

# セメント製造の CO<sub>2</sub> を利用した 環境配慮型コンクリート

## Environmentally Considered Concrete Using CO<sub>2</sub> from Cement Production

小西正芳\*

### 1. はじめに(セメント・コンクリートについて)

セメントの起源は、古代ローマ時代まで遡ることができるが<sup>1)</sup>、現在は、1824年にジョセフ・アスペインにより発明されたポルトランドセメントをベースとするセメントが主流となり、世界中で広く利用されている。2021年の世界の生産量は43億トンに上る<sup>2)</sup>。日本国内での需要量は3800万tとなっている<sup>3)</sup>。

セメントの製造は図1<sup>4)</sup>のように行われる。原料工程、焼成工程、仕上げ工程の3つの工程で構成される。原料工程は原料である石灰石(CaO)、珪石(SiO<sub>2</sub>)、粘土(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、鉄原料(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)を所定の割合で混合粉碎を行い原料粉を調合する。焼成工程

は調合された原料粉を燃焼ガスとの熱交換を行い加熱するプレヒーターと呼ばれるタワーに投入され、1000℃程度まで予熱された後、ロータリーキルンと呼ばれる回転式焼成炉を用いて1450℃の高温で焼成することでφ5~30mm程度のセメントクリンカという中間製品を製造する。仕上げ工程は、セメントクリンカと、石膏などの凝結調整剤を添加し、所定の細かさまで粉碎することでセメントとなる。

これら一連の製造工程よりCO<sub>2</sub>が排出され、温室効果ガス排出量算定報告公表制度<sup>5)</sup>の集計結果(2018年度)のセメント製造業に分類される事業所から排出されるCO<sub>2</sub>量を合計すると4,160万t-CO<sub>2</sub>となり、我が国の排出量全体(2018年度, 11.4億t-CO<sub>2</sub>)の4%弱を占める。セメントのCO<sub>2</sub>排出係

