

「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

2022年3月策定、2025年10月更新

経済産業省

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

1. 前提 | セメント分野のロードマップの必要性

トランジションファイナンスに関するロードマップは、CO₂多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に分野を選定している。

セメント産業は、石灰石という国産原料を活用し、輸入に依存せず供給できる数少ない産業であると同時に、その汎用性と強靱さから建物や道路等のインフラに欠かせない素材を供給する産業である。また、廃タイヤをはじめとする廃棄物を熱源や原料として有効利用しており、循環型社会構築の役割を担っている。

今後もセメントの安定供給と廃棄物処理への貢献など、**社会機能維持に必要**であることは変わらないため、**セメント産業のネットゼロに向けたトランジションによる対策が不可欠**。

移行には低炭素化に繋がる省エネ設備の更新・導入等とともに、カーボンニュートラルに向けての、回収したCO₂を固定し、炭酸塩化することで、セメントの原料や骨材等として再利用する技術など、革新的な技術の研究開発が必要となるが、その研究開発・実装と多額の資金調達が必要となる。

「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和3年6月）においては、コンクリート・セメントの両分野でカーボンニュートラルに向けた取り組みを進めることとされている。一方で、CO₂排出の観点から考えると、**コンクリート製造時のCO₂排出源の大宗は原料であるセメントから排出されるため、セメント分野におけるトランジションによる対策が極めて重要**である。

脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2022年時点で30.3兆ドル（世界持続的投資連合調べ）規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。

日本のセメント産業の国際競争力向上に寄与する観点も踏まえ、技術、金融の有識者およびセメント分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本ロードマップを策定した。

1. 前提 | ロードマップの目的・位置づけ

- 本ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」（2021年5月策定、2025年3月改訂、金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国セメント産業における企業が、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるものとして、策定するものである。加えて、銀行、証券会社、投資家等に対して、当該企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の一助とするものである。
- 本ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※¹やグリーン成長戦略※²、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画※³と統合的なものとなっている。
- 現時点において、セメント分野におけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。2050年に向けて未だ確立されていない技術の研究開発が不可欠であり官民一体となって取り組む。
- 我が国セメント産業においては、脱炭素技術の確立を待つことなく、本技術ロードマップも参考としつつ、脱炭素に向けた省エネやエネルギー転換などの「移行」に取り組むことが求められる。
- 他方、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、研究開発のみならず、引き続き省エネの取組や高効率化を進めていくことが重要。

※ 1 : <https://www.env.go.jp/content/000291804.pdf>

※ 2 : https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html

※ 3 : https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/gif_09_ranldr.pdf

