

第12回 産業構造審議会 製造産業分科会

セメント産業におけるカーボン ニュートラル実現に向けた展望

令和4年3月14日

一般社団法人セメント協会 副会長

太平洋セメント株式会社 代表取締役 社長

不死原 正文

わが国のセメント産業の位置づけ

セメント産業は、主原料である石灰石をすべて純度の高い国内鉱山から入手でき、**主原料を輸入に依存せず製品を供給できる数少ない産業**であると同時に、道路、橋梁や住宅等の建設や防災・復旧工事に不可欠な資材を提供し、**建設業のサプライチェーンの上流で我が国のインフラを支える産業**である。



セメント製造業

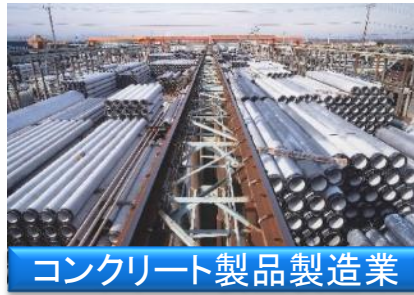
総出荷額：0.5兆円
従業員数：0.5万人

セメント出荷



生コンクリート製造業

総出荷額：1.3兆円 従業員数：3.9万人



コンクリート製品製造業

総出荷額：0.8兆円 従業員数：3.3万人



その他
工事事業者等

総出荷額：0.4兆円 従業員数：0.9万人



建設業

総出荷額：108兆円
従業員数：369万人

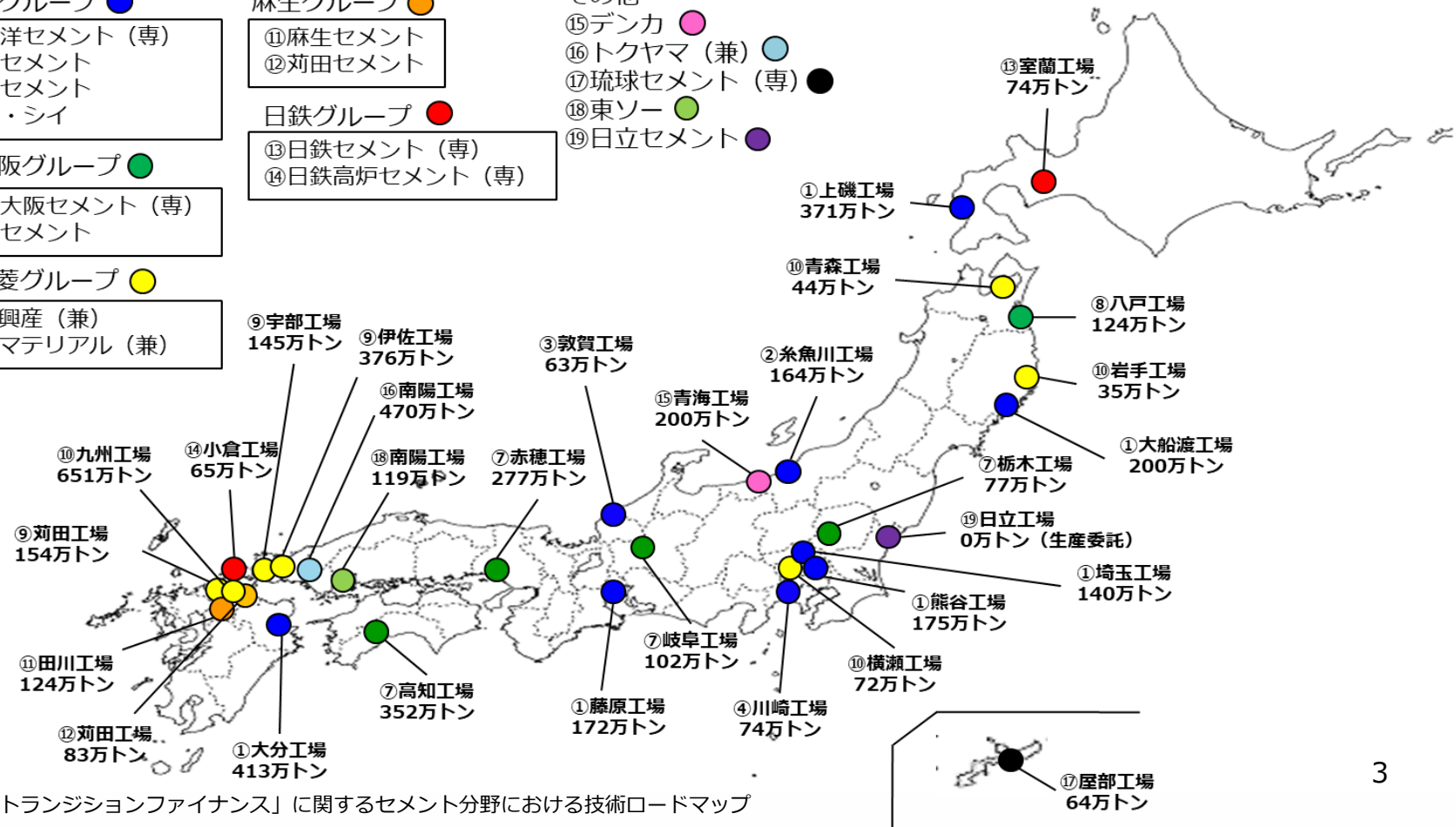
(参考)国内セメント工場の立地状況 - 地域経済への貢献

国内セメントメーカーは17社。
 全国に良質な石灰石鉱山があるため、セメント工場も全国に立地している。石灰石鉱山に近接する山間部、ならびに輸送を考慮した臨海部などに30工場が点在。地域経済や産業廃棄物や災害廃棄物の受入れの点などから、点在することによって各地域に貢献している。

- 太平洋グループ** ●
 - ①太平洋セメント (専)
 - ②明星セメント
 - ③敦賀セメント
 - ④デイ・シイ
- 住友大阪グループ** ●
 - ⑦住友大阪セメント (専)
 - ⑧八戸セメント
- 宇部三菱グループ** ●
 - ⑨宇部興産 (兼)
 - ⑩三菱マテリアル (兼)

