化】
37.8kg-CO₂/ton

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

【研究開発項目 1-①】 CARBON POOL コンクリート 種類とCO₂固定量計算例

【CPコンクリートのCO₂の計算条件】

①・炭酸化粒状化骨材



・炭酸再生骨材L

・G=1400kg/m³の(G×5%～80%置換)
G(80%) : 980kg/m³ × 37.8-CO₂/t = 37.0kg-CO₂/m³
G(100%) : 1400kg/m³ × 37.8-CO₂/t = 52.9g-CO₂/m³

②炭酸化生コンスラッジ粉末



・C=300kg/m³の20%置換
C(20%) : 60kg/m³ × 377kg-co₂/t = 22.6kg-CO₂/m³

③炭酸化スラッジ水

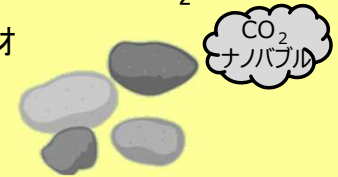


・W=165kg/m³の3%置換=4.95kg/m³
W : 4.95kg/m³ × 100kg-CO₂/t = 0.5kg-CO₂/m³

【CPコンクリート(簡易型)】

【CPコンクリート製造時のCO₂固定量想定値】

・粒状化再生骨材



37.0g-CO₂/m³
(G×80%置換)

CO₂固定量 : 37.0kg-CO₂/m³

【CO₂ナノバブル水養生】 : CO₂固定 (87kg-CO₂)

【CPコンクリートのCO₂固定量想定値】
124kg-CO₂/m³

【CPコンクリート(最大型)】

【CPコンクリート製造時のCO₂固定量想定値】



52.9kg-CO₂/m³
(G×100%置換)

22.6kg-CO₂/m³
(C×20%置換)

0.5kg-CO₂/m³

CO₂固定量 : 76.0kg-CO₂/m³

【CO₂ナノバブル水養生】 : CO₂固定 (87kg-CO₂)

【CPコンクリートのCO₂固定量想定値】
163kg-CO₂/m³

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

【研究開発項目 1-①】 CARBON POOL コンクリートの製造方法

【各種材料の製造方法】

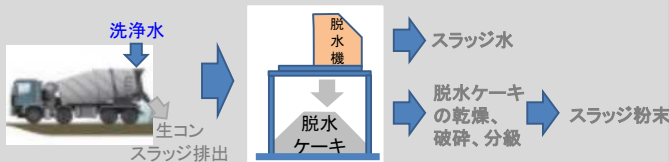
(1) 生コンスラッジ水および微粉末の製造

① 生コンスラッジ水

- ・コンクリートの洗浄水から骨材を取り除き回収

② 生コンスラッジ粉末

- ・脱水ケーキを採取し、乾燥、破碎、分級する

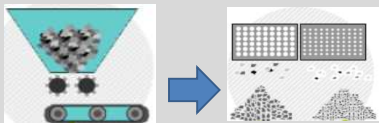


(2) 再生粗骨材の製造

① 生コンを粒状化して再生骨材の製造



② コンクリート塊からの再生骨材の製造



神奈川県再生骨材協同組合HPより

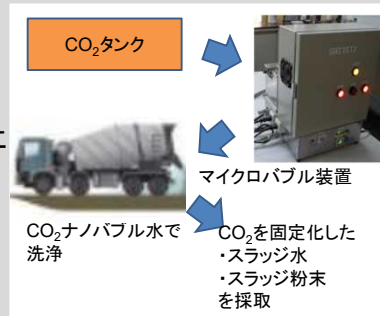
【CO₂の固定化方法】

(1) CO₂ ナノバブル水による洗浄しCO₂を固化

① 対象: 生コンスラッジ (スラッジ水、スラッジ粉末)

② 方法

- ・生コンで汚れたアジテータ車の洗浄時にCO₂ ナノバブル水を用いる
- ・スラッジ水およびスラッジ粉末にCO₂を固定化

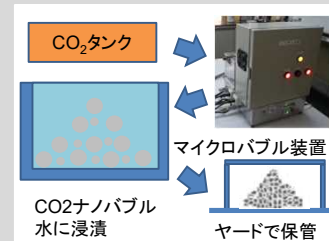


(2) CO₂ ナノバブル水に浸漬してCO₂を固定化

① 対象: 再生骨材

② 方法

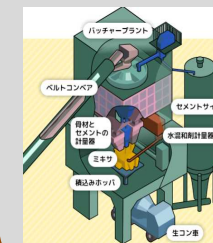
- ・CO₂ ナノバブルプールに粗骨材を浸漬する
- ・再生粗骨材に付着したセメント分にCO₂を吸着させ、固定化



【CPコンクリートの製造方法】

(1) 生コンプラントで混合

- ① スラッジ微粉末: 混和材 (セメント置換, 細骨材置換)
- ② スラッジ水: 練混ぜ水
- ③ 再生骨材



① スラッジ微粉末

ケース1: サイロから供給し、ミキサーへ投入

ケース2: 別計量し、直接ミキサーへ投入

③ 再生骨材

ケース1: 骨材ビンから供給し、ミキサーへ投入

ケース2: 別計量し、直接ミキサーへ投入

(2) アジテータ車での混合

③ 再生粗骨材

- ・粗骨材として計量して混合

ケース1

別計量し、高所作業台から投入。逐次、計量値を記録し所定の質量から乖離しないように管理する

ケース2

別計量し、所定の計量値をベルトコンベアから投入逐次、計量値を記録し所定の質量から乖離しないように管理する



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【研究開発項目 1-①】 CO₂ナノバブルによるCO₂固定方法

CO₂ナノバブルを用いた炭酸化メカニズム

- ✓ 炭酸化による変質(図-1)
 - ・CO₂ナノバブル水に複数回浸漬することで炭酸カルシウム(CaCO₃)生成され、吸水率の低下(絶乾密度の増加)が生じる。
- ✓ CO₂ナノバブルによる炭酸化(図-2)
 - ・CO₂ガスの炭酸化反応は、液相にCO₂ガスが溶解することで炭酸カルシウムが析出するため、空隙内壁面周辺での反応が多い。
 - ・CO₂ナノバブルの炭酸化反応は、空隙が炭酸ナノバブル水によって満たされ、空隙の様々な場所で炭酸カルシウムの生成が生じる。
 - ・CO₂ナノバブルは、CO₂ガスと比べて炭酸カルシウムの析出速度が速い。
- ✓ 炭酸化による空隙の状態(図-3、図-4)
 - ・閉塞により生じた閉気孔体積φは、水セメント比が大きいほど増えている。組成が粗いほど炭酸化による閉気孔体積が増えると推測される。

参考文献
金 志訓, 北垣 亮馬, 割田 聖洋: CO₂ナノバブルを用いた炭酸化反応による空隙充填効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp1543-1548, 2015

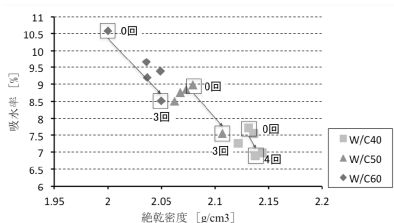


図-1 絶乾密度と吸水率の関係

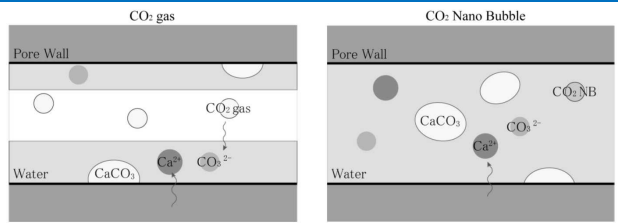


図-2 CO₂ガス及びCO₂ナノバブル水による炭酸化概念図

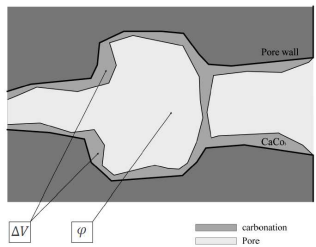


図-3 空隙の状態の模式図

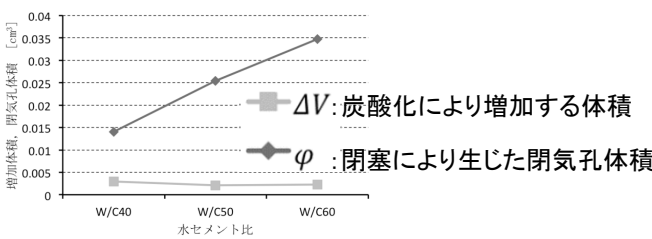


図-4 水セメント比と増加体積, 閉気孔体積の関係

ウルトラファインバブル(ナノバブル)装置

・UFB-N4A・B



【仕様】
・規定電圧: AC100V
・消費電力: 500W
・適用気体: 空気, 炭酸ガス, 窒素

・UFB-N4D-1



【仕様】
・規定電圧: AC200/220V
・消費電力: 200W
・適用気体: 空気, 炭酸ガス, 窒素

- ✓ ウルトラファインバブル(以下, UFB)は、UFBをバッチ製造方式, 連続製造方式, 循環製造方式が可能。
- ✓ 特殊なエアレータ, 適切な気体供給圧や振動周波数により, 平均粒径 100 ナノメートル程度のUFB水を生成可能。
- ✓ 導入気体は, 空気以外に窒素や二酸化炭素を適用できるように, ガスボンベからUFB試験装置に直接ガスを導入することができる。