(注) 「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

1. 前提 | ロードマップの目的・位置づけ

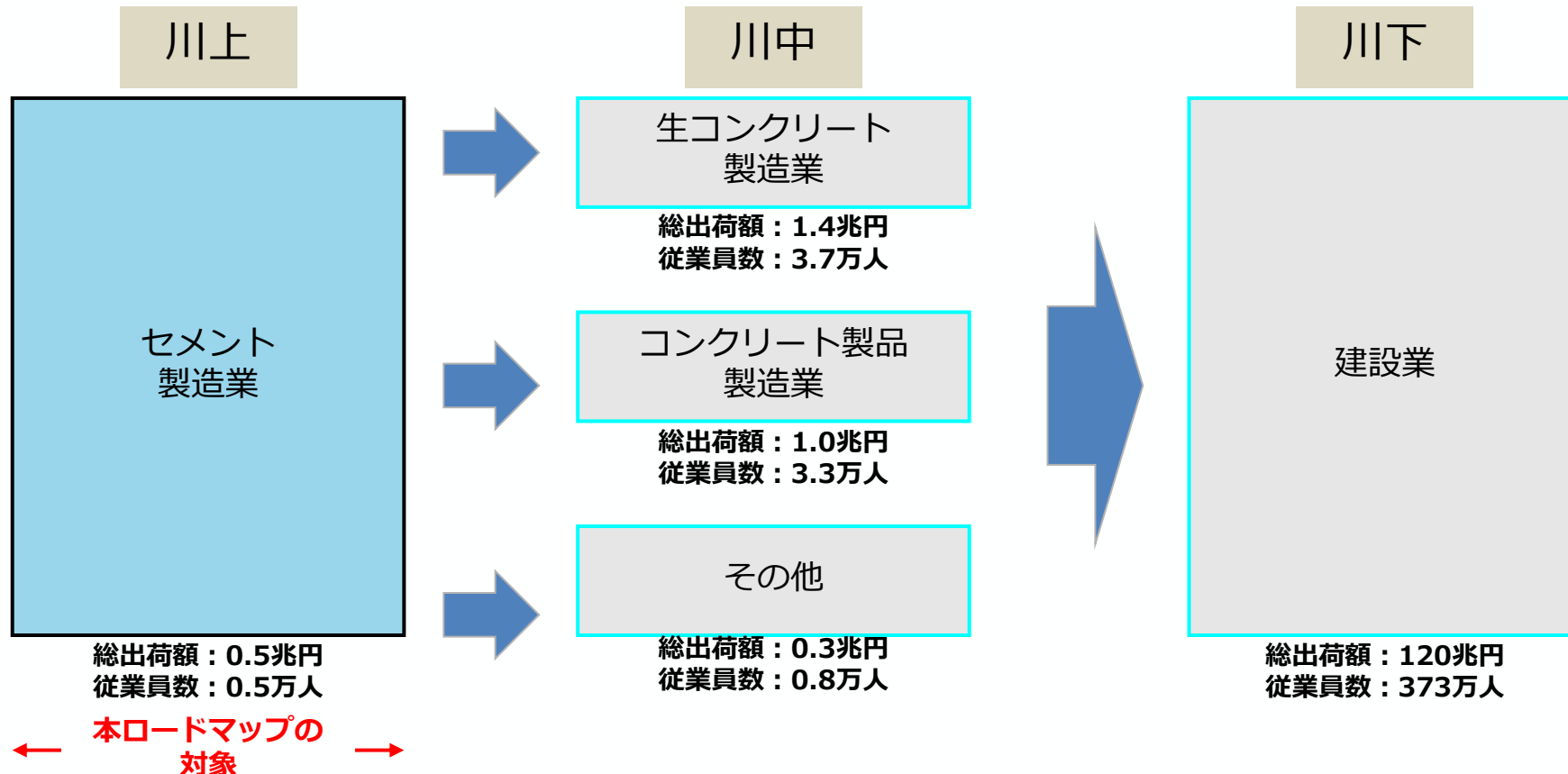
- トランジション・ファイナンスの対象には、自社の低・脱炭素化に向けた設備や研究開発への投資だけでなく、既存設備の解体・撤去費用、排出削減の取組により生じる他の環境や社会的な影響（事業撤退や廃炉等に伴う土壌汚染、雇用への影響等）への対応、他分野のトランジションに貢献する取組・活動等も含まれる。
- なお、本技術ロードマップについては、セメント分野における低炭素・脱炭素に向けた「技術」を対象として取り扱う。コンクリート製品に含まれるセメント水和物がCO₂を固定化する働きがあることから、コンクリート分野におけるCO₂固定等の取組が積極的に進められている。一方で、排出量という観点においてはP20のようにセメント分野での取組が重要となっており、セメント分野での取組に焦点を当てて本ロードマップを策定することとした。