- 麻生グループ** ●
 - ⑪麻生セメント
 - ⑫苅田セメント
- 日鉄グループ** ●
 - ⑬日鉄セメント (専)
 - ⑭日鉄高炉セメント (専)

- その他**
 - ⑮デンカ ●
 - ⑯トクヤマ (兼) ●
 - ⑰琉球セメント (専) ●
 - ⑱東ソー ●
 - ⑲日立セメント ●

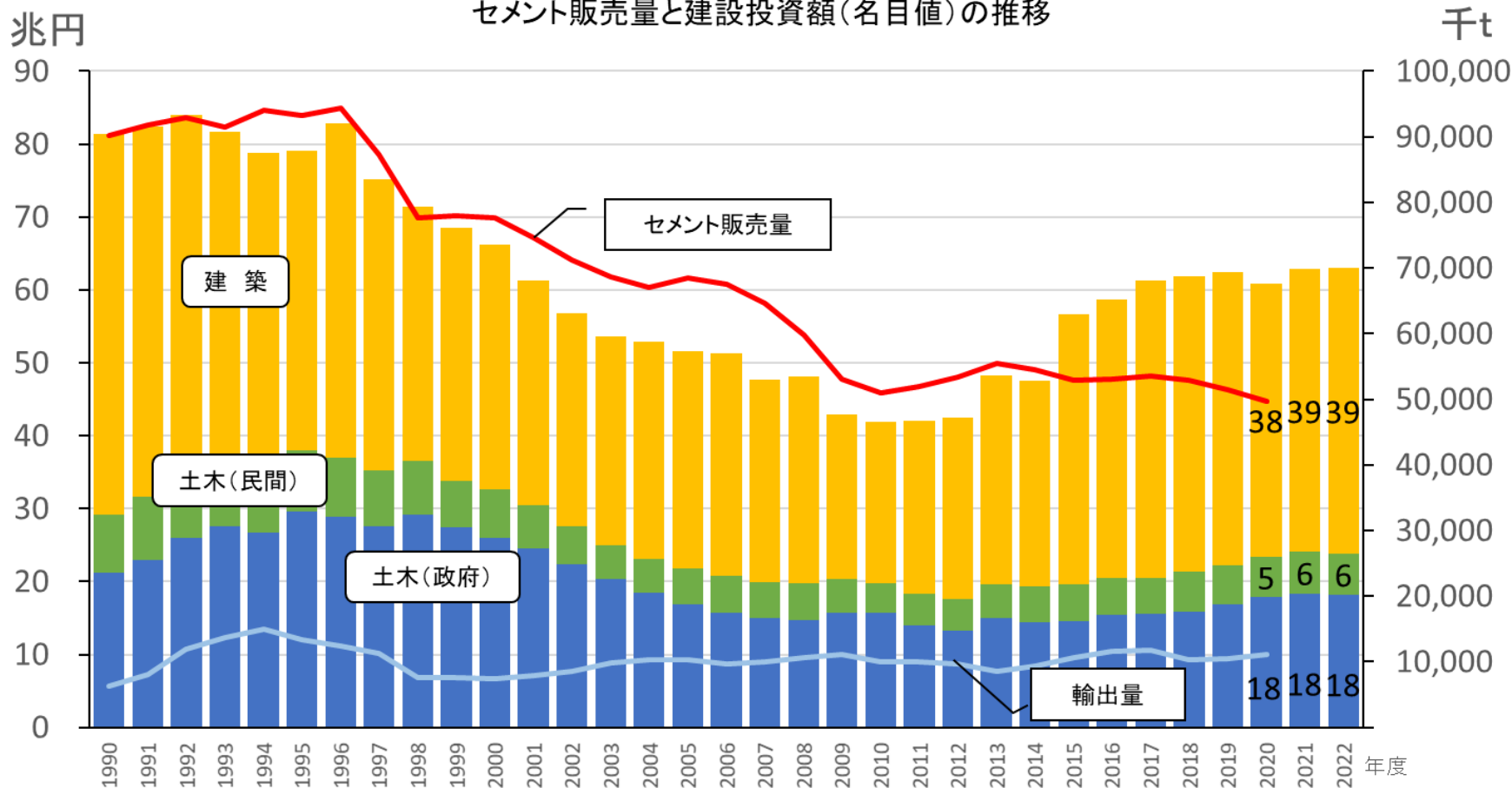


(出所) 「トランジションファイナンス」に関するセメント分野における技術ロードマップ

セメント産業の状況変化

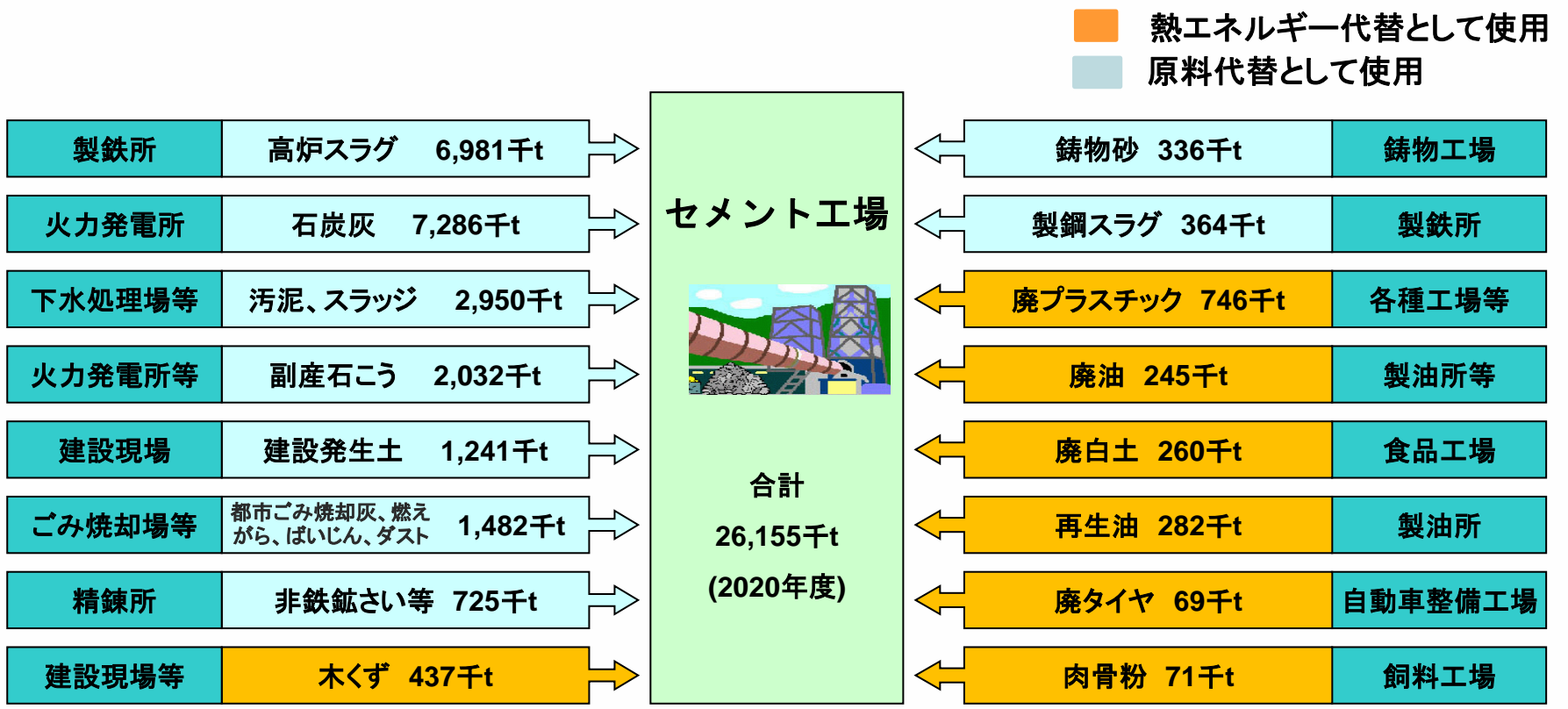
セメント販売は1996年をピークに現在はその半分程度まで減少。内需縮小と原材料・人件費のコスト増などが要因ではあるが、昨今の自然災害等を起因とする国土強靱化対策や老朽化したインフラの維持確保という観点からセメント・コンクリートの国内での安定供給といった社会的要請が徐々に高まりつつある状況。

セメント販売量と建設投資額(名目値)の推移



わが国のセメント産業の役割：循環型社会形成への貢献

セメント産業は、日本の廃棄物総量の5%（循環利用の10%）をセメント製造に利用して処理し、わが国のサーキュラーエコノミーの中核産業として社会的責任も果たしている。



様々な産業や自治体から排出される廃棄物・副産物をセメント原料、代替エネルギーとして使用しており、セメント1tあたり468kgの廃棄物を利用している。