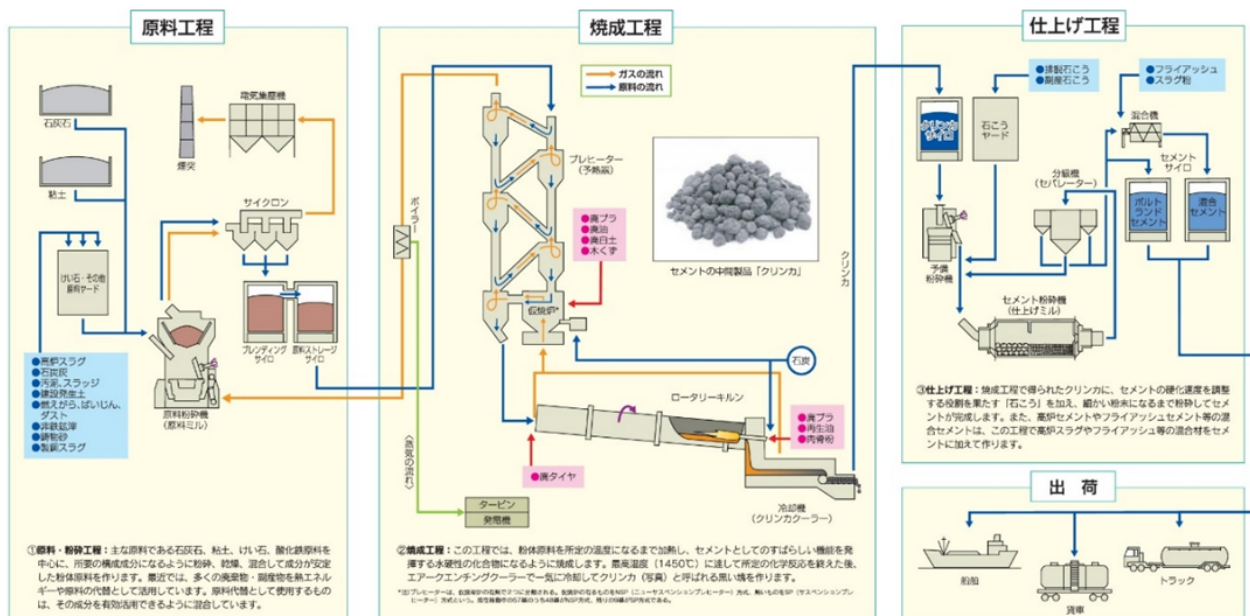


図1 セメント製造プロセスの概略フロー

\*住友大阪セメント株式会社 セメント・コンクリート研究所

数は、一般的に用いられるポルトランドセメントで758kg-CO<sub>2</sub>/t-セメント<sup>6)</sup>となっている。

ただ発電・鉄鋼などの大規模排出源と異なるところは、セメント原料として利用する天然石灰石の脱炭酸由来のCO<sub>2</sub>の割合が高いことで、実に60%を占めていることが大きな特徴である。

一方、コンクリートは建物・道路・橋梁など社会インフラを建設する際の基礎資材であり、現代社会には欠かすことできないものとなっている。コンクリートは、セメントを主原料に、細骨材・粗骨材などの砂利石、流動性を向上させるための化学混和剤と水を混練することで製造される。型枠に流し込み硬化させることで、好きな形状にできることも特徴である。しかし使用されるセメントの製造からCO<sub>2</sub>が排出されることから、地球環境に対して負荷を与える素材であるとみなされている。一般的なコンクリート1m<sup>3</sup>を製造する際の、CO<sub>2</sub>排出原単位は330kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>程度と計算されるが、寄与としてはそのほとんどが使用されるセメントに起因するものである。

## 2. セメント製造におけるCO<sub>2</sub>削減への取り組み

セメント製造はCO<sub>2</sub>の多排出産業であることから、業界をあげて削減のための対策、技術開発が進められている。

COP21でパリ協定が採択され、2016年発効されたことにより、各国で2030年削減目標と2050年に向けた長期戦略の策定がなされてきた。またCOP26での1.5℃シナリオを目指ため、2030年度の目標の再設定などがなされてきた。我が国において

は、2030年46%削減(2013年比)、2050年カーボンニュートラル(CN)の実現を目指す、2021年10月に閣議決定されたことは周知のことである。

セメント業界においても、2050年のCNを目指す長期ビジョンが各社において策定されている<sup>7)8)</sup>など。またセメント協会においても業界横断的に取りまとめた長期ビジョンが公表されている<sup>9)</sup>。概要を図2に示した。

同様にCEMBUREAU(欧州セメント協会)等も長期ビジョンロードマップを公開している<sup>10)</sup>が、セメントを製造するところだけではなく、コンクリートの製造・使用なども含めた、より広範囲な行動指針となっている。

どちらにおいても、①クリンカ/セメント比の低減(混合セメント)、②化石燃料に変わる代替燃料(バイオマス、廃棄物利用など)の積極利用、③CCUS技術による利用・貯留等を行うことで、2050年度CNを目指すこととしている。

①クリンカ/セメント比の低減(混合セメント)については、セメントを製造する際に、セメントクリンカの代わりになる増量材と置換することで、CO<sub>2</sub>排出原単位の高いセメントクリンカの使用比率を下げることで、セメントの排出原単位を下げようとする手法である。増量材として一般的に使用されるものは、フライアッシュ、高炉スラグ、シリカフューム、炭酸カルシウム、天然ポゾランなどがあげられ、Supplementary Cementitious Materials(SCM)と呼ばれる。通常は、フライアッシュセメント、高炉セメントのような名称の混合セメントとして利用されている。日本においては、クリンカ/セメント比率95%程度の普通ポルトランドセメントという種類のセメントが最も使用されており、平均すると85%となっている。欧州の場合は73%程度と削減が進んでいる。

