

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 に関する研究開発・社会実装計画（案）

令和3年〇月〇日

経済産業省

資源エネルギー庁

製造産業局

目次

1. 背景・目的	3
2. 目標.....	11
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援	16
4. 実施スケジュール	21
5. 予算.....	25

1. 背景・目的

- コンクリート・セメント分野におけるカーボンサイクルの重要性と課題解決の方向性
 - カーボンサイクルは、CO₂を資源として有効活用する技術でカーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーであり、CO₂分離回収分野や、一部の化学品分野（例：ポリカーボネート）をはじめとして日本に競争力がある。
 - 特に、コンクリート、セメント、炭酸塩等（以下、「コンクリート・セメント分野」）への CO₂の利用については、CO₂固定化ポテンシャルが高いこと、生成物が安定していることなどから、早期の社会実装による大規模な CO₂削減¹が期待され、日本をはじめ米国や欧州において研究開発・実証が本格化している。
 - コンクリート・セメント分野におけるカーボンサイクル技術は、廃棄物・副産物等に含まれるカルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）等のアルカリ源を抽出・再利用し、CO₂を生成物に取り込む技術（例： $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ）である。また、生成物は、主にコンクリート、セメント、その他素材・化学品等で利用される。
 - 同分野において脱炭素化を実現するためには、世界各地で利用されているコンクリートに CO₂を吸収・固定する「CO₂吸収型コンクリート」における CO₂排出削減・固定量を増大させるとともに、コスト削減等によりその利用を促していく必要がある。また、コンクリートの材料であるセメントについても、その原料である石灰石の脱炭酸反応で CO₂が排出されるという課題がある。
 - 同分野におけるカーボンサイクル技術の社会実装に向け、上述した技術的課題の解決を図るとともに、国内外への普及を戦略的に進めることで、同分野における脱炭素化の実現、もってカーボンニュートラル社会実現に貢献することを目指す。
- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策
 - コンクリート・セメントの需要は、国内では 2050 年に向けて漸減が見込まれる一方で、世界ではアジアを中心に 2050 年時点で 12～23%の増加（2014 年度比）が見込まれる。
 - コンクリートの市場規模は、アジア、次いで北米がいずれも 100 億ドル規模であるが、価格水準ではアジアは日米欧の半分程度となっている。このため、日本企業の海外展開を想定した場合、アジアでは価格競争力が課題となる可能性があり、当面は、国内及び北米が有力な市場と想定される。セメントについては、世界の生産量の 55%が中国で生産されている。近年、中国国内では国家施策により生産性の高い設備（NSP キルン）への移行が進んでおり、2050 年頃のカーボンニュートラルに向け、セメント産業における中国などでの新規投資が期待される。
 - こうした状況の中、コンクリート・セメント市場ではこれまでのコスト重視の特徴に加え、「CO₂排出削減・有効利用」が新たな付加価値となりつつある。すでに欧米スタートアップを中心とした

¹ 2050 年における世界全体の CO₂削減量約 43 億トン/年（革新的環境イノベーション戦略（2020 年 1 月））

海外企業が CO₂排出削減・固定技術を切り口として、国際的にライセンス・ビジネスを展開し始めている。日本企業も CO₂吸収型コンクリート等の技術開発に取り組んでいる中（一部商品化）、世界的にも開発・実証が加速しており、今後競争が本格化することが想定される。

- こうした中、グローバル市場での展開を見据えた開発・実証及び社会実装モデルの構築が不可欠な状況である。集中的な技術開発の実施、技術開発を通じた実績データの蓄積、これらデータを基にした国内／国際標準化、標準化を活用した差別化・関係指針への反映等の取り組みを通じて国内外への普及拡大を戦略的に進めることで、社会全体で資源循環システムを確立することが社会実装モデルとして想定される。
- こうした社会実装モデルの構築に際して重要となるのは、課題解決に向けた技術開発、つまり CO₂吸収型コンクリートの CO₂排出削減・固定量の増大とコスト低減の両立に向けた技術開発と、セメント製造過程における効率的な CO₂分離・回収技術の確立及び回収した CO₂のセメント原料化に向けた技術開発を一体的に推進することであり、それぞれ取り組む意義と現状、課題等について以下に整理する。

【コンクリート分野：CO₂吸収型コンクリートの CO₂排出削減・固定量の増大及びコスト低減】

- 日本企業が現時点で一部実用化に成功している CO₂吸収型コンクリートはネガティブエミッションを実現可能であり、他国で開発中の類似技術を凌駕する高い CO₂削減効果を発揮し得るものである²。
- CO₂吸収型コンクリートの市場規模は、2030年までに世界全体で約 15～40 兆円に急拡大すると予想されている。すでに、米国企業が関連する技術を実用化したり、英国企業が骨材に CO₂を吸収させる技術を実用化している例があり、今後、国際的な技術競争が本格化していくと想定される。
- 一方、今後現場施工（生コンクリートの利用）を含む幅広い建設工事に適用し、世界市場におけるシェアを獲得し、カーボンニュートラル社会の実現を目指すためには、製品の経済性と CO₂排出削減・固定量の増大、製品の有意性を示すための世界共通の評価手法の確立（標準化等）、さらに、技術が実際の工事で適用されるよう関係ガイドライン等への反映や必要に応じて規制緩和等を進めていくことが課題である。
- これまで、コンクリートへの CO₂吸収・固定は骨材・混和材といったコンクリート材料のうち単一の材料への利用例しかなく、コストは一般的なコンクリート製品の 2～3 倍となっているのが現状である。また、コンクリートとして本来有すべき性能（強度、耐久性、その他基礎物性（例：熱膨張係数）等）を確保しつつ、CO₂固定材料を複合する技術は、性能への影響評価等が明らかになっておらず実現していない。また、世界共通の評価手法の確立（標準化）やガイドライン等への反映についても既存技術での実用化の実績・データ数が少ないことから実現していない。

² 既存技術におけるコンクリート二次製品（インターロッキングブロックや境界ブロック、コンクリート製プレキャストパネル）の CO₂固定量は 80～100kg/ m³である。この場合の既存製品と比較した削減効果は約 300kg/ m³である。

- こうした状況を踏まえ、喫緊の対応としては、CO₂を固定する材料を開発・複合し、CO₂排出削減・固定量を最大化する製造・施工手法等の確立に向けた技術開発（TRL3～4 相当）とともに、CO₂吸収型コンクリートの品質管理手法及び CO₂固定量の定量的評価手法の開発に取り組む必要がある。
- これらの取組は、要素技術の開発から大規模な実証まで行いその性能を確認しなければ普及する技術として成立し得ず、長期の研究期間を要するため、民間企業単独で技術開発を開始することが困難である。
- このため、基礎的な技術開発段階では国として積極的な支援を講じることで、企業等のコミットメントを引き出ししていく。また、企業等による社会実装の取組を加速化するため、国内・国際標準整備（品質管理手法、固定量評価手法等）や関係ガイドライン等への反映等についても、官民の適切な役割分担の下、連携して確実に取り組んでいく。

