

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：「多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立」

実施者名：住友大阪セメント株式会社 代表名：代表取締役社長 諸橋 央典

(コンソーシアム内実施者（再委託先除く）：太平洋セメント株式会社)

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

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①

世界規模の脱炭素の潮流で、セメント・コンクリート業界もCCUS等による脱炭素が求められる

2030～2050年にかけてセメント・コンクリートにおけるカーボンニュートラル化が求められる。また、国内外でカーボンニュートラル達成に向けた政策が進展。それらに対応するために、CCUS技術がカギであり国内外で研究開発・実証が進むが、コスト低減と用途拡大に向けて更なる技術開発が必要。

（社会面）

- **2050年までにセメント・コンクリート業界の脱炭素化が進む見通し。**
 - 日本のセメント協会は最終到達点としての「脱炭素社会」の実現に貢献する長期ビジョンを発表(参考1)。
 - GCCA (*1)は2050年までにカーボンニュートラル達成の声明を発表(参考2)。
- **ESG投資等の脱炭素化の流れの中で、セメント・コンクリートの消費者である建設業界も低炭素化が進む見通し。**
 - 日本建設業連合会では、施工段階におけるCO₂排出量の原単位で2030年～2040年度のできる限り早い段階で2013年度比40%削減、2050年までにScope1・2の排出量を実質ゼロの達成を掲げる(参考3)。
 - SBTコミットしている国内建設事業者は13企業(2021年3月現在、中小企業除く)

（政策面）

- **日本では2030年に46%削減、2050年にカーボンニュートラルという目標**が掲げられている。
 - グリーン成長戦略(参考5)の重点14分野にカーボンリサイクル産業が含まれており、その中の1つにセメント・コンクリートにおけるカーボンリサイクル技術の開発・普及が期待されている。
- **世界では2050年カーボンニュートラルを表明している国は125カ国・1地域、炭素税や排出権取引をはじめとするカーボンプライシングやCCUS含む革新的な環境技術への助成政策**など、目標達成のための様々な政策がとられている。
- G7(2022,ドイツ)にて、**IEA「Near Zero Emission」提言**
 - 重工分野（セメント・鉄鋼）では一足飛びにNetZeroが難しいことから、NearZeroEmission（数値目標あり）への政策的支援の重要性

（技術面）

- セメントやコンクリート製造プロセスのうち、製造時のエネルギーは再エネ利用や省エネ化が可能なものの、**石灰石(CaCO₃)などの焼成工程で排出する原料由来のCO₂は削減が困難**であり、**CO₂を回収して利用もしくは貯留する技術(CCUS)が必要**。
 - CCUSは、CO₂排出削減・固定量の最大化、用途拡大・コスト低減（材料開発、製造性、施工性）、製造過程におけるCO₂排出削減が課題。
- セメントやコンクリートのCCUS技術は国内外で、研究開発・実証が本格化し始めているが、**コスト低減と用途拡大が課題**。
 - 競争力のある効率的なCO₂回収技術を確認し、回収CO₂をカルシウム等のアルカリ源に固定する炭酸塩化技術やそのシステムを確認していく必要である。

（経済面）

- セメント・コンクリート業界における**脱炭素技術の導入・普及にはコスト低減(既存製品と同程度まで)**が必要。そのためには、CO₂からセメント・コンクリートを製造するコストや**CO₂回収コストの低減が重要な要素**となる。
 - カーボンリサイクル技術ロードマップ(参考4)やグリーン成長戦略(参考5)では、2030年にCCU技術で製造した道路ブロック製品を、2040年にCCU技術で製造した汎用コンクリート製品を既存製品まで低減することが目標。
 - 回収技術のコストは様々な排ガスからの回収の低コスト化が求められ、低圧ガスで2,000円/トンまでのコスト低減を目標としている。
 - 海外のシンクタンク(Energy Transition Commission (*2))は、セメント製造の排ガスはCO₂濃度が低いため回収コストが高く、脱炭素セメントは通常のセメントの2倍以上の価格になると報告している(参考6)。

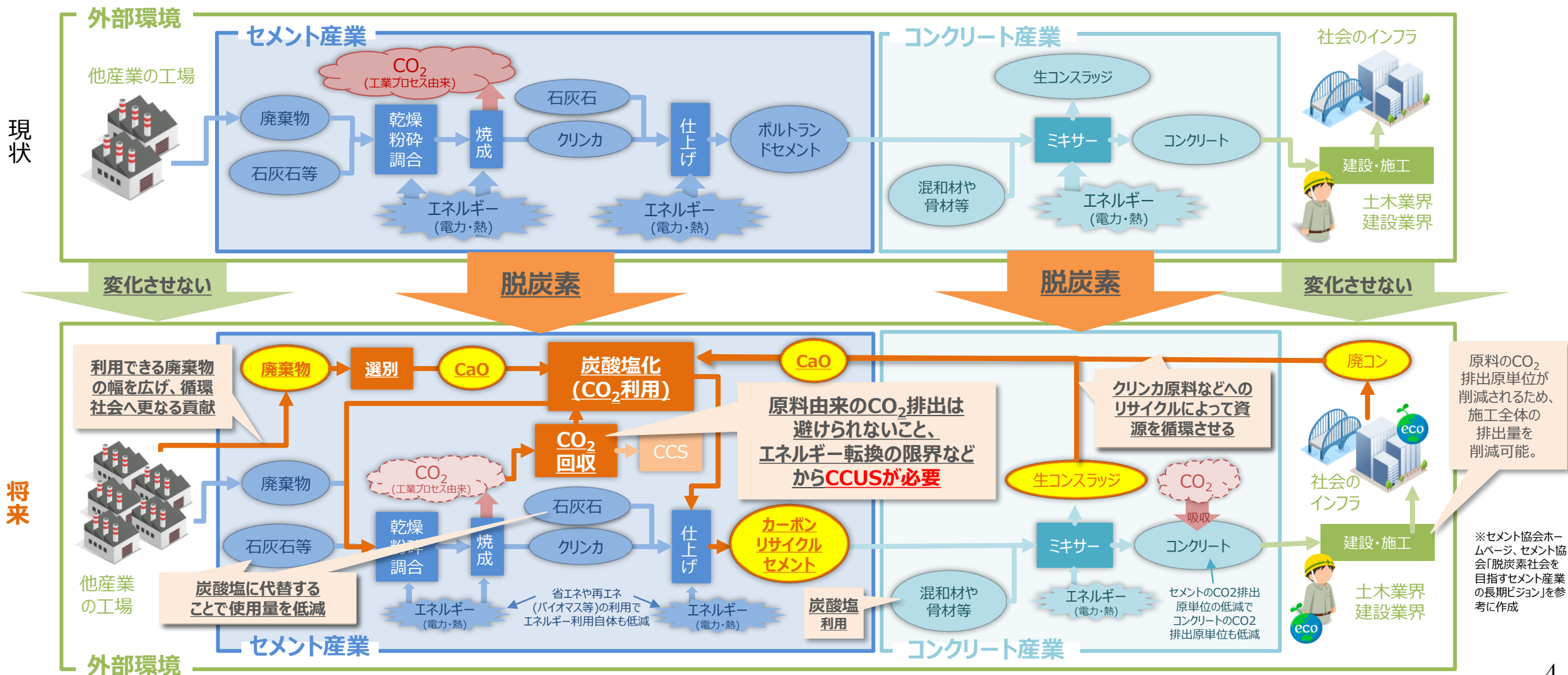
(*1)GCCA(グローバルセメント・コンクリート協会)は世界のセメント・コンクリート産業の大手40社からなる組織で、2018年に発足した。建設業界の課題を解決するべく技術革新を行い、持続可能な建設に貢献することを目的としている。

(*2)Energy Transition Commissionは、経済成長と気候変動の緩和に焦点を当てた国際的なシンクタンク。

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識②

インフラ素材の安定供給と廃棄物の再資源化という産業構造の骨格を維持しながら脱炭素による付加価値創出

セメント産業は社会インフラを支える素材供給の役割（＝動脈産業）と共に、産業廃棄物等の再資源化で循環型社会の形成に貢献する役割（＝静脈産業）を担っているという産業構造の骨格を維持しながら、脱炭素による付加価値創出を目指す。



1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識③

セメント・コンクリート業界の脱炭素のためセメント製造におけるCCUSが必須に

特にセメント製造における脱炭酸のCO₂排出(つまり原料由来のCO₂排出)は不可避なため、CO₂を回収し、利用(一部は貯留)するCCUSが必須。

● 市場機会：

- 原料の脱炭素化は難しいことや、焼成過程のエネルギーは全て再エネで賄うことは現実的に難しいこと、コンクリートにとってセメントは不可欠な材料であることから、セメント・コンクリート産業全体での脱炭素化を目指すためには、**セメント製造工程においてCCUSでCO₂を削減することが必須**になる。
- **原料由来のCO₂排出量は約60%**を占めており、早急に脱炭素化を図るにはセメント産業におけるCCUSの技術開発と社会実装を早急に進めていく必要がある。

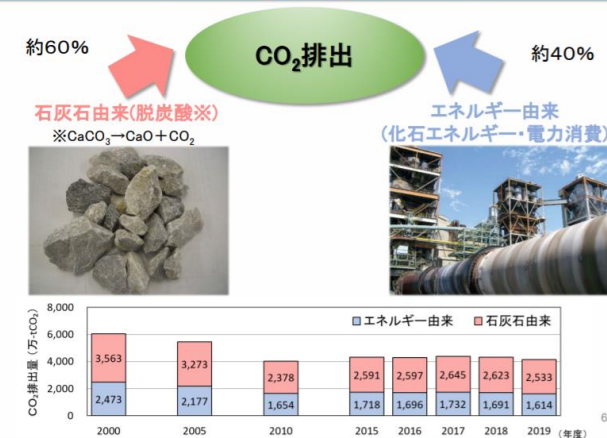
● 市場規模(「グリーンイノベーション基金事業 研究開発・社会実装計画」における想定を基に試算)

- 2030年代
国内混合セメントのうち10%のシェア＝新規カーボンリサイクルセメントで約200億円。
- 2050年
海外展開でのセメント市場獲得により、アジアで約40兆円、世界で約55兆円。
(現状のセメント生産量(参考7)から23%増加し、当該技術による生産に置き換わると想定)

● 産業・社会へのインパクト：

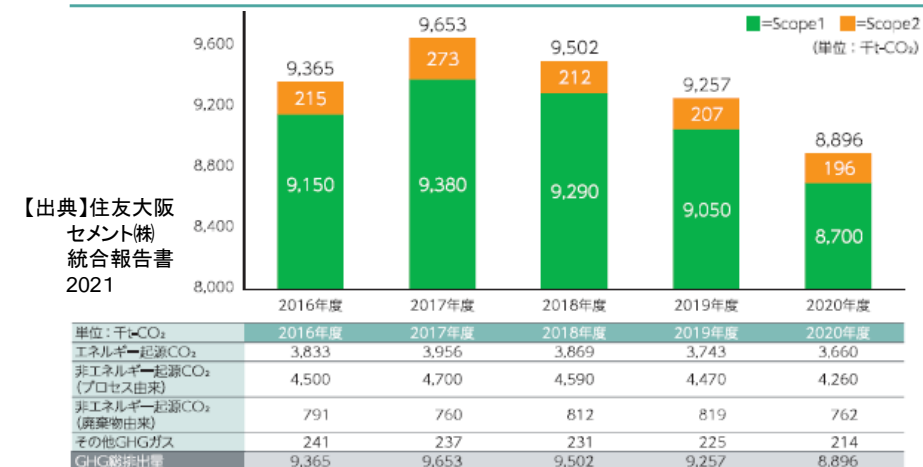
- セメント・コンクリート企業
・**脱炭素技術開発・普及によって脱炭素社会における競争力を獲得（Scope 1のCO₂排出量を削減可能）。**
- 顧客
・**ESGやSDGs対応、SBT達成への貢献（Scope 3のCO₂排出量を削減可能）。**
・利用できる廃棄物の幅を広げ、**循環社会へ更なる貢献。**
- 社会・日本全体
・**気候変動への対応や廃棄物処理によるサーキュラーエコノミーに貢献が可能。**
・また、セメント・コンクリート業界や関連する業界(廃棄物処理、建設業界など)の**雇用維持や雇用創出**に繋がる。

1-4) セメント製造工程からのCO₂排出



【出典】セメント協会「セメント業界におけるこれまでの省エネの取り組み並びに長期的展望について」

住友大阪セメントグループ 温室効果ガス排出量



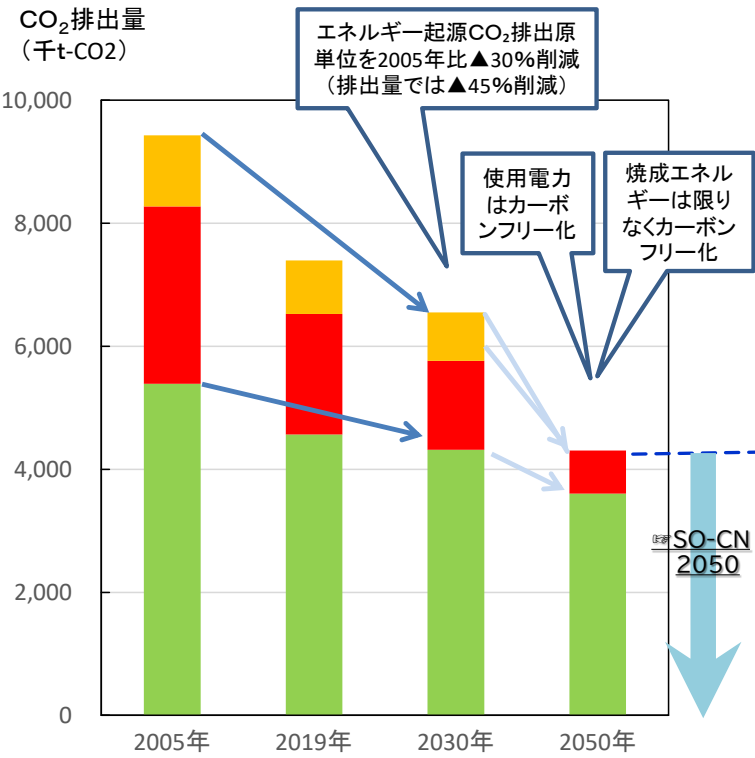
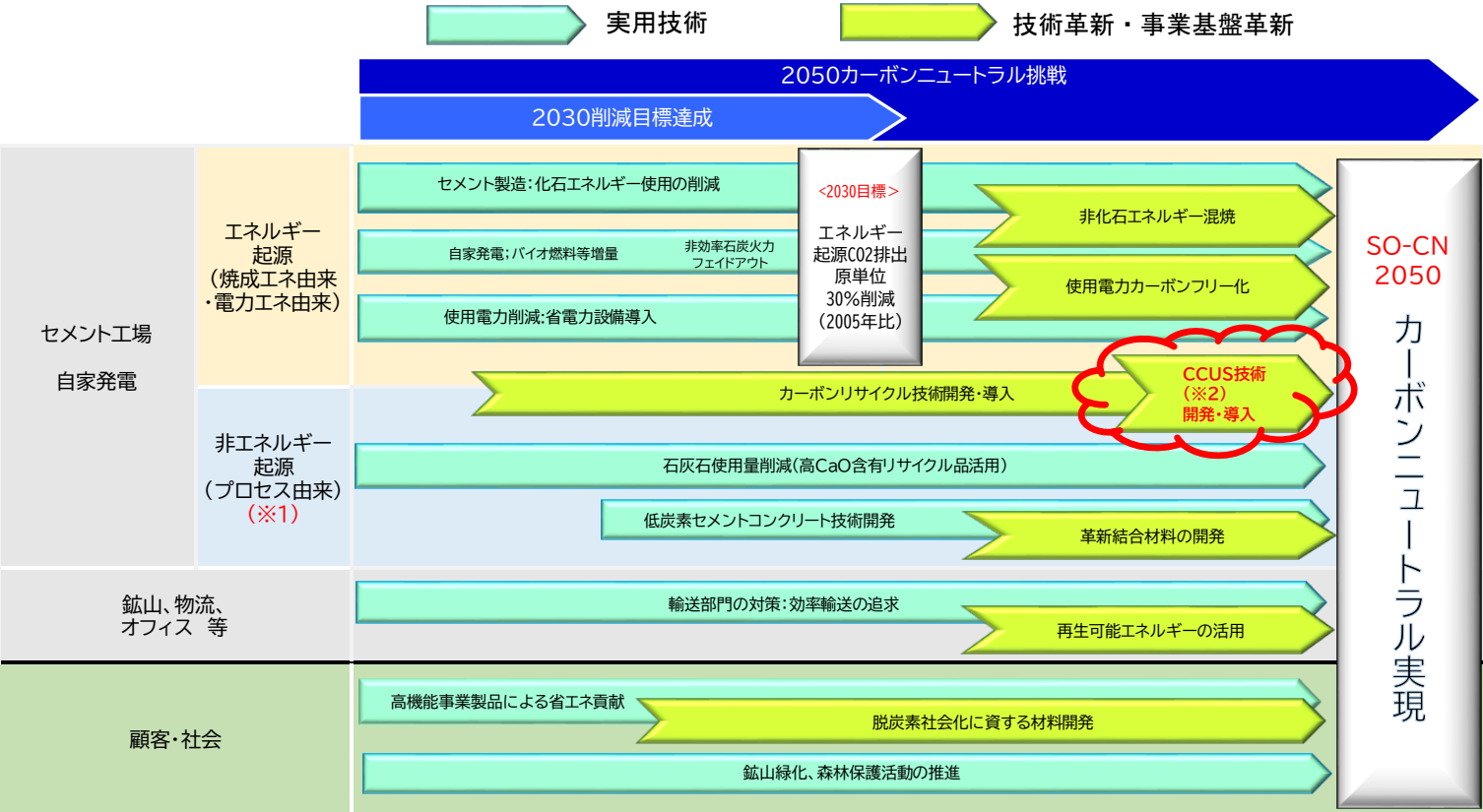
【出典】住友大阪セメント(株) 統合報告書 2021