②化石燃料に変わる代替燃料利用について、日本のセメント製造では、その燃料として石炭が用いられている。凡そ1tのセメントクリンカを焼成するのに、100kg程度の石炭が必要である。そのためこの燃料の脱炭素化も重要となってくる。一手法としてアンモニア燃焼などの検討も進められている<sup>11)</sup>。

一方、セメント製造においては廃棄物利用が積極的になされており、単純焼却される可燃物を燃料として熱利用することで、化石燃料の使用を削減する取り組みが行われている。バイオマス、廃プラスチック、廃油、繊維くず、肉骨粉など多くの可燃物を利用している。図3に示すネット排出量という考え方

### 2050年に向けて目指す対策

#### (1)プロセス起源二酸化炭素

- 普通ポルトランドセメントの少量混合成分の増量により、クリンカ/セメント比が0.85~0.825に低減することを目指す。
- セメントカーボネーションにより固定する二酸化炭素量(強制的に固定化させるものは含めない)は相当量あることが報告されているが、国際的に合意された算定方法が確立していないため、セメント産業に係る貢献として、絵姿に示す。

#### (2)エネルギー起源二酸化炭素

- 省エネとエネルギー代替廃棄物の利用拡大を進め、また、クリンカ/セメント比の低減分のエネルギー使用量削減化可能
- 焼成用エネルギーは、バイオマスを含む代替廃棄物の利用拡大、将来的な水素・アンモニア・合成メタン混焼などにより、ゼロエミッション系の混焼を少なくとも50%までに増やすことを目指す。
- 自家発電は、バイオマス燃料を始めとした各種ゼロエミッション系燃料への転換によるゼロエミッションを目指す。

#### (3)プロセス起源、エネルギー起源両方に向けた二酸化炭素の回収・利用・貯留

- 国のグリーン成長戦略等に沿いながら、技術開発を推進し、二酸化炭素の回収・利用・貯留の技術によって削減を目指す。

#### (4)その他

- ユーザーの低炭素化への意識向上から、将来的にはクリンカの比率がより低減することが素ステイされ、2030年に0.825を目指したクリンカ/セメント比が、2050年には0.8にまで低減することを想定する。

図2 セメント協会が示す長期ビジョンの対策

を取ることで、セメント焼成に必要なCO<sub>2</sub>排出量の削減を進めている<sup>12)</sup>。

③CCUS技術による利用・貯留について、前述①②のような取り組みは重要であるが、CNを目指すためにはCCUS技術が必須であることは言うまでもない。

排ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収に関しては、種々の手法が実証検討されている状況で、液体アミン吸収、固体アミン吸収、MOF、膜分離、酸素燃焼、ケミカルループングなどの技術が検討されている。そのような中、EUにおける取組は、規模も大きく進んでいる。北海油田などを利用し、貯留までのサプライチェーン全体を実証するプロジェクトが進行中で、2024年ごろに稼働する計画である。ノルウェーのセメント会社NorcemのBrevik工場において、アミン吸収法で年間40万tのCO<sub>2</sub>を分離回収し、地下貯留するプロジェクトが進行中である<sup>13)</sup>。

またセメント製造の特徴である石灰石由来のCO<sub>2</sub>に着目し分離回収する技術開発も進められている。Calix社は石灰石を間接加熱で熱分解しCO<sub>2</sub>ガス濃度95%以上の濃度で回収する実証も進められており、10万t-CO<sub>2</sub>/y規模の実証設備の建設に取り掛かっている<sup>14)</sup>。

日本におけるセメント排ガスをを用いた分離回収技術実証に関しては、太平洋セメント社がNEDO助成事業で実施した「炭素循環型セメント製造プロセス技術開発」が最も規模が大きい(10t-CO<sub>2</sub>/d)ものである。利用した技術は海外のCarbon Clean社のアミン吸収法を適用したものであるが、セメント工場の実排ガスでの実証であり、アミン吸収におけるセメント排ガス特有の課題などが検討された。併せて、廃コンクリート等にCO<sub>2</sub>を吸収させ建設資材として再利用する技術開発などのCCU技術開発も並行して実施されている<sup>15)</sup>。