【セメント分野：CO₂回収型セメント製造プロセスの開発】

- 焼成炉であるセメントキルン 1 基から 1 日当たり数千トン規模の CO₂が排出される。セメント工場では国内廃棄物の 5 %程度の廃棄物を原燃料に受け入れており、我が国廃棄物処理への貢献の側面も強く、継続的な稼働が求められる。
- 世界のセメント産業では、例えば EU では、「Horizon 2020」による資金供給を受け、セメント製造過程で発生する CO₂回収技術の開発（LEILAC プロジェクト）により、石灰石から排出される CO₂の回収に取り組んでいる。
- 我が国では、化学吸収法等の CO₂回収技術の開発が進められており、アルカリ源についても海水や焼却灰など多様な可能性が考えられる。
- これらの可能性を踏まえ、現在、セメント工場等の排ガスから CO₂を化学吸収法等によって回収し、廃コンクリート等から回収したカルシウムに CO₂を固定して炭酸塩化する研究開発を実施している。ただし、以下のような課題がある。
 - 石灰石から発生する CO₂を大量に回収するためには既存セメント製造設備での利用を前提とする場合、現実的には難しい規模の大規模な設備の導入等が必要³
 - 炭酸塩化に当たっては、大量の CO₂を効率的に固定させる技術が未確立、CO₂を固定化するための大量のアルカリ源の確保⁴が必要。
- 石灰石から必然的に大量発生する原料由来の CO₂を効率的に回収するためには、現在の製造プロセスにおける生産性等も踏まえ、設計から実証機での実証まで、回収から有効利用まで一貫した研究開発が必要（TRL3～4 相当）。具体的には以下の①、②を行う。

³ これまでの事業（NEDO 交付金）での化学吸収法によるセメント工場に付設する CO₂回収設備は、1 日 10 トン程度の回収能力。セメント工場から CO₂が 1 日数千トン発生する中、抜本的な取組が求められている（海外には 4,500 トン/日級の CO₂回収設備が存在するが、巨大な装置で高コストなもの）。

⁴ セメント生産に当たり、年間約 5,800 万トンの石灰石（CaCO₃）を使用。本プロジェクトの成果が実用化されると、石灰石代替原料（CaCO₃）の提供の実現が図られ、多様な産業からの廃棄物を受け入れが可能となる。

- ①既存プラントへの適用が可能なセメント原料の石灰石から排出されるCO₂を回収可能な製造プロセスの設計・開発、実証事業の実施
 - ②回収CO₂を多様なアルカリ源（カルシウム等）に固定し、炭酸塩として再利用可能とする技術の開発
 - これらの取組は要素技術の開発から大規模な実証まで行ってその性能を確認しなければ普及する技術として成立し得ず、民間企業単独では10年以上の長期に渡っての研究期間を要すると考えられるため、2030年までの10年で民間企業が実装できるようなチャレンジを促すため、国としても支援を講じる必要がある。
 - なお、セメント産業では将来的な対応として、本プロジェクト以外の取組として、工場稼働（熱源等）に用いる化石燃料等を低炭素なもの（バイオマス、水素、電気等）に転換する取組も求められる。
 - 民間企業は、国の支援を呼び水として研究開発を初めとした投資を加速させ、本プロジェクト内外のカーボンニュートラル関連技術を確立・社会実装し、国内生産体制を維持しつつ、海外需要を取り込むような業態転換を図ることが求められる。また、これらの成果を踏まえた実際の標準化、海外での技術協力、関係ガイドライン等の策定など、官民の適切な役割分担の下、連携して着実に取り組んでいく。
- 関連基金プロジェクトと既存事業
 - 関連基金プロジェクト
 - 他の基金プロジェクトでインフラ整備等の内容が含まれる場合には、本プロジェクトの成果の活用先となり得る。また、CO₂の分離・回収等技術開発プロジェクトの成果の活用も検討する。
 - 既存事業
 - ① コンクリート分野
 - 以下の予算事業を通じて、CO₂吸収型コンクリートへの性能追加（例：防錆性能。中性化による鉄筋の錆びを防ぐ）の技術開発や、CO₂を再利用した素材等（例：コンクリート材料）の開発を実施。
 - 本基金プロジェクトでは、これらの既存事業の成果も活用しつつ、CO₂を再利用した素材等を複合的に混合することでCO₂排出削減・固定量を最大限に高めたCO₂吸収型コンクリートの製造技術の開発や実証等を行う。
- 【予算事業】
- カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂有効利用拠点における技術開発（2021年度予算額161.5億円の内数）
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100212.html
 ・CO₂有効利用コンクリートの研究開発事業（2020～22年度（予定））＜性能追

加>

- カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発／炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物への CO₂利用技術開発（2021年度予算額 161.5 億円の内数）
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100205.html
 - ・海水および廃かん水を用いた有価物併産 CO₂固定化技術の研究開発（2020～21 年度（予定））<素材等開発>
 - ・廃コンクリートなど産業廃棄物中のカルシウム等を用いた加速炭酸塩化プロセスの研究開発（2020～22 年度（予定））<素材等開発>
 - ・セメント系廃材を活用した CO₂固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究（2020～22 年度（予定））<素材等開発>
 - カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CCUS 研究開発・実証関連事業／CO₂分離回収技術の研究開発（2021 年度予算額 161.5 億円の内数）
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100141.html
 - ・先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究（2020～24 年度（予定））
 - ・二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発（2018～21 年度）
- ② セメント分野
- 革新的環境イノベーション戦略加速プログラム（炭素循環型セメント製造プロセス技術開発）等において、セメント工場の排ガス中の CO₂を化学吸収法により回収し、廃コンクリート等の廃棄物に固定する等の炭酸塩化事業を実施。
 - 当該研究では、純度の高い CO₂回収の実現とともに、廃コンクリート等の廃棄物からカルシウム成分を抽出して CO₂固定による炭酸塩化を行い、路盤材等への利用などカーボンリサイクルプロセスの可能性を実証している。
 - 本基金プロジェクトでは、炭酸塩をセメント原料（CaCO₃）化する一貫したリサイクルプロセスの実現に向けた更なる取組として、製鉄所やコンクリート工場等から生じた廃棄物である鉄鋼スラグやスラッジ等といった多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化の確立を図るため、回収した CO₂を多様なアルカリ源（カルシウム等）に固定し、炭酸塩として再利用可能とする技術の開発に取り組む。