炭酸化
シス
テム

CO₂の固定化技術

炭酸化 メカニズム

- 【生コンスラッジ水へのCO₂固定化】⇒練混ぜ水への利用
- 【コンクリート塊, 残コン・戻りコンへのCO₂固定化】
 - ⇒再生粗骨材としてコンクリートへ使用
- ・再生粗骨材の品質向上(吸水率低下, 凍結融解抵抗性向上)
- 【脱型後のコンクリート面へのCO₂固定化】
 - ⇒炭酸化によりコンクリート表面を緻密化し, 耐久性を向上
- 【CO₂固定化の方法】
 - ・CO₂ナノバブルを混入, CO₂ナノバブル水に浸漬または噴霧

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

【研究開発項目 1-②】 CARBON POOL コンクリートの舗装への適用

【各種材料の性能・品質の開発】

(1) CO₂を固定化するCPコンクリート舗装

1. 製造時にCO₂固定化
 - ・普通CPコンクリートの配合検討
 - ・透水性CPコンクリートの配合検討
2. 施工時にCO₂固定化
 - ・CO₂固定化養生剤および養生方法検討
3. 供用中にCO₂固定化
 - ・供用中舗装にCO₂を吸着させる検討

(2) CO₂を固定化するCPコンクリートプレキャスト舗装版

1. 製造時にCO₂固定化
2. 養生時にCO₂固定化
3. 養生後のCO₂固定化
4. 特殊鉄筋の適用
 - ・研究開発1-①開発の鉄筋等適用検討

(3) CO₂を固定化する路盤材と路床材

1. 再生骨材を有効利用し路盤材製造及び施工時にCO₂固定化
2. 路床セメント安定処理の改良材等にてCO₂固定化

【製造の検討】

- (1) 実験用生コンプラントで確認
 - ・生コン性状、強度、CO₂の固定量

【CPコンクリート実機製造と連続施工】

- (1) CPコンクリート舗装の検討と実証へ
- (2) 適用場所の検討
 - ・車道、駐車場、歩道、公園など
- (3) 施工方法の検討
 - ・機械、人力の施工体制による施工管理、品質管理
- (4) CO₂固定方法及び測定と評価の検討

【実証試験の実施】

- ・実証試験として大阪万博等にて、CPコンクリート舗装を施工する。
- ・製造～施工及び供用中の各段階でCO₂固定量測定、評価を実施する。

【施工性の検討】

- (1) CPコンクリートの舗装
 - ・CP舗装コンクリート(普通・透水性)の検討
- (2) CPコンクリートのプレキャスト舗装版
 - ・版厚(200～450mm)および継手の検討
 - ・敷き砂やグラウトのCO₂固定化の検討
- (3) 路盤、路床
 - ・路盤材と路床材(普通・透水性)の検討

【品質管理の検討】

- (1) 共通
 - ・生コンとしての品質管理の検討
 - ・舗装としての品質管理の検討
 - ・CO₂固定方法及び測定と評価の検討
 - ・耐久性評価の検討

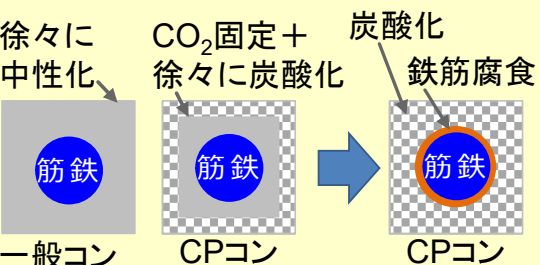
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【研究開発項目 1 -②】 CARBON POOL コンクリートの一般構造物への適用

1) CPコンクリートに適用可能な鉄筋の開発

【課題】

- ・CPコンクリートは、表層にCO₂を固定する。
⇒表層は中性化
⇒一般コンクリートより中性化が速い可能性がある
- ・鉄筋付近のコンクリートのpHが低下し、不動態被膜が破壊
⇒鉄筋が腐食する



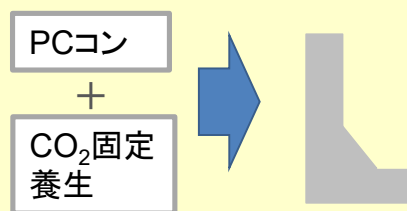
【開発】

- ・腐食しない鉄筋の開発
⇒不動態被膜が破壊されない
⇒鉄筋周りを保護する 等

2) 構造物への多様なCPコンクリート適用技術の開発

【プレキャスト(PCa)製品】

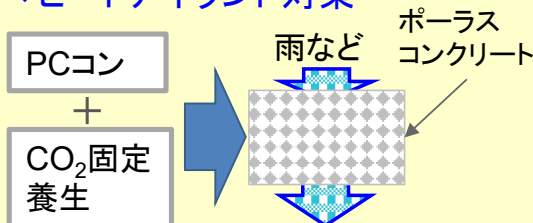
- ・省人化、人材不足の建設業界
⇒PCa製品の拡大が予想される



⇒CO₂を固定化したPCa製品開発

【ポーラスCPコンの開発】

- ・ポーラスコンクリート：透水性
⇒ヒートアイランド対策



⇒CO₂を固定化したポーラスコンクリートの開発

3) 建築室内及び土木・建築一般構造物へのCPコンクリート適用技術の開発

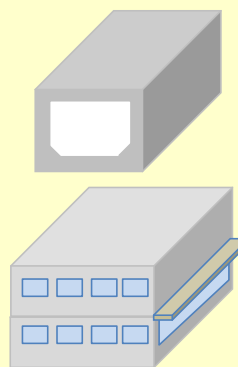
【要求性能を満足する性能確保】

- ⇒コンクリートの品質
- ⇒CPコンクリート適用鉄筋などの技術を適用した施工方法
- ⇒打設方法などの開発

・建築室内

・土木一般構造物

・建築一般構造物

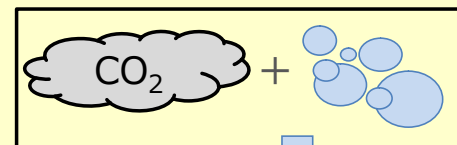


⇒CPコンクリートの施工方法の開発

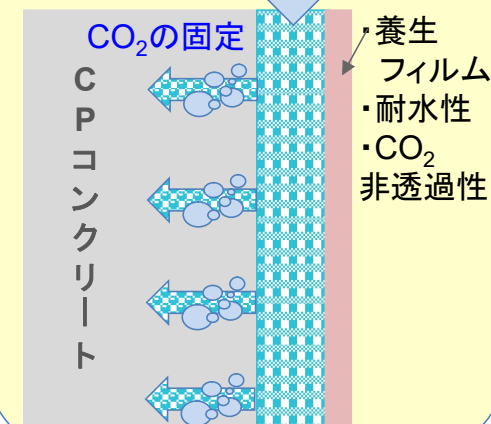
4) 一般構造物へのCPコンクリートにおけるCO₂固定量の最大化・最速化技術の開発