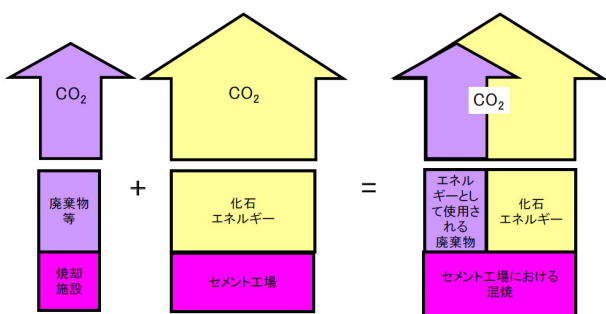


図3 代替燃料利用におけるネット削減の考え方

### 3. 環境配慮型コンクリートについて

久田らは<sup>16)</sup>、CO<sub>2</sub>削減を狙った多様なコンクリートについて、①セメントの構成材料を吟味することでCO<sub>2</sub>排出量を低減したコンクリート、②コンクリートにCO<sub>2</sub>を吸収固定することで排出量を低減したコンクリート、③CO<sub>2</sub>を固定した材料を利用することで排出量を低減したコンクリートなどのタイプに分類し、それらを称して環境配慮型コンクリートと呼んでいる。

①構成材料に関しては、クリンカ/セメント比を小さくしたセメントの利用があげられる。フライアッシュセメント、高炉セメントの利用が代表的であるが、セメントの40%をフライアッシュ、高炉スラグに置き換えたB種混合セメントが一般的である。図4に示すような、高い置換率のセメントも実用化され利用が進んできている<sup>17)</sup>。このような構成にすることでセメントを置換した分だけCO<sub>2</sub>排出量の低減が可能となる。

②コンクリートにCO<sub>2</sub>を吸収固定するコンクリートに関しては、鹿島建設社らが開発した「CO<sub>2</sub>-SUICOM」<sup>18)</sup>の認知度が高い。セメントは水和反応で硬化していくことが特徴であるが、その際消石灰を生成する。そのため空気中のCO<sub>2</sub>を時間をかけて自然に吸収する。この現象を中性化と称しているが、「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の場合、中性化を積極的に行わせることと同時に、CO<sub>2</sub>と反応し硬化する特殊な混和材を用いることで、よりCO<sub>2</sub>を吸収固定できるように開発されたコンクリートである。特殊混和材を、脱炭酸した副生消石灰を原料にして製造することで、カーボンネガティブなコンクリートにできるとされる。

③CO<sub>2</sub>を固定した材料を用いるコンクリートとしては、副産物・廃棄物に含まれるカルシウムを、

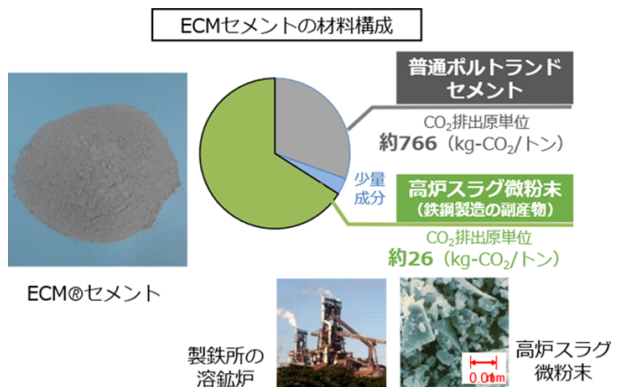


図4 ECMセメントの材料構成<sup>17)</sup>



何らかの方法でCO<sub>2</sub>と反応させ炭酸カルシウムとして固定した材料を、骨材などとして利用する方法などが考えられている。大成建設社が開発した「T-eConcrete /Carbon-Recycle」に代表されるコンクリートなどがあげられる<sup>19)</sup>。