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

2. セメント産業について | 産業規模

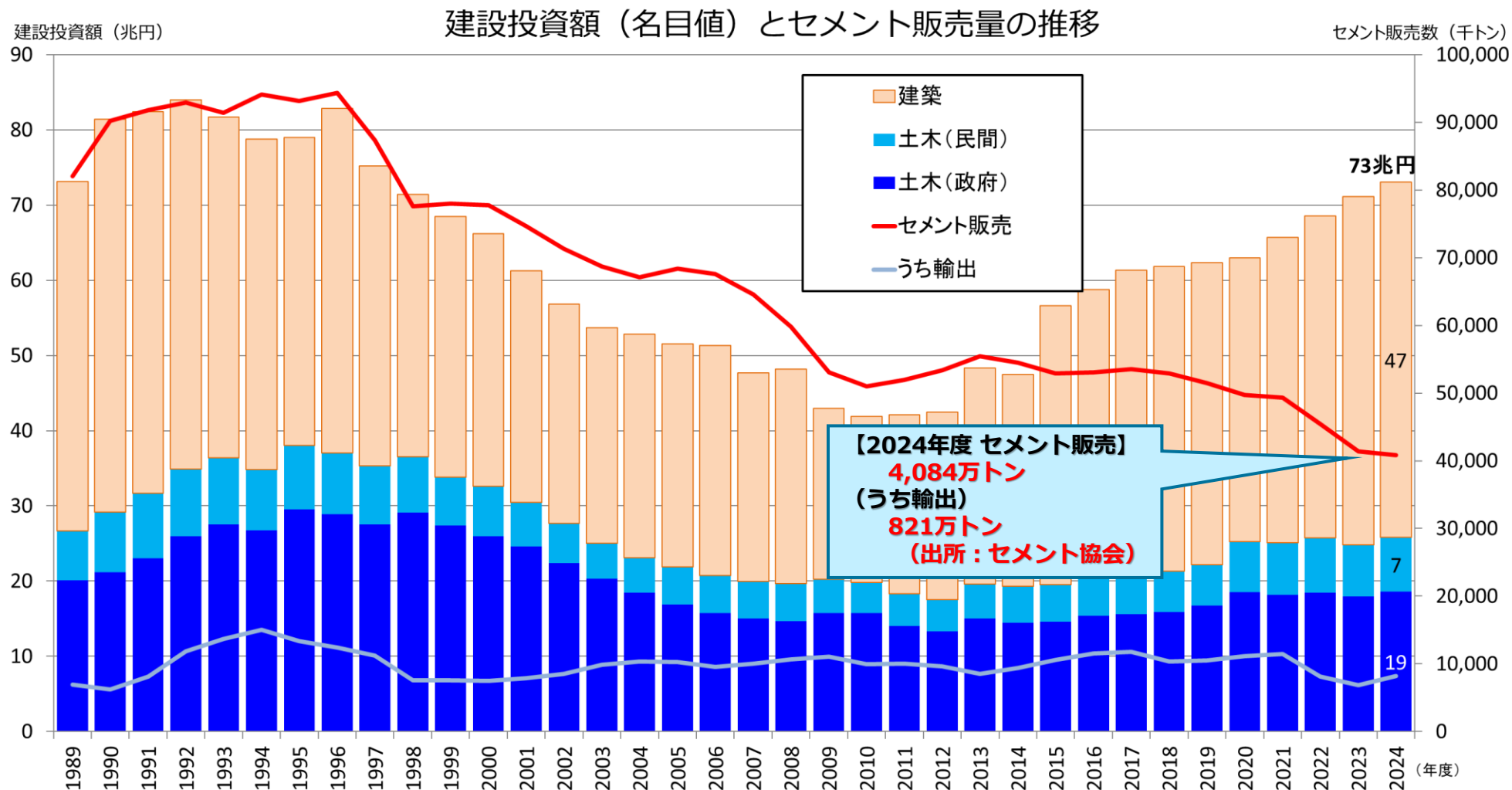
- セメントは、砂利・砕石とともにコンクリートの原料となっており、建設業に提供される。セメントの需要は建設投資の動向に連動することとなる。
- セメントは、道路、ダム、橋梁、ビルなどの社会インフラを支える防災・減災・国土強靱化に欠かすことのできない重要な基礎資材。
- セメント産業はインフラを支える重要な産業であるとともに、従業者数373万人を抱える建設業や、生コン事業者やコンクリート製品事業者含めた関連産業の維持・発展のためにも、国内セメント産業の維持・発展は重要。