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識④

CCUS技術をプロセス由来CO2削減に必須技術と位置づけ

- 2020年12月、2050年カーボンニュートラル(CN)に向けた取組、2030年CO₂削減目標等を示したCNビジョン「SO-CN2050」を発表。
- エネルギー起源のCO₂を可能な限り削減した上で、プロセス由来を含めたCO₂排出全体をいかにCN化できるかが大きな課題。2050年までに自社の技術革新・事業基盤の革新と共に、2050年時点での国内外のあらゆる削減方策を総動員して、カーボンニュートラルの実現に挑戦する。

住友大阪セメント 2050年“カーボンニュートラル”ビジョン「SO-CN2050」より抜粋



(※1)セメントの主原料である石灰石のCaCO₃(炭酸カルシウム)を高温焼成する際に排出されるCO₂。(※2)CO₂の回収(Capture)・利用(Utilization)・貯留(Strage)

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット①

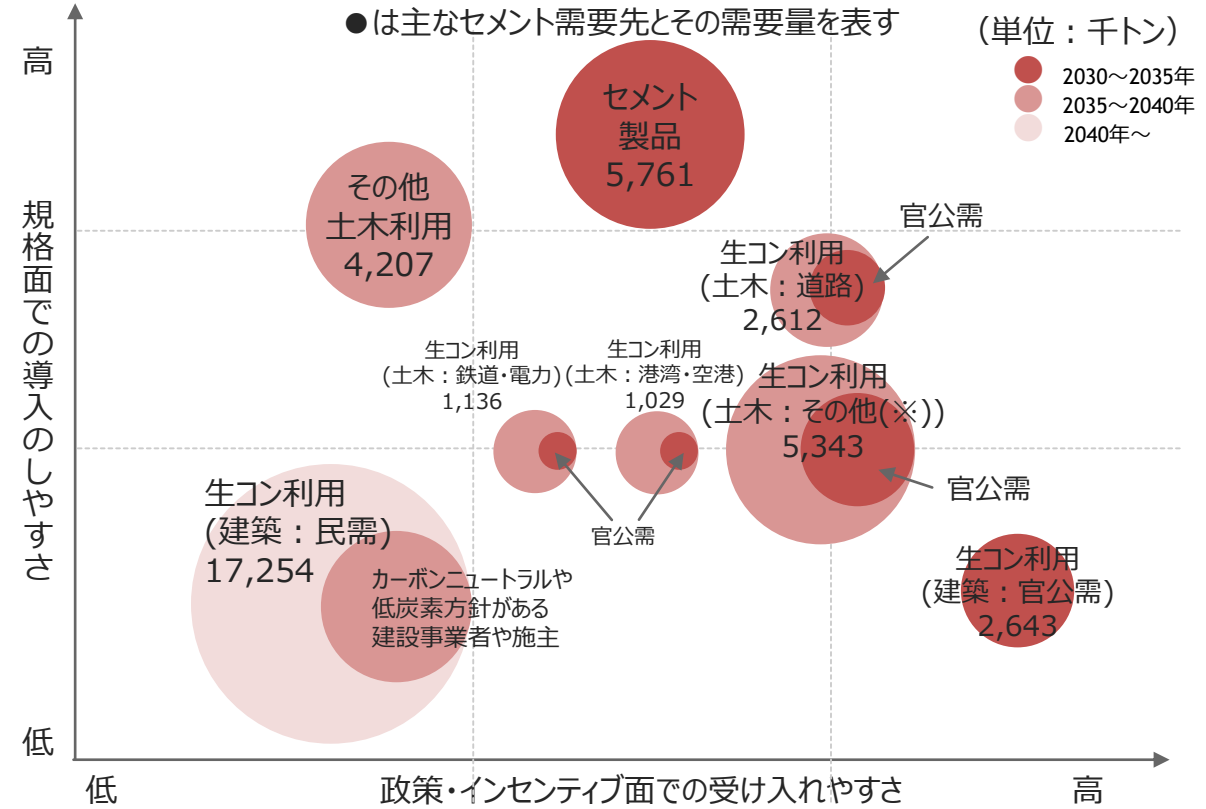
カーボンリサイクルセメントの導入・普及：公共調達をきっかけに様々なセメント需要家をターゲット

カーボンリサイクルセメント普及を目指す、国内の対象製品

カーボンリサイクルセメントは既存セメントに比べコストが高いことから、はじめは公共調達による導入を目指す。
また、セメント規格の観点では、建築用に比べセメント製品・土木用のセメントの方が柔軟であることから、それらの事業における導入を目指す。

カーボンリサイクルセメント市場のセグメンテーション

●は主なセメント需要先とその需要量を表す (単位：千トン)



(※) 治山・治水用、農林・水産用、上水道・下水道等
(出典) セメント協会「セメントハンドブック2021」、経済産業省「生コンクリート流通統計調査」の2018年データを用いて作成

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- ～2030年 技術開発
- 2030～2035年 土木・建築事業での公共調達、コンクリ製品で導入 (シェア100%)
- 2035～2040年 土木事業を中心に規格への適用が確認されたものへ導入、および低炭素ニーズがある需要家へ供給 (シェア50%)
- 2040年～ すべての需要家へ供給 (シェア30%)

主なプレーヤー

		消費量(2018年)	導入課題	想定ニーズ
仕様に合わせ、仲介事業者や組合を通じて発注	コンクリート製品製造業者	多くが地場中小企業	5,761千トン	・ 調達するセメントのコスト増 ・ ゼネコンの発注内容に合わせた製品の低炭素化
	生コン製造業者	大多数が中小企業。(2,907社/3,204工場) 協同組合や工業組合を結成し、発注を取りまとめていることが多い。	最大 30,015千トン	・ 調達するセメントのコスト増 ・ ゼネコンの発注内容に合わせた製品の低炭素化
	ゼネコン	国内総合建設業者	-	・ 建設費用のコスト増 ・ 発注者の低炭素化ニーズ
	発注者	政府、施主	-	ゼネコンが発注者のニーズに合わせて設計・仕様を決定し、仕様と各製品に求められる規格でセメント製品や生コンが製造される。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット②

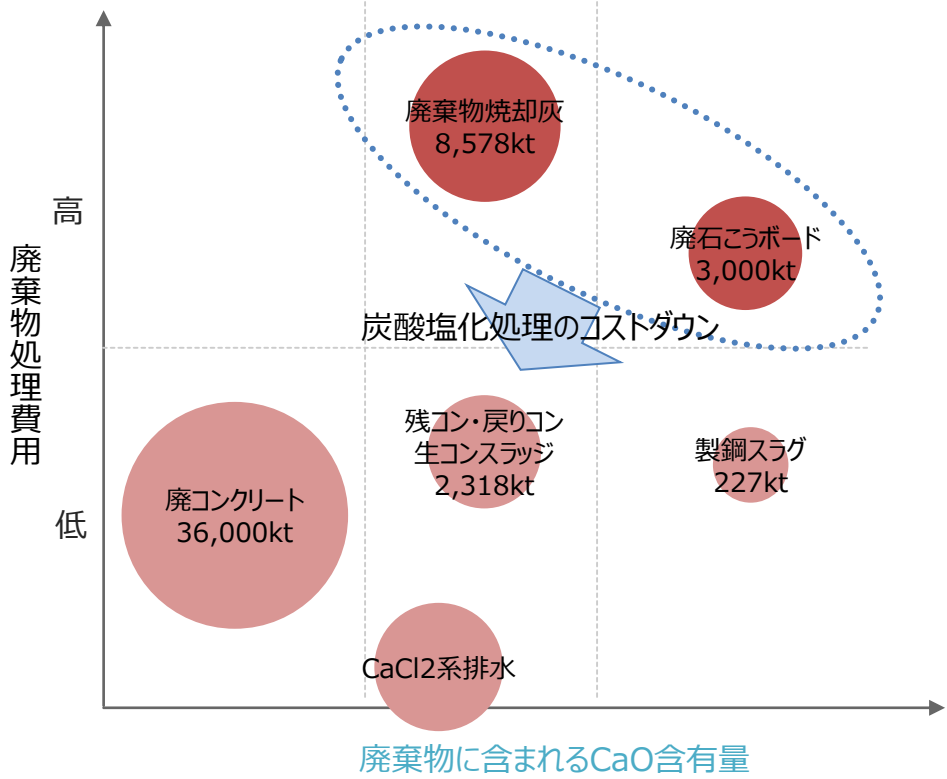
廃棄物処理事業の拡大：炭酸塩化技術により処理可能な廃棄物を拡大・循環型社会へ貢献

カルシウム源および廃棄物処理需要

技術開発によりカルシウム源となる原料の幅を広げ、より多くの廃棄物を処理することで、カーボンリサイクルセメントの販売だけではなく、廃棄物処理サービスの展開・拡大。

廃棄物処理市場のセグメンテーション

●は廃棄物発生量を示す。



ターゲットの概要

廃棄物処理費用／CaO含有量が高い廃棄物焼却灰&廃石膏ボードの事業化を検討すると共に、発生量の多いセメント系廃材を合わせて処理ができるよう、炭酸塩化処理のコストダウンを図りながら、対象領域を拡大する。

市場概要と目標とするシェア・時期

- ～2040 廃石膏ボード・廃棄物焼却灰(特に一般ごみ焼却灰)による鉱物固定化を普及展開
- ～2050 セメント系廃材による鉱物固定化を普及展開

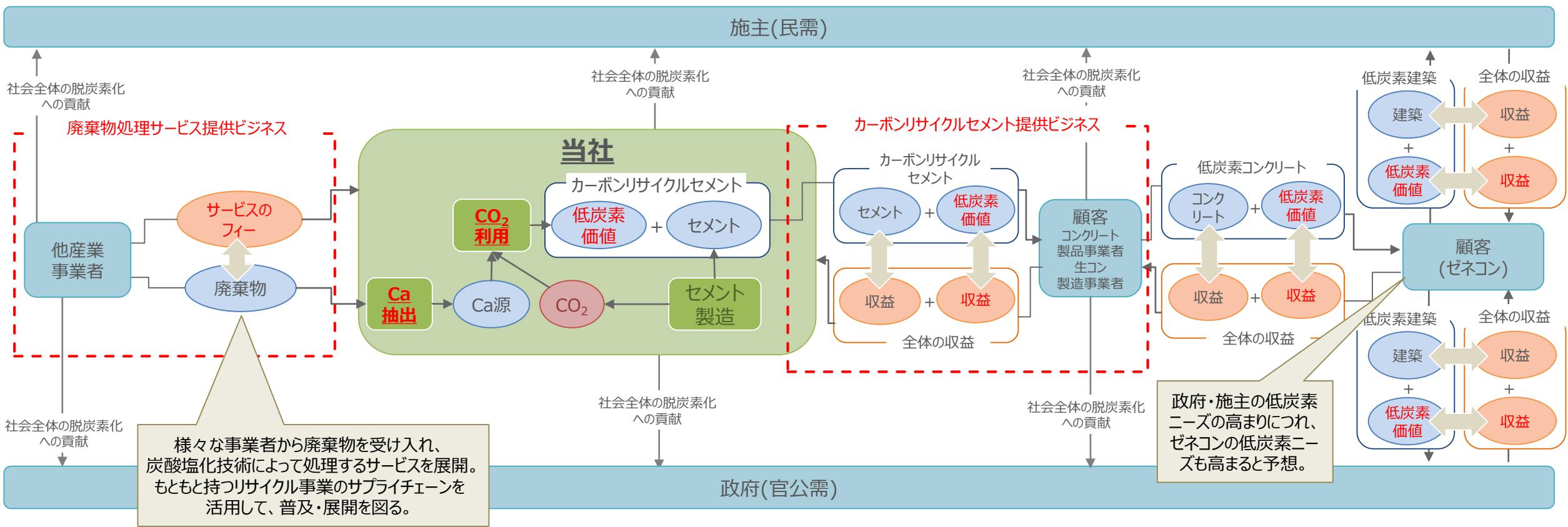
需要家	主なプレーヤー	発生量（2020年）	課題	想定ニーズ
廃棄物焼却灰	セメント同業各社 最終処分業者	8,578千t	一般廃棄物処理規制 広域収集	カーボンリサイクルセメント フィラー
廃石膏ボード	石膏ボードメーカー 産廃最終処分業者	1,500千t	フッ素、ヒ素の含有 アスベストの含有リスク	カーボンリサイクルセメント フィラー
製鉄スラグ	セメント同業各社 産廃最終処分業者	227千t	重金属の取り扱い	カーボンリサイクルセメント フィラー
残コン 戻りコン	産廃最終処分業者	2,318千t	コンクリ微粉の処理	カーボンリサイクルセメント フィラー
廃コン	路盤材碎石業者	36,000千t	コンクリ微粉／骨材の処理	カーボンリサイクルセメント フィラ 再生骨材の有効利用

