

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：灰孝小野田レミコン株式会社

代表名：代表取締役社長 山内 和宏

コンソーシアム内実施者：【研究開発項目1】

株式会社安藤・間（幹事会社）

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

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



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。

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コン試験施工

●青木あすなろ建設（株）

CPコン施工方法の検討

●（株）浅沼組

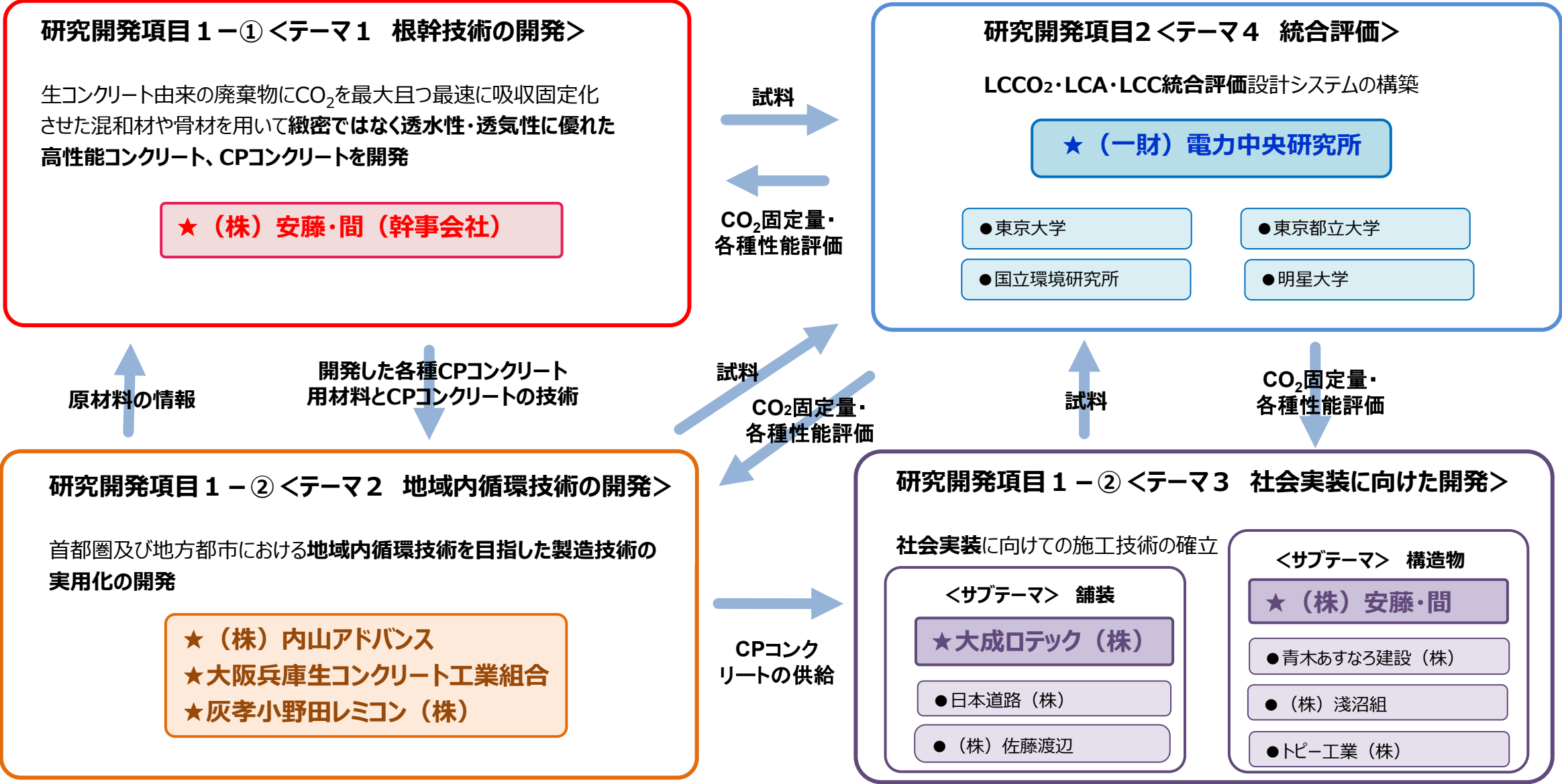
CPコン脱型後の炭酸化方法の開発

●トピー工業（株）

腐食しない鉄筋の開発

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

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ク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。

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）

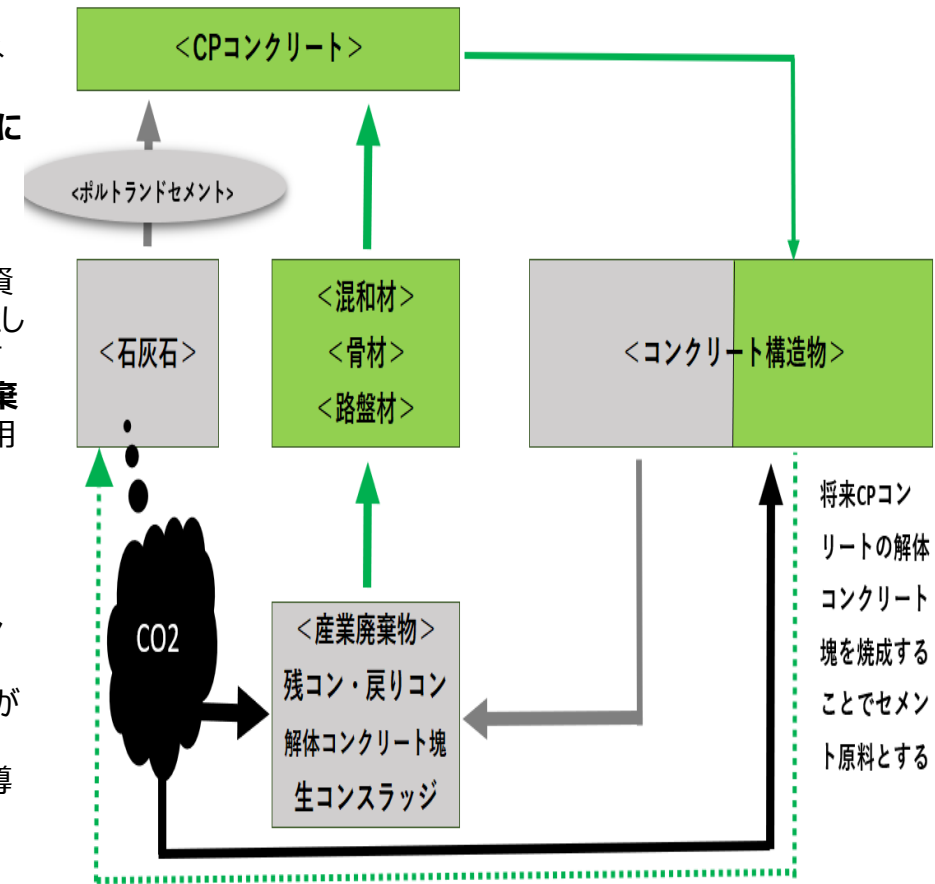
石灰石、骨材は無限の資源ではない。産業廃棄物としてコストを掛けて処理されている**コンクリート由来の廃棄物にCO₂を固定させ再利用する。**

（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183kg/m³固定する。



- 当該変化に対する経営ビジョン：当社は再度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、廃棄物の削減に取り組んでいくことを決定した。。

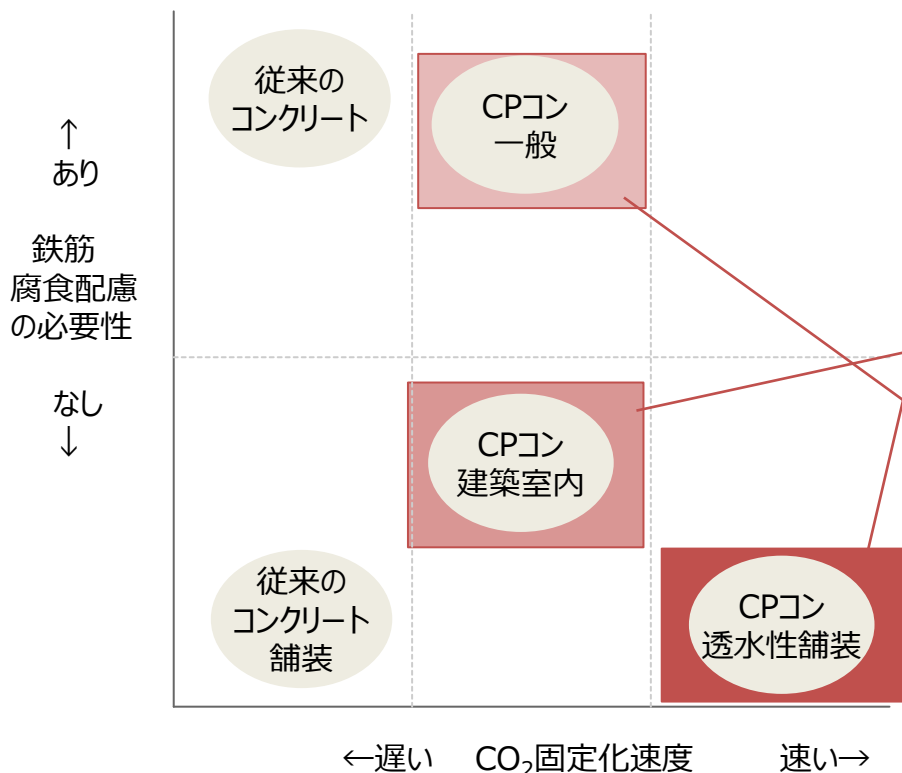
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

鉄筋腐食への配慮による市場セグメンテーション

セグメント分析

CO₂吸収固定化に伴いコンクリートが中性化し、そこに水分が侵入することによる鉄筋腐食への配慮の必要性

(コンクリート市場のセグメンテーション)



ターゲットの概要

需要家	主なプレイヤー	消費量 (2040年)	課題	想定ニーズ
国交省 地方自治体 デベロッパー ハウスメーカー 個人	・日本道路 ・大成ロテック ・佐藤渡辺 ・内山アドバンス ・大阪兵庫生コン ・クリート協同組合 ・灰孝小野田レミコン	9.7百万m ³ シェア22.5%	・養生期間の短縮 ・車両走行性の改善 ・排水確保	(用途) コンクリート舗装 (透水性) (場所) 車道、歩道、駐車場、公園
国交省 地方自治体 デベロッパー ハウスメーカー	・安藤ハザマ ・青木あすなろ建設 ・浅沼組 ・トピー工業 ・内山アドバンス ・大阪兵庫生コン ・クリート協同組合 ・灰孝小野田レミコン	4.9百万m ³ シェア16.4%	・水分侵入防止 ・鉄筋部との遮断	(用途) 建築物室内 (壁・床) (場所) オフィスビル、ショッピングモール、 テーマパーク、家屋・集合住宅
国交省 地方自治体 高速道路 デベロッパー	・安藤ハザマ ・青木あすなろ建設 ・浅沼組 ・トピー工業 ・内山アドバンス ・大阪兵庫生コン ・クリート協同組合 ・灰孝小野田レミコン		・耐腐食性鉄筋の開発 ・強度・耐久性の検証	(用途) 一般 (場所) 外構、外壁、屋根、基礎