#### 4. グリーンイノベーション基金事業での取り組み

そのような中、経済産業省が野心的な取り組みに対して、10年のサポートを行うグリーンイノベーション基金を造成し、2兆円に上る予算が用意され、現在15のプロジェクトが実施されている。

セメント・コンクリート分野においては、表1に示す「CO<sub>2</sub>等を用いたコンクリート等製造技術開発」というプロジェクトが組織され、コンクリート分野、セメント分野に分かれ4つの研究開発項目が設定された。

コンクリート分野の1つは、先に記したCO<sub>2</sub>-SUICOM技術をベースに、さらにCO<sub>2</sub>を固定した材料を用いることでCO<sub>2</sub>排出削減・固定量最大化コンクリートを開発することを目指している。

セメント分野では、原料である石灰石の脱炭酸由来のCO<sub>2</sub>を効率的に回収するためのプロセスの開発（研究開発項目3）と、そのCO<sub>2</sub>と多様な廃棄物

表1 CO<sub>2</sub>を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト実施一覧

採択テーマ	研究開発項目	実施先
革新的カーボネゲティブコンクリートの材料・施工技術及び品質評価技術の開発 研究開発	研究開発項目 1, 2	鹿島建設株式会社 デンカ株式会社 株式会社竹中工務店
CO <sub>2</sub> 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 1, 2	株式会社 安藤・間 株式会社内山アドバンス 灰幸小野田シモン株式会社 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 一般財団法人電力中央研究所
コンクリートにおけるCO <sub>2</sub> 固定量評価の標準化に関する研究開発	研究開発項目 2	国立大学法人 東京大学

採択テーマ	研究開発項目	実施先
CO <sub>2</sub> 回収型セメント製造プロセスの開発	研究開発項目 3 研究開発項目 4	太平洋セメント株式会社 住友大阪セメント株式会社

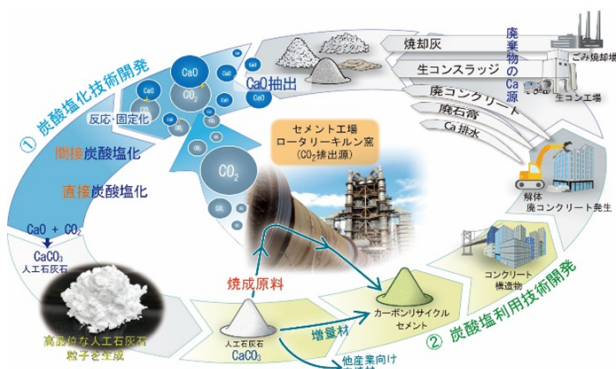


図5 多様なCa源を用いた炭酸塩化技術の確立の全体概要図

由来のカルシウム源を用いた炭酸塩化の確立（研究開発項目4）を目指すものである。

#### 5. 「多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立」について

##### 5.1 開発概要

当社がグリーンイノベーション基金事業で取り組んでいるCO<sub>2</sub>回収型セメント製造プロセス開発の状況について、詳しく説明する。図5に本テーマの概要を示した。また共同で開発を進めるメンバーを図6に示す。

カルシウム源としては廃棄物として発生するもので、十分に有効利用できていないものを中心に選んでいる。

廃棄物中のカルシウムとセメント製造から排出されるCO<sub>2</sub>を反応させ炭酸カルシウム（人工石灰石）を製造する炭酸塩化技術開発と、人工石灰石を利用してセメントを製造し、それを利用する炭酸塩利用技術開発の2つの技術開発で構成されている。