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

カーボンリサイクルセメント及びその製造技術によって低炭素な製品・サービスを提供する事業を創出/拡大

将来的に政府や施主といった最終的なユーザーの低炭素・脱炭素ニーズが増加していくにつれ、セメントの規格を決めるゼネコンのカーボンリサイクルセメントのニーズが増加することが予想される。カーボンリサイクルセメントの提供により、建設業界を通じた脱炭素への貢献が可能。
また、再利用できる廃棄物の幅を広げ、様々な事業者から廃棄物を受け入れセメント製造でリサイクルすることで循環型社会形成への貢献が可能。

セメント工場を中心に上流=廃棄物処理の拡大，下流=カーボンリサイクルセメントの拡販 という二つのビジネスモデルを共存



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）

セメント関連JISの見直し等行い、早期に少量利用からでも可能になるようルール形成を推進

海外の標準化や規制の動向

（海外の標準化動向）

- 欧州セメント規格 EN-197-1 多様な混合セメントがあり、石灰石の利用を進めやすい規格体系（2000年～）

（規制動向）

- 人工石灰石は合成であるため、JIS規格などでは石灰石として認められていない。（少量混合成分、混和材料としての石灰石）



標準化の取組方針（標準化以外の場合、その手段あるいは方法を記載）

- 少量混合成分としての石灰石として認めてもらうようにJIS変更を実施する。
- 石灰石混合セメントのJIS策定の必要。（人工石灰石だけではなく、天然石灰石を含めることが妥当）
- 人工石灰石を原料としたセメントのCO₂排出係数の算定方法
- 将来的にJISをベースとしたISO化に向けて取り組む

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

（例1）セメント関連JISの策定

- | | |
|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">原料
利用
(焼成)</div> | • 現行ポルトランドセメントの規格においては、焼成後の鉱物割合、強度などの品質規格値が設定されているが、用いる原料に関しては特段基準はない。そのため人工石灰石の焼成原料への利用については、現行ポルトランドセメントと同等のものができると実証し、現行JISに合致するポルトランドセメントを製造する方が、多様な事業者が参入できる可能性が高い。少量混合成分として石灰石を用いることは認められよう、セメント協会に問題提起。 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">原料
利用
(増量材)</div> | • 2000年にTRまでできた「石灰石フィラーセメント」という、いわゆる石灰石混合セメントの規格案をベースにすることはできないか。 |

（例2）土木学会コンクリート標準示方書、J C I 規準・指針への反映

- カーボンリサイクルセメントの普及拡大は、如何にコンクリート分野の規準に反映できるかにかかっている。
- 試験施工事例なども含む、より多くの実証データの提示必要⇒国交省工事案件への適用検討

（例3）JCI「カーボンリサイクル評価方法のJIS 原案作成委員会」

- コンクリートへのCO₂固定量の評価定量方法に関するもの
- 人工石灰石を混合セメントとして利用された時の評価方法などについても取込めるよう働きかける

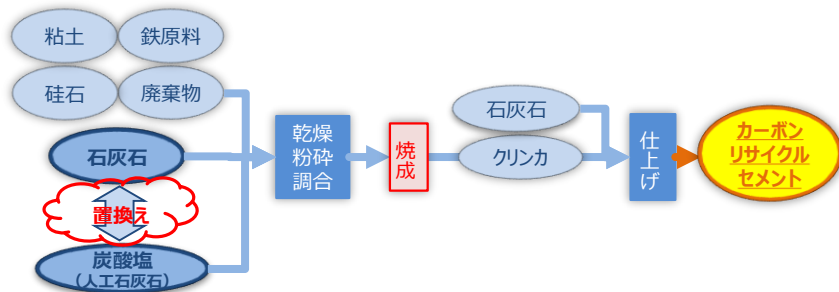
知財、その他規制等に関する取組方針・内容

- | | |
|---|-------|
| <ul style="list-style-type: none">積極的な特許出願海外出願移行 | などの実施 |
|---|-------|

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） 参考資料①

人工石灰石のカーボンリサイクルセメントへの利用形態と想定されるセメント関連規格など

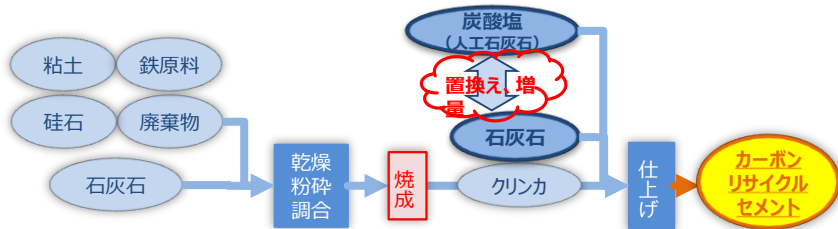
ケース①：セメント原料利用（焼成）



- ・JIS R 5210 ポルトランドセメント
⇒ その他の規格/ガイドラインを一切変更する必要なし

人工石灰石を利用しても、
通常の規格内のポルトランドセメントクリンカを、
何ら問題なく製造することができることを実証

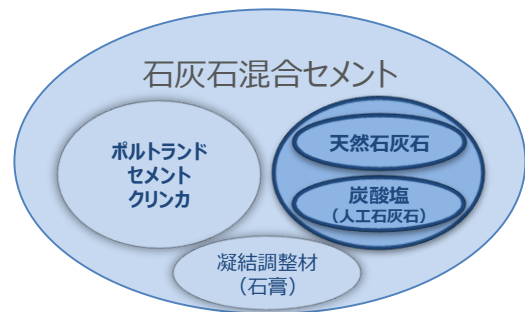
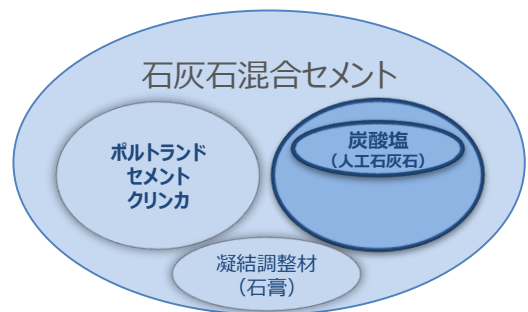
ケース②：セメント原料利用（増量材）



- ・JIS R 5210 ポルトランドセメント「少量混合成分」に
利用できるようにする ⇒ 他の関連規格への影響なし

- ・「石灰石混合セメント」のような新規JISが必要
⇒ 化学分析方法、コンクリートJIS、
設計施工規格ガイドラインに影響あり
多くの製法の人工石灰石のデータ取得

- ・セメントの規格・基準として、排出係数の算定方法、固定量の評価方法などの必要性
CO₂削減効果を含めたカーボンリサイクルセメント規格・基準
⇒ セメント製造の排出係数の計算方法の規定（ISO/DIS19694-3, GCCA）
⇒ コンクリート・炭酸塩などへのCO₂固定量の評価方法について、
JCI「カーボンリサイクル評価方法のJIS 原案作成委員会」



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

セメント製造における廃棄物処理技術という強みを活かして、
社会・顧客に対して「カーボン・カルシウムのリサイクル」という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

これまでのセメント産業における知見やノウハウと、既に資源循環社会の中核を担う強みを活かして、安定した品質の「カーボンリサイクルセメント」の提供が可能。

- ターゲットに対する提供価値
- CO₂を固定化している炭酸塩を使用したセメント「**カーボンリサイクルセメント**」
 - 安定した品質**のカーボンリサイクルセメント
 - コンクリート、ゼネコン等の**脱炭素経営**への協働







- 自社の強み
- セメントメーカーとしての**製品開発力および供給力**
 - 資源循環社会の中核**を担う技術力
 - 廃棄物の原材料活用への独自技術・ノウハウにより廃棄物利用原単位**業界最高レベル**
 - 「災害廃棄物の受入」など自治体との包括連携協定

- 自社の弱み及び対応
- 資源循環社会構築のため**様々なステークホルダーとの連携**を推進する
 - 廃棄物の収集運搬、中間処理
 - 利用先の確保、ゼネコン・発注者との連携
 - 関係省庁との連携

他社に対する比較優位性

新しい炭酸塩化技術を開発することで、これまで培ってきた、大企業ならではの顧客基盤やサプライチェーン、経営資源を活かし、カーボン・カルシウムどちらもリサイクル可能なサプライチェーンおよび社会を構築。

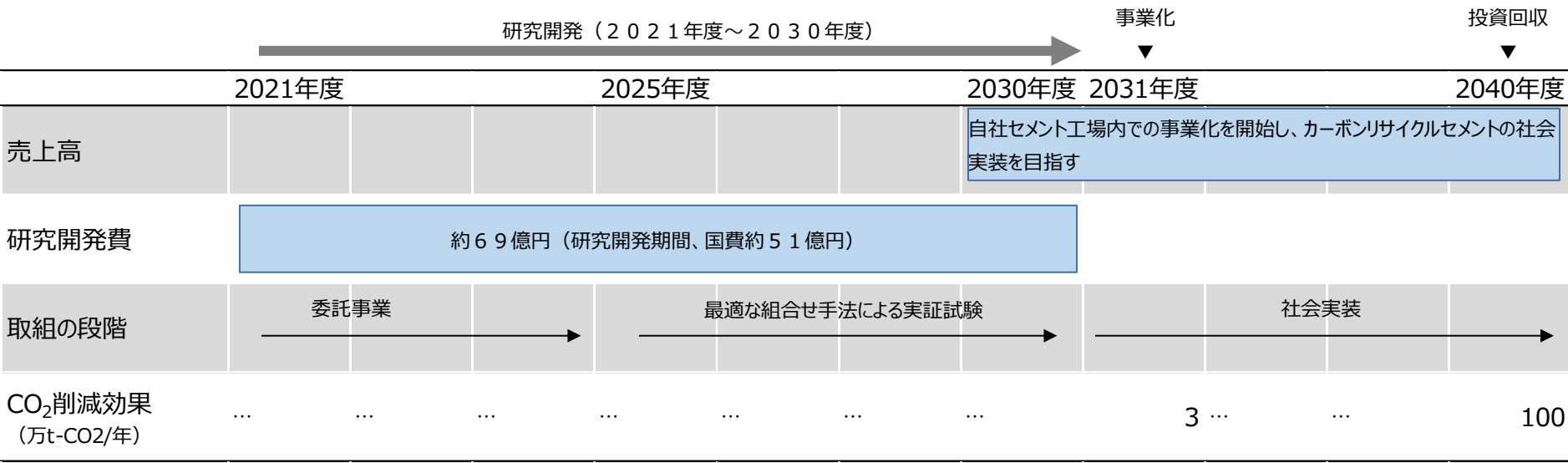
	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	<ul style="list-style-type: none">要素プロセスの動作確認／基礎的検討が完了  <ul style="list-style-type: none">カーボンリサイクルセメント製造技術を確立幅広い廃棄物をCa源として利用する技術開発	<ul style="list-style-type: none">セメント国内シェア20%  <ul style="list-style-type: none">セメント国内シェアを維持しつつ、地場企業と協業しながらアジアへ展開	<ul style="list-style-type: none">日本各地へのセメント供給サプライチェーン廃棄物の調達容易性  <ul style="list-style-type: none">利用先（ゼネコン）との共同開発／同業者（UBE三菱セメント）との連携カーボンリサイクルセメントとしての利用用途を拡大石灰石骨材の販売ルートを活用	<ul style="list-style-type: none">セメント製造の知見・ノウハウ、関連する設備の保有  <ul style="list-style-type: none">セメント製造以外の事業（リサイクル事業など）を展開。それらの知見・ノウハウ、顧客、サプライチェーン利用可
競合A社	<ul style="list-style-type: none">スラグ／石炭灰から有機酸でCa抽出する。有機酸が品質に悪影響圧力容器を用いるため設備費大（商用レベル）	<ul style="list-style-type: none">米国、中国に拠点ベンチャー企業で経営基盤脆弱中国ユーザーが商用プラントを建設計画JCOAL サンプル評価中	<ul style="list-style-type: none">フィラーとしての利用を中心に展開	<ul style="list-style-type: none">スタートアップ企業ならではの柔軟性
競合B社	<ul style="list-style-type: none">Ca/Mg含有ブライン溶液からの回収処理対象が限定的（ブラインのみ）（ラボレベル）	<ul style="list-style-type: none">英国に拠点のスタートアップ企業技術ライセンスビジネス	<ul style="list-style-type: none">セメント増量材として製造し供給計画	<ul style="list-style-type: none">スタートアップ企業ならではの柔軟性

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

1 0年間の研究開発の後、2 0 3 0年頃の事業化、2 0 4 0年頃の投資回収を想定

投資計画

- ・2030年頃、事業化を開始。自社セメント工場への設備投資を継続し、順次他社への展開を目指す
- ・投資回収は2040年頃を見込む



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

複数の炭酸塩化技術を検討し、得られた多くの知見・データを有効に活用・応用して、事業性の高い技術を実証する。
それにより二酸化炭素削減効果の高いカーボンリサイクルセメントを安定的に供することが可能な事業を構築、社会実装していく。

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

- インダイレクトカーボネーションによる技術開発を山口大、京都工芸繊維大と、ダイレクトカーボネーションについては東京大と連携を図り、オープンイノベーションを進め、開発の効率アップを図る
- 炭酸塩化技術開発に関しては、複数の手法（インダイレクトカーボネーション、ダイレクトカーボネーション）を競争的に開発し、活性化を図る
- カーボンリサイクルセメントの利用先（大成建設社）も参画し研究開発を推進する
- 炭酸塩の有効利用先（紙、プラスチック）など他分野との連携を図る
- カーボンリサイクルセメントを広めるためのガイドラインの策定を利用者（大成建設）と進める

- 事業化においては低炭素の電力が、安価に利用できる必要があるため、バイオマス発電など活用を図る
- カルシウム源の安定調達ができるよう、カルシウム源種類を限定しないよう設備設計を行い、適切な製造システムとする

- カーボンリサイクルセメント(CRC)の製品コンセプト：**買い手の企業価値向上・脱炭素経営願望に応える
- CRCの製品要求事項：**焼成原料・増量材の2方向で製造、品質安定、標準化、需要側規格による材料指定
- CRCの価格：**環境価値の価格反映＝市場の支払い意思強度に応じた環境価値のプレミアム設定方法検討
- CRCの広報：**環境価値のLCA的エビデンス、プライシング根拠や標準化・需要側の材料指定活動の成果発信、供給体制の構築状況発信、将来の炭素税への効力、流通経路全体に向けた垂直統合的プロモーション
- CRCの流通：**生コン・PCa会社→ゼネコン→最終需要家の構造は基本的には変わらないと想定

進捗状況

- 各炭酸化手法の実験機的设计・一部建設を開始
- 一部炭酸塩を用い、コンクリート製品の試作と試験施工を実施

- スタートアップ時は、自社セメント工場における事業化を想定。そのためセメント工場の効率化・低炭素化が重要となる。必要となる設備投資計画の策定と実施

- 国内出願のPCT出願移行
- 他産業ユーザーの開拓・ヒアリング開始

国際競争上の優位性

- 海外においては、セメント会社が鉱物固定化の技術開発をする例は見られず、固定化後に発生するCa抽出残渣などをセメント原料化できることは、競争優位となる
- セメントの利用先であるコンクリートとしての性能を十分に評価した技術を提供できる。さらにガイドラインの策定も行うため、技術指導も可