わが国のセメント産業の役割：災害廃棄物の処理支援

セメント産業は、各種産業廃棄物と共に災害時に発生する**災害廃棄物を受入れ**、セメント製造の原料やエネルギーの一部として利用し、**被災地の早期の復旧・復興を支援**している。特に、東日本大震災における大規模な処理実績以降、その役割は重要性を増し、最近の風水害の頻発・激甚化や大規模地震の想定に鑑みれば、セメント産業に寄せられる期待は大きい。

2004年以降の災害廃棄物の受入れ処理

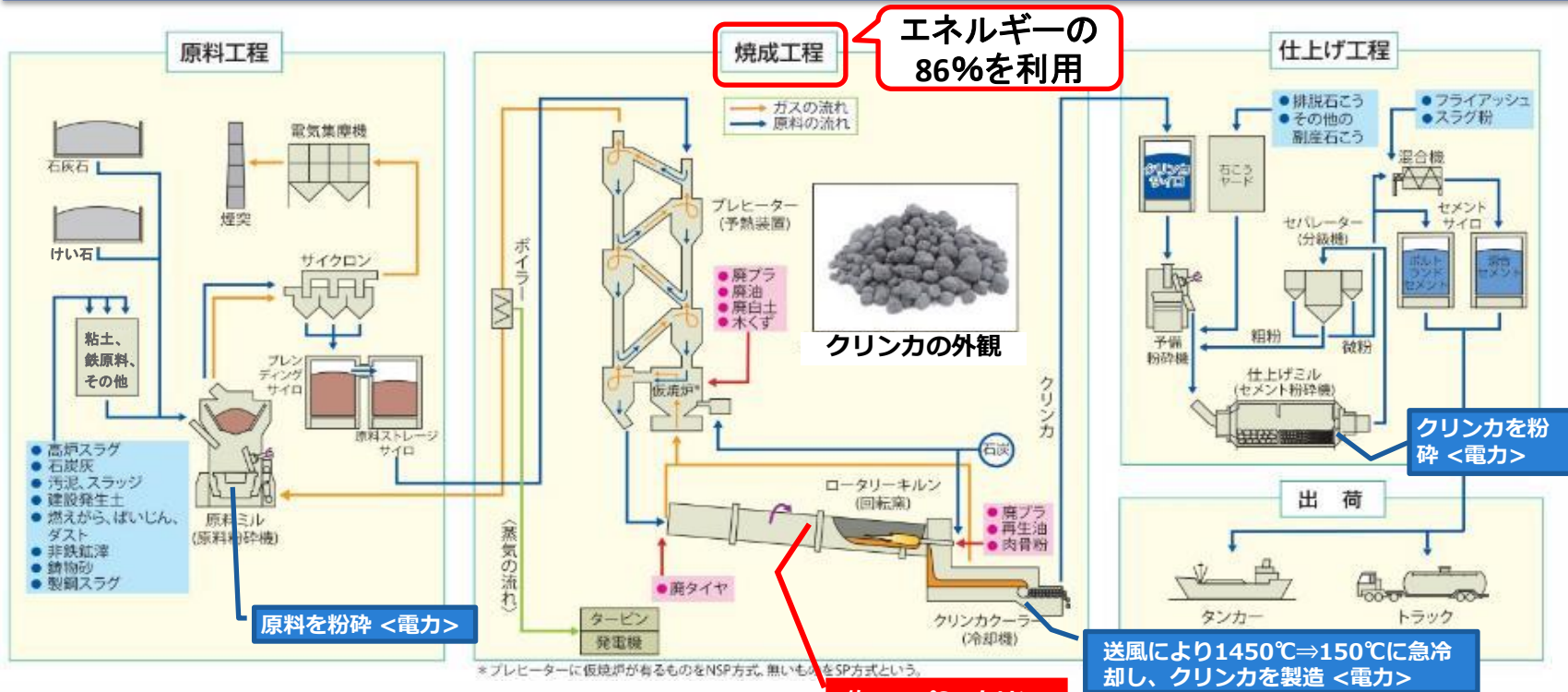
発災日	災害名	主な処理品目
2004年10月	中越地震	木くず
2007年3月	能登半島地震	木くず
2007年7月	中越沖地震	木くず
2011年3月	東日本大震災	木くず、混合廃棄物、不燃物
2014年8月	広島県土砂災害	木くず
2015年9月	関東・東北豪雨	畳
2015年9月	D.Waste-Net に加入	
2016年4月	熊本地震	木くず、瓦、混合廃棄物
2016年12月	糸魚川大火	廃材
2017年7月	九州北部豪雨	混合廃棄物、木くず
2018年7月	西日本豪雨	土砂、汚泥、木くず
2019年8月	令和元年8月豪雨	汚泥
2019年10月	令和元年台風19号	土砂、稲わら、木くず
	処理量合計	158万 t