##### 5.2 炭酸塩化技術開発について

炭酸塩化技術開発においては、多様なカルシウム源に対して複数の手法を用いて効率的で最適な方法を構築する予定である。炭酸塩化手法としては図7<sup>20)</sup>に示すように大別されるが、本開発では間接炭酸化（IDC）方式と直接炭酸化（DC）方式の両方を検討する。対象とする廃棄物としては、焼却灰、廃コンクリート、生コンスラッジ、廃石こう、Ca排水などの廃棄物・副産物を用いる。

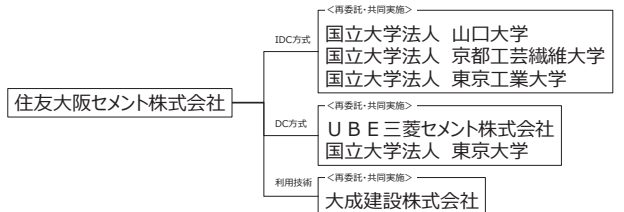


図6 開発実施体制

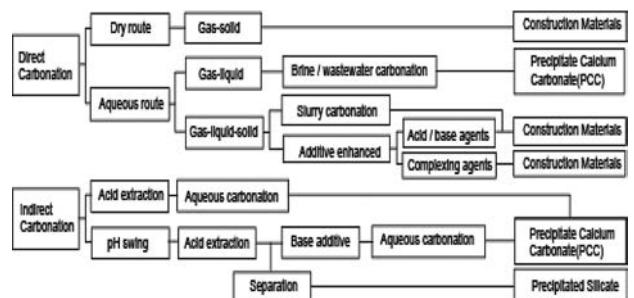


図7 種々のカルシウム抽出手法<sup>20)</sup>

間接炭酸化については、種々の方法が提案されているが、本開発では、バイポーラ膜電気透析 (BMED) 技術を用いて、塩を酸/アルカリに分解し、それらを利用する。検討の一つとして、酸で Ca 源よりカルシウムを高効率に抽出し、一方得られるアルカリに排ガス中の CO<sub>2</sub> を高効率に吸収させ、両者を反応させることで炭酸塩を得るプロセスを採用し、その効率的な運用方法の開発と実証等を行う。図 8 にプロセスの一例を示した。このようにして得られる炭酸塩は途中のプロセスにもよるが、非常に高純度なものが得られることがわかっている<sup>21) 22)</sup>。

直接炭酸化については、廃コンクリート、生コンスラッジが主な対象となる。廃コンクリートの場合、再生骨材の製造と共通する部分もあるが、セメント成分を多く含む微粉を効率よく回収すると同時にその微粉を炭酸化させることが課題である。さらに本技術開発では、CO<sub>2</sub> 固定量を高めるための高純度化処理を施すことにより 400kg-CO<sub>2</sub>/t 炭酸塩以上の人工石灰石を得ることを目指す。高純度化処理手法については、種々の物理的選別手法を用い石灰石純度を高めることを試みる。

生コンスラッジに対しても、より効率的に短時間で反応させることが課題であり、こちらも高純度化処理を施し CO<sub>2</sub> 固定量の高い人工石灰石を得ることを目指す。

いずれについても、廃コンクリート/生コンス

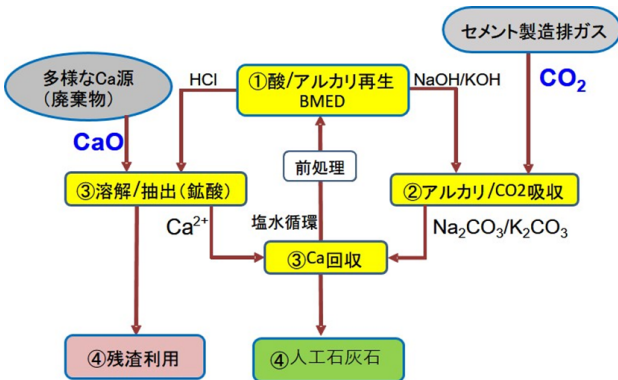


図 8 Ca 源からの酸抽出プロセスの例



図 9 IDC 方式での人工石灰石外観と SEM 像の一例

ラッジに含まれる水酸化カルシウムを炭酸化させるだけではなく、含まれるセメント水和物 (Ca 化合物) を高効率に炭酸化させることが重要となる。

### 5.3 炭酸塩利用技術開発

炭酸塩利用技術開発については、前述の炭酸塩化技術開発で得られた人工石灰石 (図 9) をセメント原料として利用してカーボンリサイクルセメント (CRC) を製造することを検討する。