- 国内製造品を海外に輸出するところから始め、国際的にも市場を確保しつつ、当該技術のライセンスを売り込み、技術利用先を徐々に増やしていくことを想定
- アジア・豪州へのセメント輸出における関係を十分に活用し、顧客を獲得する

- アジア発展途上国に対して、廃棄物処理技術を含めた社会的課題の解決を同時に図ることができる。
- より多様なカルシウム源を利用できることは、事業を実施する上で優位なポイントである
- さらに、出発原料に左右されない安定した品質の炭酸塩を作ることが可能である点も商品価値を高めると考える

将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組内容

複数の炭酸塩化技術を検討し、得られた多くの知見・データを有効に活用・応用して、事業性の高い技術を実証する。
それにより二酸化炭素削減効果の高いカーボンリサイクルセメントを安定的に供することが可能な事業を構築、社会実装していく。

スタートアップ時は自社実施となるため、その周辺環境を整える必要がある

1)原料／燃料

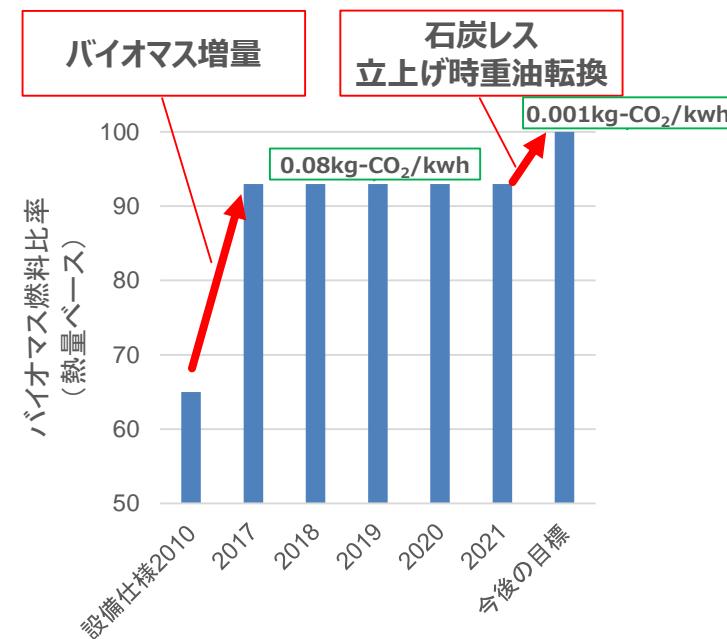
- 多様なCa含有廃棄物をどう確保するか（原料）
 - ・ Ca含有廃棄物の収集サプライチェーン構築＝調査検討中
 - ・ 産廃処理業者との関係深化，新たな再生骨材・路盤材業者の発掘
- 使用エネルギーの低炭素化（化石燃料の節減）など
 - ・ 化石エネルギー代替率の向上（廃油、廃プラ等の更なる拡大）
 - ・ 木質バイオマスの使用率増大（自家発電使用含む）
 - ・ 自家発電の低炭素燃料化（燃料転換）
 - ・ 最新設備への設備更新による更なる省エネ など

2)利用先

- スタートアップ時のユーザー（ローンチユーザー）確保
 - ・ 人工石灰石の利用ユーザーの囲い込み
価格が高くて、積極的に使用してもらえるユーザー（軽質炭酸カルシウムのユーザーなど）が必要
カーボンリサイクルセメント・人工石灰石の価値を見出し、商品化力・提案力のある企業へのアプローチ

3)資金面

- トランジションファイナンス利用検討



1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、7 8 億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

- ・自己資金により全事業計画の費用を調達予定

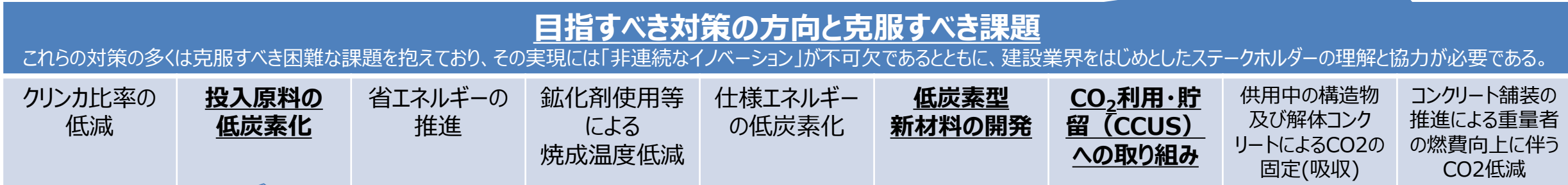
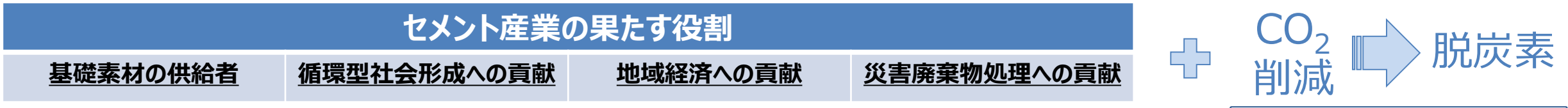
	2021年度	…	…	2030年度	2031年度	…	…
事業全体の資金需要	約 6 9 億円					カーボンリサイクルセメントの事業化 (社会実装) 自社セメント工場への設備投資を継続し、順次他社への展開を目指す	
うち研究開発投資	約 6 9 億円						
国費負担※ (委託又は補助)	約 5 1 億円						
自己負担 (A + B)	約 1 8 億円						

上記記載の自己資金については、当社キャッシュフローから充当する。
また2031年度以降の社会実装段階では、グリーンボンド等の資金調達スキームの活用も検討する

※インセンティブが全額支払われた場合

(参考1) 国内におけるセメント業界の脱炭素化動向

- セメント協会は2020年3月に「脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン」を発表。
「セメント産業が2050年、さらにはその先という不確実な将来を展望し、現時点において2050年の長期目標や最終到達点としての「脱炭素社会」の実現に向け、目指すべき方向性を示すビジョンである。」としている。



- 脱炭酸されたカルシウム源を含む廃棄物・副産物の利用拡大
原料代替として用いられる高炉スラグや都市ごみ焼却灰などはセメント製造や品質に影響を及ぼす成分が含まれていることから使用量が限定されることが課題
 - コンクリートのリサイクル
生コン工場で発生するスラッジや微粉等もクリンカ原料としての利用が期待できるが、集約システムの必要性、セメントの製造や品質に影響を及ぼす成分が濃縮されることが課題
- CO₂を吸収して硬化したり、製造時のCO₂排出を抑える技術の開発が行われるが、課題も多く大量にセメントの置き替え得る結合材にはなっていない
- セメント産業の脱炭素には相当部分をCCUSに依存せざるを得ないが、回収技術は特に材料や条件など、セメント工場の排ガスに合わせたものを確立することが必要である。また、CO₂分離回収には現状ではエネルギーが多量に必要でコスト低減も課題。加えて回収CO₂の貯留や利用方法も課題となる。

(参考2) 海外におけるセメント業界の脱炭素化動向

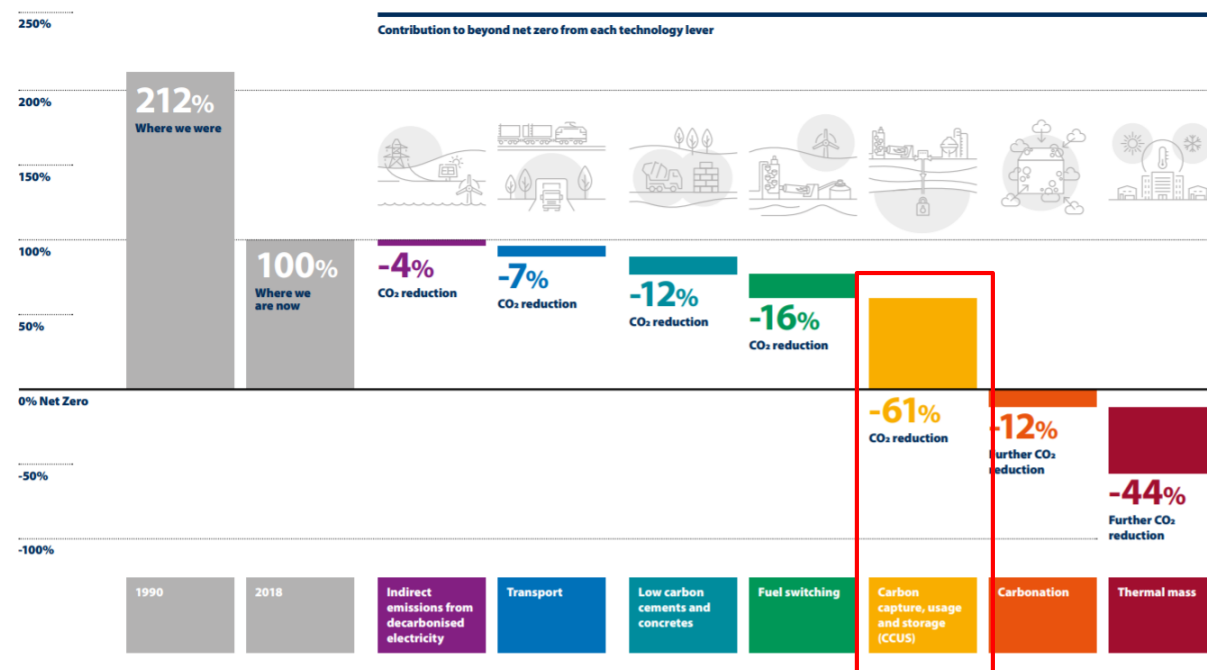
- GCCA(グローバルセメント・コンクリート協会)は2020年9月、2050年までにカーボンニュートラル達成を目標とする声明「2050 Climate Ambition」を発表。コンクリートの長期的なサステナビリティに関する世界的見地が示され、建設業界の大きなマイルストーンとなる。GCCAは具体的な活動とマイルストーンを設定するため、2050年に向けたロードマップを開発しており、2021年後半の公開を予定している。
- その他、フランスや英国など、セメント・コンクリート業界が脱炭素ロードマップを示すなど、同業界の脱炭素の潮流は強まっている。
 - 同業界の脱炭素には、CCUSへの期待が高いこともわかる。

GCCAが示すカーボンニュートラル達成に向けた方策

カーボンニュートラルコンクリートを実現に向けた方法

- 直接エネルギーで排出されるCO₂を削減してゼロにし、他産業由来の廃棄物の共同処理を最大化する。
- 再生可能エネルギー源によって、間接エネルギー排出を削減する。
- 新技術と大規模なカーボンキャプチャー（炭素隔離貯留技術）の導入により、プロセスにおけるCO₂排出量を削減する。
- セメントのクリンカ（セメントの原料を焼いた後に冷却してできる水硬性をもった塊）比率とコンクリートにおけるセメント使用量を減らし、コンクリートをより効率的に使用する。
- 建設および解体廃棄物からコンクリートを再処理して、コンクリート製造に使用する再生骨材を製造する。
- 大気中からCO₂を吸収して貯蔵するコンクリートの性能を向上させ、利用する。

英国のセメント・コンクリート業界における脱炭素ロードマップ



(参考3) セメント需要家(建設業界など)の脱炭素化動向

・ 建設業界における脱炭素化動向

- 日本建設業連合会は、資材の調達から施設の設計・施工、さらには運用・改修・解体にわたる各段階でCO₂の排出抑制に取り組むことを推進。特に施工段階におけるCO₂排出量抑制目標を下記のように設定している。
- SBTコミットしている国内建設事業者は13企業(2021年3月現在、中小企業除く)
 - ✓ 安藤・間／熊谷組／ジェネックス／清水建設／住友林業／積水ハウス／大東建託／大成建設／大和ハウス工業／高砂熱学工業／東急建設／戸田建設／前田建設工業／LIXILグループ

□ 施工段階におけるCO₂の排出量抑制目標

○ 施工段階におけるCO₂排出量*を

2030～40年度のできるだけ早い段階で 2013年度比 40% 削減	▶	スコープ1,2 排出量を 2050年までに実質ゼロ
---	---	---------------------------------

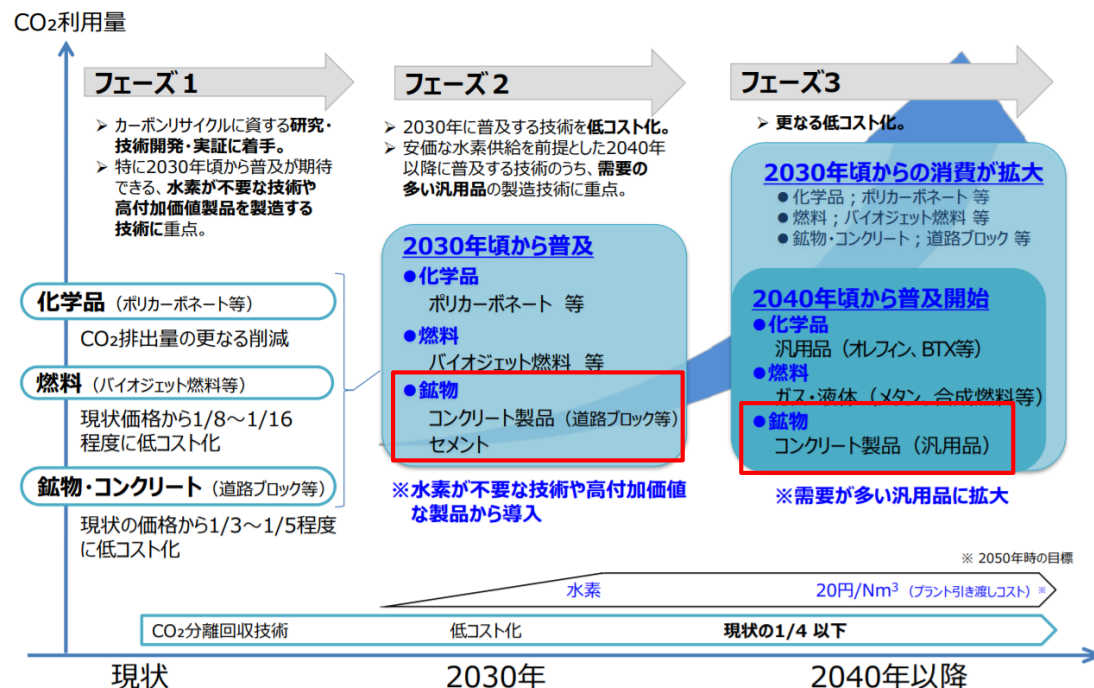
※CO₂排出総量は生産活動の規模（施工高）に大きな影響を受け実態が把握しにくいいため、施工高当たりの原単位（t-co₂/億円）を目標値としています。

1. 事業戦略・事業計画／参考資料④

(参考4) セメント・コンクリートのカーボンリサイクル技術のマイルストーン(カーボンリサイクル技術ロードマップ)

- 「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、カーボンリサイクル技術で製造されたセメント・コンクリートの普及は、道路ブロック等のコンクリート製品やセメントは2030年頃から、汎用品は2040年頃からの普及を目指している。