【予算事業】

- ② セメント分野
- 革新的環境イノベーション戦略加速プログラム（経済産業省）
（2019 年度補正予算額 37.0 億円（うち 16.5 億円））

(https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100180.html)

(<https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/200618.pdf>)

・炭素循環型セメント製造プロセス技術開発（2020～2021 年度）

- カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電技術推進事業／カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発

（2021 年度予算額 161.5 億円の内数）

(https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101340.html)

(<https://www.soc.co.jp/news/57971/>)

・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

- CCS によるカーボンマイナス社会推進事業（一部経済産業省連携事業）（環境省）
※2020 年度事業名は CCUS の早期社会実装のための環境調和の確保及び脱炭素・循環型社会モデル構築事業（一部経済産業省連携事業）

（2016～2020 年度 300 億円の内数）

(<https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/181225.pdf>)

・環境配慮型 CCS 実証事業（2018～2020 年度）

- グリーン成長戦略（令和 3 年 6 月）の実行計画における記載（抜粋）

- (1) カーボンリサイクル・マテリアル産業

- i) カーボンリサイクル

カーボンリサイクルは、CO₂を資源として有効活用する技術でカーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーであり、日本に競争力がある。

カーボンリサイクル産業は、カーボンリサイクル技術ロードマップに示されたとおり、鉱物（コンクリート製品、コンクリート構造物、炭酸塩、セメント等）、燃料（藻類ジェット燃料、藻類ディーゼル燃料、合成燃料、バイオ燃料、メタネーションによるガス燃料等）、化学品（ポリカーボネートやウレタン等の含酸素化合物、バイオマス由来化学品、オレフィンやパラキシレン等の汎用物質）等の主要分野含め、多岐にわたる。これら主要な製品を中心に、コスト低減や用途開発のための技術開発、社会実装を進め、カーボンリサイクル産学官国際会議の活用等も通じてグローバル展開を目指す。

- ① コンクリート・セメント

- <現状と課題>

コンクリートについては、日本には、CO₂吸収型コンクリート（CO₂-SUICOM）を実用化することに成功している企業がある。化学工場等から排出される消石灰から CO₂を吸収して固まる材料を製造し、これをコンクリート製造に使用することで、①製造プロセスで CO₂を吸収、②セメント使用量を削減し、コンクリートの CO₂排出を削減することが可能である。さらに CO₂吸収量を増大させることでネガティブエミッション（炭素除去）の達成も可能となる。

国際的には、米国企業が同様の技術を開発、実用化していることに加え、英国企業は骨材にCO₂を吸収させるタイプの技術を実用化しており、各国が横並びの競争状態にある。CO₂吸収型コンクリートの市場規模については、2030年時点で約15～40兆円にまで達すると予想されている中、こうした市場拡大を見据え、早期に価格低減を達成し、市場シェアを獲得する必要がある。

他方、現状のCO₂吸収型コンクリートはコストが高く（＝既製品の約3倍の100円/kg）、低コスト化とCO₂吸収量増大との両立が主な課題である。また、コンクリート構造物中の鉄骨が錆びやすいため（CO₂吸収により酸化しやすくなるため）用途が限定的といった課題も存在する。さらに、コンクリートが地産地消型の特性があることも踏まえ、開発されたCO₂吸収型コンクリートの普及拡大には、地域における調達状況といった地域性に対応できる製造技術を確立する必要がある。

セメントについては、その原料である石灰石の燃焼時に生じる脱炭酸反応により大量のCO₂が排出される。これに対処すべく、「革新的環境イノベーション戦略」等を踏まえ、工場等の排ガスから化学吸収法等によりCO₂を回収し、そのCO₂を廃コンクリートや鉄鋼スラグ等から回収したカルシウムに固定して炭酸塩化する研究開発等に着手し、セメント製造由来のCO₂有効利用の取組を進めている。

国際的には、EUによる資金提供を受け、セメント製造設備を改良し、燃焼過程で発生するCO₂を回収する製造技術の開発が実施されているなど、各国のセメント産業界ではカーボンニュートラルの実現につながる技術開発を進めており、将来のセメント市場の確保のため、2030年時点で国内5,000億円規模の維持を目指す。

現在、セメントキルン1基から1日当たり数千トン規模のCO₂が排出されており、化学吸収法で大量のCO₂を回収するためには設備の大規模化が避けられず、既存のセメント工場への適応が難しく、また、セメントの原料として災害廃棄物等も利用するため、CO₂の効率的な回収と多様な原料の再生利用に適応した革新的技術の開発が課題である。

<今後の取組>

コンクリートについては、公共調達による販路拡大により、コスト目標として2030年には、既存コンクリートと同価格（＝30円/kg）を目指す。そのため、新技術に関する国交省データベース（NETIS）にCO₂吸収型コンクリートを登録済みであり、これを地方自治体に広く周知する。また、2025年日本国際博覧会等でも導入することで、国・地方自治体による公共調達を拡大することを目指す。グローバル市場においても、15～40兆円（2030年）にまで達すると考えられる中、特に経済成長著しいアジアでコンクリート需要が拡大することが見込まれるため、国際標準化や大規模な国際展示会でPR等を行い、アジアへ販路を拡大する。

さらに、2050年までに、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しつつ、CO₂吸収範囲の制御技術の開発や鉄筋代替材の活用等により防錆性能を持つ新製品を開発・実証し、建築物やコンクリートブロックに用途拡大を図るとともに、標準化等にも取り組みつつ社会実装

を進める。また、CO₂吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品を開発するとともに、地域性に対応可能な CO₂吸収型コンクリートの製造技術を確立し、これらに係る特許取得等の知財戦略を通じたライセンス事業形態も活用することで、国内外でのシェア獲得・拡大を目指す。

セメントについては、短期的（～2030年）には、国内セメント工場で大量のCO₂回収を実現する技術の確立を目標とする。そのため、既存製造工程を基に、石灰石からの排出CO₂を100%近く回収するプラントの開発を行う。具体的には、まず小型プラントでの実証後、商用ベースに近い製造能力を持つ大型実証機の建設と実証を進めるとともに、廃棄物等の多様なカルシウム源を用いて、回収したCO₂と反応させ炭酸塩として有効利用する技術の開発や商用化に向けた実証等を進め、当該技術の確立を図る。

日本発のセメントキルン方式が世界のデファクトとなっている現状を踏まえると、この技術は、日本だけでなく世界各国において採用が見込まれる。このため、2030年以降、国内セメント工場（キルン51基）への導入を進めるとともに、2050年までに、世界各国のキルン改修・新設等における導入を進め、15兆円を超えると推計される市場でのシェア獲得・拡大を図る。また、CO₂吸収型コンクリートは、CO₂削減効果に加えて、CO₂吸収によってコンクリートの耐水性・耐久性が増すという特徴も有する。このため、特に河川構造物等、水と接する構造物等の更新や取換頻度の低減につながり、公共投資の合理化が可能となる。