【型枠脱型の固定化方法の検討】

- ⇒CO₂ナノバブル水養生
- ・コンクリート表面にCO₂固定



CO₂ナノバブル水

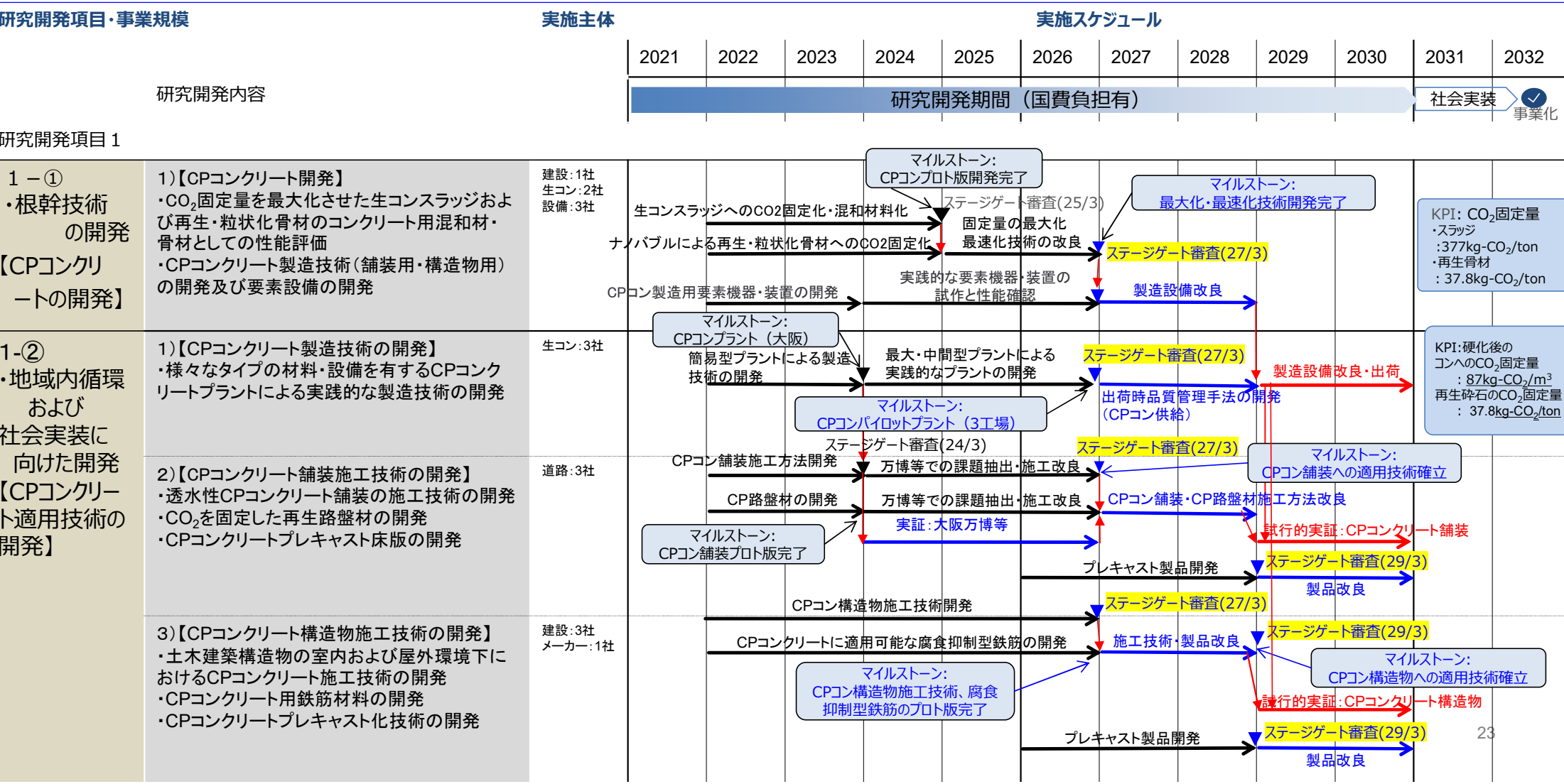


2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

【研究開発項目 1-①②】 複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

凡例：

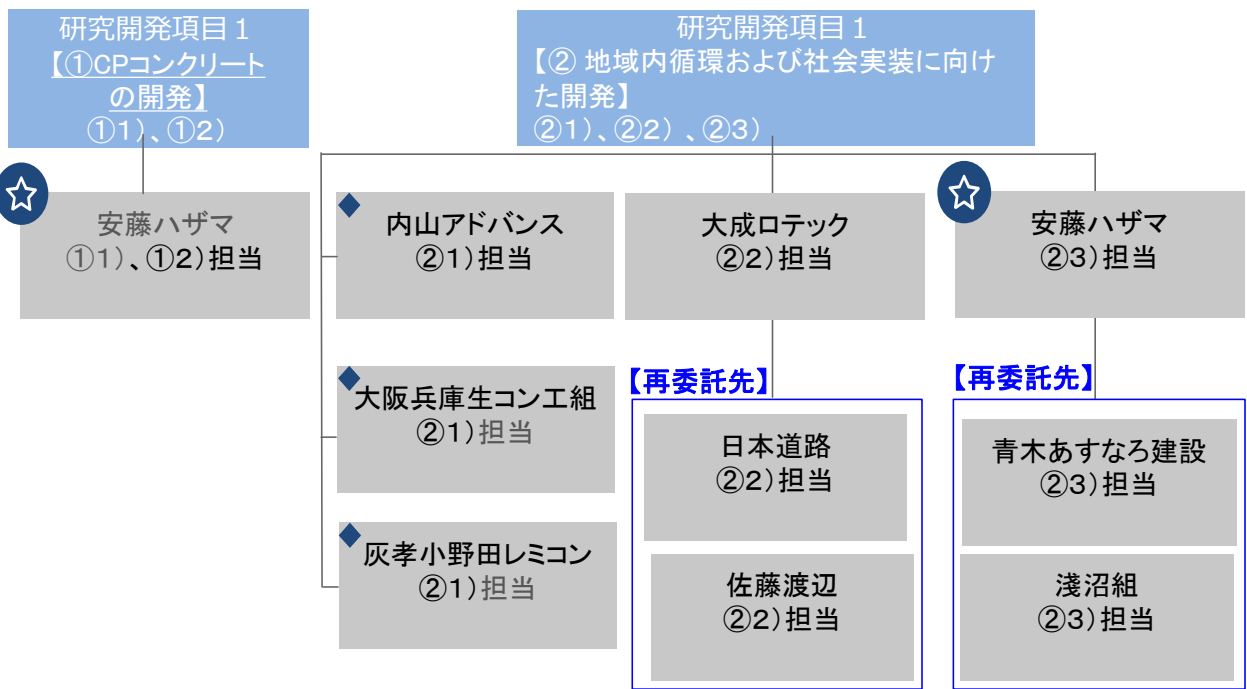
- 委託（9/10委託）
- 実証（有望性確認）（2/3補助）
- 実証（1/2補助）



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

【研究開発項目 1 -①②】 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

研究開発項目 1

【①CPコンクリートの開発】

- ・ 安藤ハザマは、生コンスラッジ粉末、再生骨材へのCO₂固定及び上記材料を用いたCPコンクリート材料の開発を担当する。

【② CPコンクリートの製造方法・舗装適用・構造物適用の開発】

- ・ 内山アドバンス、大阪兵庫生コン工組、灰孝小野田レミコンは、CPコンクリート量産型プラントの開発を担当する。
- ・ 大成ロテックは、舗装・路盤材・Pca部材へのCPコンクリート適用を担当する。
- ・ 日本道路は、コンクリート舗装へのCPコンクリートの適用を担当する。
- ・ 佐藤渡辺は、透水性舗装コンクリートへのCPコンクリート適用を担当する。
- ・ 安藤ハザマは、CPコンクリート適用鉄筋の開発を担当する。
- ・ 青木あすなろ建設は、構造物へのCPコンクリート施工方開発を担当する。
- ・ 浅沼組は、CPコンクリート表面へのCO₂固定化技術の開発を担当する。

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- ・ 研究テーマごとに1カ月に1回の定期打合せを実施する。
- ・ N1～N3年度においては、繁忙期の各委託先については、1週間に1回実務者協議を実施する。
- ・ 研究成果の取りまとめごとに成果物の権利関係の整理を行う。
- ・ CPコンクリートの開発・適用によるCO₂などの評価を研究開発項目2で適宜実施する。