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。

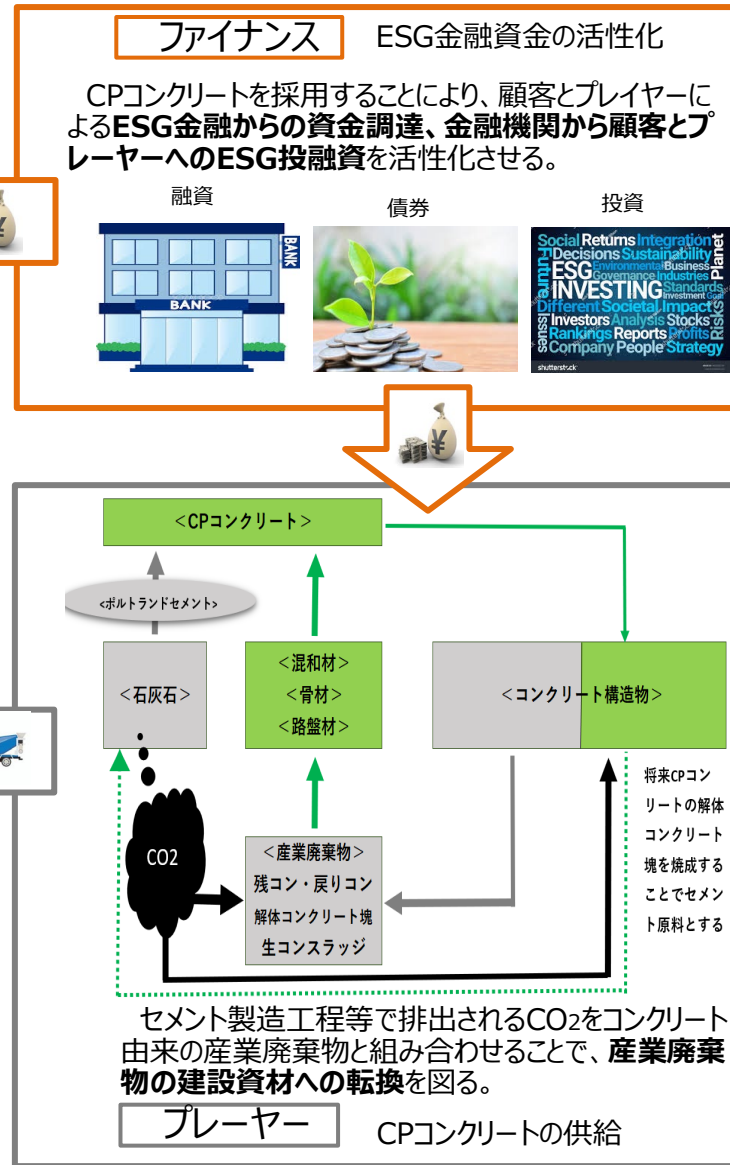
（顧客への提供価値）



“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。



各社のビジネスビジョン

安藤ハザマ

- ・CPコンクリート構造用展開
- ・CPコンクリート材料の提供システムの構築

内山アドバンス

- ・CPコンクリートの製造、展開
- ・粒状化骨材の有効利用
- ・高炉微粉末の有効利用

大阪兵庫生コン工組

- ・CPコンクリートの組合としての出荷体制整備、標準化
- ・コンクリート舗装の普及
- ・生コンのCO₂固定量表示

灰孝小野田レミコン

- ・CPコンクリート等のCO₂削減量評価システムの構築
- ・セメント会社、組合と協力したCPセンターの構築

大成ロテック

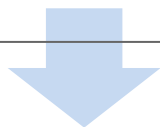
- ・CPコンクリート舗装の展開
- ・コンガラ、戻りコンの舗装用骨材としての有効利用
- ・CPコンクリート舗装コンサル事業

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

標準化を活用し、CPコンクリート組合（仮称）によるルール形成を推進

<海外の標準化動向>

- 一般的にコンクリートの規格はBS規格（英国式）、ATSM規格（米国式）及びISOを各国が選択している一方、気候（寒冷、温暖、亜熱帯）や環境（山間、海沿い）により独自の基準も設定している。
- リサイクル先進国の日本においてもまだCPコンクリートの原料となる残コン、戻りコン、スラッジの処理方法に関するJIS化がなされておらず、諸外国でも同様に規格整備がなされていないと思われる。



<標準化の取組方針>

- CPコンクリートとしての用途別の規格を定め、実装後は構造物引渡時に認定書発行。
- 諸外国においてはその国にとって絶対必要な固有の規格・基準を反映させたオリジナルのCPコンクリート規格を設ける。
- 脱炭素型コンクリートの世界的な普及促進は、コンクリートによるCO₂吸収固定がIPCCインベントリーに登録されることが何よりの効果をもたらすと思われる。従い、研究開発項目2の早期実現はもとより、CPコンクリートに関する論文や記事を、国内外問わず、頻繁に露出させることが肝要と考えている。

<知財、その他規制等に関する取組方針・内容>

- CPコンクリートを形成する知財群を1つのパッケージとし、社会実装後にCPコンクリート組合（仮称）にて認証事業の運営と知財を管理する。
- 事業性があると判断される諸外国に対しては、知財を順次移行し且つ該当国内で認証システムを確立させる。特許の移行期限後に事業を開始する場合も、同じく商標登録といった知財を活用しながら認証システムを確立させる。

<標準化の取組内容>

= 国際標準化 =

- CO₂吸収型コンクリートに関するISOの制定において、Annexなどにおいて、CPコンクリートをCO₂吸収型コンクリートの一つとして示すことができるよう、関係者に積極的に働きかけていく。
- まずは日本国内でCPコンクリートの用途別製品仕様を設定し、社会実装の際は民間認証制度を構築して推進する。
- 一方、海外市場、主に東南アジア諸国への展開は積極的に推進していきたいと考えている。セメント事業は諸国の大手財閥系が運営しているケースが多く、それらの企業と提携しながらCPコンクリート製造及び施工事業と、並行して認証事業も展開していく。
- 国際化においては、知財や認証制度を利用しながら品質とブランド確立・維持に努めることを優先する。

= 業界コンセンサス =

- 脱炭素型コンクリートの普及は、炭素税やカーボנקレジットの普及と並行するものと思われるが、これらは研究開発項目2の範疇になる。
- CPコンクリートコンソーシアムは（一社）生コン・残コンソリューション技術研究会の会員で構成されていることから、まずは加入者への浸透を図り、次に外部に向けて脱炭素社会へ貢献するコンクリートとして随時アピールしていく。

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		技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
セメント産業で排出されるCO2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建築資材という新たな価値を提供する。		(現在)			
自社の強み・取り組みの歴史		戻りコンクリートは一部分級機で骨材を回収、販売。その他はコンクリート殻やスラッジケーキとしてコストを掛けて破棄。	滋賀県及び京都市で行われるすべての官公庁工事の施工者。大規模民間建設工事の施工者。一部の民間小規模工事の施工者	- 回収骨材は建設業者に販売、過剰分はコンクリート殻としてリサイクル業者に持参、路盤材を製造している。 - モルタル分はサイコロ状にして鉄筋スペーサーとし、建設業者に販売	- 資本金14百万円 - 社員12人
		(将来)			
自社の強み・取り組みの歴史		- セメント工場から排出されるCO2を、生コンクリート由来の産業廃棄物に最大186kg / m³吸収固定させたCPコンクリートを供給。 - CPコンクリートは竣工後もより早く継続してCO2を吸収固定化。 - 生コンスラッジにCO2を吸収固定させて混和材を製造し、セメント使用量を5-10%削減。	- 官公庁工事や大規模工事においては必ず一定量の脱炭素コンクリートやCO2吸収骨材を使用していただけよう行政への働きかけ - 小規模工事においても地中構造物や無筋コンクリートについては脱炭素コンクリートを使用していただくよう営業活動を行う。 - 滋賀県・京都市のコンクリート舗装を現在の5%から10%へ	- 生コン工場内でコンクリート廃棄物を完全にサイクルする。 - 現行の普通生コンクリート供給体制を維持したまま現場にリサイクルコンクリートを供給出来る - CPコンクリートの殻は将来的にはセメント原料となる	- 資本金100百万円 - 社員20人（生コン製造、販売、骨材製造含む）
自社の弱み及び対応					
- 再生コンクリートの販売網を持っていない。 - 半世紀にわたり協同組合に対する販売のみを行ってきたので環境にやさしいコンクリートの販売ができない。「CarbonPool」ブランドで販売するための組織づくりを構築。					

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、2041年頃の投資回収を想定

投資計画 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：灰孝小野田レミコン（株）

	2021年度	...	2030年度	2031年度	...	2041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（12千m ³ ）、舗装コンクリート（35千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4.1億円（本事業の支援期間）			NEDO事業完了後は0.1百万円/年を計上。		
取組の段階	研究開発			事業化		投資回収
CO ₂ 削減効果	-	...	-	-	...	計24千トン

CPコンクリートにより124～163kg-CO₂/m³以上を固定。2041年頃年間 6 千トンになる見込み。

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

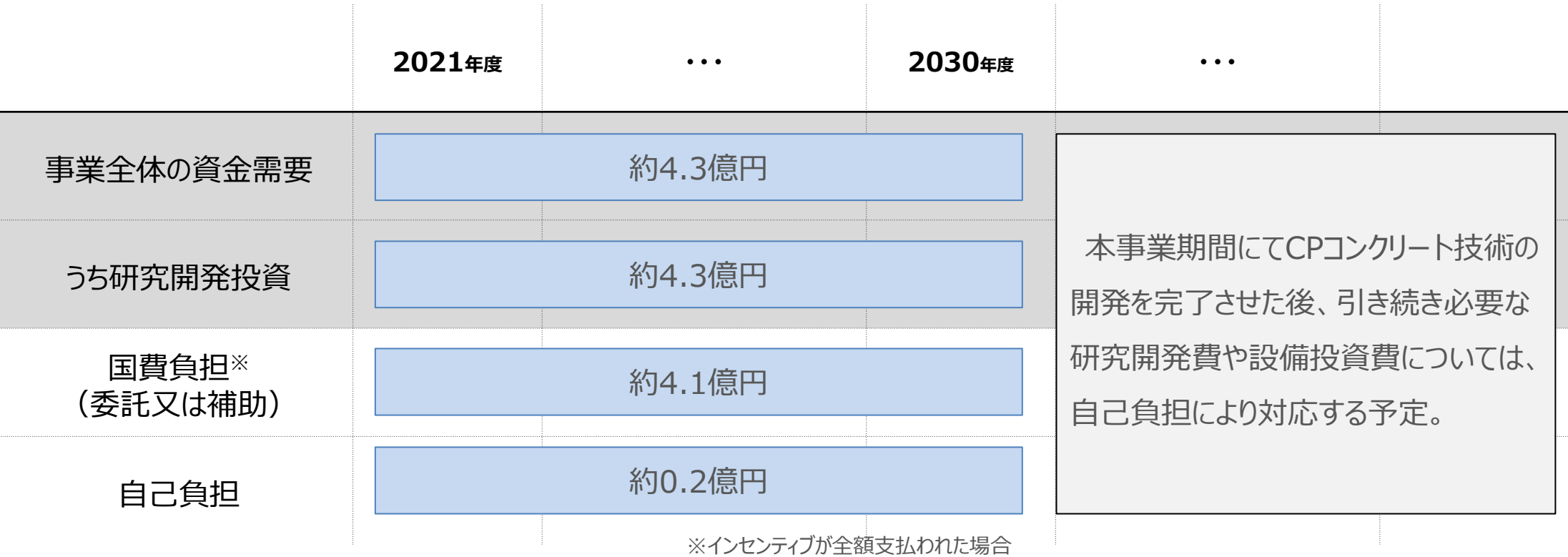
研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	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124～163kg/m³以上を達成するため、 - CP用コンクリート材料（炭酸化スラッジ、炭酸化石材）の開発 - CPコンクリート（舗装・構造物用）の開発 - CPコン施工・管理技術の開発 - 腐食しない鉄筋の開発 2025年大阪万博及び滋賀県での実証実験（舗装、構造物）を目指す。 - CPコンクリートのJIS、ISO化を目指した開発	- CPプラントの設置 ①粒状化設備：戻りコン→粒状化石材 ②分級設備：粒状化石材、再生骨材→スラッジ粉末、細骨材、粗骨材 ③CO₂固定化設備：粒状化石材、再生骨材→C P 粒状化石材、C P 再生骨材 3種類のCPコンクリートの設定 - 戦略的なパイロットプラントの設置 大阪兵庫生コン工業組合⇒大阪万博 灰孝小野田レミコン⇒滋賀県（環境推進自治体） 内山アドバンス⇒首都圏	- 研究開発及び試験施工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）や参画団体（生コン工場、東京大学等）と市場調査および事業化を進める。 - 市場としては、車道・歩道・公園、一般構造物を考えており、カーボנקレジット・ESG金融の活性化を睨んだ国交省、地方自治体、地方銀行との連携を深めながら進める。 - CO₂の調達を検討し、CO₂流通市場を含めた事業化を進める。
進捗状況	- マイクロナノバブル水の製造方法の確立 - コンクリート、再生骨材、粒状化石材へのCO₂固定方法の検討中 - 腐食しない鉄筋のサンプル製造準備 - CPコンクリート舗装の試験施工の実施（大成ロテック技研、草苑学園駐車場）	①粒状化設備、②分級設備の概略設計開始。2つの企業にて検討中。 - 内山アドバンス：草苑学園への出荷において実機レベルの出荷体制の検討を実施。 - 大阪兵庫生コン工組：複数回の試験製造において、製造設備の検討を実施。 - 灰孝小野田レミコン：複数プラントからの戻りコン受入れも考慮したCPセンターの検討開始。	- 地方自治体および銀行のESG投資の取り込みを検討中。 - CO₂固定量の測定方法のJIS化に関して実験データ等を蓄積中。 - RRCSにおいて、CO₂調達WGを発足。
国際競争上の優位性	- CO₂削減だけでなく、生コン工場の産業廃棄物を資源化してゼロにする環境配慮型コンクリート - CO₂固定量評価方法のISO化と並行した開発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コンクリートプラントの整備（集約型：複数生コン工場へのCP材料の供給、個別型：生コン工場内でCP材料製造）	- 当コンソーシアムに参画している電中研、東京大学、国立環境研、明星大学は、コンクリートへのCO₂固定量の評価、LCCO₂、LCCostの国内トップクラスの専門家であり、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進める。