カーボンリサイクルが拡大していく絵姿



セメント・コンクリートのカーボンリサイクル技術の課題と、2030年・2040年のターゲット

● コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などの製造技術

<技術課題>

- 鉄鋼スラグ、廃コンクリート、石炭灰等の産業副産物、廃鉱物、海水（かん水）等からの有効成分（CaやMgの化合物）の分離（分離後の副生物の処理を含む）
- CO₂との反応性を高めるための有効成分の微粉化および分離等の前処理の省エネ化（乾式プロセス）
- 湿式プロセスでの省エネ化（重金属類等の安価な排水処理等）
- 安価な骨材、混和材等の開発、配合の最適化及びこれら材料による複合製造技術
- 炭素・炭化物の生成エネルギー削減、分離、精製
- スケールアップ

<1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー>

- 500 kWh/t-CO₂（高炉スラグ利用、乾式プロセス）

<その他課題>

- CO₂発生源から製造・供給までの連携したシステム構築・プロセスの最適化（CO₂固定化量や経済性の最適化）
- 用途拡大と経済性の検証（炭酸塩の利用技術の開発と実証 - コンクリート製品・コンクリート構造物への適用への検証、蛍光材料等の高付加価値品の開発等）
- 土木・建築資材としての長期間の性能評価、規格・ガイドラインの整備

<具体的な取組>

- 廃コンクリート等の産業副産物、廃かん水等に含まれるCa・Mgを活用した炭酸塩化技術開発
- コンクリート用骨材、土壌改良材、ガラス原料等への用途拡大のための技術開発
- CO₂還元、炭素化要素技術開発

※鉄鋼スラグや石炭灰等は、現在でも多くがコンクリート材料として利用されているが、炭酸塩の形では使われていない。

2030年のターゲット

<コスト見込み>

- 道路ブロック：既存のエネルギー・製品と同等のコスト

<1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー>

- 200 kWh/t-CO₂（原材料と反応プロセス問わず）

<CO₂利用>

- 鉄鋼スラグや石炭灰の10%程度を炭酸塩化

<その他>

- 大規模実証
- コストダウン追求
- 国内外の適地調査
- なんらかのインセンティブを付けることによる需要の促進（公共事業等における調達など）

<具体的な取組>

- 原料の拡大（石炭灰、バイオマス混焼灰、廃コンクリート等）→鉄鋼スラグ、廃鉱物、海水（かん水）利用等

<技術目標>

- CO₂反応量、反応速度を高める効果的な炭酸塩化手法の開発
- CO₂有効利用コンクリート製品の適用範囲拡大
- 高付加価値化（炭素繊維、ナノカーボン等）
- カーボンリサイクルセメントの開発

2040年以降のターゲット

<コスト見込み>

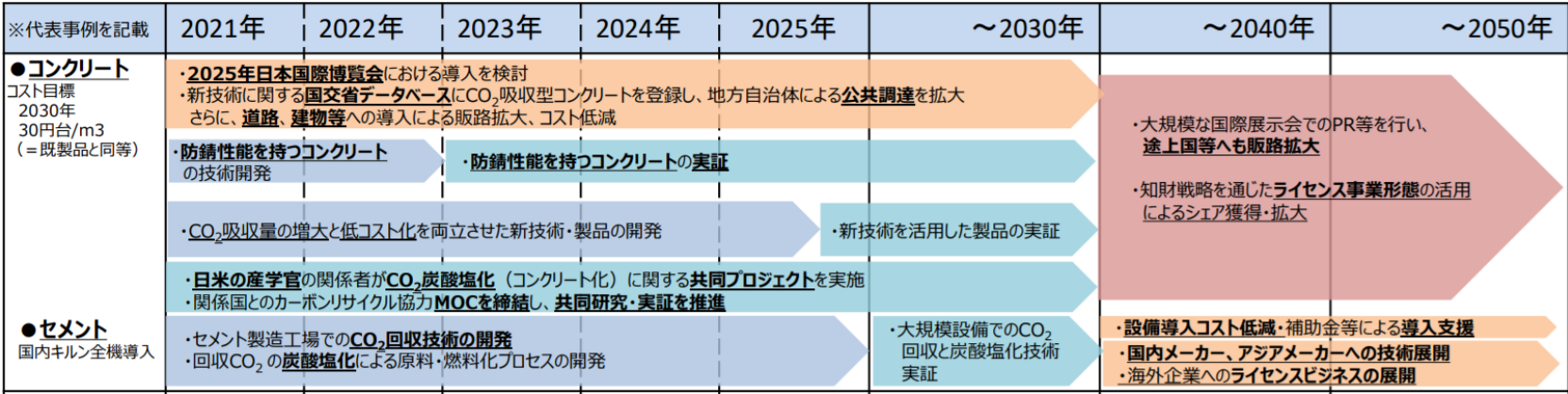
- 道路ブロック以外：既存のエネルギー・製品と同等のコスト
- 汎用品（電極、活性炭）と同等コスト

<CO₂利用>

- 鉄鋼スラグや石炭灰の50%程度

(参考5) セメント・コンクリートのカーボンリサイクル技術のマイルストーン(グリーン成長戦略)

- 「グリーン成長戦略」では、2050年カーボンニュートラルに向けた重点分野の1つにカーボンリサイクル産業を掲げており、セメント・コンクリートのカーボンリサイクル技術について以下のマイルストーンを提示している。



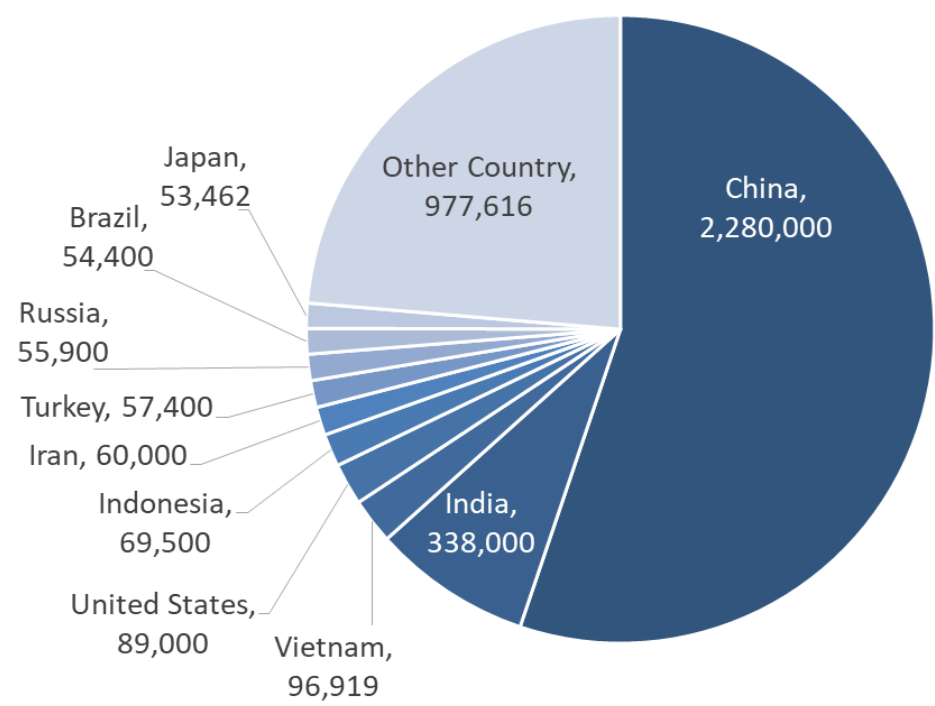
コンクリート・セメント	現状と課題	今後の取組
	CO₂を吸収して造るコンクリートは実用化済だが、市場が限定的 <ul style="list-style-type: none">CO₂-SUICOMはコスト高。CO₂吸収量が限定的、コンクリートの中の鉄骨がさびやすいため(CO₂吸収により酸化しやすくなるため)、用途限定。	公共調達を活用し、販路拡大・コスト低減 <ul style="list-style-type: none">コスト目標として、2030年に既存コンクリートと同価格、2030年に防錆性能を持つ新製品を県k地区用途にも使用可能に。市場規模は2030年で世界で約15～40兆円を見込む。<ul style="list-style-type: none">① 公共調達による販路拡大<ul style="list-style-type: none">✓ 新技術に関する国交省のデータベースにCO₂吸収型コンクリートを登録。国・地方自治体による公共調達を拡大。2025年日本国際博覧会でも導入を検討。さらに国際標準化を通じ、アジアへの販路を拡大。② 更なる販路拡大<ul style="list-style-type: none">✓ 防錆性能を持つ新製品を開発。建築物やコンクリートブロックに用途拡大。標準化導入に向けた支援による民間部門での需要拡大を検討。✓ CO₂吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品の開発と知財戦略を通じたライセンス事業形態の活用によるシェア獲得・拡大
	石灰石の燃焼時にCO₂が発生、しかし大量のCO₂回収技術が未確立 <ul style="list-style-type: none">キルンから1日当たり数千トンのCO₂が発生。現行技術(化学吸収法)では大規模化。炭酸塩化技術もCO₂利用量が少なく、またカルシウム源も限定的。	新たな製造プロセスの確立・炭酸塩の利用拡大 <ul style="list-style-type: none">2030年までに石灰石からの排出CO₂を100%近く回収する技術の確立を目指す。廃棄物等を用いた炭酸塩やカーボンリサイクルセメント技術の確立し、炭酸塩の利用拡大を図る。2050年までに国内工場への導入や東南アジア等のプラントとの技術協力、カーボンリサイクルセメントの普及拡大をめざす。

(出典) 経済産業省「グリーン成長戦略」

(参考 6) 世界各国のセメント生産量の現状と見通し

- 世界の現在のセメント生産量と、IEAによる2050年までのセメント生産量の見通しは以下のとおり。
- 日本を除くアジア(中国、韓国、台湾、インド、ASEAN)は、世界の生産量の約71%を占める。

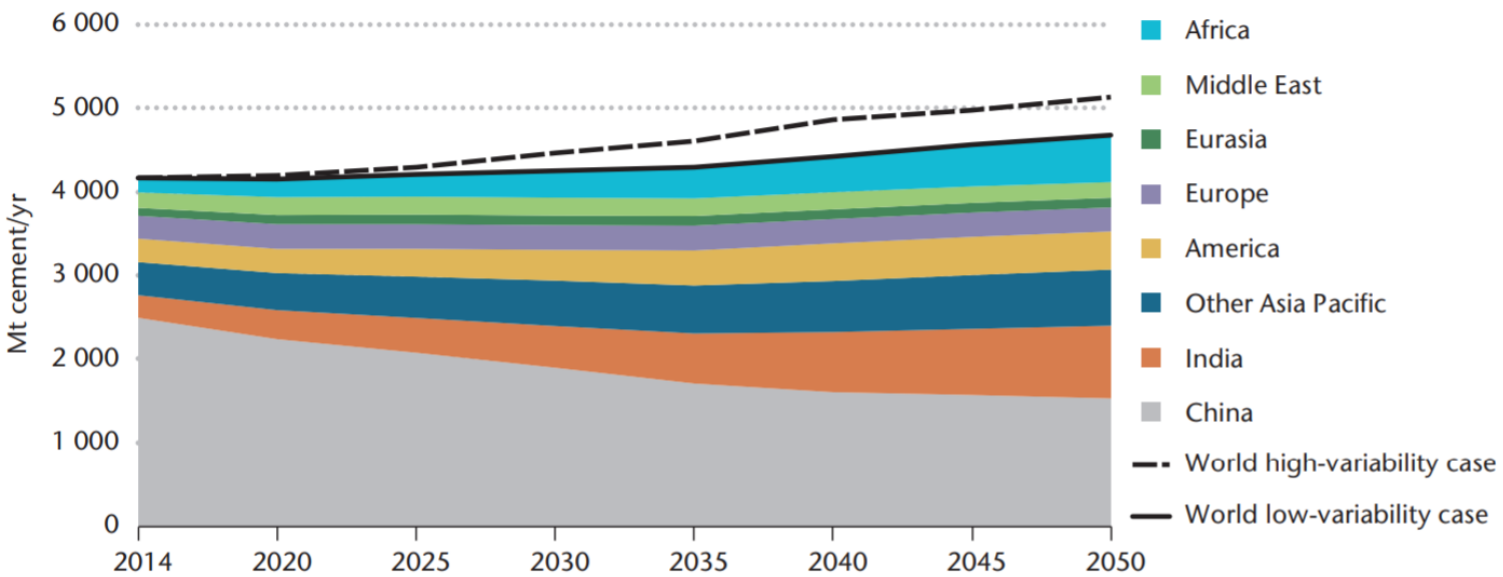
世界のセメント生産量(2019年、単位：千トン)



(出典) National Minerals Information Center
「Cement Statistics and Information」より作成

世界のセメント生産量の見通し

Figure 4: Cement production by region



Note: See Annex for regional definitions.

Sources: Base year cement production data from van Oss, H. G. (2016), 2014 Minerals Yearbook: Cement, United States Geological Survey data release, <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/myb1-2014-cemen.pdf>.

(出典) IEA「Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry」(2018年4月更新版)

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標（全体像）

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 4

多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立

研究開発内容

1.炭酸塩化技術開発

2.炭酸塩利用技術開発

アウトプット目標

- ・ **インダイレクトカーボネーション方式（IDC方式）**：カルシウム源に含まれる**CaOの80%以上を抽出**し、炭酸塩 1 t あたりに固定するCO₂固定量を420kg以上とする
- ・ **ダイレクトカーボネーション方式（DC方式）**：カルシウム源に含まれる**CaOの15%以上を抽出**し、炭酸塩 1 t あたりに固定するCO₂固定量を400kg以上とする
- ・ 炭酸塩の生成コストを、従来の石灰石の市価の**5倍程度**とする
- ・ 炭酸塩利用技術のガイドラインを策定する

KPI

炭酸塩CO₂固定量
IDC：CaO抽出率80%以上 & 420kg/t-炭酸塩以上
DC:CaO抽出率15%以上・400kg/t-炭酸塩以上

炭酸塩の販売価格比

セメント原料（焼成）への利用率を100%

セメント原料（増量材）への利用率を20%以上

カーボンリサイクルセメントの利用技術ガイドライン策定

KPI設定の考え方

IDCとDCにより抽出率と固定量の達成の容易さは異なるため、それぞれ設定する。ただ社会実装計画のアウトプットで示された炭酸塩 1 t あたりのCO₂固定量400kg-CO₂以上を指標とする。

Ca源の取り扱いを廃棄物処理事業と捉え、廃棄物の処理費用を考慮しつつ、製造コストを積算し、販売価格として設定する。（現状の石灰石の市価：2円/kgとし、10円/kg程度を目指す）