中小・ベンチャー企業の参画

【生コンプラント】

- ・ 内山アドバンス
- ・ 大阪兵庫生コン工組
- ・ 灰孝小野田レミコン

2. 研究開発計画／（５）技術的優位性

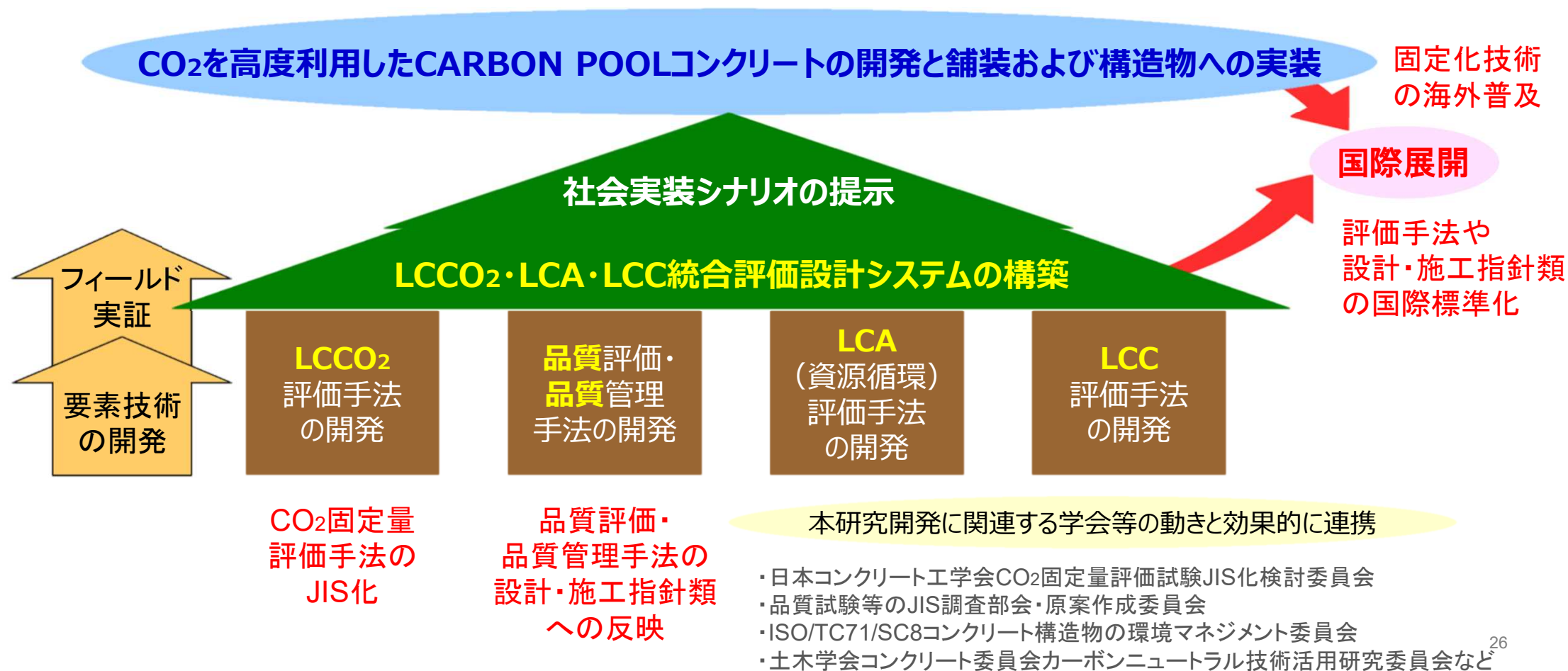
【研究開発項目 1 -①②】国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. CPコンクリートの開発	①：CPコンクリートの開発	- 生コンスラッジの砂状化技術 - 生コンクリートの粒状化技術 - 炭酸ナノバブル発生装置の保有 - 再生骨材へのCO₂固定量の試験を東京大学と共同研究中。その実績を展開可能。	→ スラッジの砂状化、生コンからの粒状化技術のノウハウおよび実績が多い。 → 東京大学での基礎実験結果を基本とした技術構成である。 → 再生骨材への炭酸ナノバブルによるCO₂固定化装置の費用の増大。
	②：CPコンクリートの設計・施工技術の開発	- 安定した品質の生コンクリートを製造できる技術 - 実証（有望性確認）を予定している地域（大阪、滋賀）においての研究。 - 透水性舗装コンクリートの施工実績・技術	→ 透水性舗装コンクリートの施工実績 → 生コン工場、生コン工業組合との協力関係 → 生コン工場とのCPコンクリート実施契約の締結の仕組みの構築がリスク。

2. 研究開発計画／（0）研究開発の全体イメージ

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」の視点と展望

LCCO₂のみならず、コンクリート構造物の持続可能な整備に必要となる合理的な設計概念の確立を目指して



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」において設定するKPI

研究開発項目	アウトプット目標	
2. LCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムの構築	「CO ₂ を高度利用したCARBON POOLコンクリートの開発と舗装および構造物への実装」に必要なCO ₂ 固定量・品質評価技術の開発とLCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムの構築	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
① LCCO ₂ 評価手法の開発	CO ₂ 固定量評価手法の学会規準策定（JIS原案へ反映）	CO ₂ 固定量の汎用的な試験方法の国際標準化に向けては、わが国における試験方法の段階的標準化（関連学会規準→JIS化）が必要であるとともに、その実務運用を踏まえた少なくとも数年以上の検証が不可欠となるため。
② 品質評価・品質管理手法の開発	土木学会・日本建築学会が策定する設計・施工指針類への反映	構造物の設計で必要となる原材料およびコンクリートの品質を評価可能な試験手法が必要となる。また、構造物の性能確保においては品質のばらつきを考慮した設計手法と物性モデル、ならびに品質管理手法が必須となるため。
③ LCA（材料資源）評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのCO ₂ 削減効果の適切な評価方法の確立	CO ₂ 固定型コンクリートの製造や使用過程におけるCO ₂ 収支を適切に評価できるシステム境界（評価範囲）を定めた上で、同コンクリートの世界での利用拡大に備えて手法の汎用性にも配慮してある程度簡便な評価方法が必要となるため。
④ LCC評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのコスト面、特にLCCでの優位性の明示	同規模かつ同環境の複数の構造物（道路舗装）において、CO ₂ 固定型と、アスファルトを使用した場合のLCC（カーボנקレジットの評価も含む）を比較し、CO ₂ 固定型コンクリートのコスト面での優位性を明示する必要があるため。
⑤ LCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討	・統合評価設計システムの構築 ・社会実装シナリオの提示 ・カーボנקレジットの公平性を担保するグローバルな評価基準の提案	建築・社会インフラ構造物の合理的な整備・運用には、コンクリートの品質およびCO ₂ 固定量のみならず、材料資源循環の問題や費用対効果をも考慮することが望ましく、この概念が国際的にも周知・理解されることにより、共通の尺度において地域差なく持続可能な開発や発展に寄与するものと期待されるため。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【研究開発項目2】「LCCO2・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」において設定した各KPIの目標達成に必要な解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
① LCCO ₂ 評価手法の開発	CO ₂ 固定量評価手法の学会規準策定（JIS原案へ反映）	標準化された評価手法存在せず（TRL2）	提案評価手法の実証（TRL8）	- 従来手法の課題を踏まえた信頼性の高い手法を開発 - 従来評価手法の適用限界を把握 - 規準化対象評価手法を抽出 - 規準化対象評価手法への開発技術の反映	他分野の試験技術を組み込むことで信頼性向上が見込まれる（95%）
② 品質評価・品質管理手法の開発	土木学会・日本建築学会が策定する設計・施工指針類への反映	CO ₂ 固定化材の評価手法存在せず（TRL3）	評価手法の指針類への反映（TRL7）	- 構造物の設計・施工に必要な評価手法を開発 - CO₂固定骨材・混和材の品質評価手法の提案 - CO₂固定コンクリートの品質評価手法の提案 - 物性モデルと品質管理手法の提案	従来評価手法の適用性検証に基づいた改良検討により達成可能（95%）
③ LCA(材料資源)評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのCO ₂ 削減効果の適切な評価方法の確立	CO ₂ 削減効果の標準的な評価方法は未確立（TRL2）	ある程度簡易で必要十分な評価手法の確立（TRL7）	- 製造・使用・資源循環過程を対策前後で適切に比較できるシナリオを作成し、地域毎に異なる条件を明確化 - 現状調査によるBAUシナリオの適切な設定 - 試験結果を踏まえた対策シナリオの適切な設定	様々な資源循環をLCAで評価してきた知見を活用して達成可能（95%）
④ LCC評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのコスト面、特にLCCでの優位性の明示	カーボンクレジットを含むLCC評価方法は未確立（TRL1）	評価方法を確立しCO ₂ 固定型の優位性を示す（TRL8）	- CO₂固定型のLCC評価（カーボンクレジット含む）方法を確立し、アスファルトを採用した場合のLCCと比較する - カーボンクレジットをLCCに組み込む手法の提案 - 複数地点でかつ5年間程度のLCC比較・追跡調査	アスファルトよりもCO ₂ 固定型コンクリートの方がLCC低減が期待できる（95%）
⑤ LCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討	統合評価設計システムの構築および社会実装シナリオの提示	統合評価設計システムは未確立（TRL1）	設計システムおよび実装シナリオの提示（TRL5）	①～④で開発する評価手法を並列的に取り扱い可能な設計システムの構築 - 種々のコンクリート構造物への統合評価設計システムの適用性を検証	①～④の評価手法の統合により実現化が見込まれる（80%）

本コンソーシアムテーマ

「CO₂を高度利用したCARBON POOLコンクリートの開発と舗装および構造物への実装」

【研究開発項目2】：CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発

2. LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築

研究開発内容

① LCCO₂評価手法の開発

CO₂固定量評価手法の開発

(公募要領技術開発項目iiに該当) 電中研

➡ 評価手法の標準化(JIS、ISO)

原材料のCO₂固定量の評価

(公募要領技術開発項目iに該当、ばらつきの評価も含む)

東京大 電中研

コンクリート構造物の竣工時および供用中におけるCO₂固定量の評価

(公募要領技術開発項目iおよびiiiに該当、ばらつきの評価も含む)

東京大 電中研

② 品質評価・品質管理手法の開発

(公募要領技術開発項目iおよびiiiに該当、ばらつきの評価も含む)

舗装コンクリートの品質評価・品質管理手法の開発

都立大

➡ 土木学会 舗装コンクリート設計・施工指針への反映

建築コンクリートの品質評価・品質管理手法の開発

東京大

➡ 日本建築学会 CO₂を大量固定したコンクリートの設計・施工指針(仮称)への反映

土木コンクリートの品質評価・品質管理手法の開発

電中研 都立大

➡ 土木学会のコンクリート標準示方書や関連設計・施工指針への反映

③ LCA（材料資源）評価手法の開発

国環研

④ LCC評価手法の開発

明星大

東京大

都立大

国環研

明星大

電中研

⑤ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討

➡ 統合評価設計システムの国際標準化(ISO)