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 -② <テーマ2 地域内循環技術の開発> 委託先：灰孝小野田レミコン（株）



- (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標とする。

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

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

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： $\underline{22.6\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

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： $\underline{52.9\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

KPI設定の考え方

生コンスラッジ粉末1トン中の20%含まれる骨材を除くと、800kgがセメント。その内の60%である480kgが固定できるCO₂は、 $480\text{kg} \times 44/56 = 377\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ 。

C = 300kg/m³、単位骨材量1.4トンの場合
Ca(OH)₂：146kg/m³生成 ⇒ 87kg-CO₂/m³
87kg÷2.3トン=37.8kg-CO₂/（再生骨材1トン）
骨材100%置換の場合
 $37.8\text{kg} \times 1.4\text{トン} \times 100\% = 52.9\text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$

*：KPIの算出過程は、「2. 研究開発計画／（2）研究開発内容」参照

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

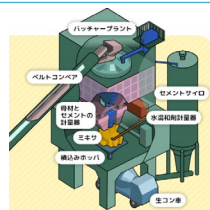
研究開発項目 1-②

- ・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

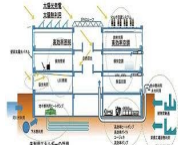


2 CO₂固定量を最大化・最速 化した透水性CPコンクリート 舗装施工技術の開発



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

硬化コンクリート中の水酸化カルシウムの100%が、炭酸
化した時の値

Ca(OH)₂：146kg/m³生成
⇒100%炭酸化⇒ 87kg-CO₂/m³

(製造時76 + 養生時87 = 163kg-CO₂/m³)

硬化コンクリート中の水酸化カルシウムの100%が、炭酸
化した時の値

Ca(OH)₂：146kg/m³生成
⇒100%炭酸化⇒ 87kg-CO₂/m³

*：KPIの算出過程は、「2. 研究開発計画／（2）研究開発内容」参照

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</u> C×20%置換： <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：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 CO ₂ 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CO ₂ 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 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



・炭酸化再生骨材L

・G=1400kg/m³の(G×5%～80%置換)
G(70%) : 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

【簡易型CPコンクリート】

【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
- ・再生骨材L



37.0g-CO₂/m³
(G×70%置換)

CO₂固定量 : 37.0kg-CO₂/m³

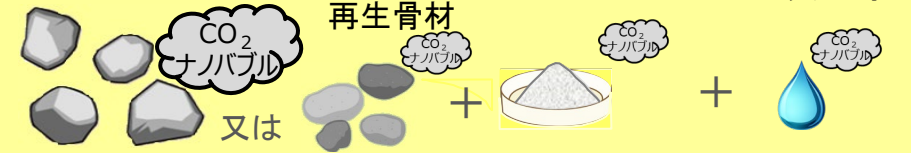
【CO₂ナノバブル水養生】 : CO₂固定 (87.0kg-CO₂)

【CPコンクリートのCO₂固定量想定値】
124.0kg-CO₂/m³

【最大・中間型CPコンクリート】

【CPコンクリート製造時のCO₂固定量想定値】

- ・再生骨材L
- ・粒状化再生骨材
- ・スラッジ粉末
- ・スラッジ水



最大型 : 52.9kg-CO₂/m³ (G×100%置換)
中間型 : 42.3kg-CO₂/m³ (G×80%置換)
最大型 : 22.6kg-CO₂/m³ (C×20%置換)
中間型 : 11.3kg-CO₂/m³ (C×10%置換)
最大型 0.5kg-CO₂/m³

CO₂固定量 : 最大型 76.0kg、中間型 53.6kg-CO₂/m³

【CO₂ナノバブル水養生】 : CO₂固定 (87.0kg-CO₂)

【CPコンクリートのCO₂固定量想定値】
最大型 163.0kg-CO₂/m³
中間型 140.6kg-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】

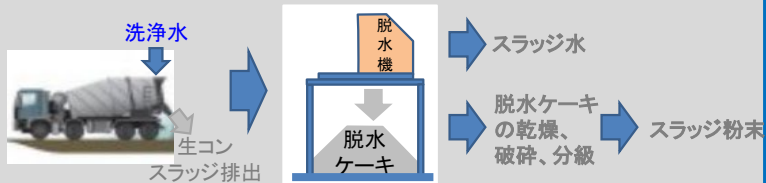
(1) 生コンスラッジ水および微粉末の製造

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

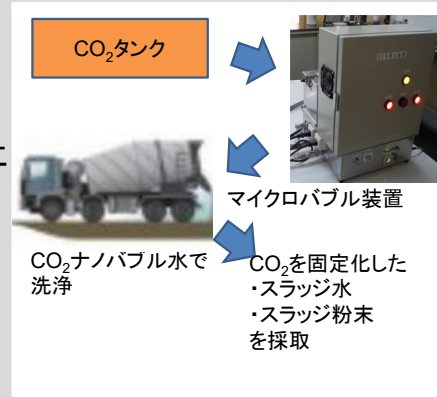
【CO₂の固定化方法】

(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

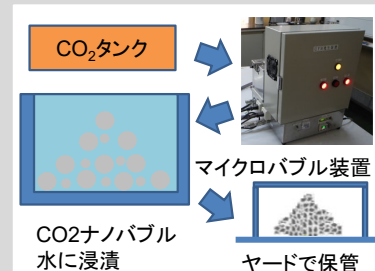


(2) CO₂ナノバブル水に浸漬してCO₂を固定化

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

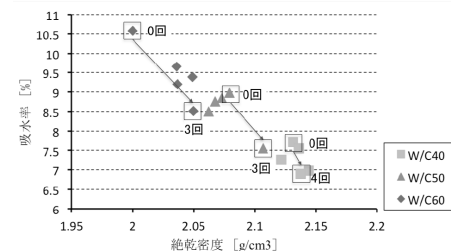


図-1 絶乾密度と吸水率の関係

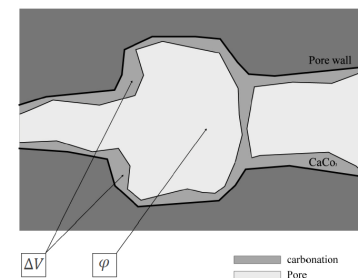


図-3 空隙の状態の模式図

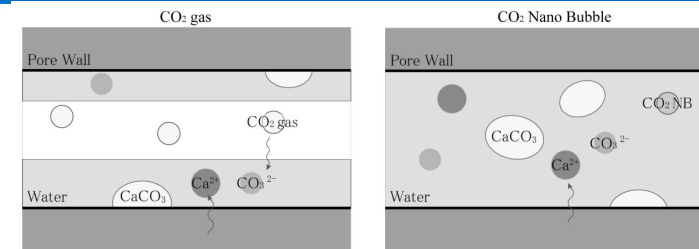


図-2 CO₂ガス及びCO₂ナノバブル水による炭酸化概念図

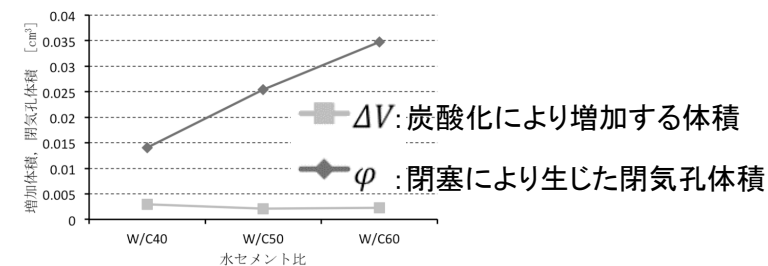


図-4 水セメント比と増加体積, 閉気孔体積の関係

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

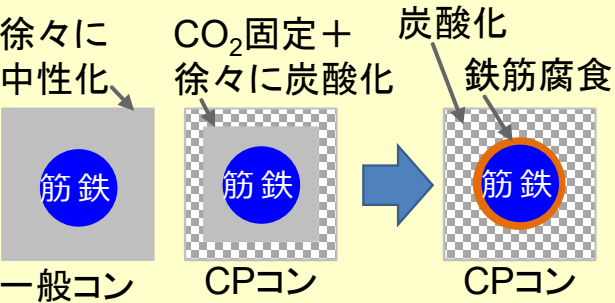
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

【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



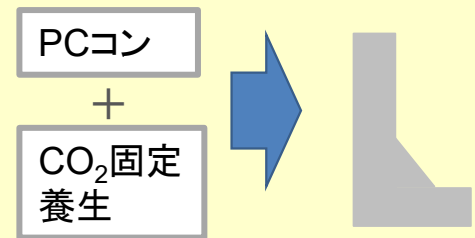
【開発】

- ・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】

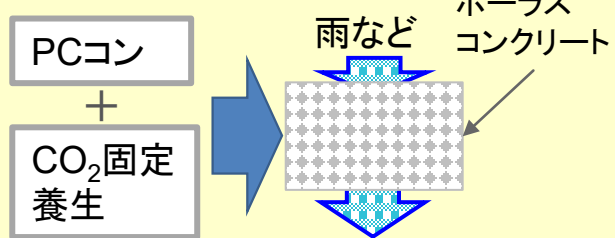
- ・省人化、人材不足の建設業界
⇒PCa製品の拡大が予想される



⇒CO₂を固定化したPCa製品開発

【ポラスCPコンの開発】

- ・ポラスコンクリート: 透水性
⇒ヒートアイランド対策



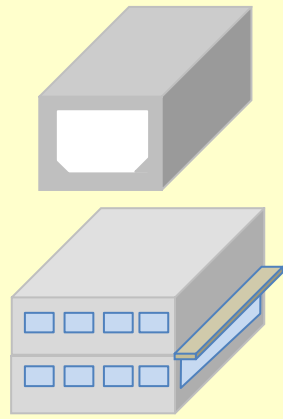
⇒ CO₂を固定化したポラスコンクリートの開発

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

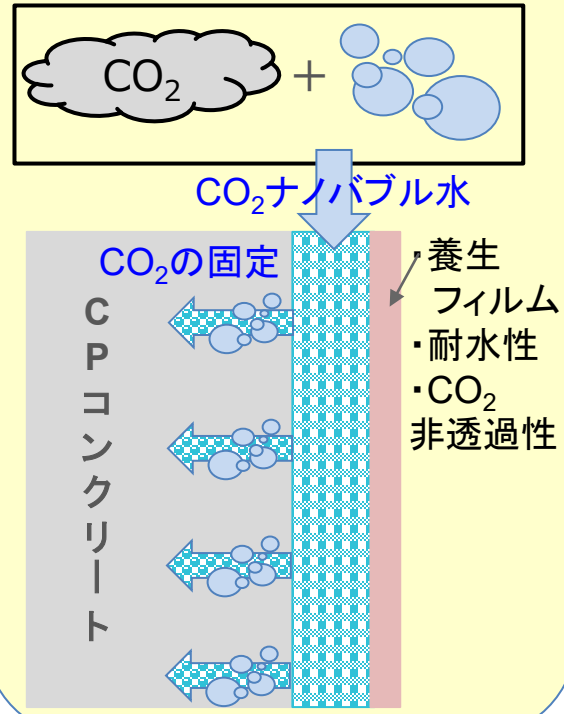


⇒CPコンクリートの施工方法の開発

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



2.研究開発計画／現在の進捗 1/6（安藤ハザマ1/2）

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-①-1)

a 「スラッジ・再生骨材の調査」

- これまでの取り組み
- ① 事前調査として、4工場において、スラッジの成分調査を実施。
 - ② スラッジの処理方法の調査（全国50工場程度）を実施中。
 - ③ 協力工場の再生骨材のサンプルを取り寄せ品質試験を実施中。
 - ④ 協力工場の再生骨材製造システムを調査し、精査中。