セメント工場を受入れた近年の水害により発生した各種災害廃棄物



セメント製造プロセスとエネルギー

セメント産業は工場を常時稼働させる装置産業であり、**各工程で大量の電気・熱エネルギーが必要**。そのため、1450度での焼成工程で得られる余熱を用いての発電や、原料の予熱・乾燥等により**効率的なエネルギー利用を行っている**のも特徴。



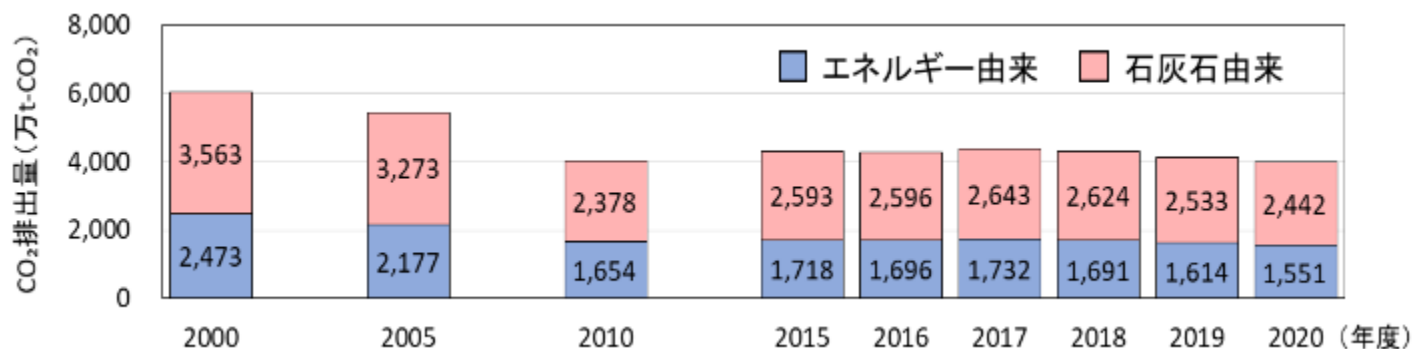
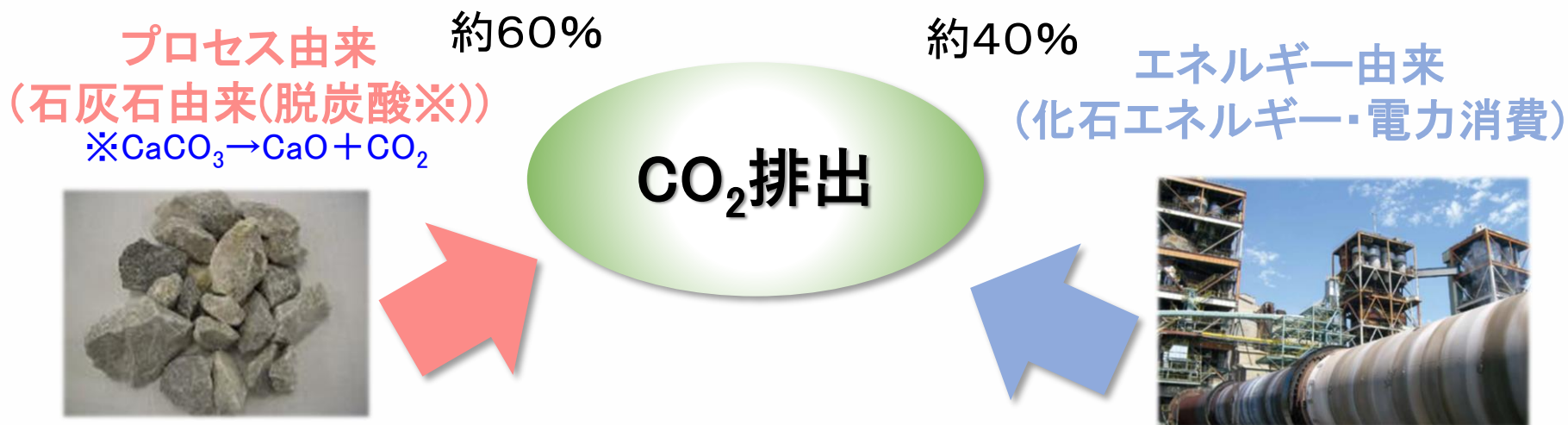
<各工程で使用するエネルギー割合>

	原料工程	焼成工程	仕上げ工程
熱	1%	79%	0%
電力	6%	7%	7%

※使用電力の内訳
自家発電65%：購入電力35%

セメント産業からのCO₂排出の内訳

主原料の石灰石の脱炭酸反応によりプロセス由来CO₂が必然的に排出する。一方、焼成工程では1450℃の高温焼成が必要なため、その熱エネルギーとして主に石炭を利用しており、エネルギー由来CO₂も多く排出する。その割合は、プロセス由来のCO₂が6割、エネルギー由来CO₂が4割。総排出量は、わが国の二酸化炭素総排出量(約11億t)*の約4%を占める(2019年度)。