セメント焼成原料への利用率について、天然石灰石由来のCaOを、回収した炭酸塩由来のCaOに置き換えた割合を利用率とし指標とする。

セメントのクリンカ比率低下させるため、少量混合成分、混和材としてどれだけ利用できるかを指標とする。

ガイドライン策定、規準化、JIS化などの策定プロセスの段階的チェックと進捗管理

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）

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.炭酸塩化技術開発	炭酸塩CO ₂ 固定量	<インダイレクト> 応用研究 (提案時TRL3⇒現状TRL3) <ダイレクト> 応用研究 (提案時TRL3⇒現状TRL3)	実機実証 (TRL 6)	<ul style="list-style-type: none">回収塩の炭酸カルシウム純度を高める<ul style="list-style-type: none">IDC：効率的な抽出検討と実験機による各要素技術の連動検討をしプロセスとしての確立／効率的な水処理の検討DC:浮遊選鉱等物理選別による炭酸塩の高純度化	ラボレベルでの知見
	炭酸塩の販売価格比	応用研究 (提案時TRL3⇒現状TRL3)	実機実証 (TRL 6)	<ul style="list-style-type: none">プロセスの効率化<ul style="list-style-type: none">BMEDの効率アップ（カリウム塩の利用）／Ca抽出割合の最適化／炭酸塩純度など回収物の最適化／設備の簡略化設備の簡略化	ラボレベルでの知見であるが達成可能 コスト高くなる可能性あり
2.炭酸塩利用技術開発	セメント原料（焼成）への利用率	応用研究 (提案時TRL3⇒現状TRL3)	実機実証 (TRL 6)	<ul style="list-style-type: none">テストキルンでの試験焼成、セメントを試作し物性評価確認<ul style="list-style-type: none">電気炉試作による、モルタル物性確認研究開発項目③の実験機での試験焼成	セメント会社としての知見により達成可能
	セメント原料（増量材）への利用率	応用研究 (現状セメント5%置換) (提案時TRL3⇒現状TRL3)	実機実証 (TRL 6)	<ul style="list-style-type: none">セメント少量混合成分・増量材などとして利用<ul style="list-style-type: none">方式① セメント少量混合成分としての利用方式② JIS範囲を超える添加方式③ フィラー用途への展開	コンクリート工学における知見によるが達成可能
	カーボンリサイクルセメントの利用技術ガイドライン策定	規格などは無個別技術としては成立 (提案時TRL3⇒現状TRL3)	TRの作成 規格・基準化	<ul style="list-style-type: none">セメント少量混合成分など増量材として利用	コンクリート工学における知見によるが達成可能

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

1 炭酸塩技術開発

直近のマイルストーン

実験機を稼働させ、開発を進める



これまでの（前回からの）開発進捗

- ・1-a)実験機主機（固液分離装置）再選定中（実験機23年度末稼働計画）
- ・1-b)実験機の詳細仕様確定、発注済み（実験機22年度末稼働予定）
- ・1-c)試験装置発注済み（実験機22年度下期稼働予定）
- ・1-d)設備仕様決定などに向けた試験実施中（実験機24年度稼働計画）
- ・1-e)試験装置発注済み（実験機22年度下期稼働予定）

進捗度

○
・（理由）
計画した内容については、予定通り進んでおり、設置され次第、実験開始する。

2 炭酸塩利用技術開発

人工石灰石のセメント原料への利用
(焼成原料：100%
増量材：20%)



- ・2-a)ラボ合成品(1-b)を利用し、カーボンリサイクルセメント（増量材15%）の基礎物性確認、コンクリート配合試験の開始
- ・国交省工事案件における試験施工の実施検討
- ・2-b)他産業利用について、調査を実施

○
（理由）
ラボ合成品製造し、評価を開始した。

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

- 1 炭酸塩技術開発
- 2 炭酸塩利用技術開発

直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
実験機を稼働させ、開発を進める	<ul style="list-style-type: none">・【IDC方式】BMEDにおける長期安定性と、効率的な運転条件の検討・【DC方式】CO₂固定量を高めるために、廃コン、生コンスラッジに含まれるセメント水和物の分解・炭酸化	<ul style="list-style-type: none">・まず1-b)石膏転化による炭酸塩化実験機を稼働させ、一連の連動実証を行う。22年度末～23年度上期
人工石灰石のセメント原料への利用 (焼成原料：100%増量材：20%)	<ul style="list-style-type: none">・人工石灰石によるカーボンリサイクルセメント製造技術の実証・カーボンリサイクルセメントによる基礎物性およびコンクリートにおける各種データ取得	<ul style="list-style-type: none">・ラボ合成品(1-b)を手始めにカーボンリサイクルセメントの製造技術の開発を行う。・1-b)石膏転化実験機の稼働により、試験に必要な人工石灰石を供給する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容／参考資料①

セメント製造における炭酸塩生成技術の重要性と困難性

- セメント原料の石灰石は国内で採取可能な資源だが、セメント製造における脱炭酸反応によるCO₂のCCUSは重要
 - これまでセメント製造から排出されるCO₂の有効利用のため、CO₂をカルシウムに固定した炭酸塩（CaCO₃）化の技術開発に着手も、技術確立は未完。**CaO抽出率・CO₂の固定量の拡大には技術的困難があり、実用化に至っていない**
 - 炭酸塩のセメント原料利用への技術ならびにカーボンリサイクルセメント（CRC）の利用技術についても、その技術の確立は未だできていない**
- ↓
- セメント産業でのCO₂リサイクルモデルの構築のため、研究開発項目③「製造プロセスにおけるCO₂回収技術の開発」と組み合わせ、CO₂を利用した炭酸塩化技術の開発・実証とともに、セメント製造プロセスにおけるCO₂リサイクルモデルの実証を行う

<CO₂や廃棄物等をリサイクルしたセメント製造等技術>



本開発の開発内容と開発コンセプト

本開発では、
① 現行のセメント原料である天然採掘石灰石の代替となる炭酸塩＝人工石灰石の生成技術
② 生成した炭酸塩＝人工石灰石を用いた「カーボンリサイクルセメント（CRC）」の製造プロセス
③ 「カーボンリサイクルセメント（CRC）」の利用技術
を新たに開発する。

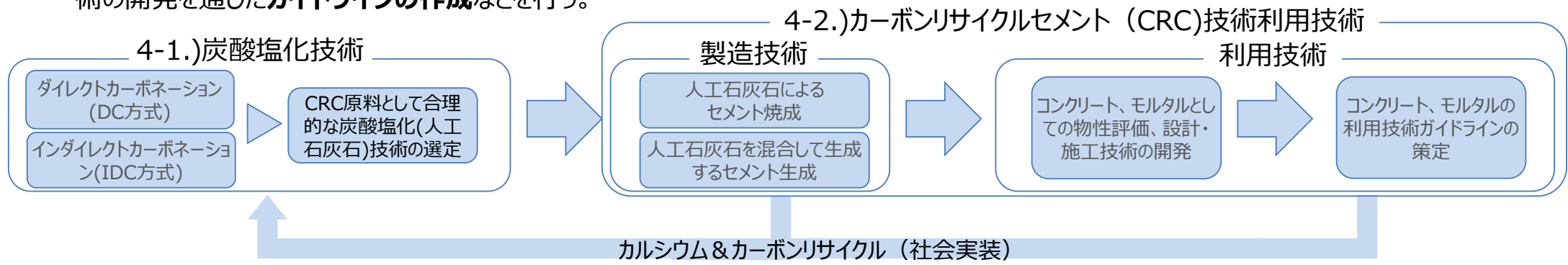
＜開発概要＞

【1.炭酸塩化技術開発】

① 炭酸塩生成のためセメント産業で調達容易なCa含有廃棄物（焼却灰、廃コンクリート等）から、(a)カルシウムを高効率に抽出し高品質にCO₂固定化する**インダイレクトカーボネーション方式（IDC方式＝バイポーラ膜電気透析法）**、(b)廃棄物の前処理によりCO₂を安価かつ大量に直接吸収する**ダイレクトカーボネーション方式（DC方式）**について並行して研究開発を行う。本研究開発期間中に、各検討技術のメリットを総合的に評価・選択または組合せ、CRC原料として**合理的な炭酸塩化技術の確立**を目指す

【2.炭酸塩利用技術開発】

② 現行は天然採掘石灰石を原料としてセメントを製造しているが、4-1①の新技术で生成した炭酸塩＝人工石灰石でこれを代替し、(a)**カーボンリサイクルセメント（CRC）の新たな原料として問題なく利用できるか**、(b)人工石灰石を現行のセメントやカーボンリサイクルセメントの**少量混合成分・増量材として利用できるか**、(c)**カーボンリサイクルセメントをコンクリート原料として利用できるか**、等の品質確認・材料開発を実施。
③ ②で生成したカーボンリサイクルセメントを社会実装段階において円滑に利用できるよう、利用データの収集・評価、コンクリートの設計・施工技術の開発を通じた**ガイドラインの作成**などを行う。



炭酸塩技術開発に向けた取り組み実施内容

1.炭酸塩化技術開発 課題①CaO抽出量の拡大
課題②CO₂固定量拡大

- 課題①、②の両立およびコスト低減を成しえるため、**インダイレクトカーボネーション(IDC方式)**として3つの技術と、**ダイレクトカーボネーション(DC方式)**として2つの技術＝**2方式5技術**のアプローチで実施する。
=>ステージゲートの段階において、絞込を行い、大型実証を行う。

- IDC方式においては、高いCaO抽出率とCO₂固定量を**両立可能な、酸（HCL）抽出**を検討する。
- 酸を利用することで、多様なカルシウム源が処理対象可能となるとできる
- 基盤技術となるバイポーラ膜電気透析（Bipolar Membrane ElectroDialysis）**により、効率的な酸／アルカリ再生を行う
- より多くのカルシウム源を確保できるよう、今までCa源として認識・検討がなされてこなかった**未着手の処理対象物の炭酸塩化**を検討する


- DC方式においては、IDC方式と比較し**コスト優位性**があるため並行して検討を行う。
- 高いCaO抽出率とCO₂固定量を高めることに大きなハードルがある。
- DC方式において、CO₂固定量増大させることが可能で、資源としての**賦存量の多い廃コンクリート、生コンスラッジ**を**処理対象**とする。
- 高純度化処理**を行いKPIを達成する

検討技術の各メリットを総合的に評価・選択または組合せ、CRC原料として合理的な炭酸塩(人工石灰石)技術を確立を目指す

方式			処理対象物
1-a	インダイレクト カーボネーション (IDC)	抽出	各種Ca含有廃棄物 (焼却灰、製鋼スラグ、廃コンクリート、生コンスラッジなど)
1-b		転化(CaSO ₄)	廃石膏ボード
1-c		Ca晶析	Ca系排水(浸出水、プラント排水)
1-d	ダイレクトカーボ ネーション (DC)	加熱擦りもみおよび高純度化	廃コンクリート
1-e		加速炭酸化および高純度化	生コンスラッジ

炭酸塩利用技術開発に向けた取り組み内容

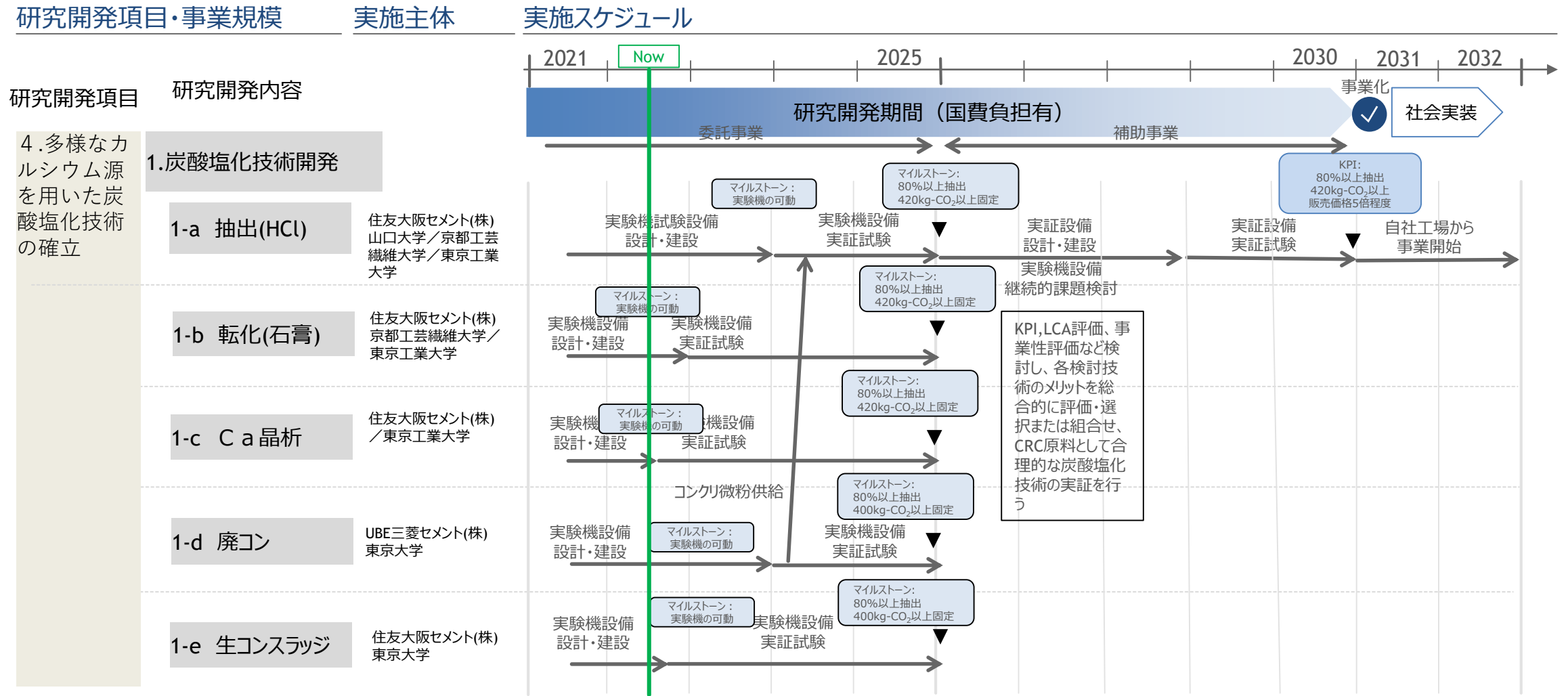
2.炭酸塩利用技術開発 課題③利用技術の確立

- 炭酸塩をセメント原料として利用する**カーボンリサイクルセメントを開発**し、その利用技術開発を行う。
 - カーボンリサイクルセメント普及のための、ガイドラインなどの策定を行う
- 
- セメント原料利用については、**セメント焼成原料**としての利用を検討するが、それだけに留まらず、**セメント増量材利用、他産業利用**など**幅広くその可能性を検討**する。
 - カーボンリサイクルセメントの基礎物性から、コンクリート材料開発を行い、設計施工法を開発することで、広く活用できる技術とするとともに、**ガイドライン策定など規準化を進める**

	実施項目
2-a	カーボンリサイクルセメントの有効利用技術 (①製造技術、②基礎物性評価、③材料開発、④設計・施工法開発)
2-b	他素材産業向けフィラーとしての適用検討
2-c	規準化