(出典) 2021年経済センサス

2. セメント産業について | 産業規模

- 我が国の建設投資額は、平成4年度以降大きく減少。近年は国土強靱化対策により増額されているが、人件費等コスト増の背景を受け、**セメント販売量は増加しておらず、ピーク時より半減。**
- しかしながら、今後、**防災、減災への投資や、公共インフラ（橋梁、護岸、高速道路）の更新、さらに廃棄物受入による社会的価値の側面からも、必要不可欠な産業であり、引き続き一定の需要が見込まれる。**

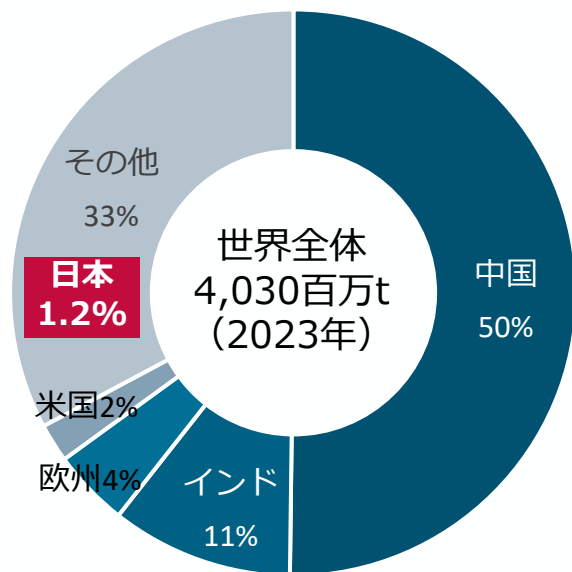


(出典) 国土交通省建設投資見通し、セメントハンドブック（（一社）セメント協会）より経済産業省作成

2. セメント産業について | 産業規模

- 国内セメント産業の生産量は約4,600万トン※、国内出荷量は約3,300万トン（2024年度）。国内需要は減少傾向だが、一定の設備能力確保は不可欠。アジアを中心とするニーズの高まりから輸出は年々増加。アジアの需要増などにより、国内需要の減少をカバーしている。（※固化材原料向け約500万t含む）
- 日本のセメント産業は、廃棄物の受入れ等によりサーキュラーエコノミーにも貢献している現状から、国内外でのニーズに対応するための生産体制を維持し、セメントの安定供給を行うことが重要。加えて、カーボンニュートラルに対応した製品でアジアを中心とした海外市場を獲得していくため、トランジション技術で対応を行いつつ、CNに向けた技術開発・実用化を進める必要がある。

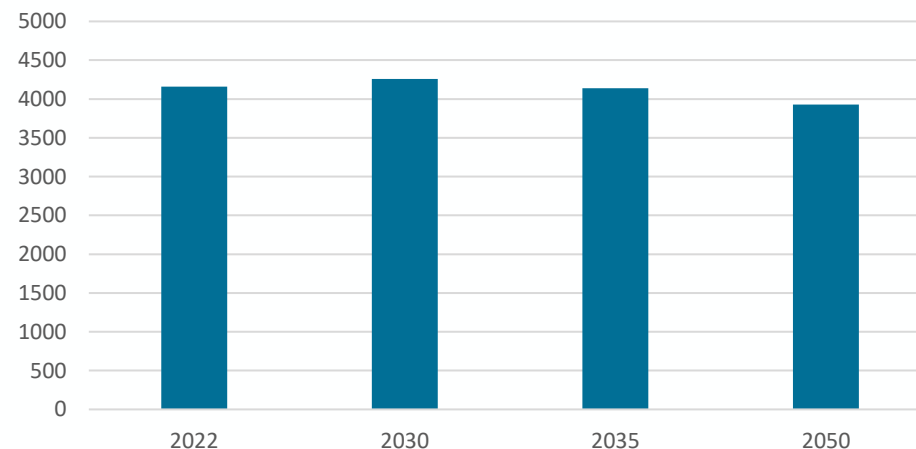
世界のセメント生産量



(出典) CEMBUREAU 2024 Activity Report

世界のセメント生産量見通し

世界セメント生産量見通し (単位: 百万トン)