今後の見通し

引き続き、スラッジ、粒状化骨材、再生骨材について、製造方法や搬出量の調査を実施する。

b 「CO₂固定化技術の開発」

- ① 湿式試験によるCO₂固定量の測定方法を確立。
- ② 硬化後のコンクリートへのCO₂固定について、室内試験練りにて配合試験や固定化試験を実施中。
- ② 再生骨材、粒状化骨材へのCO₂固定方法について、室内試験にて固定化試験を実施中。

引き続き、スラッジ、粒状化骨材、再生骨材への効率的なCO₂固定方法を室内試験レベルで実施し、2023年1月からCO₂固定化に関する要素的な試験へ移行する。

c 「炭酸化スラッジの開発」

- ① 代表工場でのスラッジケーキの詳細試験を計画中。
- ② スラッジ粉末製造設備の検討中。

全体的なCP材料（炭酸化スラッジ、炭酸化粒状化骨材、炭酸化再生骨材）の製造設備を計画しながら、2022年12月製造方法も含め、炭酸化スラッジを提案する。

d 「循環コンクリートの開発」

- ① 事前試験として、スラッジ粉末、粒状化骨材、再生骨材の置換率の影響を把握する試験練りを実施中。

事前試験の結果を参考に、さらに詳細な場合分けによる室内試験を実施し、2023年1月から配合設計に関する要素的な実機試験へ移行する。

2.研究開発計画／現在の進捗 2/6（安藤ハザマ2/2）

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-②-3)

a 「CO2ナノバブル
養生方法の開発」

これまでの取り組み

① ①-1におけるCO2固定化の結果を共有して、試験計画を検討中。



今後の見通し

2023年1月から養生時のCO₂固定化試験を開始予定

b 「構造物用CP
ポーラスコンクリートの
開発」

① ①-1における配合試験の結果を共有して、試験計画を検討中。



2023年1月から現場打設可能なCPコンクリートの配合試験を開始予定

c 「炭酸化コンクリート
用鉄筋の開発」

① 候補となる鉄筋素材成分を計画し、試験溶製を実施し試験体を製作。
② 製作した試験体で腐食試験を開始。



・腐食試験は約1カ月毎に錆量を評価する。
2023年5月まで継続予定。

d 「構造物用CPコンクリートの
試験施工」

① 特になし



2023年度から試験施工を開始予定

e 「プレキャストCP
コンクリートの開発」

① 特になし



2023年度から開発を開始予定

2.研究開発計画／現在の進捗 3/6（内山アドバンス）

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-②-1)

a「アルカリ刺激材を活用したCPコンクリートの性状改善の可能性に関する検討」

① モルタルの室内試験（32水準）を実施し、圧縮強度試験用の供試体を採取した。材齢1・4・13週の圧縮強度試験を実施した。

アルカリ刺激材が効果的に作用する条件を検討し、リサイクル骨材を使用したコンクリートの実験計画を立案する。

b「製造設備開発」

特になし。

コンソーシアム内の生コン工場での製造設備開発の進捗により、設備の見学等を実施する予定である。

c「最大型CPコンクリートの開発」

① 粒状化骨材の試作を行い、骨材試験および室内試し練りを実施し、骨材の物性値及びコンクリートの性状を確認した。
② 実施工に向けた粒状化骨材使用コンクリートの配合検討を行った。
③ 粒状化骨材使用コンクリートを浦安工場で製造し、大成ロテックの試験施工現場である草苑学園(豊島区目白)へ納入した。

粒状化材の銘柄の違いによる粒状化骨材の製造、品質およびコンクリートのフレッシュ性状等の比較を行い、配合設計へのフィードバックを検討する。

d「CPコンクリートの品質管理計画」

特になし。

2024年度よりCPコンクリートの品質管理計画に取り組む予定である。

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-②-1)

e「再生全骨材を使用した配合検討」

- これまでの取り組み
- ① 地域内で製造されている、再生骨材L相当品を入手し、再生骨材を用いたコンクリートの室内実験を実施
 - ② 実験結果を整理し、再生骨材コンクリートの性能を確認

今後の見通し

戻りコンに粒状化剤を添加し、粒状化骨材を作製する。その試料を元に骨材の物性調査を行い、再生骨材L相当品となるか確認を行う。

再生骨材L相当品であることが確認できれば、再生全骨材として、粗骨材と細骨材に分級することなく、連続粒度の骨材でコンクリートの標準的な配合を確立。

f「製造設備開発」

- ① 簡易型CPコンクリートの製造と万博工事への供給を勘案し、外注する生コン工場を選定した。
- ② 外注する生コン工場において、実機における再生全骨材の供給状況を確認し、不具合の検証を行った。

ナノバブル発生装置の設置場所やCP骨材（再生全骨材を想定）の保管場所およびプラントへの供給方法について検討を進める。

g「簡易型CPコンクリートの開発」

- ① 入手可能な再生骨材L相当品を用いて予備実験を実施

粒状化骨材の実験終了後に、再生骨材L相当品を入手し、比較等の室内実験を実施

h「CPコンクリートの品質管理計画」

本年度の展開なし

本年度の展開なし

2.研究開発計画／現在の進捗 5/6（灰孝小野田レミコン）

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-②-1)

i : 「スラッジの用途開発」

（液体を主体とする方針であり粉末という文字を削除する）

j : 「製造設備開発」

k : 「CPコンクリート配合試験（中間型）」

l : 「CPコンクリートの品質管理計画」

これまでの取り組み

①スラッジ水、脱水ケーキ、上澄水槽沈殿物の成分を蛍光X線解析、X線回折にて確認。前日の出荷によって変化するスラッジ成分を確認した。②フライアッシュ、下水道污泥焼却灰をスラッジケーキと混合して粒状化骨材を製造する方法を確立した。③水和熱を利用して乾燥スラッジ粉末を製造して利用する方法を検討中。また、スラッジのまま炭酸化して再利用する方法も検討中。

スラッジケーキを粒状化する設備を開発した。これによりスラッジを炭酸化し、生コンクリート骨材やコンクリート製品の原材料として利用でき、さらに路盤材として利用することが可能となる。
スラッジ造粒装置のホッパー部に解砕装置を設置することでつまりを解消できると判明。現在組み込み設計中である。

粒状化骨材を原材料としてポーラスコンクリートを製造した。
更にポーラスコンで植生試験を行っている。

①戻りコンクリートから製造した粒状化骨材を用いたコンクリート（まだ炭酸化していないもの）の圧縮強度、曲げ強度と長さ変化を測定。その結果再生骨材L程度の性能を確認した。又、再生骨材Lと比較し生コンクリート原材料として使用しにくい細骨材、微粉の発生が極めて少ないことから、歩留まりよく粒状化骨材の使用が可能となる。
②二酸化炭素を固定化した量を記録し公開するシステムを開発済み。

今後の見通し

炭酸化スラッジを含む生コンクリートの呼び強度別圧縮強度、ヤング係数や乾燥収縮量の測定、中性化促進試験を実施して建築部材として使用する事の可否を判定する。
スラッジ骨材を製造する試験プラントを設置して試験規模を大きくする。

2023年3月までに炭酸化した骨材を生コンプラントに投入するホッパーを設置。
貯蔵瓶内での固着についての対策を検討。

造粒化骨材時点のCO₂固定量を測定。その後このポーラスコンを更に炭酸化し、その固定量を測定。最終的な部材の強度を測定する。
スラッジ骨材を製造するプールを設置して試験規模を拡大する。

①炭酸化各種コンクリートの性状を確認し、品質管理を確立する。②二酸化炭素を固定化しているかどうかは外見からはわからないので、製造記録を公表して立証する。

2.研究開発計画／現在の進捗 6/6（大成ロテック）

これまでの取り組みと、今後の見通しについて

研究開発内容1-②-2)

a 「舗装用CPコンクリートプラント開発」

これまでの取り組み

- ①CPコンクリートプラントの導入ミキサを3種類立案。
- ②再生骨材を用いた室内配合実験を実施中。

今後の見通し

試験結果を参考に、ミキサを選定。CPコンクリートを製造する生コンプラントの設計に導入する。今後は、炭酸化の導入設備を検討予定。

b 「CPコンクリート舗装の開発」

- ①歩・車道用のポーラスコンクリート配合試験を実施中。
- ②粒状化骨材の舗装用路盤材への適用について材料実験を実施。
- ③小規模の試験施工を実施、検討中。
- ④ CO2の固定量の測定装置、分析試験を検討中。