*日本国温室効果ガスインベントリ報告書(NIR)-2021年度4月版, p.2-3

脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン

2020年3月、2050年の長期目標(温室効果ガス80%削減)や最終到達点としての「脱炭素社会」の実現に向けた「**脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン**」を策定・発表。
2022年3月目途で、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた長期ビジョンに改訂予定。

脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン（抜粋）

1. 本ビジョン策定経緯及び狙い

2. 広義の国内需要量

2050年における広義の国内需要量（セメントの官需、民需、セメント系固化材）は3,400万t～4,200万t程度と予想。

3. セメント産業の果たすべき役割

（略）セメント産業は将来的にも次のような役割を果たしていく
[基礎素材の供給者]、[循環型社会形成への貢献]、[地域経済への貢献]、
[災害廃棄物処理への貢献]

4. 目指すべき対策の方向と克服すべき課題

目指すべき対策の多くは、克服すべき困難な課題を抱えており、その実現には「非連続なイノベーション」が不可欠。

- ・クリンカ比率の低減
- ・投入原料の低炭素化
- ・省エネルギーの推進
- ・鉱化剤使用等による焼成温度低減
- ・使用エネルギーの低炭素化
- ・低炭素型新材料の開発
- ・二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS)への取り組み
- ・供用中の構造物及び解体コンクリートによる二酸化炭素の固定(吸収)
- ・コンクリート舗装の推進による重量車の燃費向上に伴う二酸化炭素低減

目指すべき対策の方向と課題

1. エネルギー由来CO₂の削減

- ・更なる**省エネ設備の導入**
- ・**エネルギー代替廃棄物の利用増**
- ・**エネルギー転換**(燃料の量の確保、価格、インフラ整備) 等

2. プロセス由来CO₂の削減

- ・**クリンカ比率の低減**(製品性能への理解、廃棄物処理量確保)
⇒省エネ型セメント(クリンカ比率を低減し、廃棄物処理量を維持)の実機での試製を行い、性能確認を行っている。
- ・**石灰石代替となる廃棄物や廃コン等の利用増**(成分、回収システム)等

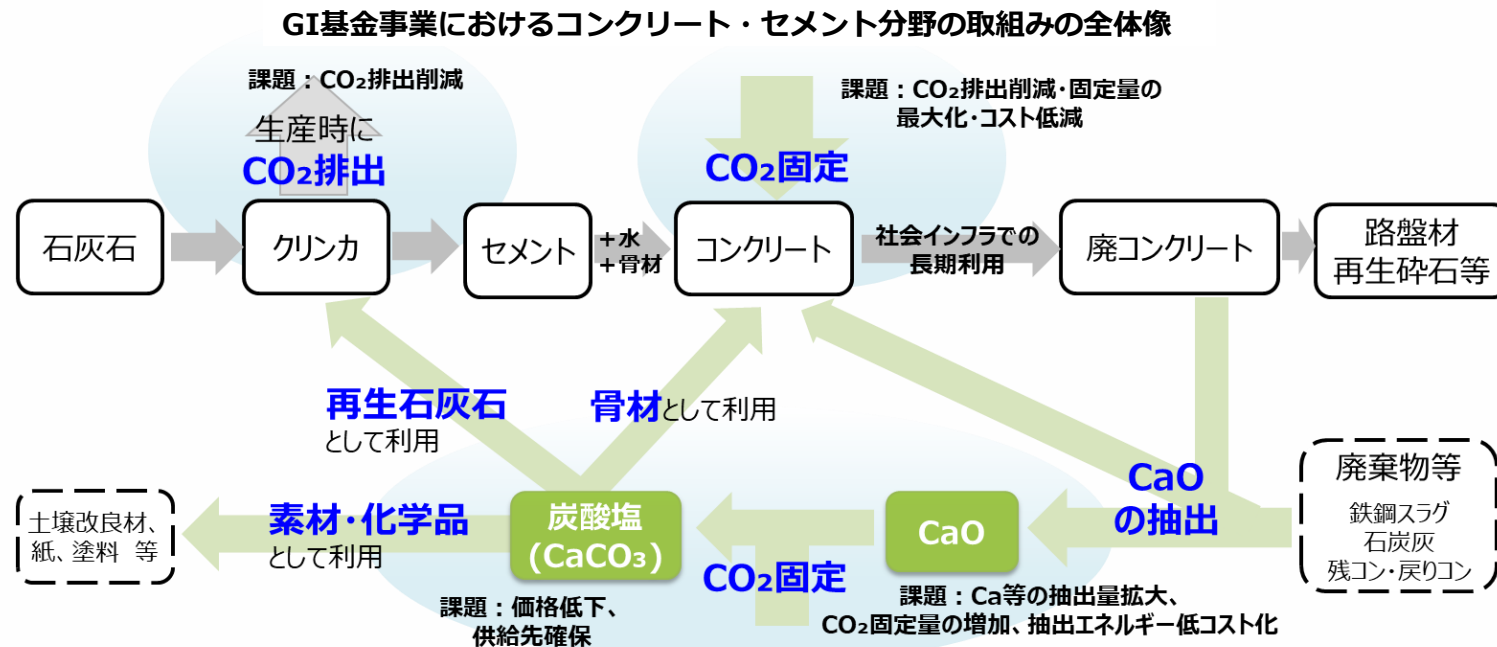
3. 新たな技術開発

- ・**CO₂回収・利用技術の確立**(回収コスト減、廃コン等のCa源の確保等)等

バリューチェーンにおける削減への貢献

グリーン成長戦略：セメント産業のCNに向けた今後の対策

セメント産業ではCCUSなどの研究開発に取り組む一方で、現在の技術では完全な排出削減は困難であり、**継続的な研究開発の実施と、更なるイノベーションが必要**と考える。2021年6月に改訂された、2050年カーボンニュートラルに向けた政府の「グリーン成長戦略」において、コンクリート・セメント分野では、「製造プロセスにおけるCO₂回収技術の設計・実証」、「多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立」が位置づけられた。具体的には、製造過程で石灰石から必然的に発生するCO₂を効果的に回収し、**回収したCO₂と産業廃棄物である廃コンクリート等でセメント原料化に取り組むもの**。また、回収CO₂はコンクリートへの固定化も進めることで、国内の建設業、セメント産業全体で、持続可能な循環経済システムの確立に向けた取組を進めることとしている。