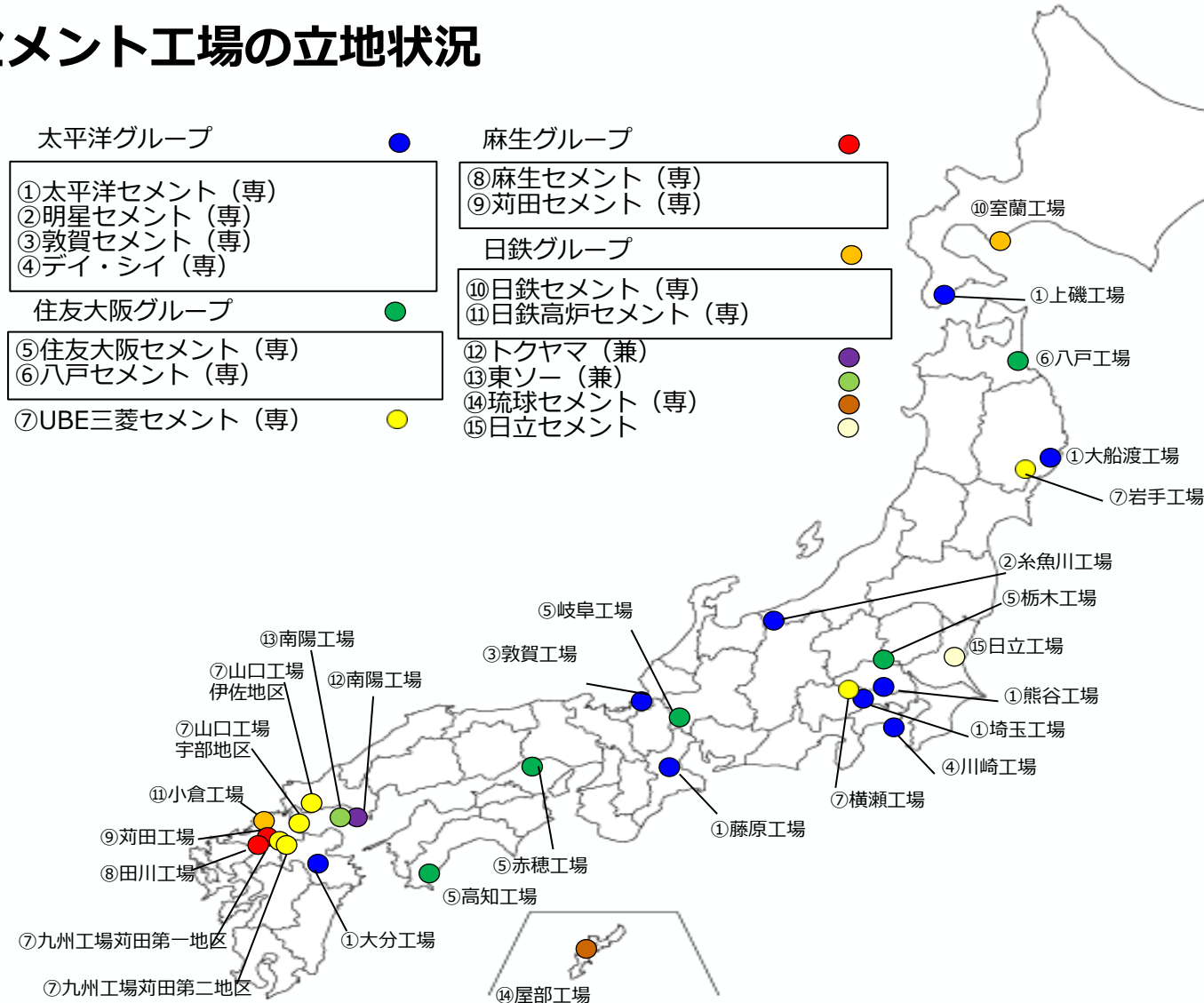


(出典) IEALレポート (Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach)