配合試験結果から、試験練り、試験施工の実施に向けて計画を移行する。

c 「CO₂固定型路盤材の開発」

- ①再生CO材の材料実験を計画中。
- ②CO2の固定量の測定装置、分析試験を検討中。

道路舗装用の路盤材としての室内試験への実施を計画し、物性値の試験へ移行する。

d 「CPプレキャスト版の開発」

- ①一般的な道路用プレキャスト版を参考にし、プレキャスト版の配合試験を計画中。

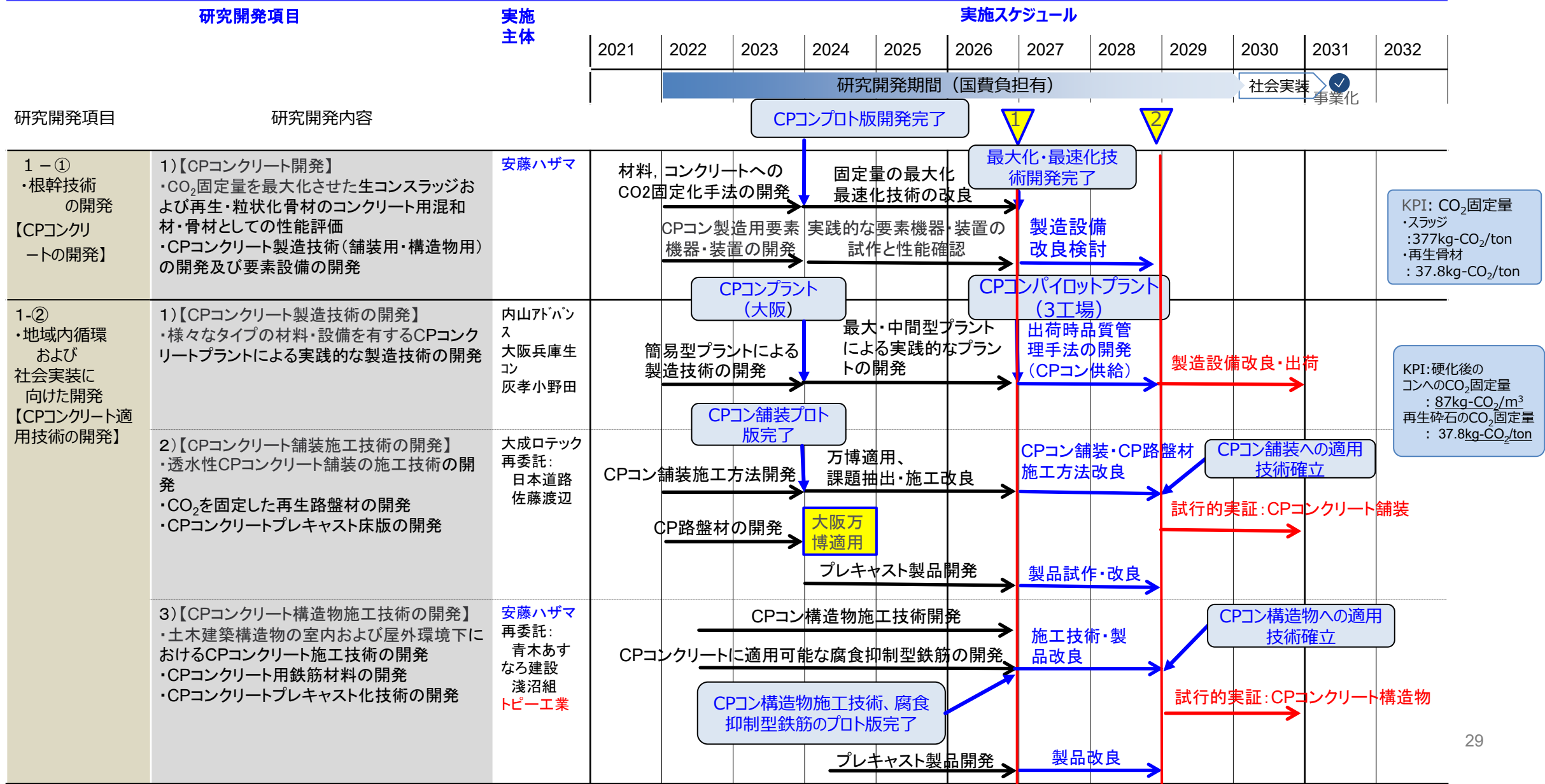
室内試験で、材料試験を行い性状、強度を実施し、基礎データを蓄積する。

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）

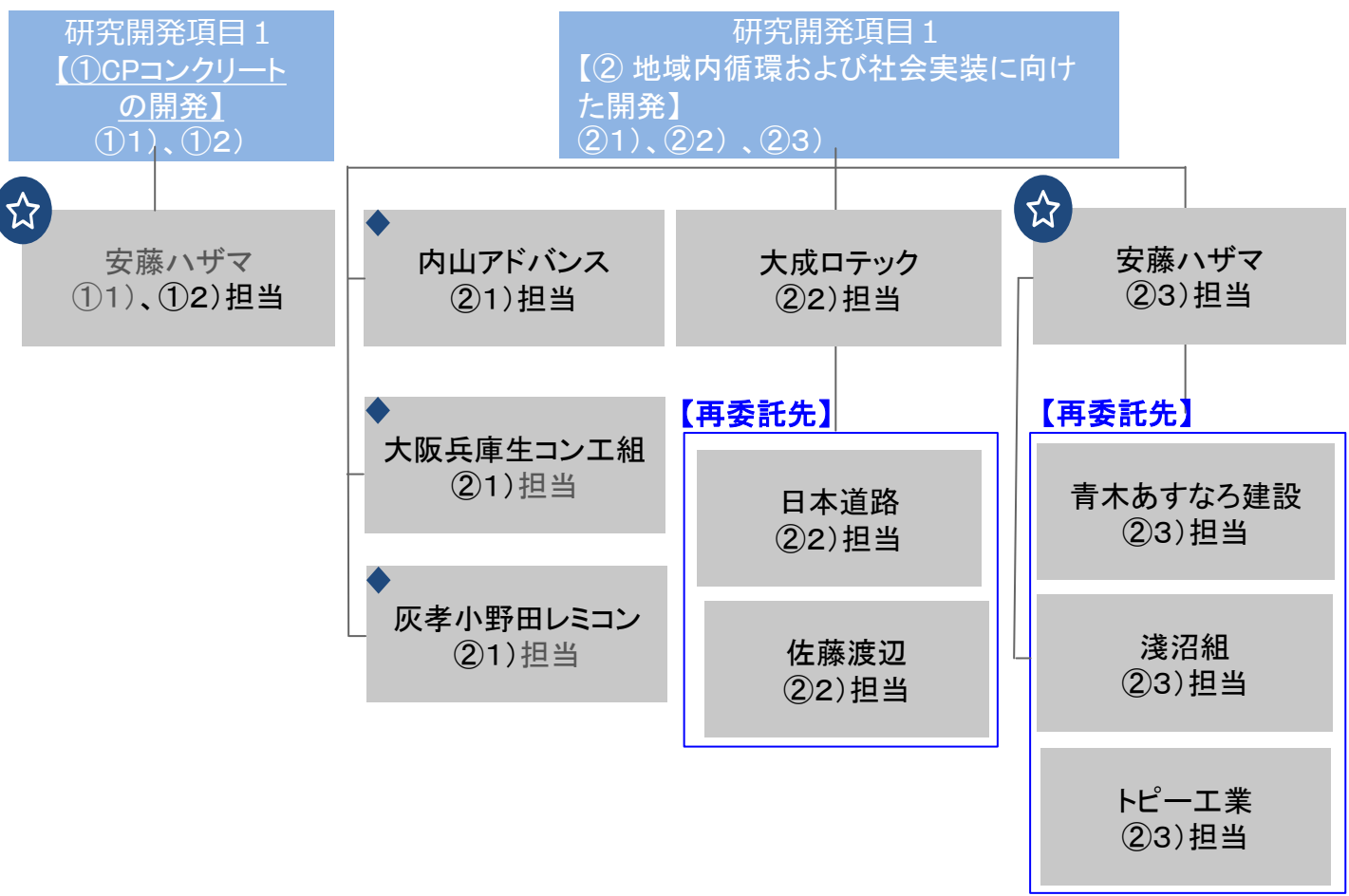


2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

【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

※金額は、総事業費/国費負担額



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、①の全体取りまとめを行う。
- ・ 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】

- ・ 安藤ハザマは、②③を、大成ロテックは、②②の全体取りまとめを行う。
- ・ 内山アドバンス、大阪兵庫生コンエ組、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、車道・駐車場へのCPコンクリートの適用を担当する。
- ・ 佐藤渡辺は、歩道・公園へのCPコンクリート適用を担当する。
- ・ トピー工業は、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
- ・ 大阪兵庫生コンエ組
- ・ 灰孝小野田レミコン

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

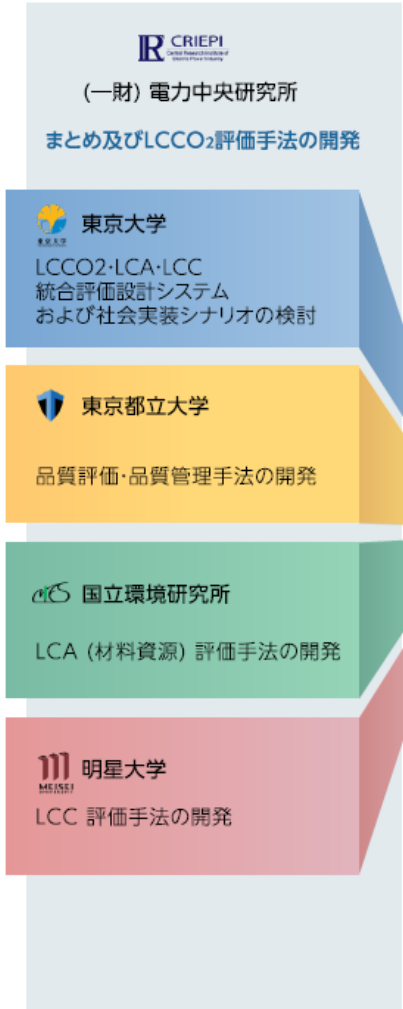
【研究開発項目 1 -①②】国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

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）における研究。 - 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。

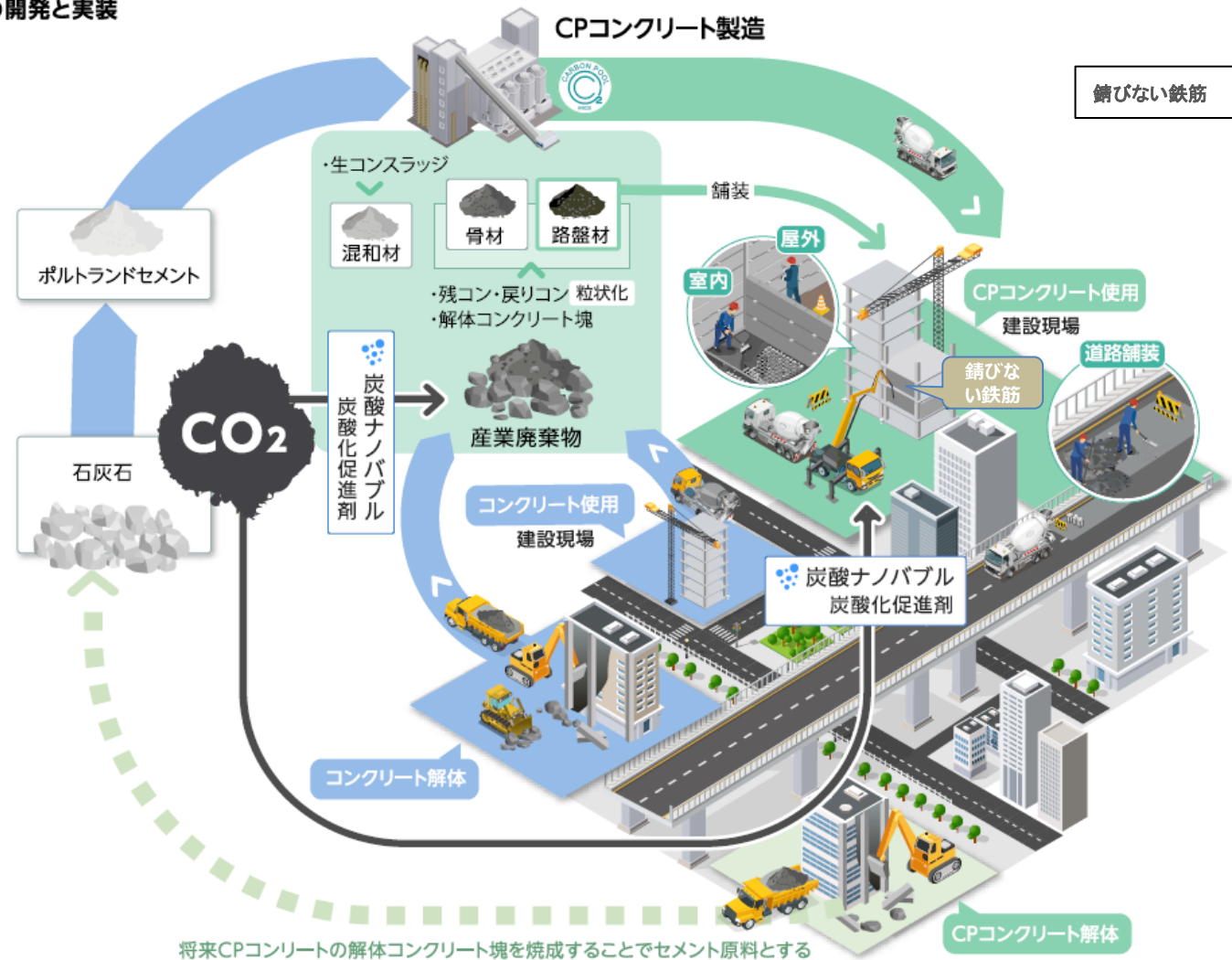
2.研究開発計画／開発全体イメージ 1/2

コンクリート由来の産業廃棄物に固定化させるという地域内循環を構築し、さらに新たな技術を用いて引き渡しまでにCO₂固定量・削減量の最大化を実現。
NEDO・グリーンイノベーション基金事業「CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト」として、2022年からの10年間の長期国家プロジェクトとして採択される。