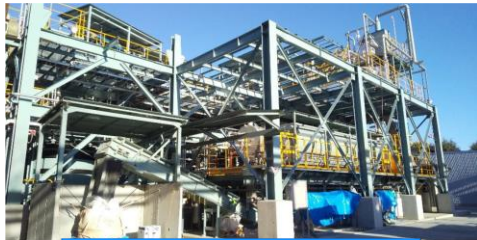


セメント産業の脱炭素に向けた各社の足下の取組み（プロセス由来CO₂）

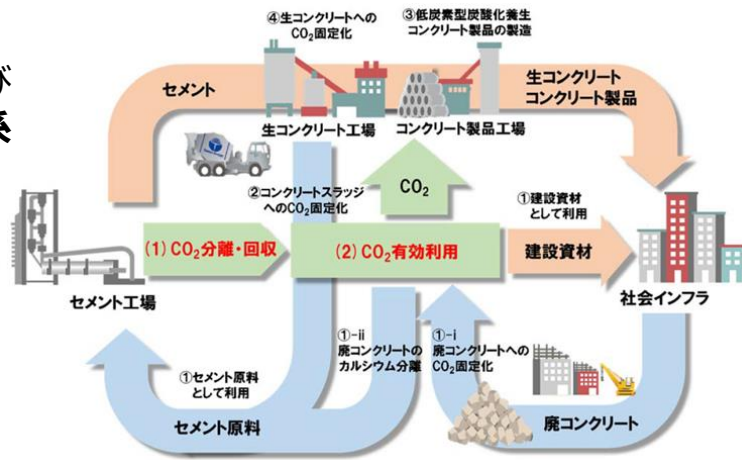
セメント産業のカーボンニュートラルの実現に向けては革新的な技術が必要。プロセス由来CO₂対策として回収したCO₂利用等に関する技術開発が会員会社において進められている。

(NEDO助成事業)炭素循環型セメント製造プロセス技術開発 太平洋セメント(株)

プロセス由来CO₂の排出削減に向けて、**キルン排ガスからのCO₂分離・回収**および**回収したCO₂をセメント・コンクリート系材料へ固定化**する実証実験を進めている。



炭酸化反応装置



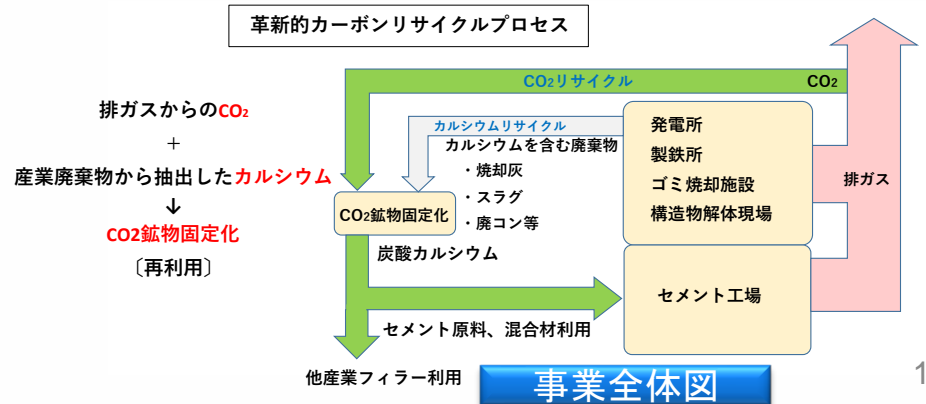
本事業のコンセプト



CO₂分離・回収設備

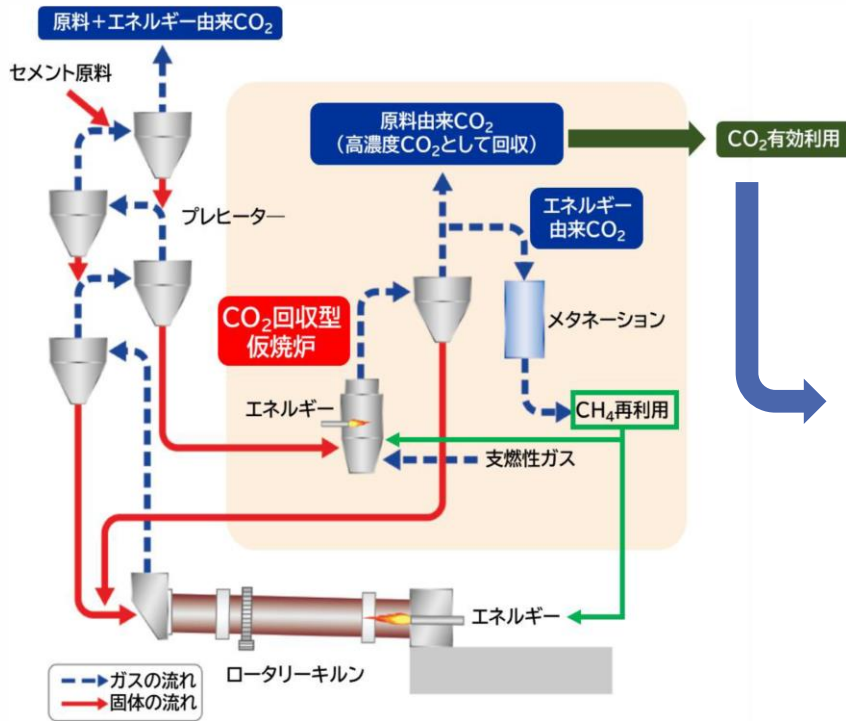
(NEDO委託事業)カルシウム含有廃棄物からCa抽出及びCO₂鉱物固定化技術 住友大阪セメント(株)、山口大学、九州大学