2. セメント産業について | 産業規模

- 国内セメントメーカーは15社。工場は石灰石鉱山を有する山間部を中心に全国に立地しており、国内で26工場が所在。

国内のセメント工場の立地状況



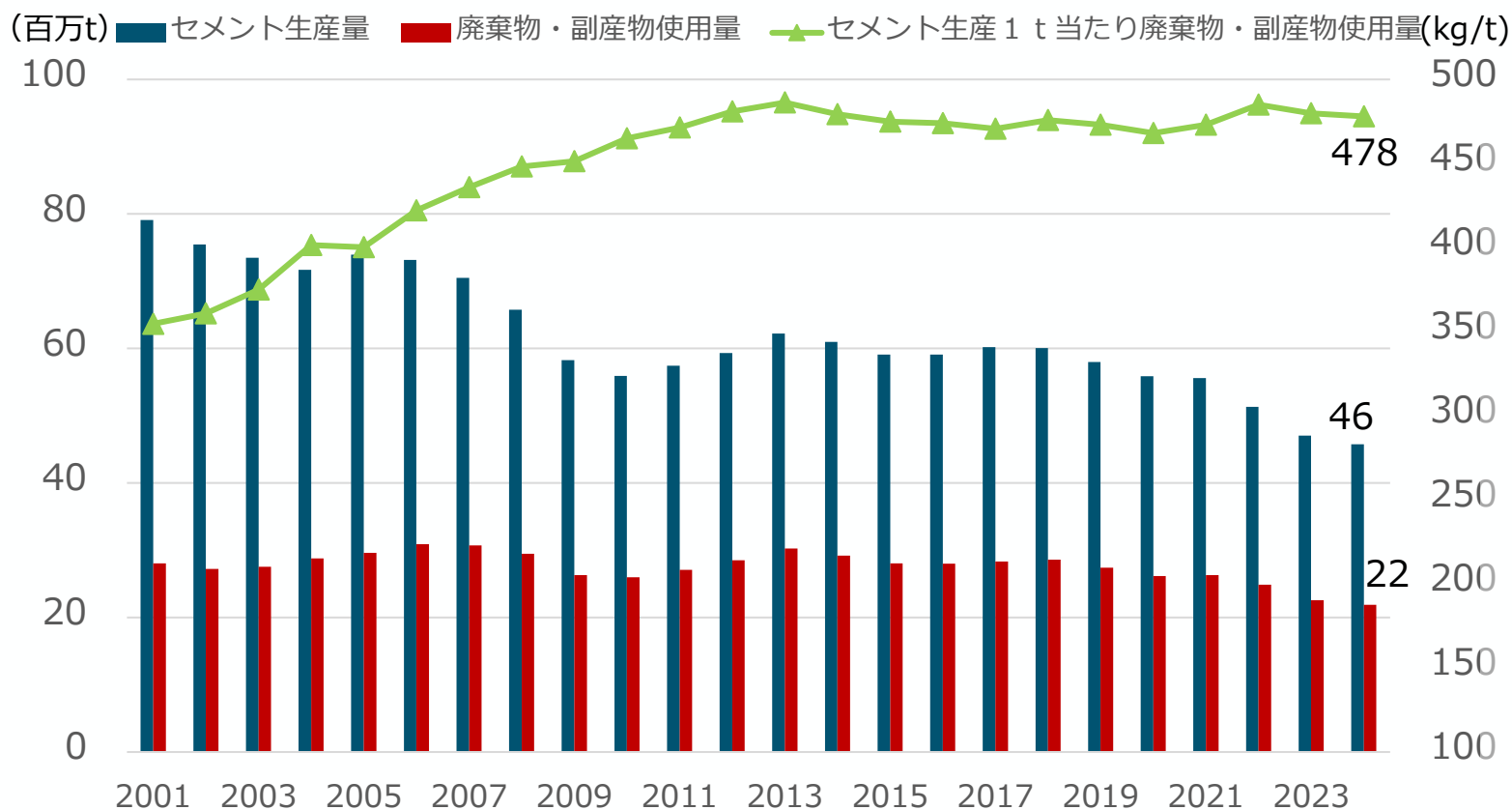
(出所) セメント協会調べ

- 会社数：15社 (4グループ+5社)
- 工場数：26工場
- クリムカ製造能力：4,994万トン/年
- 売上高：2兆1,646億円
- 経常利益：1,559億円 (2024年度)
- 経常利益率：7.2%
- 在籍従業員：7,625名 (2024年12月末現在)