これらの取組により、カーボンリサイクルコンクリート・セメントを用いた製品・建築物を利用可能な市場環境の創出により、需要側が環境配慮や長寿命といったニーズに合わせた製品・建築物を選択できるようになる。

2. 目標

● アウトプット

➤ 研究開発の目標

① コンクリート分野

1. 2030年までに、材料製造～運搬～施工に係るCO₂排出量の削減及びCO₂固定量の増大を図るとともに、コスト低減を実現するCO₂吸収型コンクリートの製造システムの確立（目標値：CO₂削減量310～350kg/m³（一般的なコンクリート製造時との比較。うち、CO₂固定量は、120～200kg/m³）、既存製品と同等以下のコスト）
2. 2030年までに、CO₂吸収型コンクリートの品質管理手法（CO₂固定量の評価方法）を確立するとともに国際標準化を実現

（目標設定の考え方）

1. CO₂削減量については、一般的なコンクリート製造時のセメント由来のCO₂排出量が約300kg/m³、骨材製造時のCO₂排出量がセメントの3%程度（=10kg/m³）であると仮定して、計310kg/m³を下限值に設定。上限値は技術動向を踏まえ設定。また、CO₂固定量については、既存技術におけるコンクリート二次製品（インターロッキングブロックや境界ブロック、コンクリート製プレキャストパネル）が80～100kg/m³であることを踏まえ、この1.5～2倍となる120～200kg/m³を設定。ただし、材料製造～運搬～施工に係るコスト低減も考慮した最適化が必要であり、「既存製品と同等以下のコスト」の目標とあわせて、企業等による提案（ターゲットとする製品等）に応じて下限値以上の目標を設定。
2. シミュレーションや破壊分析等を通じてコンクリートへのCO₂固定量を分析・評価する。ただし、コンクリートの材料調達～運搬～施工は地域性が大きく影響するため、様々な地域に適用可能な汎用性のある評価システムを確立し、国際標準化の完了までを目指す。

（目標達成の評価方法）

提案者の柔軟性を確保する観点から、各目標の個別の評価方法については、現時点で特定せず、その方法についての考え方のみを示すに留め、今後案件の採択時により具体的に決定することとする。

1. コンクリートに固定されているCO₂量をシミュレーションや破壊分析等によって評価し、既存製品に比べてCO₂削減量310～350kg/m³（うち、CO₂固定量は120～200kg/m³）であることを確認する。また、コスト試算を行い、既存製品と同等以下のコストになることを確認する。
2. CO₂吸収型コンクリートの品質管理手法及びCO₂固定量の評価方法に関する国際標

準化への取組状況を確認する。

(目標の困難性)

- CO₂固定量を増大させるためには、混和材や骨材といった CO₂を固定する材料を複合して利用する必要がある。これら材料は、副産物由来や廃棄物由来であることが多く、地域によって入手可能な種類が異なり、また状態・組成が異なることに加え、これら材料を複合した場合の個々の材料の挙動・相互作用が明らかになっていない。そのため、基本物性を検証し、コンクリートとして本来有すべき性能を確保することから技術開発を始めなければならない。加えて、現場施工に用いる場合については、これまで行われてこなかった施工現場での CO₂固定方法の開発が必要となるため、実用化に向けた挑戦的な目標である。さらに、これらの技術を開発するとともに、既存製品と同等以下のコストを実現することは、極めて野心的な目標と言える。

② セメント分野

3. 2030 年までに、石灰石由来の CO₂を全量近く回収でき、既存の CO₂回収手法と同等以上のコスト低減を実現する以下の水準を満たす CO₂回収型セメント製造プロセスを確立
 - プレヒーター内で発生する CO₂を 80%以上回収
 - 化学吸収法（アミン法）における CO₂を 1 トン回収するための標準的なエネルギー（原単位：2.6GJ/t-CO₂）より低コスト化
4. 2030 年までに、回収した CO₂から炭酸塩を製造し、炭酸塩をセメント原料等に利用するための以下の水準を満たす技術を確立
 - 炭酸塩化の基盤技術として、廃棄物から 10%以上の酸化カルシウム（CaO）を抽出し、当該酸化カルシウム 1 トンあたりに固定化する CO₂固定量が 400kg 以上
 - 回収した CO₂から製造した炭酸塩が、従来の石灰石の市価の 5 倍程度の価格
 - 炭酸塩の利用の拡大のため、利用技術のガイドラインを策定

(目標設定の考え方)

3. セメントはプレヒーターからロータリーキルン⁵に至るまで徐々に原料の石灰石を加熱し、その過程において脱炭酸（CO₂）反応が行われ、CO₂が煙突から外気に排出されている。プレヒーターによる加熱過程で石灰石からの CO₂が 70%から 90%（平均的には 80%程度）排出されるため、同程度の CO₂を回収することが適当と整理し、CO₂回収

⁵ 原料焼成による高温（1450 度）の排ガスを有効活用し、石灰石の温度を効率的に上昇させるための一連の設備。プレヒーターはロータリーキルン（回転炉）で本焼成する前に行う加熱装置となり、ロータリーキルンから放出される廃熱エネルギーを石灰石に与える。仮焼炉で 1000 度程度の熱で仮焼する工程を付加することで省エネ性能が高まる。

量を80%に設定。また、本プロジェクトによってCO₂回収エネルギーを現行の技術水準より省エネルギーで実現させ、実用化に向けての省エネ・コスト低減とCO₂削減効果を両立させる。

4. 現在我が国のセメント製造（年間5,800万トン）に当たり、石灰石由来のCO₂が年間2,550万トン程度発生する。上記CO₂を活用した炭酸塩化に必要な酸化カルシウムは、3,250万トンであり、既存技術ベース（廃コンクリート1トンから回収できる酸化カルシウムは85kg程度）では廃コンクリート3.8億トン程度必要と見込まれる。現在の1年間の廃コンクリート回収量は約3,700万トン程度であるため、多様な廃棄物からの回収を可能とするとともに、単位廃コンクリートあたりの回収量増加を実現（例：85kg→100kg）する技術開発が必要。また、単位カルシウムあたり固定できるCO₂の量を拡大する。現在の技術レベルは70kgだが、CO₂固定量が炭酸塩1トン当たりの理論値（440kg-CO₂/トン）に可能な限り近づける。生成コスト・エネルギーも勘案して、既存石灰石の販売単価（2000円/トン）に近づけることが必要。カーボンサイクルセメント（CO₂を固定した炭酸塩を石灰石代替としたセメント）の利用拡大を含む、CO₂を固定した炭酸塩の用途拡大には、制度面での環境整備も重要であり、ガイドラインの策定や回収システムの拡大が必要となる。