2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容 参考資料

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」

研究開発内容①「LCCO₂評価手法の開発」

$$\text{LCCO}_2 = \sum_i \text{CO}_2 \text{排出量} - \sum_i \text{CO}_2 \text{固定量}$$

※緑文字はCO₂固定量評価対象

排出・固定因子 *i* : 原材料、製造・施工、供用、維持・補修、解体

☑ コンクリート中に含まれるCO₂量には
材料として用いられる天然の石灰石由来のものも含まれる

【課題1】CO₂起源の分離測定による評価信頼性の向上

【検討1-1】従来評価手法(熱重量測定法)の適用限界の把握

【検討1-2】GC-MS分析*による脱炭酸温度の特定に基づいた評価手法の開発

【検討1-3】炭素の同位体分析技術を用いた評価手法の開発

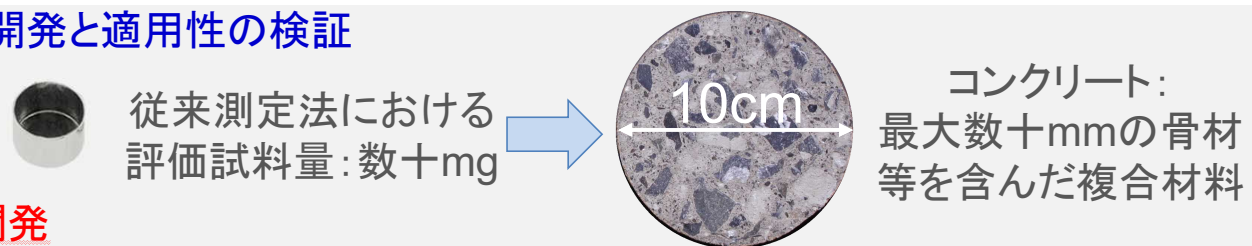
*ガスクロマトグラフィー質量分析



大気中の炭素同位体比 $^{12}\text{C}:^{13}\text{C}:^{14}\text{C} = \text{約}1:10^{-2}:10^{-12}$
石灰石には炭素同位体 ^{14}C は、ほぼ含まれない

【課題2】実構造物スケールのCO₂固定量測定に適した大型サンプルを対象とした評価手法の開発

【検討2】大型サンプルを対象とした熱分析装置の開発と適用性の検証



【課題3】供用中のCO₂固定量評価手法の開発

【検討3-1】フィールド調査における供用中CO₂固定量のモニタリングデータの取得

【検討3-2】CO₂固定量推定技術の開発とLCCO₂評価モデルの構築

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 参考資料

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」

研究開発内容②「品質評価・品質管理手法の開発」



【課題1】原材料の品質評価・品質管理手法の開発

【検討1-1】CO₂固定骨材・混和材の品質評価手法の検討

【検討1-2】CO₂固定骨材・混和材の品質のばらつきの評価

【検討1-3】CO₂固定骨材・混和材の品質管理手法の検討

CO₂固定化による
原材料の品質変化

【課題2】コンクリートの品質評価・品質管理手法の開発

【検討2-1】CO₂固定コンクリートの品質評価手法の検討

【検討2-2】CO₂固定コンクリートの品質のばらつきの評価

【検討2-3】CO₂固定コンクリートの品質管理手法の検討

CO₂固定化による
コンクリートの品質変化

【課題3】構造物の設計に必要となる物性モデルの開発

【検討3-1】既存物性モデルの適用性の評価

【検討3-2】物性モデルの改良検討と検証

品質変化を考慮した
物性モデルの構築



生コン工場で発生する
多量のスラッジ



コンクリートの解体で
発生する多量の再生骨材



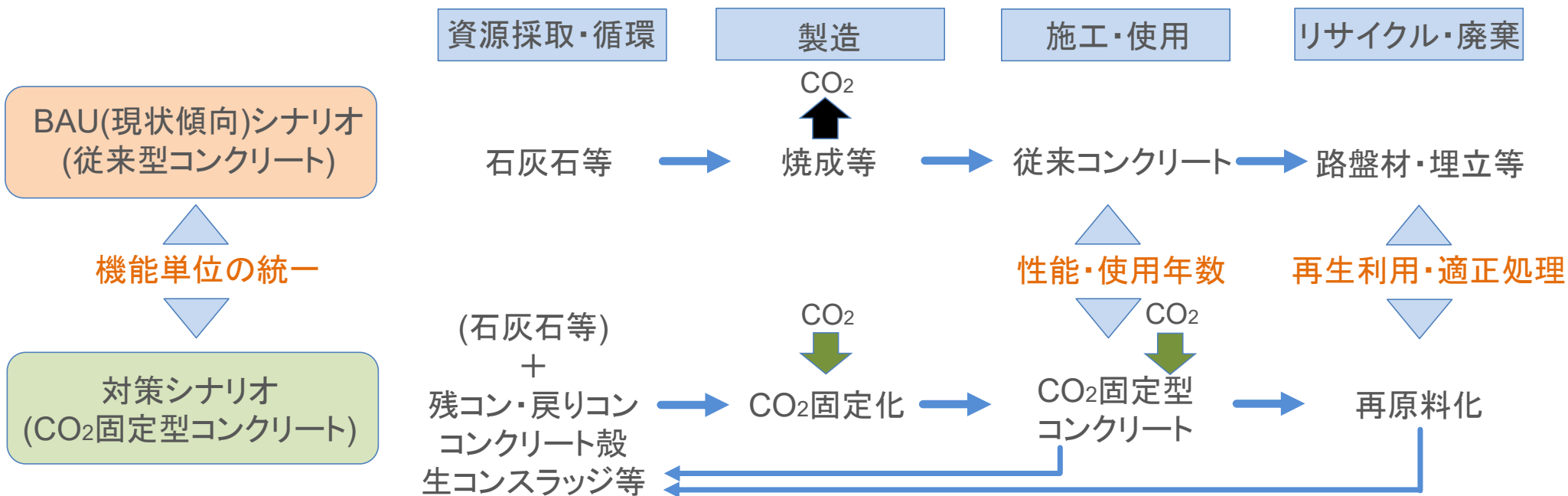
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 参考資料

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」

研究開発内容③「LCA（材料資源）評価手法の開発」

【課題】CO₂固定型コンクリートのCO₂排出削減効果の標準的な評価方法が存在しない

【検討】製造・使用・資源循環過程を対策前後で適切に比較できるシナリオを作成し、地域毎に異なる条件を明確化して様々な地域に普及した際のCO₂削減効果を適切に評価することのできるある程度簡易な評価手法を確立する。