セメント原料利用の形態としては、①焼成原料として利用する方法、また少量混合成分あるいは混合材・混和材として利用する形態の②増量材利用の二つを利用方法について検討することとしている。

①焼成原料利用については、原料の天然石灰石を利用しないセメント製造となり、プロセス由来の CO<sub>2</sub> を極限まで下げることが可能となる。

②増量材利用については、クリンカ/セメント比を低くすることで CO<sub>2</sub> 削減するとともに、CO<sub>2</sub> を固定した材料である人工石灰石を利用することでコンクリートへの CO<sub>2</sub> 固定が可能となる。

また CRC の製造技術検討のみならず、出来上がった CRC をコンクリートとして利用するための材料開発並びに設計・施工法の開発を行う。並行して CRC の利用・社会実装を進めやすくするため、セメントの規格化、関連する規準・ガイドラインの策定についても進める予定である。

新たな材料をコンクリートとして社会実装していくためには、その耐久性などの検証確認を十分に行う必要がある。ラボにおける耐久性試験と合わせて、実フィールドでの検証も重要であると考え、できるだけ多くの試験施工を早期に実施したいと考えている。その第一弾として、②増量材利用のケースであるが、セメントの置換率を変化させた CRC を利用し、4つの配合のコンクリートでプレキャストコンクリート製品 (U 字型側溝) を製造し、国土交通省直轄工事の試行工事 (図 10) に適用した<sup>23)</sup> (大成建設 (株) による製造・施工)。数年間経過観察を行い、その後劣化状況の評価などを計画している。

また前掲図 4 には炭酸塩の利用用途として、セメ



図 10 人工石灰石のコンクリートへの適用例

ント・コンクリート分野以外に他産業向け充填材としての用途も示している。樹脂フィラー、塗料、ゴムなどの物性改善のための充填材として炭酸カルシウムが広く利用されている。

この開発で得られた炭酸塩をどのような用途に利用できるかについて、利用先の協力を得ながら検討をすることとしている。付加価値が高い製品となるためスタートアップ時には大切な販売先になる可能性がある。

## 6. おわりに

グリーンイノベーション基金事業で実施されている各研究開発項目は、社会実装されるべく開発が進められているが、いろいろなタイプの環境配慮型コンクリートを広めてゆくことに他ならない。弊社はセメント製造の分野からのアプローチであるが、人工石灰石を十分な量製造をすることができれば、天然の石灰石を用いることなく、かつ石灰石由来のCO<sub>2</sub>排出のないセメントを製造することが可能となる。また人工石灰石を増量材として利用することによるCO<sub>2</sub>固定効果も期待できる。

現実的には、これら2つの方法を適当な割合でミックスした、実装になる可能性が高いとも考える。

一方そのためには膨大な量のカルシウム源の確保とエネルギーが必要となる。カルシウム源となる廃棄物などのサプライチェーンの確立と、太陽光発電など再生可能エネルギーなどの普及によるCO<sub>2</sub>排出原単位の小さい電力等の安定で安価な普及も併せて重要な課題である。