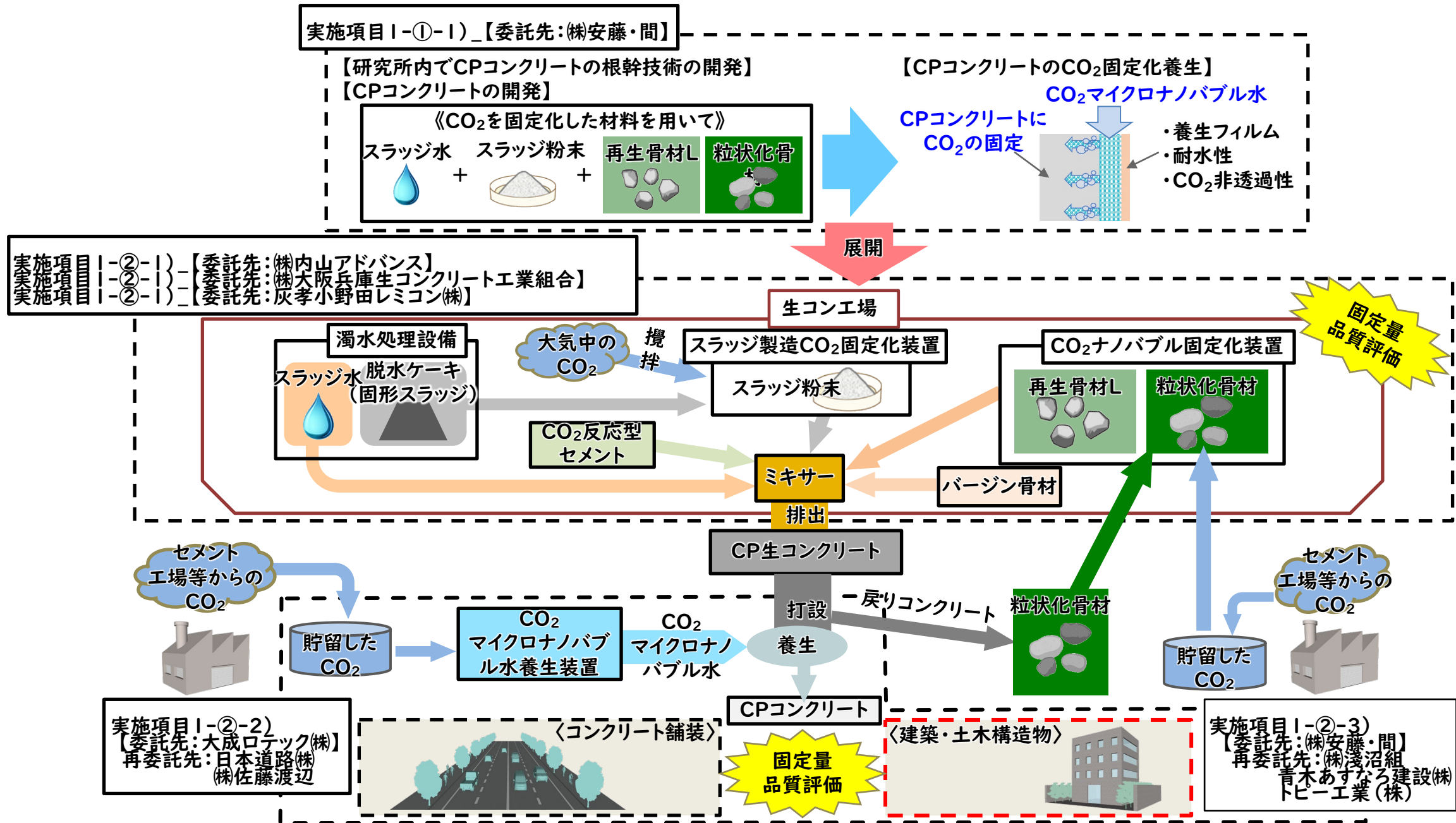
●LCCO₂・LCA・LCC統合 評価設計システムの構築



●CARBON POOLコンクリートの開発と実装

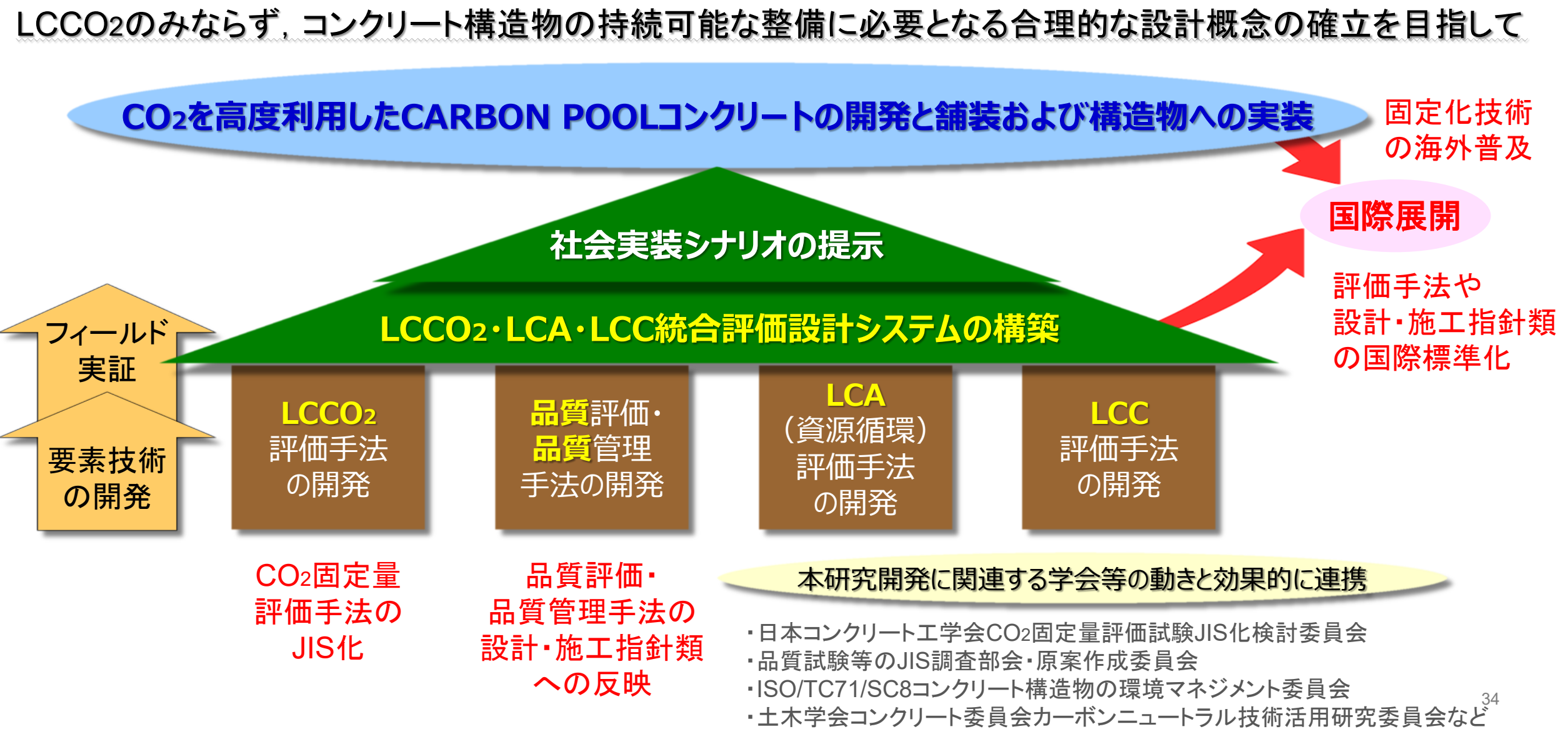


2.研究開発計画／開発全体イメージ 2/2



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



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」に必要となる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（カーボンク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 ・カーボンク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	カーボンのクレジットを含む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（カーボンのクレジット含む）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 - カーボンのクレジットを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

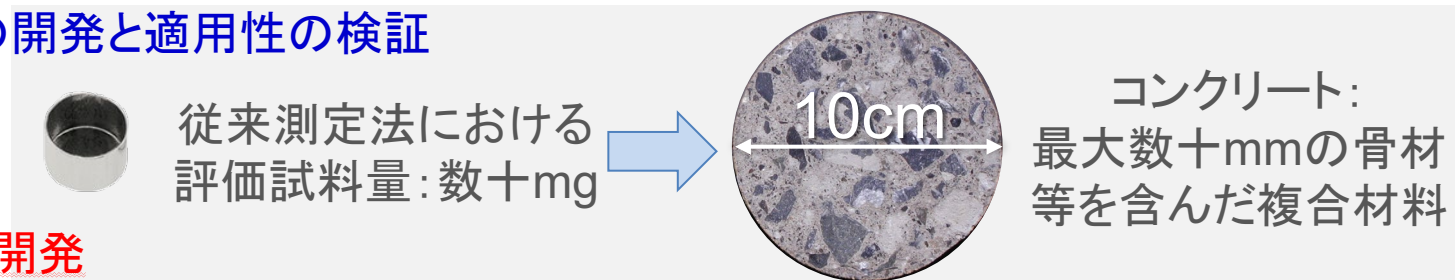
*ガスクロマトグラフィー質量分析



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



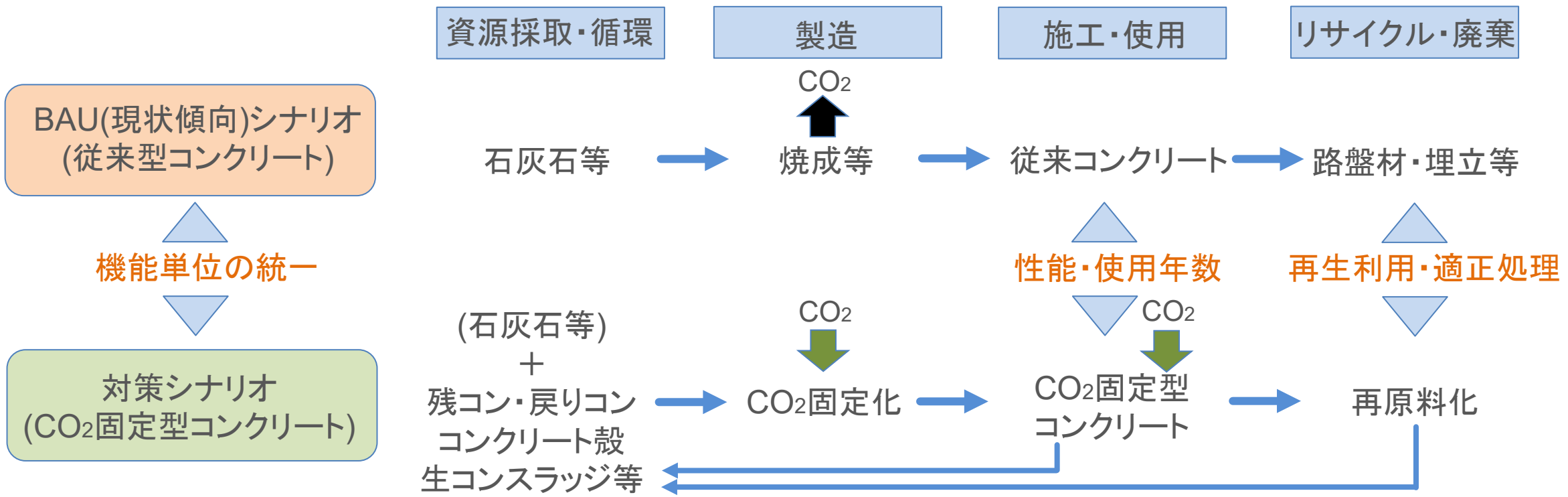
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 参考資料