（目標達成の評価方法）

3. プロジェクト最終年度において、本プロジェクトで整備したセメント製造装置内にCO₂測定器を設置して計測する。計測に当たり、一般社団法人セメント協会⁶によるセメント1トン製造当たりのCO₂排出量（763kg/t-cem;石灰石起源479kg、化石エネルギー起源284kg）を原単位として、排出CO₂を算出して確認する。また、併せて、革新的環境イノベーション加速戦略プログラム（炭素循環型セメント製造プロセス技術開発）によるCO₂回収のためのエネルギー原単位（2.6GJ/t-CO₂）と、基金事業による原単位を比較して、基金事業での省エネメリットがあることを確認する。
4. プロジェクト最終年度において、炭酸塩のCO₂固定量、CaO含有量、製造コストからの想定販売額等を評価して目標値を上回ることを確認する。また当該利用技術は複数のカルシウム源ごと最適な技術を開発・検証していくため、プロジェクト期間中にステージゲートによる評価を行い、省エネ効率や調達ポテンシャル等を含めたコスト比較を行う。当該コスト比較においては、CO₂固定量の目的を達成するため、低廉で最適なコスト設定であることを確認する。

（目標の困難性）

⁶ https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jg1i_01.pdf

3. 国内外のセメント産業では原料（石灰石）を仮焼炉で約 1000 度の熱で余熱した後、ロータリーキルンで 1450 度の熱で燃焼する NSP キルン⁷を導入し、またプロセス改善の積み重ねにより高い省エネ効果と安定した品質を満たす技術が確立されている。当該研究開発期間のみで、熱利用が重要となるセメント製造プロセスにおいて、CO₂を熱と一緒に回収することで熱効率を下げおそれがある。熱利用と CO₂回収を両立しつつ、既存ラインに組み込むため、多様なバランスを取る困難性がある。
4. 廃棄物から酸化カルシウムの回収に当たり、回収可能な廃棄物中の酸化カルシウムの量に係る技術レベルは、理論含有量に比して低いレベルに留まる。そのため、酸化カルシウムの生成コストを考慮しつつ、更に CO₂ 固定量を理論値に近づけることは困難性を有する。

- アウトカム

コンクリート分野については、CO₂吸収型コンクリートの普及促進を受け、期待される世界の CO₂削減効果、及び予想される世界の市場規模について、以下の前提に基づき機械的に算出した。日本企業の国際競争力、民間投資誘発額の状況も随時モニタリングしつつ、世界市場の付加価値の相当程度の割合を我が国に還流させ、世界及び日本の脱炭素化に貢献することを目指す。また、セメント分野については、2030 年代においては国内セメント工場への導入効果を想定。実機導入される場合であっても、テスト稼働等が多くなることが想定され、CO₂排出削減量の算定は困難だが、設備整備が促進されることが想定される。2050 年においては世界の CO₂削減効果を想定する。まずはアジアでの技術展開を図り、実質的な技術のスタンダード化（世界標準）を目指す。なお、CO₂削減効果においては、コンクリート・セメントを併せて計上した。

- CO₂削減効果（ポテンシャル推計）

- 約 6～14 億トン/年（2030 年）

【算定の考え方】

CARBON DIOXIDE UTILIZATION (CO₂U) ICEF ROADMAP 1.0 の「Potential increase in market size due to implementation of strategic actions」の図に記載の 2030 年の Concrete のグラフの数値から試算した。

- 約 30 億トン/年（2050 年）

【算定の考え方】

IEA - Technology Roadmap - Low-Carbon Transition in the Cement Industry の「Figure 4: Cement production by region」の 2050 年の数値をもとに CO₂排出削

⁷ NSP キルンは国内セメントメーカーでの標準的な設備であり、予熱装置を持つ省エネ効果の高い設備。原料焼成に当たりプレヒーターのみ設置されるものが SP キルン、プレヒーターと仮焼炉が設置されているものが NSP キルンとなる。

減・固定量最大化コンクリートの普及率 4%、CO₂回収可能なセメント製造プロセスが十分に導入されるとして試算。

➤ 経済波及効果

○ 約 3,800 億円 (2030 年)

【算定の考え方】

以下の合計値

・約 2,600 億円

IEA-Technology Roadmap - Low-Carbon Transition in the Cement Industry の「Figure 4: Cement production by region」の 2030 年の数値をもとに CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの普及率 0.1%として試算。

・約 1,000 億円

国内のセメント工場 (30 工場、51 キルン) の約 1 割のキルン (5 キルン) に当該技術を導入。なお、キルン 1 基当たりの設備導入費用を 200 億円程度と想定。

・約 200 億円

国内混合セメント想定 10%相当分シェアの確保を想定。

○ 約 156 兆円 (2050 年)

【算定の考え方】

以下の合算値

・約 12 兆円/年

IEA - Technology Roadmap - Low-Carbon Transition in the Cement Industry の「Figure 4: Cement production by region」の 2050 年の数値をもとに CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの普及率 4%として試算した。

・約 144 兆円

キルン 1 基当たりの設備導入費用を 200 億円程度と想定。2050 年時点で世界のセメントを当該研究開発による CO₂混合セメントに置き換え、また 2050 年セメント生産 (約 50 億トン⁸と推計) に必要なセメント製造設備を当該設備に置き換えることでの経済効果を 144 兆円 (キルン導入: 約 89 兆円、セメント市場獲得: 約 55 兆円) と見込む。

⁸ IEA 報告書 (Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry) に基づき、2050 年セメント生産量を 2014 年度生産量から 23%増加したものととして算定。

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

① コンクリート分野

● 【研究開発項目 1】CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発

- 目標：2030年までに材料製造～運搬～施工に係るCO₂排出量の削減及びCO₂固定量の増大を図るとともに、コスト低減を実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立（目標値：CO₂削減量 310～350kg/m³（一般的なコンクリート製造時との比較。うち、CO₂固定量は、120～200kg/m³）、既存製品と同等以下のコスト）

➤ 研究開発内容：

①CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発

【（9/10 委託→補助） + 1/10 インセンティブ】

CO₂を固定する材料は混和材や骨材として利用されることが想定される。これら材料の原料はその状態や組成が調達先ごとに異なるため、画一的な製造手法が確立できない。また、輸送に係るコストも考慮すると、LCCO₂の観点から合理的に調達可能な材料は地域ごとに異なる。さらに、こうした材料の状態や組成の違いが、コンクリート基本物性に与える影響も判明していないといった課題がある。

本技術を広く展開していくためには、地域性に応じた製造手法・指針を示すことが必要となる。これら原料の持続的な調達可能性も考慮しつつ、基本物性を検証し、状態や組成の違いが混和材や骨材に与える影響を評価し、CO₂固定効果が高い材料の製造技術や複合技術の開発を行う。