CO₂を多様なカルシウム含有廃棄物から抽出した**カルシウムとの反応で鉱物固定化**し利用する革新的カーボンリサイクルプロセスを構築するための基盤技術を開発。2030年の実用化を目指し、産学連携で技術開発を進め、CO₂排出削減への貢献と共に、カーボンリサイクルという新しい産業の創出に取り組む。

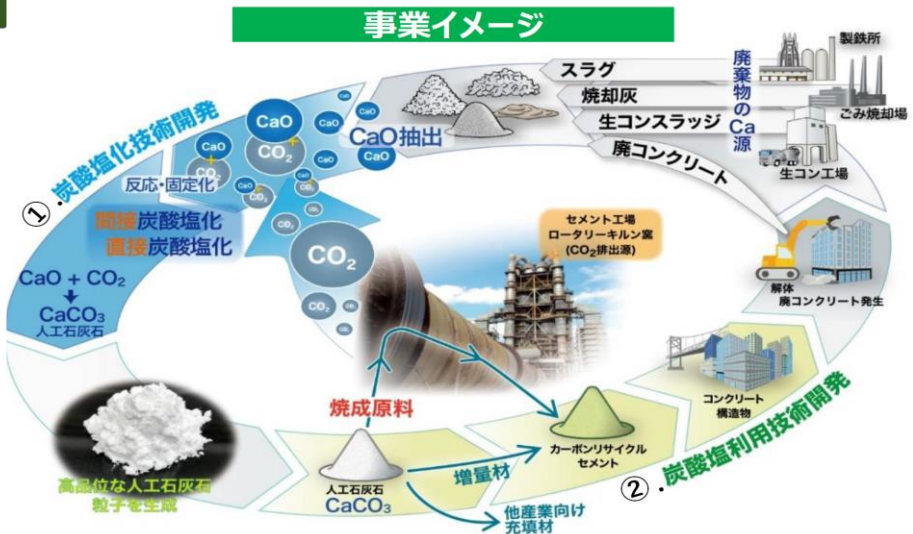


製造プロセスの転換に向けた今後の取組（GI基金事業）

製造プロセスからのCO₂回収のため、焼成炉の前段であるプレヒーターからCO₂を直接回収する技術の確立を目指す。今後、既存のNSPキルンとのレトロフィットにより**低コストで効率的にCO₂を回収する製造プロセスの開発**を進める。
 また、回収したCO₂と廃コンクリート等を原料として、**石灰石の代替となる炭酸塩の生成技術及びカーボンリサイクルセメント製造技術の開発**を進める。
 二つの技術によりセメント製造プロセスにおけるCO₂リサイクルモデルの開発を実施する。



CO₂回収型セメント製造プロセスの概念図
(太平洋セメント(株))



多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立の
事業イメージ(住友大阪セメント(株))

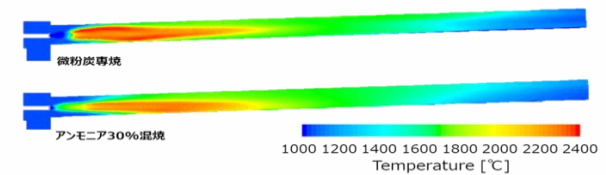
セメント産業の脱炭素に向けた各社の足下の取組み（エネルギー由来CO₂）

エネルギー由来CO₂の完全な削減にも革新的技術が必要であり会員会社で技術開発が進められている。

（内閣府SIP事業）セメント製造のバーナーをアンモニアに転換する技術開発 宇部興産(株)、大阪大学

□ターリーキルン内のバーナーの熱エネルギーをアンモニアに置き換え、化石燃料から生じるエネルギー由来CO₂削減技術の確立を目指す。

- 実験装置にて重油とアンモニアを混焼させてクリンカ焼成を行い、得られたサンプルの品質を評価するとともに、シミュレーションにより実機でアンモニア混焼した場合の影響予測を実施。
- 実験装置レベルではアンモニア混焼の割合を30%まで増加させることを達成しており、実機プラントでの運転条件確立を目指す



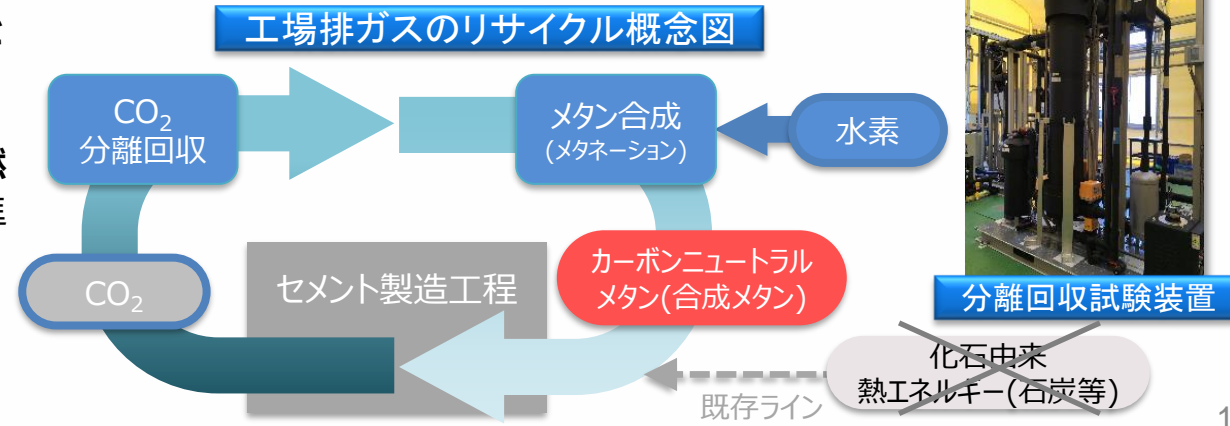
キルン内シミュレーション結果



混焼実験装置

工場稼働エネルギーの燃料転換（メタネーションによる合成メタンの利用） 三菱マテリアル(株)

セメント工場の排ガスからCO₂を分離回収し、回収したCO₂と水素から合成メタンを製造する技術、およびその合成メタンを脱炭素燃料として活用する技術の開発が進められている。