まずはグリーンイノベーション基金事業を成功させ、できるだけ早期に商業的に成り立つ事業を開始できるよう進めてゆきたい。

## 参考文献

- 1) コンクリート委員会ローマコンクリート調査小委員会, 古代ローマコンクリート, コンクリートライブラリー 141号, 2009, 土木学会.
- 2) IEA, Cement Tracking Report, <https://www.iea.org/reports/cement>
- 3) セメント協会, 2022年度セメント需要見通し, [https://www.jcassoc.or.jp/cement/3pdf/jh5\\_2000.pdf](https://www.jcassoc.or.jp/cement/3pdf/jh5_2000.pdf)
- 4) セメント協会, セメントができるまで(製造工程), [https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jd3\\_01b.pdf](https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jd3_01b.pdf)
- 5) 環境省, “温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度”, <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/>
- 6) セメント協会, セメントの LCI データの概要, [https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jgli\\_01.pdf](https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jgli_01.pdf)
- 7) 住友大阪セメント株式会社, 2050年“カーボンニュートラル”ビジョン「SO-CN2050」, [https://www.soc.co.jp/csr/carbon\\_newtral\\_bision/](https://www.soc.co.jp/csr/carbon_newtral_bision/)
- 8) 太平洋セメント株式会社, カーボンニュートラル実現に向けた取り組み, [https://www.taiheiyo-cement.co.jp/csr/feature\\_fr.html](https://www.taiheiyo-cement.co.jp/csr/feature_fr.html)
- 9) セメント協会, カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン [https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/220324\\_01.pdf](https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/220324_01.pdf)
- 10) CEMBUREAU, Cementing the European Green Deal2050, [https://cembureau.eu/media/kuxd32gi/cembureau-2050-roadmap\\_final-version\\_web.pdf](https://cembureau.eu/media/kuxd32gi/cembureau-2050-roadmap_final-version_web.pdf)
- 11) 戦略的イノベーション創造プログラム報告書, 「アンモニア混焼セメントキルンの技術開発」, 2019, 国立研究開発法人科学技術振興機構
- 12) CEMBUREAU, Alternative Fuels in Cement Manufacture, 1997,
- 13) Brevik CCS, <https://www.brevikccs.com/en>
- 14) Calix Leilac-2, <https://www.leilac.com/project-leilac-2/>
- 15) 太平洋セメント, ニュースレター, <https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/220204.pdf>
- 16) 久田誠, 宮里心一, カーボンネガティブコンクリートの社会実装に向けて, 土木施工, **62** (11), 22-25 (2021)
- 17) 竹中工務店, 脱炭素社会に貢献する ECM コンクリート, <https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/ecm/>
- 18) 取違剛, 横関康祐, 吉岡一郎, 盛岡実, CO<sub>2</sub>排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート CO<sub>2</sub>-SUICOM, セメント・コンクリート, 786, 26-31 (2012)
- 19) 大脇英司, カーボンリサイクル・コンクリート TeConcrete®/Carbon-Recycle について, [https://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/kokuei/dogisyo/02\\_tennjisitu-sinngijutu/temp/setsume/No.41-setsume/28.pdf](https://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/kokuei/dogisyo/02_tennjisitu-sinngijutu/temp/setsume/No.41-setsume/28.pdf)
- 20) Pen-Chi Chiang, Shu-Yuan Pan, Carbon Dioxide



Mineralization and Utilization, Springer, 2017, p.73

- 21) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 2020 年度～ 2021 年度成果報告書 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 / カルシウム含有廃棄物からの Ca 抽出および CO<sub>2</sub> 鉱物固定化技術の研究開発, 成果報告書データベース, 2022, P16002
- 22) 竹本喜昭, 橋田浩, 黒田泰弘ら, 骨材除去後の廃コンクリート微粉末からの素材分離, 日本建築学会構造系論文集, 2008, **73** (633), p.1891-1898

- 23) 住友大阪セメント, ニュースリリース, <https://www.soc.co.jp/news/67592/>

#### 著者略歴



小西 正芳 (こにし まさよし)

1988 東京工業大学 理工学部 無機材料工学専攻 修了

1988 住友セメント株式会社 入社  
セメント材料, 廃棄物処理の研究開発

に従事