【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」

第1期（2022～2023） 現状分析

【目的】

CO₂固定型コンクリートを採用した道路舗装のLCC評価モデルを確立するための基礎研究

【研究構想】

- ・アスファルト、コンクリート（CO₂固定型ではない）による道路舗装のLCCに関する先行研究調査
- ・カーボンクレジットの最新動向に関する調査

第2期（2024～2025） LCC評価モデルの確立

【目的】

LCCの構成要素に関する検討

【研究構想】

- ・次の項目からなるLCCを想定

- ①初期投資コスト
- ②維持管理コスト
- ③修繕コスト
- ④更新（廃棄）コスト

⑤カーボンクレジット評価額

$$\text{LCC} = \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④} - \text{⑤}$$

第3期（2026～2030） 比較調査及び追跡調査

【目的】

モデルを評価・検証し、CO₂固定型コンクリートの優位性を明らかにする

【研究構想】

- ・道路の片側をアスファルト、片側をCO₂固定型コンクリートで舗装し、両者のLCCを5年間追跡調査
- ・交通量や気候が異なる複数地点

イメージ



センターライン

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／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 LCCO ₂ 評価手法の開発	従来評価手法の適用限界の把握	・湿式分析装置を用いたCO₂量の定量測定を開始した。 ・コンソーシアム内4機関で共通試料を対象としてTG/DTAによる共通試験を行い、分析条件の最適化を図った。	○：TGでの定量はDTAではなく、DTGを指標とすべきことが判った。
2 品質評価・品質管理手法の開発	CO ₂ 固定骨材・混和材の品質評価手法の提案	・CO₂吸収対象とする再生骨材、造粒材料を入手した。 ・再生骨材Lを用いたコンクリート試験体を製造した。 ・開発項目1と再生骨材の実験に関する情報共有を図った。	○：再生骨材Lは不均質であり、コンクリートの品質管理が難しくなる。
3 LCA(材料資源)評価手法の開発	BAUシナリオの設定と試行的評価	・再生材料を用いた舗装道路製造時、共用時の環境負荷要因を机上検討した。	○：LCA調査は滞りなく進めている。
4 LCC 評価手法の開発	道路舗装のLCC評価に必要な関連情報の整理	・再生材料を用いた舗装道路製造時、共用時のコスト評価に必要な情報を机上検討した。	○：LCC調査は滞りなく進めている。
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	統合評価システムの構築	・各評価項目の重み付けについて机上検討した。	○：LCCO ₂ 、LCA、LCCの検討結果に依存するため、各項目の検討を慎重に進める。

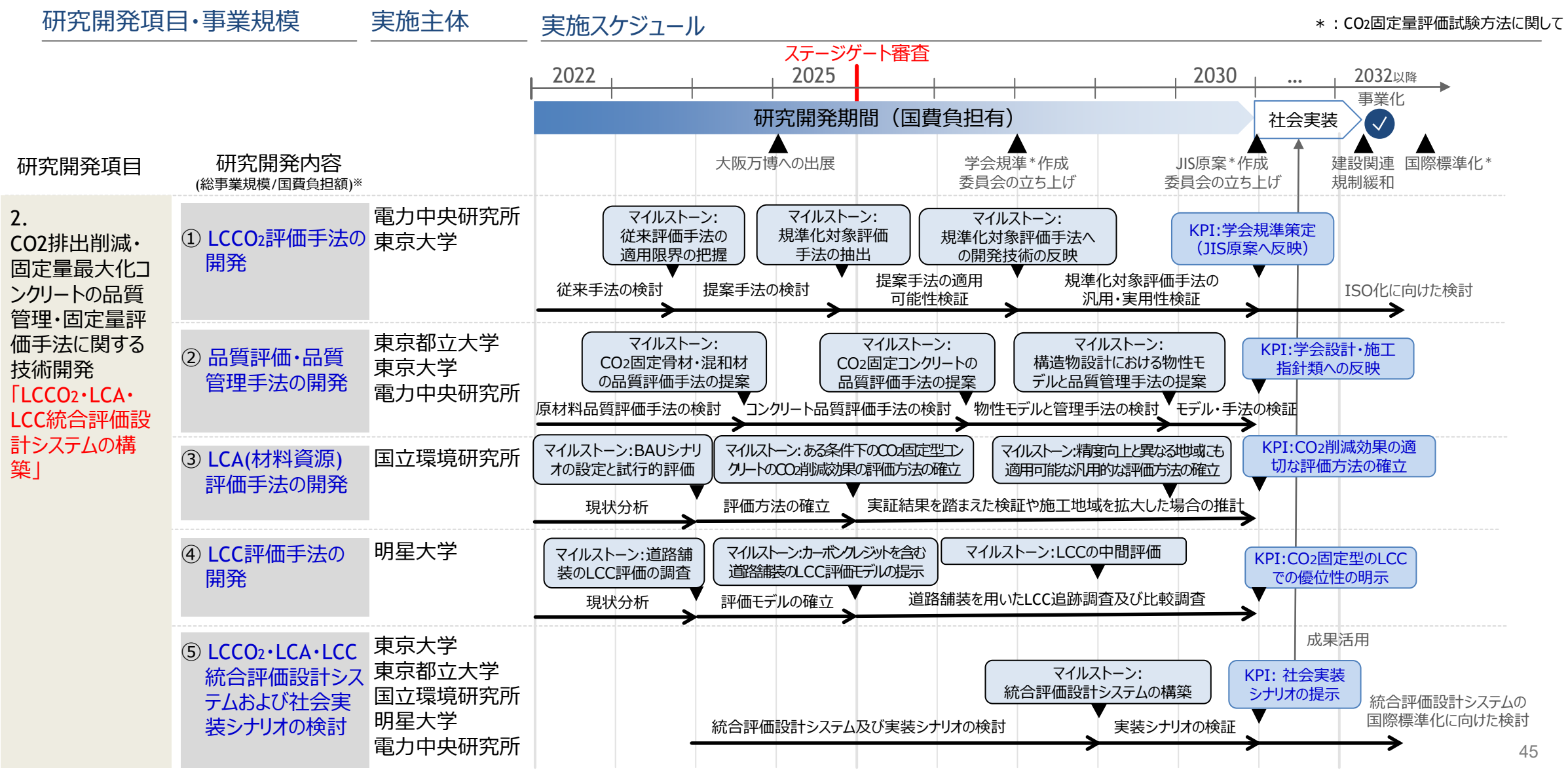
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 LCCO ₂ 評価手法の開発	従来評価手法の適用限界の把握	CPコンクリート／CPコンクリート用材料製造後に大気中から緩慢に固定化される炭素を定量評価する手法の確立	CPコンクリート／CPコンクリート用材料の配合／製造条件を変えた試料の吸収ポテンシャルを実験的に評価し、データベース化を図り、検討を進めることで解決する。
2 品質評価・品質管理手法の開発	CO ₂ 固定骨材・混和材の品質評価手法の提案	CPコンクリート用材料を用いた建築／土木用コンクリートの適用範囲の見極めとCPコンクリート用材料の製造方法の改良	高炉スラグ微粉末等の混和材を併用することで適用範囲を拡張可能と見込む。CPコンクリート用材料の製造方法の改良は開発項目1と連携することで対応する。
3 LCA(材料資源)評価手法の開発	BAUシナリオの設定と試行的評価	CPコンクリート／CPコンクリート用材料の性状と施工時の諸工程における環境負荷因子の把握	開発項目1と連携して検討を進めることで解決する。
4 LCC 評価手法の開発	道路舗装のLCC評価に必要な関連情報の整理	CPコンクリート／CPコンクリート用材料の性状と施工時ならびに維持管理時のコストの把握	開発項目1と連携して検討を進めることで解決する。
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	統合評価システムの構築	・LCCO ₂ 、LCA、LCC評価手法の確度に依存する。 ・各評価項目に対する重みづけをどのように設定するか判断が難しい。	まずは、開発項目2内で机上検討を進め、概念を構築する。 開発項目1で実施する現地試験をモデルケースとして検討することが有用と考えられるため、連携して検討を進めることで解決する。

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

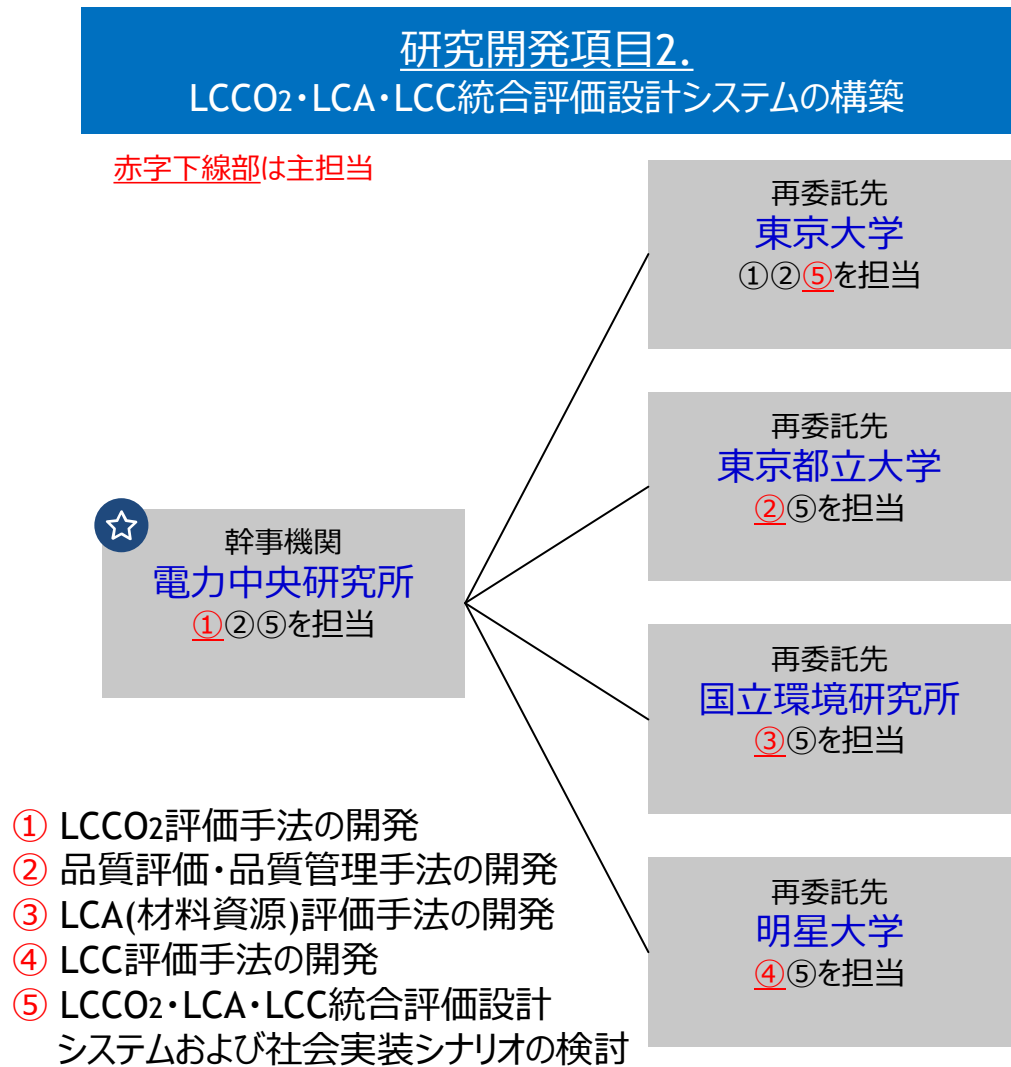
【研究開発項目2】「LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築」実施主体および実施スケジュール



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
	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	- 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