具体的には、以下 i ～ iv 等の技術開発を行う。

- CO₂を固定する混和材の開発：原料の品質が混和材に与える影響を評価するとともに、より効率的なCO₂固定型混和材の製造手法の開発に取り組む。
- CO₂を固定する骨材の開発：原料の品質が骨材に与える影響を評価するとともに、高密度化等により、一般的なコンクリート用骨材と同等の品質を有するCO₂固定型骨材の製造手法の開発に取り組む。
- 各種原料の状態や運搬等の条件を考慮したLCCO₂を最小化できる材料選定手法の確立
- CO₂固定型の混和材及び骨材を複合利用した場合の、コンクリートの基本物性への影響評価（テストピースでの評価）

なお、具体的な取組については、上記以外の提案を妨げるものではない。

②「CO₂排出削減・固定量最大化コンクリート」の革新的固定試験及び製造システムに関する技術開発

【（9/10 委託→補助） + 1/10 インセンティブ】

現場施工によるコンクリート製造への適用も見据え、CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの試験養生器・手法の開発を行い、試験を通じてその性能を検証する。また、既存設備も含めた製造システムによる製造性・施工性の実証試験を行う。

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートには前例のない材料を使用することから、熱膨張係数といったコンクリートの基本物性値への影響に加え、CO₂固定の不均一化、CO₂固定時間の長期化といった課題が想定される。また、実証試験においてはエネルギーバランスを踏まえた製造システム全体のコスト最小化といった課題が想定される。こうした課題の解決に向け、以下 i ~ iv 等の技術開発を行う。

- i ビル、ダム、橋梁、道路、トンネルなど、多様な現場での活用に向け、現場打設コンクリートの要求性能を満たす CO₂固定手法に関する要素技術開発
- ii 大型プレキャストコンクリート製品に適した CO₂固定手法に関する要素技術開発
- iii CO₂を効率的に吸収させるための設備条件や環境条件を踏まえた試験養生器の開発及び性能検証
- iv CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造性・施工性に係る実証試験の実施及び海外への展開も見据えた製造システム全体の検証

なお、具体的な取組については、上記以外の提案を妨げるものではない。

● 【研究開発項目 2】CO₂吸収型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★
9

- 目標：2030 年までに、CO₂吸収型コンクリートの品質管理手法（CO₂固定量の評価方法）を確立するとともに国際標準化を実現

- 研究開発内容：

【9/10 委託 + (1/10 インセンティブ)】

CO₂吸収型コンクリートの適切な品質管理手法及び CO₂固定量評価技術の確立のための技術開発を行いつつ、標準化に必要となるデータ取得等に取り組む。また、並行して国際標準化に向けた作業を進めることによって、海外市場への進出を促す。

CO₂吸収型コンクリートは、CO₂固定プロセスの材料、手法等が異なるため、一般的なコンクリートに対する品質管理手法は適用できない。また、CO₂吸収型コンクリートの品質管理手法及び CO₂固定量評価技術は確立しておらず、国際標準も存在しない。そのため、これら手法及び評価法の確立、標準化に向けフィールド検証等を通じた CO₂固定量のデータ取得・蓄積等が課題となる。そのため、以下 i ~ iii 等の技術開発を行う。

- i CO₂固定量・品質のばらつき（時間的分布・空間的分布）影響評価手法の開発

⁹ ★マークがある研究開発項目については、大学・研究機関等が主たる実施者（支出が過半を占める実施者）となることが可能（★マークがない項目は、企業等の収益事業の担い手が主たる実施者となる必要）。

ii CO₂固定量の定量的な評価手法の開発（破壊検査、非破壊検査、CO₂消費モニタリング等）

iii フィールド検証を通じた CO₂吸収型コンクリートの品質と CO₂固定量に関するデータ取得等

なお、具体的な取組については、上記以外の提案を妨げるものではない。

（委託・補助の考え方）

- CO₂吸収型コンクリートの普及展開により収益性を確保するには、製造コストを抑えつつ、様々な地域特性に対応した形で CO₂固定量を最大化する製造プロセスの確立が必要となる。しかし、CO₂固定材料の複合使用や、コンクリート全体の 8 割を占める現場施工に適用する技術が未確立であり、ハードルの高い取組となる。
- これを踏まえ、最適な材料選定（研究開発内容 1-①）、試験養生器・手法開発（同 1-②）、CO₂固定量の評価手法等の確立（研究開発項目 2）については、実施者以外も幅広く裨益する共通基盤的・革新的な技術開発であるため、委託事業として開始する。ただし、1-①及び 1-②については、民間企業の投資を引き出し、社会実装を確実にする観点から、実証段階では、補助への切り替えを行い、更に TRL の進展に伴い、補助率を逡減させる。
- 実施主体については、1-①、1-②、2 それぞれが異なることも可能。ただし、相互補完的な検討が必要な部分等においては、必要に応じて連携することを求める。

② セメント分野

● 【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

- 目標： 2030 年までに、石灰石由来の CO₂を全量近く回収でき、既存の CO₂回収手法と同等以上のコスト低減を実現する以下の水準を満たす CO₂回収型セメント製造プロセスを確立
 - ・プレヒーター内で発生する CO₂を 80%以上回収
 - ・化学吸収法（アミン法）における CO₂を 1 トン回収するための標準的なエネルギー（原単位：2.6GJ/t-CO₂）より低コスト化
- 研究開発内容：
【（9/10 委託→補助） + 1/10 インセンティブ】
セメント製造用の原料である石灰石から発生する CO₂を大量に回収するため、既存設備（NSP キルン）でプレヒーター内の熱を利用するプロセスを活用しつつ、CO₂を回収する機能を付与するため、既存プラント内に設置するための課題（コンパクト化、コスト低減等）に対応するプロセスの見直しが必要。このため、NSP キルンにおいて、CO₂回収が可能な製造プロセスの開発、実証を行う。開発に当たっては、設備内での熱利用も考慮しつつ、回収した CO₂を利用（例えばメタネーション技術の導入など）しやすいプロセス設計とする。なお、セメント工場は産

業廃棄物処理の一翼を担っており、既存の廃棄物処理も継続できるよう既存プロセスの活用を念頭におきつつ開発を行う。また、研究開発項目 4 と連携し、当該研究にて開発された炭酸塩を用いたセメントが当該プロセスで利用可能となることも検証する。