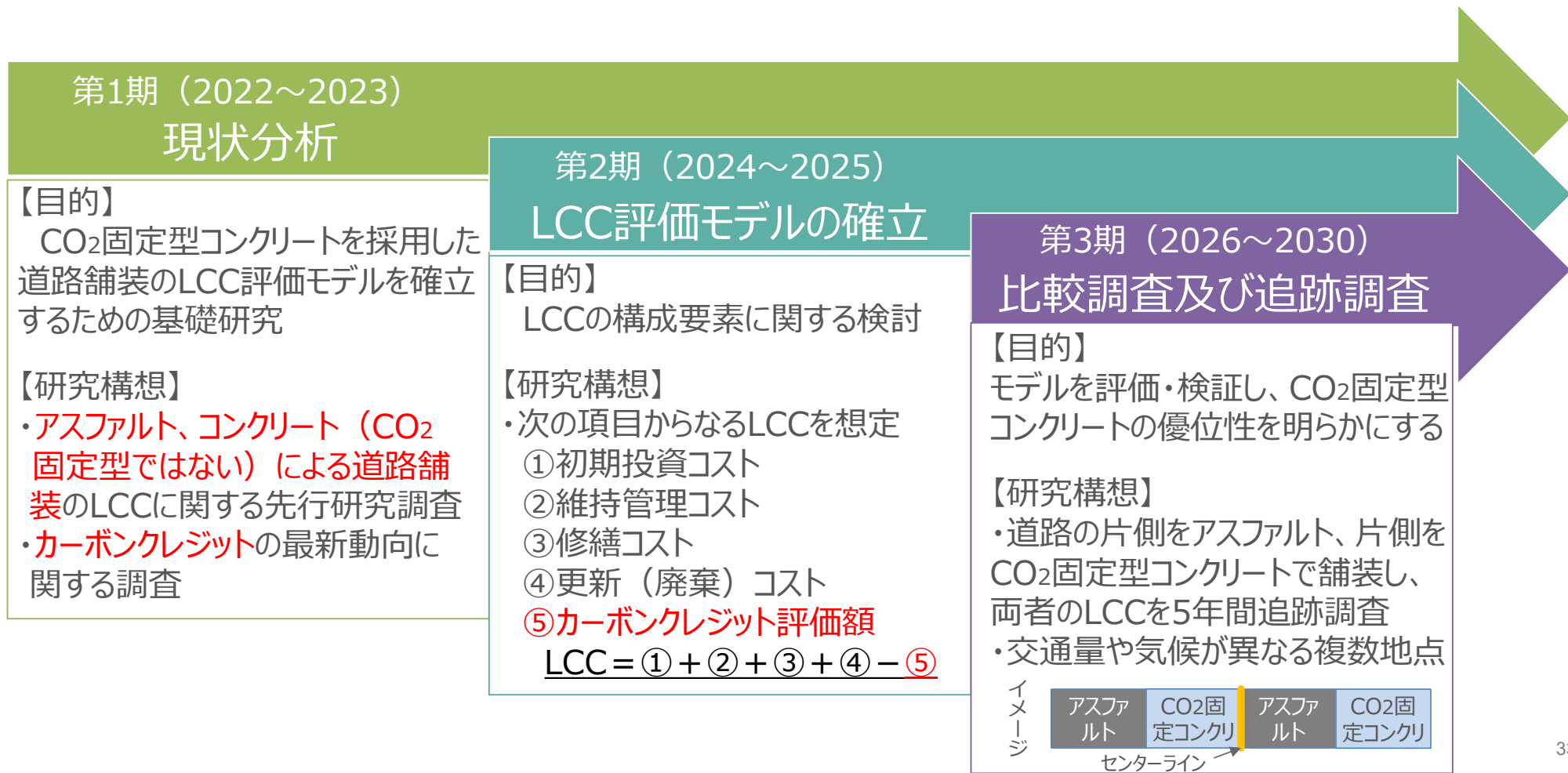


実験的に明らかにするパラメータ: CO₂固定型コンクリートのCO₂固定量、性能(機能等価となる材料量)等
地域により異なるパラメータ: 従来工法、電力排出係数、輸送距離、リサイクル・廃棄方法等

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 参考資料

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」

研究開発内容④「LCC評価手法の開発」



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 参考資料

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」

研究開発内容⑤「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討」

【課題】合理的かつ円滑な社会実装と普及に必要なLCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムが存在しない

【検討】研究開発内容①～④で開発されたそれぞれの評価手法を用いて、統合評価設計システムを構築する

多視点評価に基づくグリーンイノベーション ➡ 持続可能な発展

再生材へのCO₂固定化と
コンクリート製造



CO₂を高度利用したCARBON POOLコンクリートの
開発と舗装および構造物への実装

多量のストックを有する
舗装コンクリートへの実装



社会実装シナリオの提示

LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築

LCCO₂
評価手法
の開発

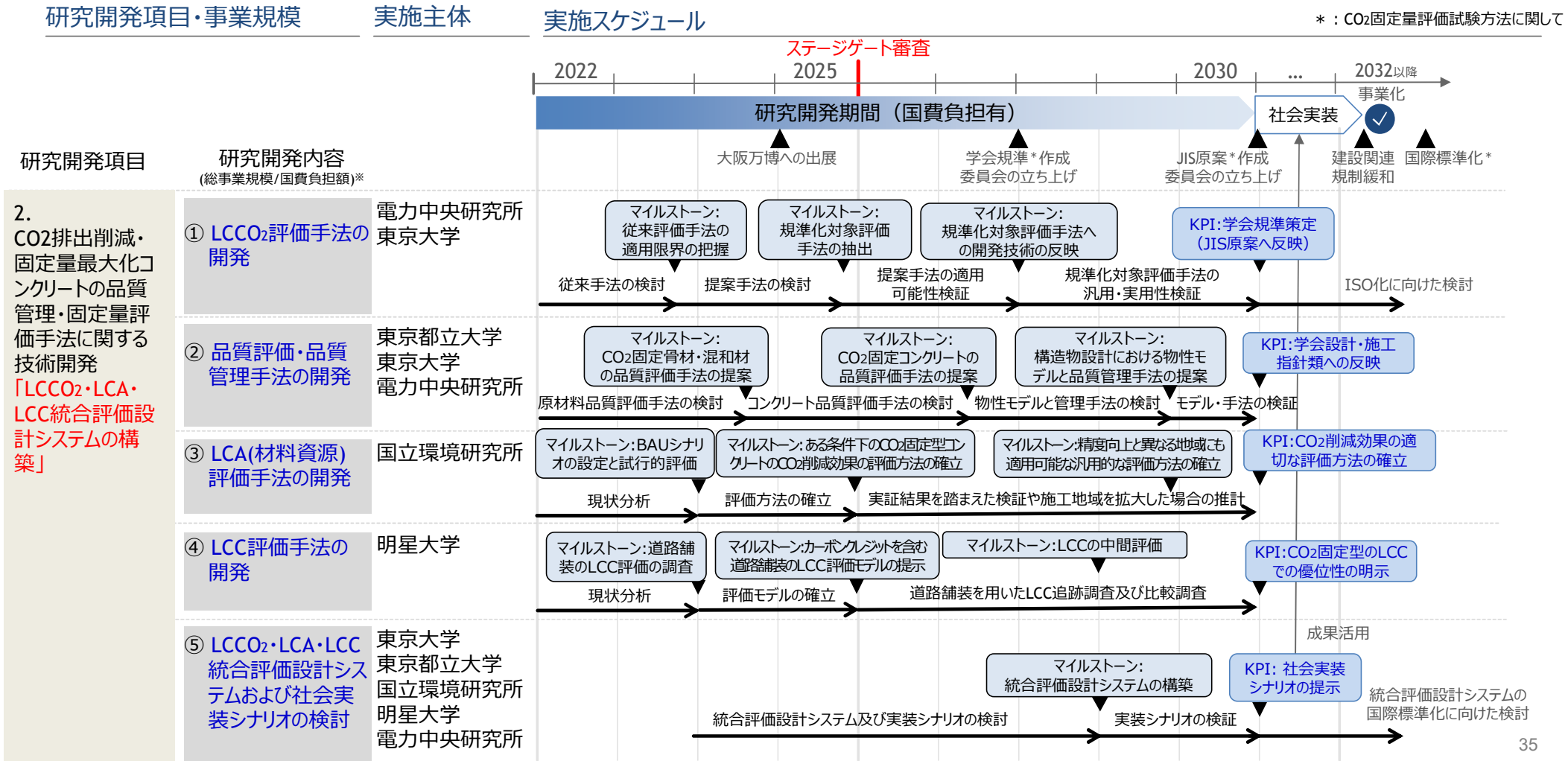
品質評価・
品質管理
手法の開発

LCA
(資源循環)
評価手法
の開発

LCC
評価手法
の開発

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

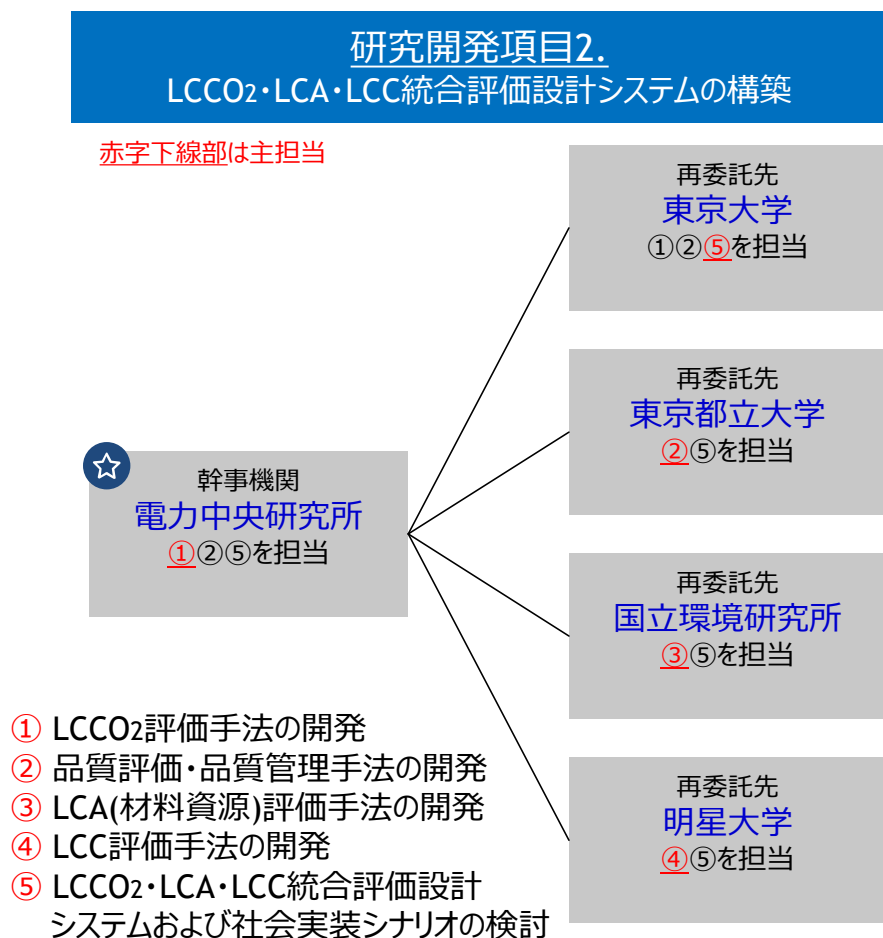
【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」実施主体および実施スケジュール