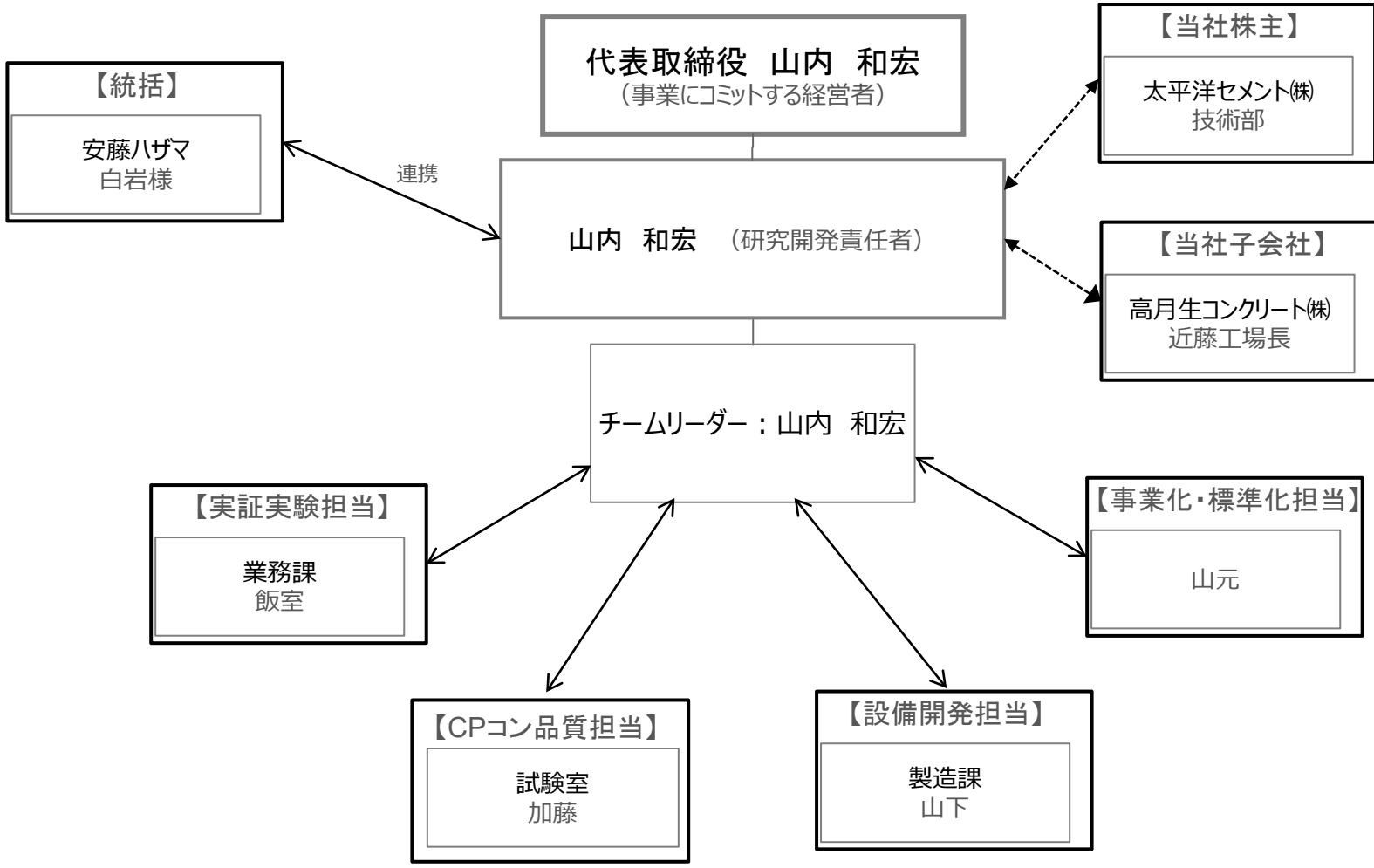
3. イノベーション推進体制

(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

- 研究開発責任者と担当部署
- 研究開発責任者
 - 代表取締役山内和宏
 - 研究2①を担当
 - 本事業統括安藤ハザマ白岩様との連携
 - 株主との連携
 - 子会社との連携
 - チームリーダー
 - 代表取締役 山内和宏 兼務
 - 本社内の統轄
 - 担当
 - 設備開発担当 当社製造課 山下
 - CPコン品質担当 当社試験室 加藤
 - 実証実験担当 当社業務課 飯室
 - 事業化・標準化推進担当
当社工場長 山元誠

部門（会社）間の連携方法

- 研究開発責任者は、会社間で3カ月に1回の進捗報告会を行い、連携を図る。
- 当社チームリーダーは、会社内各部門と1カ月に1回または、必要に応じて進捗報告会を行い、連携を図る。

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

- 2004年に当社栗東工場に設置した廃コンクリートから再生骨材を製造する設備により2005年に国土交通大臣認定を取得し、国道1号線に全国で初めて再生骨材コンクリートを納入した。また2014年のJIS改定により生コン廃液のスラッジコンクリート出荷が可能となったことを受け、2018年に京都府に経営革新計画、近畿経済産業局に経営力向上計画を提出。生コンクリート工場のゼロエミッションに向けての決意を表明し、積極的に投資を行ってきた。しかしながら製造可能となったリサイクルコンクリートは需要家である建設会社に受け入れられず、全く出荷できない状況にある。
- この度CPコンクリートの研究グループに参加を許された。又、国の方針として二酸化炭素削減が大きく打ち出され、少なくとも行政や大手企業は環境対策を行ったコンクリートの使用を行っていくと期待される。当社は再度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、廃棄物の削減に取り組んでいくことを決定した。本研究開発（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。

● 過去の反省

- 需要家にリサイクルコンクリートが受け入れられなかった大きな原因の一つが、いかに環境にやさしいかの説明責任を果たせていなかったことにあると考える。そこで今回はどれだけ二酸化炭素が削減できたのかを数値化するシステムづくりを第一に行う。そのためにICTを利用して日々の活動を入力し、データベースを作成する。そして出荷1車両ごと・顧客ごとのCO₂削減数値を計算して需要家に報告する。

- 生コンクリートは半製品であり、納入時点でその品質を明らかにすることができない特性がある。そこで当社は半世紀にわたり協同組合に加盟して粗悪品の流通を業界一丸となって防止してきた。しかしながら個別に営業できないシステムであることからJISに該当しないコンクリートの流通を阻害する欠点もある。そこで協同組合と十分に協議を重ねたうえで販売網を構築していく。さらに、幅広いユーザーにCPコンクリートの理解を深めていく施策を実施する。

事業の継続性確保の取組

● 業務提携

- 当社が中小企業であることから事業の継続性に対しては脆弱であり、事業リスクと経営者リスクがある。当社は瑕疵保険や損害保険、経営者の生命保険に加入しており、過去にはこれらの保険を申請して事業リスクを回避してきた。しかしながら経営者リスクに対しては十分な対策が行われておらず、メインバンクや同業者からはその危険性を指摘されている。
- 現在業務提携について交渉をおこなっており、経営者が不在になったとき業務提携者が対応できるよう対策を進めている。

● 納入製品の継続調査

- CPコンクリートは鉄筋や鉄骨の保護という今までのコンクリートが果たしてきた機能において十分ではない。また、建築・土木構造物は長期に使用することから、数年の研究だけでは確認できない事項が多数ある。これに備えて常に納入した製品の継続調査を行い、瑕疵が発生した場合は直ちに対策の立案、実施を行う委員会を創設する。

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

株主総会での議論（太平洋セメント）

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 当社が所属する全国生コンクリート工業組合連合会に対し経済産業省及び国土交通省からカーボンニュートラルに向けた積極的取り組みを求められている背景から滋賀県・当社においても中心的戦略にしなければならない。
 - 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。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 本研究開発について株主総会において決議をとり、当該案件に取り組んでいる。
 - 経営者兼研究開発責任者は株主総会や当社品質管理委員会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。
 - 経営者は、本研究開発について決議された内容を社内や当社子会社、協力会社に広く周知する。
- 技術支援の要請
 - 株主である太平洋セメントに対しセメント分野における技術支援を要請するとともにセメント製造時におけるCO₂回収技術の進捗状況について情報を収集する。
- 本研究開発計画と当社経営計画との関係
 - 当社の経営力向上計画にC Pコンクリートへの取り組みを追加した。

ユーザーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 国道工事事務所、滋賀県土木交通部を訪問し、本研究開発について実施体制、戦略、リスク管理、目標などを明確にして取り組みを説明する。
 - 滋賀県の3つの生コンクリート協同組合理事会において本研究開発について研究開発計画の概要を説明し、理解を求める。
 - 滋賀県建設業協会に対し施工会を開催し、理解を求める。
 - 滋賀県の生コンクリート業界は住友大阪セメントと密接であることからCO₂回収技術の進捗状況について情報を聞くとともに本研究開発の技術的支援を受ける。

融資元に対する説明

- 情報開示の方法
 - 地元滋賀銀行、京都中央信用金庫等に対し本研究開発の説明を行い、理解を求めるとともにユーザーの紹介を受ける。

京滋コンクリート診断士会に対する説明

- 技術発表会での講演
 - 京滋コンクリート診断士会とは大阪・京都・滋賀において既存コンクリート構造物の診断を行っているコンクリート診断士が加盟する任意団体であり京都大学、立命館大学、大阪工業大学、近畿大学、武庫川女子大学などの教授が役員や顧問を務める診断技術向上を目指す組織である。本研究開発をこの会で発表し、会員にC Pコンクリートの特徴を理解して頂く。
 - 継続的にC Pコンクリートの劣化状況を観察できるシステムづくりを行う。

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

- C P コンクリート製造プラントの開発に適した人材
 - 現在の生コンクリート製造プラントでは結合材であるセメントと各種骨材が分離した形で備蓄されるが、本研究開発に使用される骨材は既にセメント分を含んでおり、場合によってはプラント内で固化してしまう可能性がある。
 - J I S で回収骨材や上澄水の利用が定義されるまで、回収骨材やスラッジ水は再利用されることが多かったことから、製造設備内で固化することが多かった。生コンクリート業界で40年以上勤務している者は当時の固化する問題点を記憶しており、これらの者が設備の設計を担当することが効果的であると考えられる。

協力企業との連携方針

- CO₂測定アプリの開発
 - 生コンクリート工場においては原材料製造、原材料輸送、製造、製品輸送、品質管理においてCO₂が発生する。
 - 各工程でのCO₂発生量はその利用量によって変動するので測定が重要となる。
 - できるだけ集計手間を省くためCO₂測定アプリを開発し、担当者は取引業者が手軽に入力できるようにするとともにそれを当社が随時受け入れることができるデータベースソフトウェアが必要となる。
 - 現在ソフトウェア会社に開発を依頼しており、本研究開発で必要なデータが取り出せるようにする。

- ユーザーの意見収集
 - 当社は滋賀県生コンクリート工業組合の技術委員長を務めていることから滋賀県内の需要家の技術部門と密生な関係にあり、本研究開発の広報活動を技術面から進め、より広い顧客の意見を集める。
- 環境への影響測定
 - 立命館大学と当社は2000年から環境コンクリートの研究を共有しており、ポーラスコンクリートをはじめとして多くの論文がある。
 - 川崎准教授は現在滋賀県の環境製品認定会議の委員であり、本研究開発についてもアドバイスを頂戴する。
- CO₂吸収スラッジの粒状化設備開発
 - スラッジは微粒であり生コンクリートに大量に混入すると単位水量が増加してクラックの増加につながることもある。
 - スラッジを最大20mm程度の球形にして生コンクリート原材料にすることにより多くの二酸化炭素をコンクリート中に取り込むことが可能となる。当社は複数の機械メーカーと共同研究を行っておりこの研究結果を利用する。
- 資金需要対策
 - 当社は中小企業であることからその資金量に限界がある。当社のメインバンクと提携することにより安定的な投資を継続する。
- 湖北地区製造
 - 実験がある程度成功した時点において他地区での事業を推進する可能性を検証するため当社子会社である高月生コンクリートにおいても2次的実験を実施する。又現在スラッジでスペーサーを製造販売しておりCO₂混入について意見を聞く。

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

- 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

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 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

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 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