CO₂を回収可能な製造プロセスの設計に基づき、小型実機の開発、試運転により CO₂を全量近く回収する技術の確立を図る。新たな製造プロセスによる CO₂の回収が可能か実証機で検証し、データ収集や最適な稼働条件の設定などを検証する。なお、本プロジェクトでは省エネ効率や品質の確保といった商用化に向けて必要となるデータの検証のため、必要に応じて小型実機によるテスト稼働を行った上で大型機による段階的な実証を行うことも可能とする。これにより、CO₂回収とともに、従前までと同程度の熱効率が確保可能か実証を行う。また、CO₂回収量の測定とともに、不均一な燃焼状態とならないよう燃焼温度の確保、CO₂濃度の確認、支燃性ガスの適正值の設定なども適切に行う。

(委託・補助の考え方)

- セメント産業でのカーボンニュートラル実現のための CO₂回収技術の開発は未だ世界でも実現した例や論文等がなく、ハードルの高い抜本的な取組である。単に製造ラインにプロセスを追加するのみに留まらない既存設備の活用も可能とする非常に難易度が高い※技術開発である。そのため当該技術を商用化するためには 10 年以上を要すると考えられ、委託事業として開始する。ただし、将来的な普及展開が一定程度見通せるフェーズになった段階において、民間企業の独自の取組を促進する観点で補助金に切り替えを行い、更に TRL の進展に伴い、補助率を逡減させる。

※セメントの製造工程は設備内の熱利用を徹底的に行うことが特長。NSP キルンではキルンから放出される熱も原料の燃焼エネルギーとして利用。その過程で CO₂回収を行う場合、CO₂のみでなく熱まで回収することとなる。そのため、熱利用と CO₂回収を両立しつつ、既存ラインに組み込む（コンパクト、省エネ）という多様な要素のバランスを取る困難さが存在。

● 【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

- 目標：2030 年までに、回収した CO₂から炭酸塩を製造し、炭酸塩をセメント原料等に利用するための以下の水準を満たす技術を確立
 - ・炭酸塩化の基盤技術として、廃棄物から 10%以上の酸化カルシウム (CaO) を抽出し、当該酸化カルシウム 1 トンあたりに固定化する CO₂固定量が 400kg 以上
 - ・回収した CO₂から製造した炭酸塩が、従来の石灰石の市価の 5 倍程度の価格
 - ・炭酸塩の利用の拡大のため、利用技術のガイドラインを策定
- 研究開発内容：
【(9/10 委託→補助) + 1/10 インセンティブ】
廃コンクリート等や回収 CO₂を活用した炭酸塩化技術の開発に取り組んでいるが、最新の研

究開発成果（廃コンクリートから酸化カルシウムを約 8.5%抽出）でも酸化カルシウムの抽出量が限定的となっており、廃コンクリート以外の酸化カルシウム抽出可能な廃棄物の検証が進んでいない。さらに、炭酸塩化に必要な CO₂はイオン化の反応速度が遅いといった特性があり、効率的に酸化カルシウムに固定することが課題。このため、研究開発で大量の酸化カルシウムを抽出・回収する技術の確立、CO₂を大量に固定する炭酸塩を生成する技術開発を行う。また、酸化カルシウムの抽出技術の確立に向けて、炭酸塩化に有望なカルシウム等のアルカリ源の選定も併せて行う。さらに、利用技術の確立に向けて、炭酸塩を用いたカーボンサイクルセメント製造プロセスの開発、炭酸塩のフィラーなどでの利用技術の開発や、利用時の性能確保等の内容を含んだ技術利用ガイドラインの策定を行うことで、炭酸塩生成コストの低コスト化技術の普及を図る。本成果は、研究開発項目 3. と連動させて、実用化に向けた実証を行う。

（委託・補助の考え方）

- セメント工場から排出される CO₂を用いて炭酸塩を生成し、石灰石代替原料としてセメント原料化することは未確立の分野である。当該技術を多様なセメントに利用するため、民間主導では 10 年以上を要すると考えられ、委託事業により国の支援により取組を促進させる必要がある。他方で、大規模開発フェーズへの移行段階では、商用化を念頭においた品質の安定確保のための研究・実証となるため、民間企業の独自の取組を促進する観点で補助金へ切り替えを行い、更に TRL の進展に伴い、補助率を逡減させる。

● 【社会実装に向けた支援】

① コンクリート分野

国内市場においては、2025 年の大阪万博等における導入や土木学会等関連学会のガイドライン・指針等に反映することで、国・地方自治体による公共調達を拡大することを目指す。また、温室効果ガスインベントリへの登録を通じて、更なる導入拡大を目指す。

国際市場においても、北米市場に加え、経済成長著しいアジアでコンクリート需要が拡大することが見込まれるため、国際標準化に向けたデータ取得や大規模な国際展示会で PR 等を行い、販路を拡大する。

② セメント分野

国内外市場への拡大を視野にいれ、新たな製造プロセスについて、国際展示会等を活用した販路拡大に向けた成果の PR や、炭酸塩確保のためカルシウム源確保に向けての業界団体間での協議体を設置するなどの体制整備等を行う。

4. 実施スケジュール

● プロジェクト期間

① コンクリート分野

➤ 【研究開発項目 1】 CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発

研究開発内容①、②ともに極めて困難な取組であるところ、一連の取組を確実に実施するための十分な時間を確保する観点から、2021 年度から 2030 年度までの最大 10 年間で想定。また、技術開発に十分な時間を費やしたうえで 2026 年以降に実証に移行していくスケジュールを想定。

2024 年度までに各研究開発内容に関する実験室レベルの試験等を実施し、要素技術の開発を行うとともに 2025 年の大阪万博等を通じて品質と CO₂固定量に関するデータ取得を行う。2021～2025 年度で得られた成果を踏まえ、2026 年以降に製造性・施工性に係る実証試験を実施する。

ただし、以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

➤ 【研究開発項目 2】 CO₂吸収型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

研究開発項目 1 に関する研究の進捗を踏まえつつ、一連の取組を確実に実施するための十分な時間を確保する観点から、2022 年度から 2030 年度までの最大 9 年間で想定。研究開発と同時並行的に標準化の取組を進めていく。2025 年の大阪万博等を通じて品質と CO₂固定量に関するデータ取得を行い、標準化提案等を進めていく。

ただし、以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

② セメント分野

➤ 【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

2021 年度から 2022 年度までに製造プロセスにおける CO₂回収技術の設計を実施し、2022～2025 年度において当該設計に基づき、CO₂回収設備・技術の開発や小型実機での実証に着手する。当該実証にて生じた課題等を踏まえ、設計内容を適宜修正する。2026 年度以降において、それまでに得られた成果を踏まえ、実用化を想定した大型機での実証事業に取り組む。なお、本プロジェクトでは従前同様の品質確保や省エネ効率等を満たすことを想定しており、一連の取組を確実に実施するための十分な時間を確保する観点から 2021 年度から 2030 年度までの最大 10 年間で想定。