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール／1.炭酸塩化技術開発

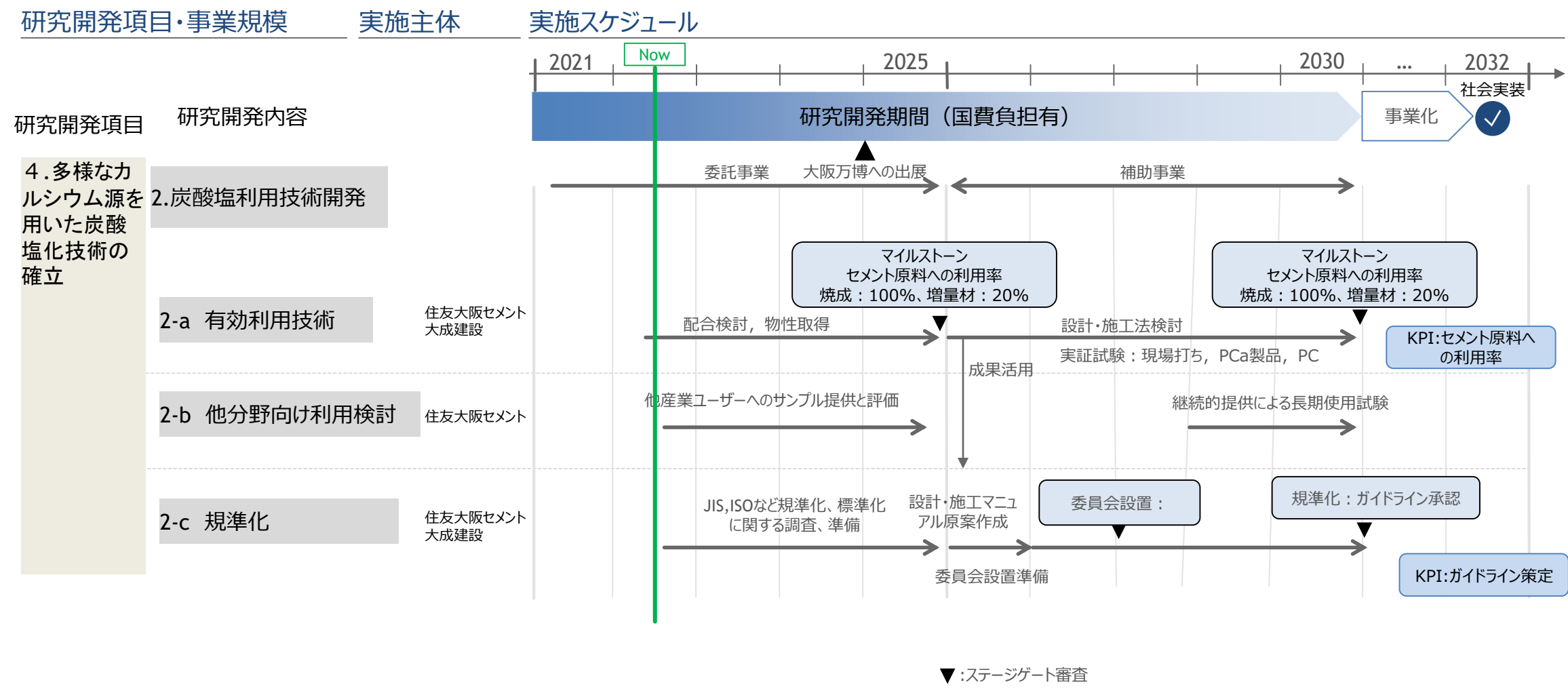
複数の研究開発を効率的に連携させながら計画を進める



▼ :ステージゲート審査

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール／ 2.炭酸塩利用技術開発

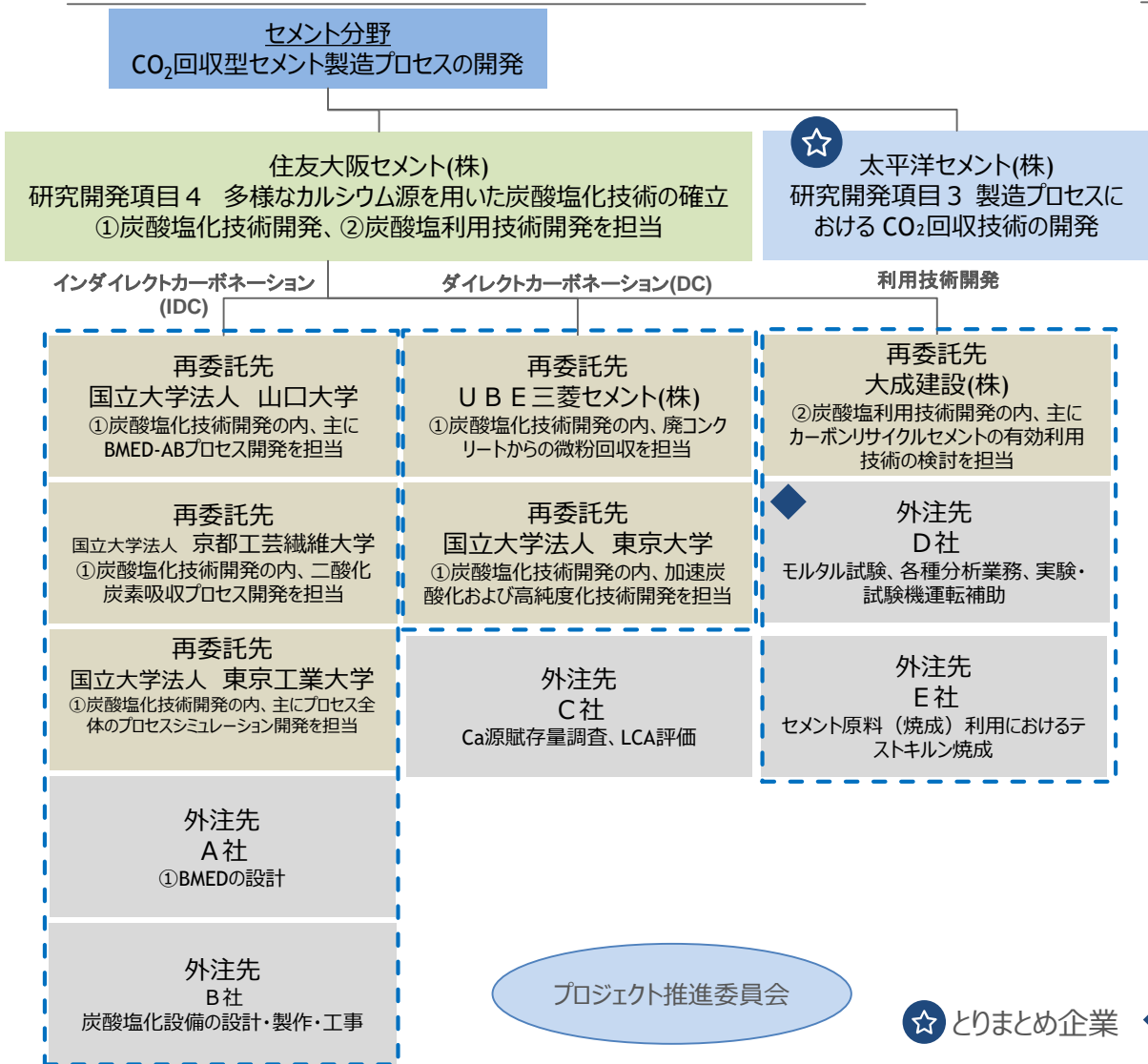
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

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

- セメント分野（CO₂回収型セメント製造プロセスの開発）全体の取りまとめは、太平洋セメント社が行う。
- 研究開発項目 3 全体の取りまとめは、太平洋セメント社が行う
- 研究開発項目 4 全体の取りまとめは、住友大阪セメント社が行う
- 住友大阪セメント社は、4-1.炭酸塩化技術開発、4-2.炭酸塩利用技術開発 を担当
- 山口大学は、4-1.炭酸塩化技術開発の内、IDCのBMED-ABプロセス開発を担当
- 京都工芸繊維大学は、4-1.炭酸塩化技術開発の内、IDCの二酸化炭素吸収プロセス開発を担当
- 東京工業大学は、4-1.炭酸塩化技術開発の内、IDCのプロセスシミュレーションを担当
- UBE三菱セメント社は、4-1.炭酸塩化技術開発の内、DCの廃コンクリートからの微粉回収を担当
- 東京大学は、4-1.炭酸塩化技術開発の内、DCの加速炭酸化および高純度化技術開発を担当
- 大成建設社は、4-2.炭酸塩利用技術開発の内、カーボンリサイクルセメントの有効利用技術の検討を担当

研究開発における連携方法

- DCの廃コンクリートからの微粉は、IDCのCa源として利用する。
- 住友大阪セメントが炭酸塩をおよび炭酸塩から製造したカーボンリサイクルセメントを試作し、それを用いて大成建設がコンクリートとしての適用性を検討。
- 研究開発項目 3. 「製造プロセスにおける CO₂回収技術の開発」から回収されるCO₂を炭酸塩化に利用できることを確認する。

中小・ベンチャー企業の参画

- モルタル試験、各種分析業務に関しては、中研コンサルタント社（SOC関連会社）を利用
- オープンイノベーションの推進を基本とし、スタートアップなど外部技術の導入については常に検討する
- 炭酸塩の有効利用先として、スタートアップ企業を探す

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

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
4. 多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立	1 炭酸塩化技術開発	<ul style="list-style-type: none">NEDO事業「カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発／カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO₂鉱物固定化技術の研究開発」での基盤技術開発成果廃棄物の収集及び取り扱いに関する経験／ノウハウが豊富出願済特許	→ <ul style="list-style-type: none">より多様な廃棄物をカルシウム源にすることが可能。さらに、高いカルシウム抽出率とすることが可能で、カルシウムをより無駄なく回収利用することが可能。燃焼排ガスからの分離回収が必須ではない。低濃度CO₂ガスの利用をダイレクトに利用可能グリーン電力の利用など、CO₂排出係数の小さい電力の利用が必須
	2 炭酸塩利用技術開発	<ul style="list-style-type: none">NEDO事業「カルシウム含有廃棄物からのCa抽出およびCO₂鉱物固定化技術の研究開発」での基盤技術開発成果混和材を大量に使用したコンクリート（T-eConcrete）に関する特許，知識，ノウハウ耐硫酸コンクリートに関する特許，知識，ノウハウ混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針	→ <ul style="list-style-type: none">環境配慮型コンクリートの中でセメント未使用の材料の実用化は大成のみ。通常の10倍の耐硫酸性をもち下水道施設のメンテフリーを実現する独自のコンクリート。指針作成委員会委託側とりまとめ

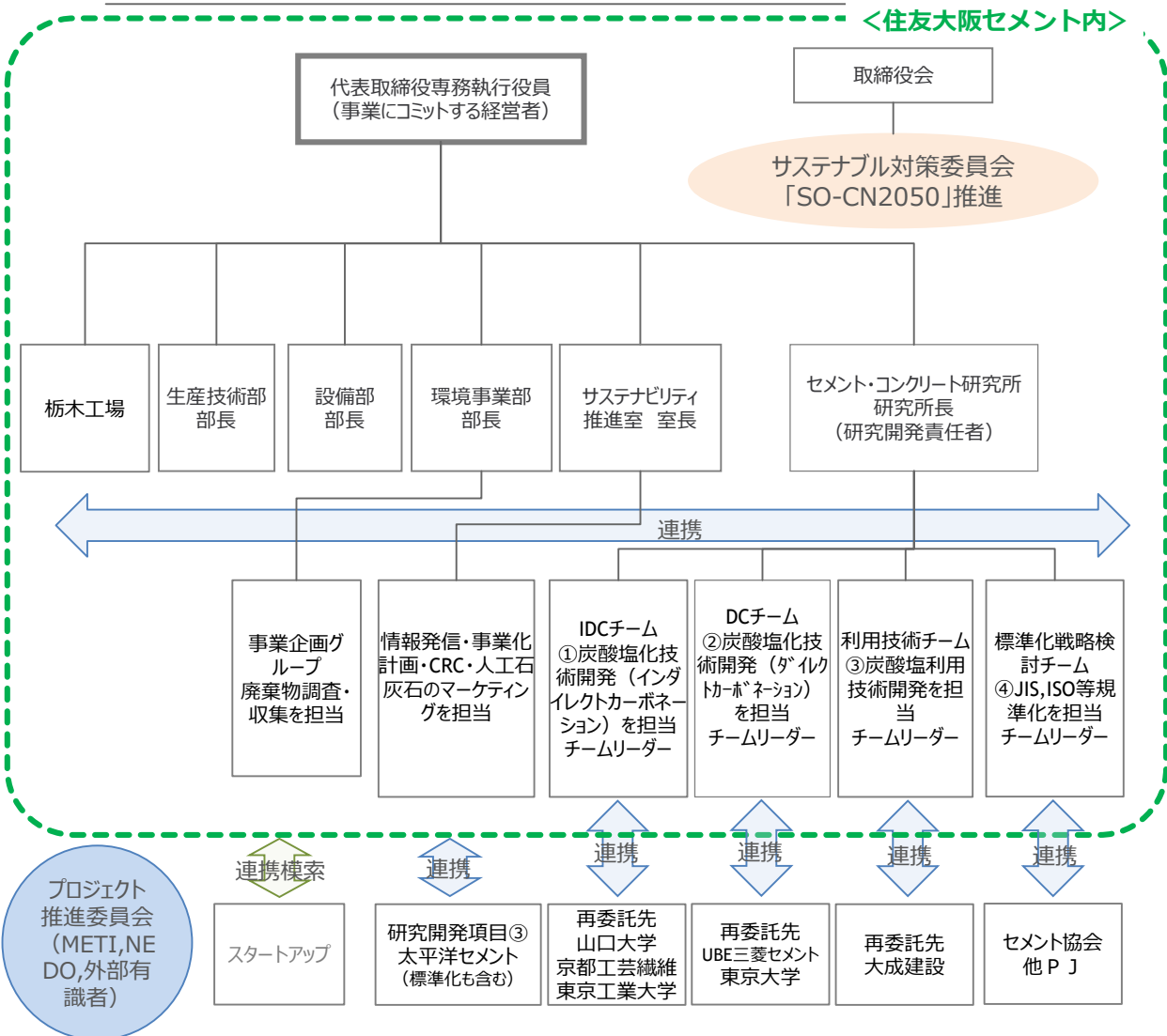
3. イノベーション推進体制

(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、部門横断体制にて実施

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
 - セメント・コンクリート研究所 所長：全体統括を担当
- 担当チーム
 - IDCチーム：①炭酸塩化技術開発（インダイレクトカーボネーション）を担当
 - DCチーム：②炭酸塩化技術開発（ダイレクトカーボネーション）を担当
 - 利用技術チーム：③炭酸塩利用技術開発を担当
 - 標準化戦略検討チーム：④JIS,ISO等規格化を担当
 - サステナビリティ推進室：情報発信・事業化計画・CRC・人工石灰石のマーケティング担当
 - 環境事業部：廃棄物調査・収集を担当
 - 栃木工場：実証試験補助を担当
- チームリーダー
 - IDCチームリーダー：セメント原料等リサイクル技術開発等の実績
 - DCチームリーダー：セメントコンクリートの研究技術開発等の実績
 - 利用技術チームリーダー：セメントコンクリートの研究技術開発等の実績
 - 標準化戦略検討チーム：セメント品質、規格化等の実績（セメント協会窓口）

部門間の連携方法

- 研究開発チーム間では、月 1 回程度の定期的進捗確認
- 部門間においては、部長レベルの進捗報告を四半期毎に実施
- サステナブル対策委員会への進捗報告を四半期毎に実施

その他連携方法

- 再委託先との定期的な進捗報告の実施
- 外部有識者によるプロジェクト推進委員会を組織し、研究開発を推進する
- 参画可能な技術を持つスタートアップ社については探索を継続する

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 経営者の事業への関与（Ⅰ）

経営者自身が炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業に対して深く関与

経営者自身による具体的な施策・活動方針

• 経営者のリーダーシップ

- 価値創造プロセスの具体化

○会社の企業価値を創造する要素を体系化し、価値創造プロセスとして経営層に報告、統合報告書にて明示した。プロセスの前提となる課題とリスクの要素の一つとして温室効果ガス排出規制強化について認識している。

○規制と対策強化による将来のコスト増の懸念から、温室効果ガス削減に対する取り組みを重要な経営課題とし、省エネや代替エネルギー活用などこれまでの対策を一層進めるとともに、カーボンリサイクルなどへの研究開発は新たな収益確保の機会と捉える。