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」の実施体制と役割分担

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目2 全体の取りまとめは、電力中央研究所が行う。
また、①のうちCO₂固定量評価技術の開発を担当し、①のうち原材料およびコンクリートのCO₂固定量の評価、②のうち土木コンクリートの品質管理手法の開発、⑤の統合評価設計システム・社会実装シナリオの検討を共同担当する。
- 東京大学は、②のうち建築コンクリートの品質管理手法の開発を担当し、①のうち原材料およびコンクリートのCO₂固定量の評価、および⑤の統合評価設計システム・社会実装シナリオの検討を共同担当する。
- 東京都立大学は、②のうち舗装コンクリートの品質管理手法の開発を担当し、⑤の統合評価設計システム・社会実装シナリオの検討を共同担当する。
- 国立環境研究所は、③のLCA（材料資源）評価手法の開発を担当し、⑤の統合評価設計システム・社会実装シナリオの検討を共同担当する。
- 明星大学は、④のLCC評価手法の開発を担当し、⑤の統合評価設計システム・社会実装シナリオの検討を共同担当する。

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 研究開発項目2の検討においては、再委託先との定期的な(月1回程度)連絡体制を構築し、相互の進捗把握や課題の共有を図れるよう連携関係を確保する。
- 研究開発項目1との連携については、研究開発項目2の検討と連動して行う項目も多数存在するため、研究開発項目1のコンソーシアム参加企業との定期的な(月1回程度)連絡体制を構築する。
- 適切な知財の管理と円滑な協力体制を構築するために秘密保持契約を締結する。

本GIプロジェクトにおける他実施者等との連携

- 研究開発項目2に関して、他のコンソーシアムと連携可能な検討項目があれば、共同実施も可能である。

中小・ベンチャー企業の参画

参画なし

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」の実施における技術等の優位性について

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
2. CO ₂ 排出削減・固 定量最大化コンク リートの品質管理・ 固定量評価手法 に関する技術開発 「LCCO ₂ ・LCA・ LCC統合評価設 計システムの構築」	① LCCO ₂ 評価 手法の開発	- 熱分析試験によるCaCO₃の定量評価技術(電中研・東京大) - 質量分析による脱炭酸温度の評価技術(電中研) - 炭素¹³C等の同位体分析技術(電中研) - コンクリートの炭酸化進展解析技術(東京大) - JCI「JIS開発調査委員会」に参画（委員長:東京大および委員:都立大）	- 多種多様な試料の測定実績豊富 - 同位体分析ノウハウを保有 - より汎用性の高い物理モデル解析を保有 - JIS化に向けた円滑な検討が可能 - 評価技術の複雑化の恐れがある
	② 品質評価・ 品質管理 手法の開発	- 従来の品質評価・管理手法の適用実績(都立大・東京大・電中研) - 従来の品質評価・管理手法に必要な試験設備(都立大・東京大・電中研) - RRCS研究会*(代表:東京大 野口)を通じた関連情報・実証フィールド確保 - 品質試験等のJIS調査部会・原案作成委員会に参画(東京大・都立大) - 土木学会試験規準・非破壊検査協会規格関連委員会に参画(都立大・電中研)	- 各種試験の内製化による効率的実施が可能 - 品質管理手法の円滑な実証が可能 - JIS化に向けた円滑な検討が可能 - 学会規準化に向けた円滑な検討が可能 - 研究開発項目1の検討進捗に左右される
	③ LCA（材料 資源）評価 手法の開発	- CO₂を利用した廃セメントリサイクルに関する研究実績(国環研) - 素材のLCA評価に関する多数の国内・国際共同研究実績(国環研) - サーキュラーエコノミーのISO規格の国内委員会に参画(国環研) - 廃棄物分野の2050年実質排出ゼロに関わる検討会に参画(国環研)	- 実験に基づく拡張推計に実績を有する - 学術的に認められた方法での評価が可能 - 最新の国際動向を踏まえた評価が可能 - 他の対策を俯瞰しながら適切に評価が可能
	④ LCC評価 手法の開発	- 経営学や会計学の立場からのLCCに関する様々な研究成果の蓄積（明星大） - RRCS研究会*(代表:東京大 野口)を通じた関連情報・実証フィールド確保	- カーボンクレジットの評価を考慮に入れた先駆的なLCCの評価モデルが活用可能 - 継続的なLCCのデータ収集及び分析が可能 - 研究開発項目1の検討進捗に左右される
	⑤LCCO ₂ ・LCA・ LCC統合評価 設計システムお よび社会実装シ ナリオの検討	- ISO/TC 71/SC 8「コンクリート構造物の環境マネジメント」(議長:東京大 野口) - 日本建築学会/土木学会の設計・施工指針作成関与(東京大・都立大・電中研) - 早期交通開放型コンクリート舗装の社会実装に関与(都立大) - 次世代建設材料の社会実装を目指した学振委員会に参画(委員長:東京大 野口) - 土木学会「カーボンニュートラル研究委員会」に参画(幹事:電中研)	- 国際標準化に向けた円滑な検討が可能 - 設計・施工指針化に向けた円滑な検討が可能 - 社会実装実績に基づく効率的な検討が可能 - 関連業界の動向・ニーズの獲得と反映が可能 - 要素評価技術の完成度により統合評価設計システムの汎用性が損なわれる恐れがある

*:一般社団法人 生コン・残コンソリューション技術研究会

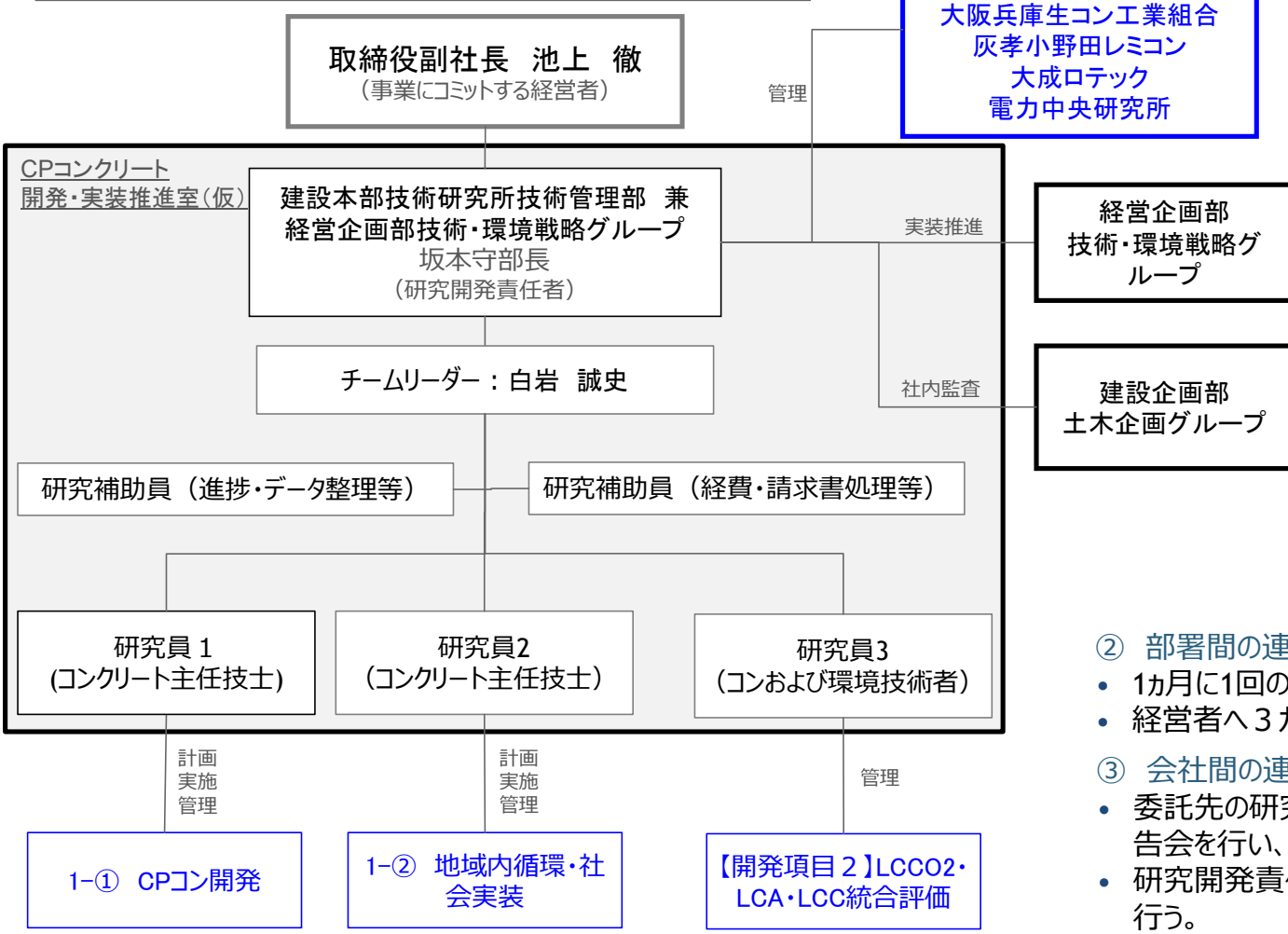
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