分離回収試験装置

エネルギー由来CO₂削減に向けた今後の取組

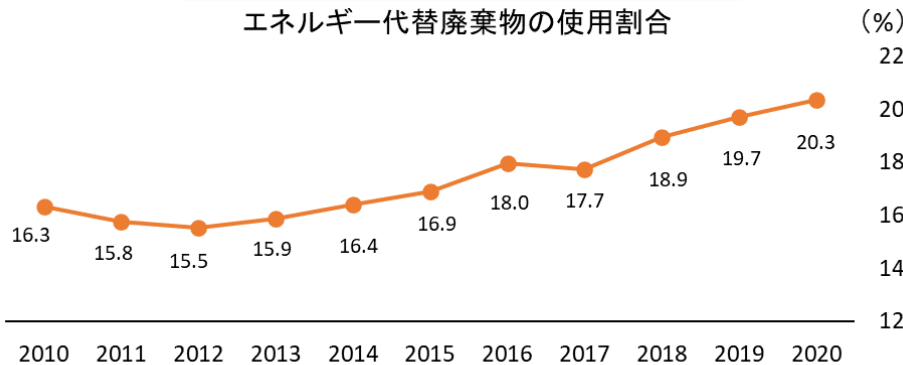
セメント産業では、セメント焼成用のキルンの熱エネルギー及び自家発電の**燃料として石炭を始めとした化石系のエネルギーを利用**しており、その転換が求められる。

安定電源確保のため**自家発電**は必要で、廃熱発電の利用と共に、火力発電では既にバイオマス等の混焼による**再生可能エネルギーへの転換**が一部進められている。

また、将来に向けて、**キルンの熱エネルギーの転換**についても**アンモニア等の脱炭素燃料を用いる技術開発**等が行われているが、更なる取組をセメント産業全体で進める必要がある。

焼成用エネルギー

エネルギー代替廃棄物の使用割合



—●— エネルギー代替廃棄物の使用割合



キルン内部

省エネ推進、エネルギー代替廃棄物使用割合の増加を進めつつ、CNに向けて、水素・アンモニア等の混焼により低炭素化を目指す。

自家発電のバイオマス利用

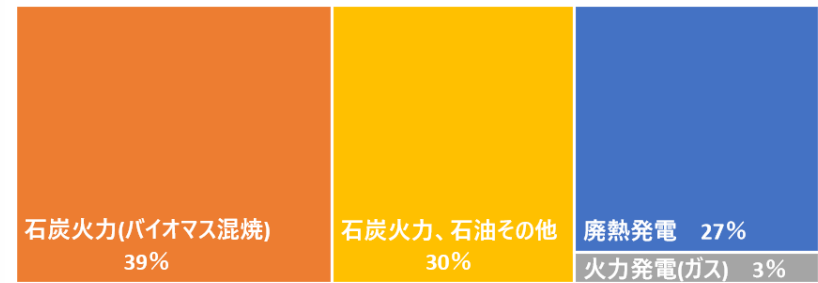


青海工場バイオマス発電設備 (デンカ(株))



栃木工場バイオマス発電設備 (住友大阪セメント(株))

自家発電の比率(出力ベース)



CNに向けて、将来的にはゼロエミッション化を目指す必要がある。

政策支援強化の必要性①

セメント産業は、現時点で経済的・性能的にセメントの代替となりうるものがない中、社会活動/市民生活を維持する上で、産業廃棄物や災害廃棄物などを原料や燃料等に利用して循環型社会形成に貢献しながら構造物の高い安全性を確保しつつ、日本経済の基盤を支え、社会システムを維持する国内産業として必要。

CO₂を多く排出する側面のみで多大な負担をセメント産業のみで負うと国際競争力の低下、ひいては循環型社会の形成が困難になるため、社会全体での負担のあり方について議論する必要があると考えます。ついては以下を要望する。

1. 安定・安価なエネルギー供給

- ・将来的なエネルギー転換に向けバイオマス、水素、アンモニア等の導入を検討する必要がある。導入に向けては必要量の確保や、競争力のある価格での供給、安定供給のためのインフラ整備などの外部条件の整備が欠かせない。クリーンエネルギーを容易に利用可能となる外部条件の整備に向けた支援をお願いしたい。

2. CNに向けた製造プロセス等、CCUS改善にかかる研究開発・社会実装支援

- ・CNに向かうにあたり、引き続きエネルギー合理化支援で取組んでる高効率技術への支援を継続・拡大をお願いしたい。
- ・GI基金事業など研究開発の社会実装を進めるため、導入コスト低減等のための支援をお願いしたい。また、CCUSや、メタネーションといったCO₂の固定や利用に有望な取組の深化のため、必要な研究開発並びに関連設備の実装に必要なCAPEX/OPEXへの支援をお願いしたい。

政策支援強化の必要性②

3. 自家発電の燃料転換に向けた支援

- ・ 安定的なセメント製造のために自家発電は必要不可欠であり、燃料の低炭素化、脱炭素化に向け、企業の設備投資を後押し頂けるよう、複数年での支援が明確とする基金事業なども含めて、設備投資ならびに前出1.の外部条件整備への支援及び制度設計の検討をお願いしたい。

4. 資源循環に向けた支援

- ・ GI基金事業の社会実装に必要な廃棄物の確保のため、廃コンクリートといった建設廃材や産業廃棄物のリサイクル推進を円滑に進める必要であり、関係省庁による政府横断的な体制を基本として、関係業界と連携するための資金面並びに制度面での支援をお願いしたい。

5. 人材育成

- ・ 製造現場を支えてきた現場のプロフェッショナル人材のみならず、CNに向けての新たな資源の発掘、低炭素な原料開発に長けた人材等が今後の競争力の源泉であり、リカレント教育、教育機関での専門人材の育成が必要。関係省庁とも連携した政府全体での取組をお願いしたい。

6. カーボンプライシングに関する要望

- ・ セメント産業のように現時点では代替手段が存在しない産業においては、カーボンニュートラルに向けての最大のポイントは“他国に先駆けてイノベーションを実現すること”であり、その技術開発や設備実装には莫大な投資が必要になる。これら必要な原資が短期的なオフセットに費やされる事がないように制度設計をお願いしたい。