- マテリアリティの特定

○2019年に当社が重点的に取り組む課題＝マテリアリティを特定し、取締役会にて決議の上公表した。その一つに地球環境への配慮を掲げ、気候変動問題への取り組み体制を強化するため「サステナブル対策委員会」を設置した。

- カーボンニュートラルビジョンの策定

○サステナブル対策委員会では、カーボンニュートラルビジョンを策定し、取締役会への報告・審議を経てこれを公表した。また、これを推進する専門組織として「サステナビリティ推進室」を設置した。

• 事業のモニタリング・管理

- サステナブル対策委員会の開催と取締役会への報告

○カーボンニュートラルビジョンに基づく各種施策は年に4回開催のサステナブル対策委員会にて進捗を管理し、随時その進捗状況は取締役会へ報告され審議される。その過程において、必要に応じて社外の有識者、大学、研究機関等の最新の知見を反映している。

- カーボンニュートラルビジョンによるKPIの設定

○2050年のカーボンニュートラル実現に向け、各事業においてGHG削減につながる各種KPIを設定し、施策の実施を進めている。

（具体的なKPIの設定と公表,2020.12）

2030年のエネルギー起源CO₂排出原単位*1を▲30%削減(2005年比)

- 1)化石エネルギー代替率*2全5工場8キルン平均で50%（現状28%）達成（うち4キルンでは80%達成）による削減
- 2)最新鋭省エネルギー設備導入による使用電力削減
- 3)木質チップなどバイオマス燃料増量により自家発電で使用する化石エネルギー削減

- インターナルカーボンプライシング制度の導入

○対象となる設備投資計画に伴うCO₂排出量に対し、社内炭素価格を適用し、費用換算したものを投資判断の参考とする。

社内炭素価格　：5,000円／t-CO₂

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 経営者の事業への関与（Ⅱ）

経営者自身が炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業に対して深く関与

経営者等の評価・報酬への反映

- 役員報酬の決定

○報酬水準の妥当性及び業績評価の客観性・透明性を確保する観点から取締役会の諮問機関として、任意の「指名・報酬委員会（社内取締役1名、社外取締役2名、社外有識者1名で構成）」を設置している。

○当該委員会は、業績やカーボンリサイクル研究開発含めた**今後の持続的成長への貢献度等を勘案し**、取締役及び経営陣幹部の報酬案について審議を行い、取締役会に対して、答申を行う。取締役会は、指名・報酬委員会の答申を踏まえ、審議し、株主総会で承認された報酬枠の範囲内で、取締役の報酬を決定する。

事業の継続性確保の取組

- 役員選任手続きとSO-CN2050ビジョン実行継続のための手続き

○当社は、取締役候補者の指名および経営陣幹部の選解任について、その役割・責務を果たせる者の指名手続きおよび選解任手続きの客観性・透明性を確保する観点から、取締役会の諮問機関として、委員の過半数が社外取締役および必要に応じて加える独立性のある社外有識者で構成される任意の委員会「指名・報酬委員会」を設置している。

○同委員会は、取締役候補者については、当社の利益、成長および企業価値を考えて誠実に経営判断を下し、SO-CN2050ビジョンの着実な実行と実施継続ができる者であるか、また、経営陣幹部については、SO-CN2050ビジョンの実行を含め、取締役会から委任された業務執行の決定と業務執行、当該事業の継続ができる者であるか等を勘案し、取締役候補者の指名および経営陣幹部の選解任について、取締役会に対して答申を行う。（SO-CN2050ビジョンの実行には炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業も含まれる）

○取締役会は、「指名・報酬委員会」の答申に基づき、取締役候補者の指名および経営陣幹部の選解任を行う。

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（Ⅰ）

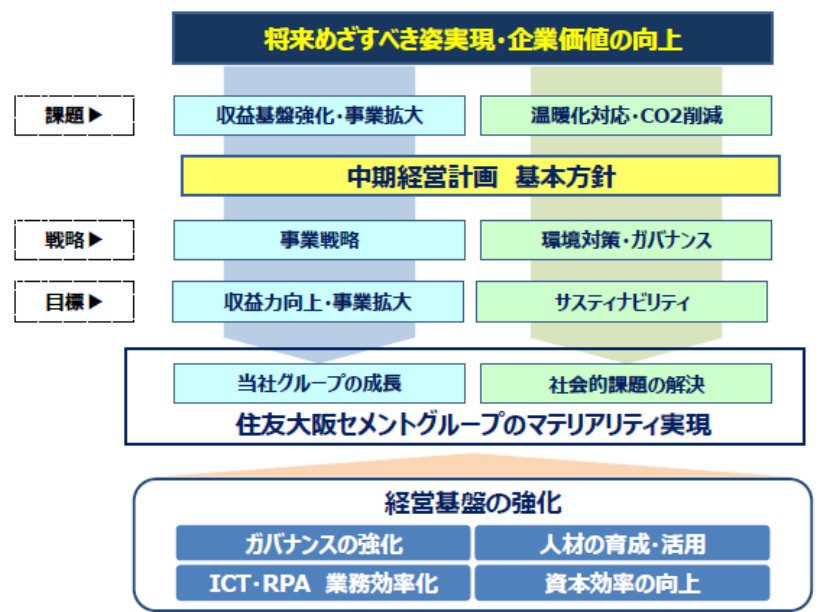
経営戦略の中核において炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

● 全社戦略

－ 中期経営計画

○当該分野の範囲を超えたカーボンニュートラルに向けた取組について全社戦略を策定している。具体的には、2020年5月に2020-2022年度中期経営計画を発表している。当中期経営計画の中の重要な一項目として環境に関する計画を有しており、環境対策強化とCO₂排出削減への取り組みを掲げている。



－ カーボンニュートラルビジョン「SO-CN2050」の制定

○2020年4月に「サステナブル対策委員会」※を設置し、2030年と2050年のCO₂削減目標を設定する作業に取り組み、同年12月1日に当社グループとしての目標を設定したカーボンニュートラルビジョン「SO-CN2050」を公表している。（※委員長は代表取締役）

「SO-CN2050」のビジョン・目標の着実な実現に向けて、2021年4月に「サステナビリティ推進室」を設置。また、2050までの取り組みを一貫して維持するためのシンボルとしてSOCN2050ロゴマークを制定。

推進室は、カーボンニュートラルの諸施策をはじめ、気候変動問題を中心としたサステナビリティ課題に関わる取組を全社横断的に強化するための専任組織。推進室は上記のサステナブル対策委員会の事務局を担い、室長はセメント・コンクリート研究所長が兼務し、専任者と関係部からの兼務者により構成。



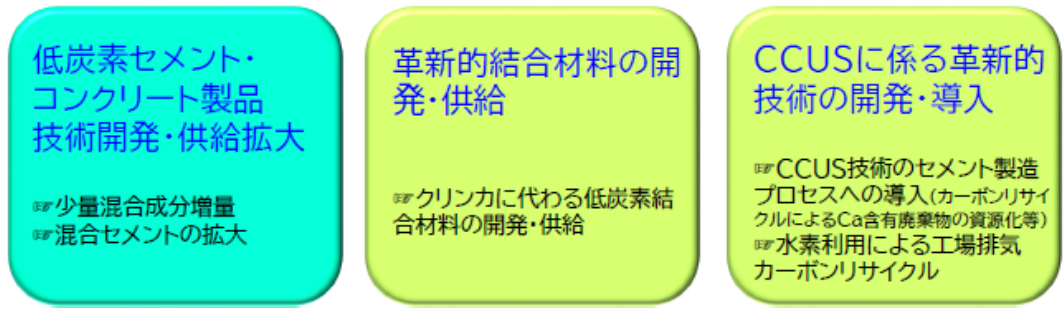
3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ（Ⅱ）

経営戦略の中核において炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - サステナブル対策委員会、事業拡大会議、経営会議等での審議を経て、取締役会において報告・審議・決議
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、研究開発計画に関連する事業戦略又は事業計画に対して社を挙げて取り組むことについて、サステナブル対策委員会、事業拡大会議、経営会議等での審議を経て、取締役会において報告・審議又は決議した。
 - フォローと見直し、サステナブル対策委員会で審議
 - 事業の進捗状況を、サステナブル対策委員会で審議して、取締役会に定期的に報告し、事業環境の変化等に応じて見直しを行う。
 - サステナブル対策委員会を通して周知し、委員会で審議
 - 当社のサステナブル対策委員会は、カーボンニュートラルに関する社内全ての部署から構成されており、事業について決議された内容は、年4回の委員会開催を通じ周知される。また、委員会事務局であるサステナビリティ推進室はすべての関係部署と定例会議開催し進捗を管理している。

- 決議事項と研究開発計画の関係
 - カーボンニュートラルビジョンにおいて、研究開発計画が不可欠な要素として、優先度高く位置づけ
 - 事業戦略・事業計画において、研究開発計画が不可欠な要素として、優先度を高く位置づけている。当社グループのカーボンニュートラルビジョン「SO-CN2050」では、2050年に向けた取組方針で、セメント製造におけるエネルギー起源・プロセス由来CO₂排出量「実質ゼロ」への挑戦で「CCUSに係る革新的技術の開発・導入」を明記している。



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（Ⅲ）

経営戦略の中核において炭酸塩化によるCO₂リサイクル事業を位置づけ、広く情報発信

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 統合報告書・TCFD及び中期経営計画での開示
 - 毎年発行の統合報告書、TCFDでの情報開示において、当該事業の内容を明示的に位置づけている。
3年毎の中期経営計画では、当該事業を含めたカーボンニュートラルへの取り組みを明示的に位置づけている。
 - プレスリリース
 - 当応募の事業計画案件が採択された場合に、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
 - ステークホルダーへ説明
 - 決算説明会や個別面談で、当該事業の内容を投資家や金融機関等のステークホルダーに対して説明している。
 - 情報発信
 - プレスリリース、会社ホームページ、年一回発行の統合報告書で、当該事業の効果（社会的価値等）や国民生活のメリット等について幅広く情報発信している。

Press
Release

 住友大阪セメント

2021年8月5日

TCFD提言への賛同表明及び情報開示について

住友大阪セメント株式会社(社長:諸橋央典、本社:東京都千代田区)は、TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)(※1)提言への賛同表明とTCFDコンソーシアム(※2)に参画しましたのでお知らせいたします。

また、当社グループのCO₂排出量の大部分を占めるセメント事業を含むセメント関連事業と高機能品事業他、全事業における気候変動が及ぼす影響についてシナリオ分析を行い、TCFDが推奨する「ガバナンス」、「戦略」、「リスク管理」、「指標と目標」について別紙のとおり、当社ウェブサイト(※3)において開示いたしました。

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予定

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保

- 実施体制

- カーボンニュートラルに関する各施策は、サステナビリティ推進室が部門横断的に進捗を取りまとめており、定期的に上位機関であるサステナブル対策委員会で報告する。また、研究開発に関わる部分については、経営トップも出席する事業会議または研究開発会議において、各研究開発テーマのステップごとに審議、評価が行われる。

- 人材・設備・資金の投入方針

- 人材投入方針

- カーボンニュートラルに関する施策を全般的に司るサステナビリティ推進室には、他部門との兼務も含め専任の担当者を配置している。管理部門、製造部門、研究部門より人員を配置しており、部門横断的な取り組みを円滑にしている。

- また、研究開発部門には、カーボンニュートラル技術開発分野に専門の担当者を配置して開発を進めると共に、必要に応じ新規採用も行う。

- 設備・資金活用方針

- 長期的なカーボンニュートラルビジョンに基づき、既存のセメント製造工場において省エネや代替エネルギー活用のため、2030年にまでに約300億円の資金を投じ設備増強を図ることとしている。

- また、革新的な技術開発のために更なる資金投入も必要と考えており、直近の中期経営計画にて具体化していく予定である。

専門部署の設置

- 専門部署の設置

- サステナビリティ推進室の設置

- カーボンニュートラルに関する専門部署としてサステナビリティ推進室を設置し、**代表取締役が直轄している**。

- カーボンニュートラルに関わるあらゆる課題について各部門から選任された人員が対策立案し、部門横断的な取り組みを可能にするとともに、機動的な意思決定を行っている。

- 中期経営計画

- 事業活動の基盤として中期経営計画を策定している。その策定過程において、一定期間における事業環境や産業構造、自社のビジネスモデルを検証のうえ、経営計画に落とし込んでいる。

- 若手人材の育成

- 育成機会の提供

- 学会、講習会、セミナー、シンポジウム等、将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、2050年まで中長期的にカーボンニュートラル社会に向けた当該産業分野を担う若手人材に育成機会を提供する。

- 当該産業分野における現場経験機会の提供

- 生コン、コンクリート製品、施工現場をはじめとする当該産業現場を知り、技術・製品ニーズを発掘する機会を提供する。

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、技術的障害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
<ul style="list-style-type: none">● 目標値KPIが達成できないリスク<ul style="list-style-type: none">→ 複数を技術開発をコンカレントに実施・競争→ PDCA繰り返し、継続的な検討を行う● 長期開発期間における、研究員確保出に関するリスク<ul style="list-style-type: none">→ 景気に左右されない、定期的な採用→ 共同研究先（大学）からのリクルート等を実施● 総合的な技術力不足で研究不可となるリスク<ul style="list-style-type: none">→ 類似分野研究者の採用等を実施→ オープン・イノベーションを積極的に進める→ 外部技術・スタートアップの技術導入等の検討● 先行特許/サブマリン特許等回避不可能となるリスク<ul style="list-style-type: none">→ ライセンス取得等も視野に検討	<ul style="list-style-type: none">● 会社の経営リスク<ul style="list-style-type: none">→ セメント事業を取り巻く環境は安泰ではなく、経営困難な状況に陥る可能性がある。財務体質の強化など継続的かつ計画的に進める。● カーボンニュートラルに向けた社会情勢の変化<ul style="list-style-type: none">→ CNな社会へ変化していくと考えるが、再生可能エネルギーの導入などCNに向けた進捗は、予定通りに進むとは限らない。事業性に影響が考えられるため、その動向を適宜計画に反映させる。● カルシウム源である廃棄物が集まらない事によるリスク<ul style="list-style-type: none">→ 廃棄物処理事業者（収集・運搬）との協力体制の構築→ 自治体同士の広域連携→ カーボンリサイクル事業の経済特区制度などの創設活用	<ul style="list-style-type: none">● 実験場所、事業計画地における住民とのトラブル<ul style="list-style-type: none">→ 日頃からの近隣住民への丁寧な説明を実施● 地震・風水害によるリスク<ul style="list-style-type: none">→ BCPを念頭に、研究開発におけるリスク対応策を準備する→ 必要な保険への加入● パンデミック（COVID-19など）に関するリスク<ul style="list-style-type: none">→ 人事部が主体となり、対応方針を策定し、グループ各社と共有→ 在宅勤務体制の推進、Web会議のためのシステムの整備・強化、生産拠点におけるサーモグラフィカメラによる来訪者の発熱者チェック等、できうる限りの対策に取組む



- 事業中止の判断基準：
 - ①**技術的リスク**：全く想定していないような技術的課題に直面し、対応を検討しても解決方法を見いだせないと判断した場合
 - ②**社会実装リスク**：想定外の要因で事業性が悪化し、経営的・技術的努力にもかかわらず、改善の見込みが認められない（少なくとも10年程度の期間）と判断した場合
 - ③**その他リスク**：実験場所、事業計画地における近隣住民とのトラブルなどにより、事業継続が困難であると判断した場合