① 研究開発責任者と担当部署

【CPコンクリート開発・実装推進室】

- 研究開発責任者：安藤ハザマ・坂本守部長
 - 事業全体の進捗管理
 - 委託先の管理
 - 事業の実装に係り、関係部署と協力して推進
- チームリーダー：白岩誠史
 - 事業全体 専任2人（進捗管理、経費管理）
 - 研究開発項目 1 ①（併任2人規模）
 - 研究開発項目 1 ②（併任2人規模）
 - 研究開発項目 2（併任1人規模）

【経営企画部 技術・環境戦略グループ】

- CPコンクリートの実装推進
- CPコンクリートによるCO₂削減計画

【経営企画部 土木企画グループ】

- 定期的な経費等の社内監査の実施

② 部署間の連携方法

- 1か月に1回の進捗報告会を実施し、連携を図る。
- 経営者へ3か月に1回（必要な時は適宜）の進捗報告を行う。

③ 会社間の連携方法

- 委託先の研究開発責任者は、1か月に1回、自らのグループの進捗報告会を行い、連携を図る。幹事会社の代表も出席。
- 研究開発責任者は、自団体の経営者へ3か月に1回の進捗報告を行う。

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等によるCPコンクリート事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 中期経営計画において、当該目標達成に向けてグリーン技術への投資、高循環化の推進、廃棄物の削減を掲げており、本開発事業（CPコンクリートの開発・事業展開）も取り組みの一つとして位置付ける。
 - 中期経営計画において、当社の優先して取り組むコアSDGs、KPIとして、CO₂排出削減率33%（2017年度対比）を2030年達成を目標に掲げており、本目標の達成に対し、本開発事業も取り組みの一つとして位置付ける。
 - 中期経営計画にCPコンクリート事業を組入れ、この事業の重要性を「A BETTER SOCIETY：サステナブルレポート」といった社内報へ積極的に掲載し、有価証券報告書や年度末株主総会資料「BUSINESS REPORT」のなかで進捗状況を報告する。
 - CPコンクリート事業を推進する独立した部署を新設する。この部署に所属する人員は経営陣への直接的な進言は勿論、関連会社含めた全グループ関係者に対して必要に応じて容易にアクセス出来るようにする。

事業の継続性確保の取組

- 経営会議などで本開発事業の進捗状況の周知を図り、様々な理由により当該事業の担当が交代される場合の対策を図る。
- 本事開発事業期間内に様々な理由により経営層が交代される場合には、当該事業が継続的に進めるように申し送り事項を準備してこ対応する。

• 事業のモニタリング・管理

当該事業は複数業種から参画したコンソーシアムを形成して推進され、月1回の定例会を設けて進捗報告ならびに意見交換をする。その際、必要に応じて外部からのオブザーバーも招き入れ、自由闊達な意見交換が出来るような環境を構築する。

＝モニタリング項目＝

【CPコンクリート開発】

(1)生コンスラッジからの混和材生産 (2)再生・回収・粒状化骨材へのCO₂固定化 (3)CPコンクリート製造工程

【CPコンクリートの設計・施工技術開発】

(1)舗装用CPコンクリート (2)建築室内用CPコンクリート (3)一般用CPコンクリート

【総合評価設計システム】

(1)CO₂固定量 (2)品質 (3)LCA (4)LCC

コンソーシアムの定例会（月1回）開催後、可及的速やかにその報告を受け事業進捗を確認する。

- 当該事業戦略ビジョンに定められているKPIをベースに判断していく。スケジュールに設定されているステージゲート毎に事業化の判断をしていくが、必ずしも定められているKPIに縛られることなく、判断時の社会情勢を考慮しながら臨機応変に対応していく。

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核においてCPコンクリート事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 自社の環境負荷低減（低炭素、高循環、生物多様性保全）を継続徹底する。
 - 社会の環境負荷低減に貢献するサービスを積極開発する。（※中期経営計画より）
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 本開発案件について当社の中期経営計画におけるCO₂削減目標に組み込むこととし、経営会議などにおいて決議をとり、当該案件に取り組むこととする。
 - 本開発案件の担当経営者は、研究開発責任者からの進捗状況などを受けて、経営会議などの方針決定の場において、周知・検討を行い、適宜事業環境の変化等に応じて見直しを行う。
 - 当該案件の担当経営者は、本開発案件につて決議された内容を社内の関連部署に広く周知する。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 中期経営計画のCO₂削減目標達成の手法の一つとして、本開発案件を位置付ける。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - コーポレートレポートにおいて、本開発案件について実施体制、戦略、リスク管理、目標などを明確にして取り組みを公開する。
 - 本開発案件について研究開発計画の概要をプレスリリースにより对外公表する。
- ステークホルダーへの説明
 - 中期経営計画の中に本開発案件を組み込み、顧客や株主にたいして当社の取り組みとして説明をおこなう。
 - 中期経営計画において当該開発案件の見通し・リスクを説明する。
 - 当社が目標として掲げたCO₂削減などを通して建設事業における環境負荷低減に本開発案件が貢献していることを公開する。

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 研究開発責任者からの報告を基に、本開発案件についての体制や手法について検討し、適宜見直しを行い改善を図る。
 - 本開発に必要な技術・資源については、社内での確保が困難な場合に秘密保持契約などを締結して外部リソースを活用する。
 - 論文などを媒介として、CPコンクリートの性能を広く公開して技術に対するフィードバックを得て、実装に向けて改善を図る。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 本研究開発に適切な人材を土木部、建築部、機電部、技術研究所など各部門から選定し、専従3人、兼務7人を確保する。
 - CPコンクリートの製造に関する研究では、再委託先の生コン工場の設備を活用し、当該技術に必要な設備の設置などを行い、既存の設備を有効活用する。
 - 本研究で開発した技術の展開を図るために、現場や当社のPCa工場への技術展開に投資を予定する。
 - 2030年達成を目標としたCO₂削減（2017年対比33%削減）に向けて本開発技術の推進と展開を行う。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 本研究開発の担当経営者の下に建設本部技術研究所技術管理部長を研究開発責任者として設け当該責任者の権限において、本研究開発の方針などの改善を図る。
 - 本研究開発は、経営会議などで検証され、事業環境の変化などに合わせて改善を図る。
- 若手人材の育成
 - 本研究開発では、研究項目別に適当な人材を配置するが、チームリーダー以下に研究開発の補佐が行える若手を選任ないしは兼務で短期・長期的に配置する。
 - 研究3で本研究開発についての評価検証を大学機関などで行う。その際、共同研究を行い、成果の学会発表などを旨とする。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、社会情勢の劇的な変貌等の事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
- 想定した開発手法において成果が認められない - CPコンクリートの検証・評価が十分に行えない（材料に想定CO₂が固定できないなど） 対応⇒原因の究明と手法の見直し - 競合他社が同種材料を用いた改良技術を開発 対応⇒改良技術保有会社との共同研究の検討（NEDOコンソーシアムへの追加加入） - 想定した経費内で本研究開発の遂行ができない 対応⇒原因の究明と開発費の見直し - 想定した期間内で本研究開発が完了しない 対応⇒原因の究明と工程の見直し - 本研究開発を安全に行えない 対応⇒原因の究明と安全管理の徹底 - 担当経営者、研究開発責任者やチームリーダーなどの脱退 対応⇒適当な人材の選定および配置	- 社会情勢変化により目標とするCO₂の固定化量が変化して当該技術では満足できない。 対応⇒当該技術と別の技術を併用して目標を達成する - 当該技術の実装費用が高い 対応⇒環境対応技術の広域展開を行い、実施費用の低下を図る - 当該技術を実装するにあたり、適用現場の工期を圧縮する 対応⇒環境負荷を低減する要素を説明して期の見直しを依頼する - 当該技術の実装を安全に行えない 対応⇒施工方法の見直しを行う	- 自然災害などで研究開発および社会実装の中止 対応⇒災害の状況により本事業の一時凍結または、中止を検討する - 委託先、再委託先企業、外注先などの倒産 対応⇒委託先、再委託先、外注先の状況を確認上記、委託先などの変更が可能であれば計画の変更をおこなう



- 事業中止の判断基準
 - ・社会情勢の変化等により、開発費用の想定をはるかに超える高騰等が解決されなければ中止
 - ・大規模な自然災害で、本研究開発や社会実装が不可能と判断された場合は中止
 - ・委託先が倒産し、本研究開発および社会実装の進行が不可能な場合は中止
 - ・社会情勢の変化等により、当初の目標価値が陳腐化した場合は中止