なお、当該スケジュールはあくまで一例であり、事業者の提案において、小型実機での実証を経ずに大型機での実証を行うなど、最適なスケジュールを組むことを妨げない。

➤ 【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

2025 年までに廃棄物などから酸化カルシウムの回収量を考慮しつつカルシウム源を選定するとともに、回収 CO₂を固定化した炭酸塩を生成し、セメント原料化や有効利用技術の開発を進める。

2026 年以降、炭酸塩を低コストで生成できるよう、当該技術の更なる深掘りを行う。また、研究開発項目 3 により回収した CO₂を用いた炭酸塩（石灰石代替原料）によるカーボンサイクルセメントを生成し、その品質や安定供給が可能か検証する。また、商用化に向けた実証等を進め、当該技術の確立を図る。

● ステージゲート設定等

研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下のとおり、事業の切れ目において、ステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する。追加公募については、その必要性が確認された場合に行う。

① コンクリート分野

【研究開発項目 1】CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発

【研究開発項目 2】CO₂吸収型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

➤ 大阪万博等を通じて品質と CO₂固定量に関するデータ取得及び当該データの検証結果を踏まえた実証試験の開始（下表の例では 2026 年頃に事業継続判断）

② セメント分野

【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

➤ 小型実機による CO₂回収量に関するデータ取得を踏まえた大型実証試験の開始（下表の例では 2025 年頃に事業継続判断）

【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

➤ カルシウム源ごとに、カルシウム抽出量、CO₂固定量に関するデータ取得及び炭酸塩生成コストを踏まえた実証試験の開始（下表の例では 2025 年頃に事業継続判断）

表1：プロジェクトの想定スケジュール（例）

★ ステージゲート

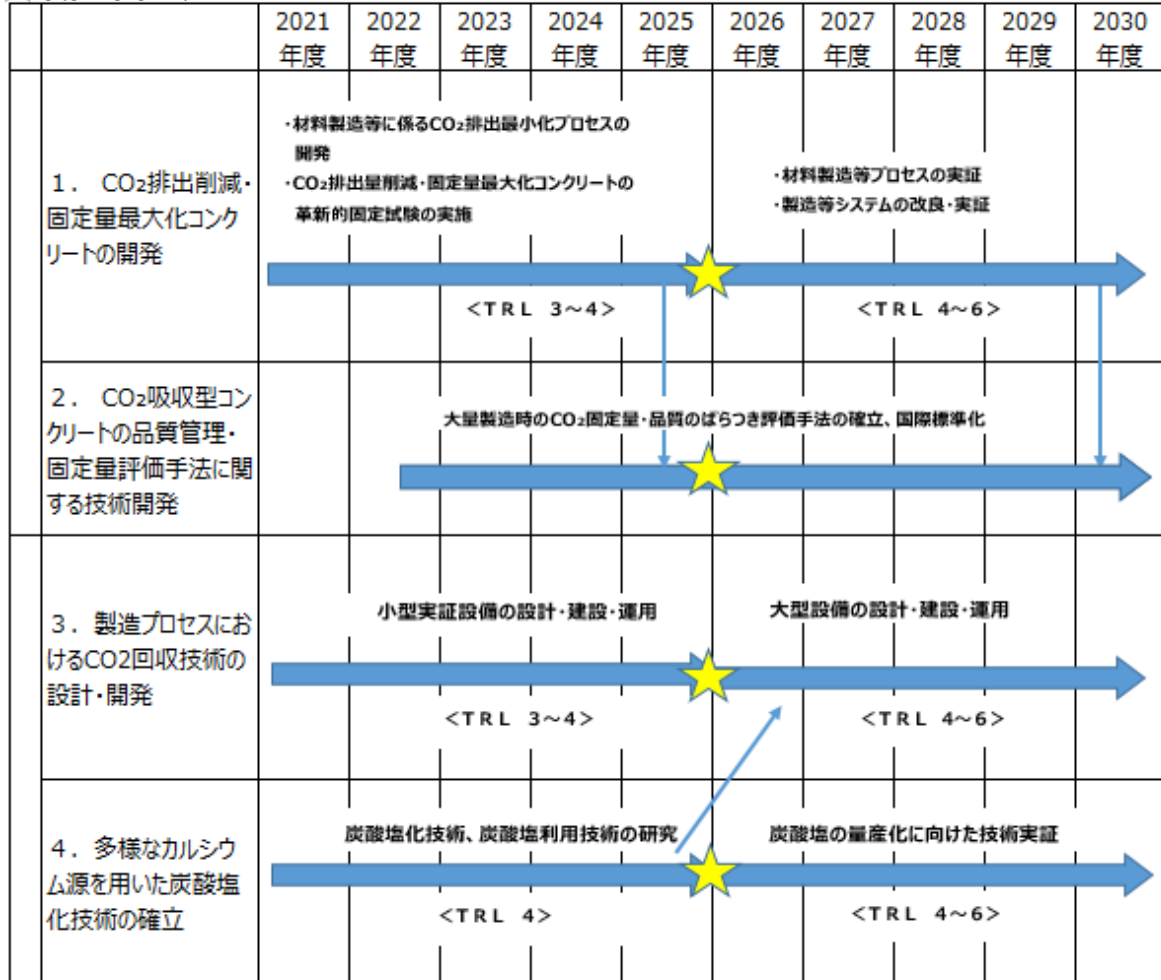


表 2：社会実装スケジュール

① コンクリート分野

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
<p>●コンクリート コスト目標 2030年 30円台/kg (= 既製品と同等)</p>	<p>・大阪万博（2025年）における導入を検討 ・新技術に関する国交省データベースにCO₂吸収型コンクリートを登録。地方自治体への周知拡大。 さらに、公共調達の拡大等による販路拡大、コスト低減</p>					<p>・CO₂削減・固定量最大化コンクリートに係る材料・製造システムの研究開発、施工性最適化、品質管理手法の開発</p>	<p>・CO₂削減・固定量最大化コンクリートの実証</p>	<p>・国際標準化や大規模な国際展示会でのPR等を行い、途上国等へも販路拡大</p>

② セメント分野

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
<p>●セメント 国内キルン全機導入</p>	<p>・セメント製造工場でのCO₂回収技術の開発 ・回収CO₂の炭酸塩化によるセメント原料化、利用技術の開発</p>					<p>・大規模設備でのCO₂回収と炭酸塩化技術実証</p>	<p>・設備導入コスト低減・導入支援 ・国内メーカー、アジアメーカーへの技術展開 ・海外企業へのライセンスビジネスの展開</p>	

5. 予算

(分野別ワーキンググループでの審議結果を踏まえ、研究開発項目及び研究開発内容等を必要に応じて修正した後、今後の分野別ワーキンググループにおいて、各項目の予算額と予算根拠を提示予定)

(参考) 改訂履歴

・2021年〇月 制定