2. セメント産業について | 製造工程における廃棄物利用

- セメント産業は様々な**廃棄物・副産物を原料代替やエネルギー代替として受け入れ**。セメント1トンあたり約500kgの廃棄物を使用している。
- 東日本大震災以降は、災害廃棄物の受入れ処理など、セメント工場の稼働により**自治体の災害復旧にも貢献**。

廃棄物の受入量の推移



(出典) セメント協会

災害廃棄物の受入処理例

発生年	自然災害
2011年	東日本大震災
2014年	広島県土砂災害
2015年	関東・東北豪雨
	D.Waste-Netに加入
2016年	熊本地震
2017年	九州北部豪雨
2018年	西日本豪雨
2019年	台風19号
2023年	台風2号
2024年	能登半島地震

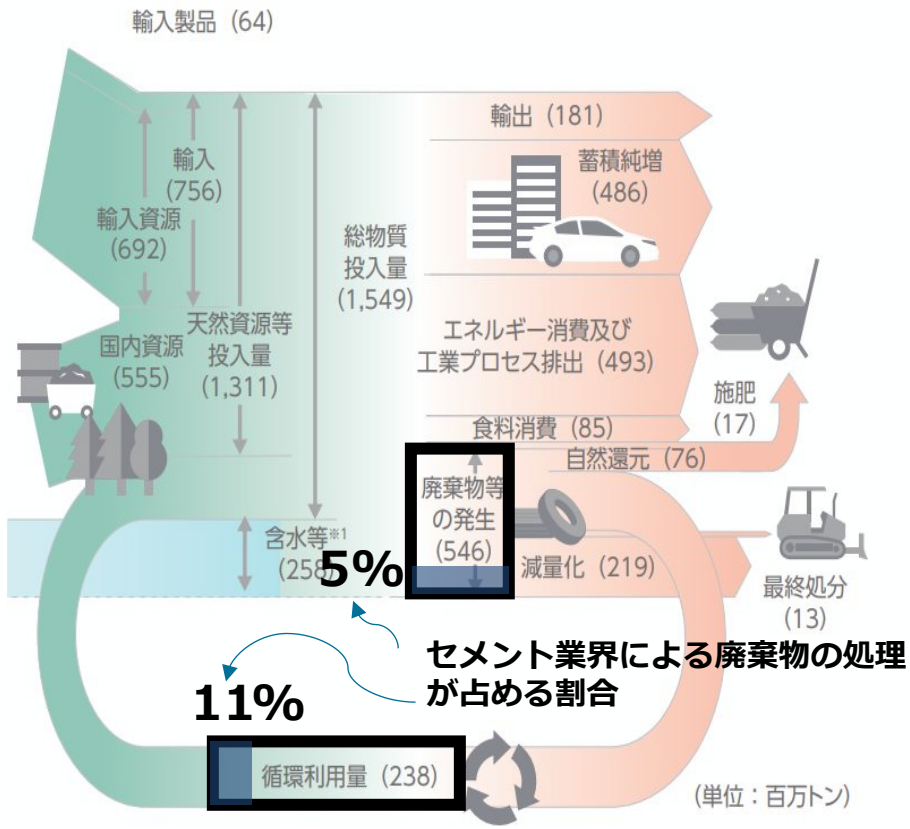


(参考) 災害廃棄物受入量について
 - 東日本大震災 110万トン
 - 熊本地震 22万トン

2. セメント産業について | 製造工程における廃棄物利用

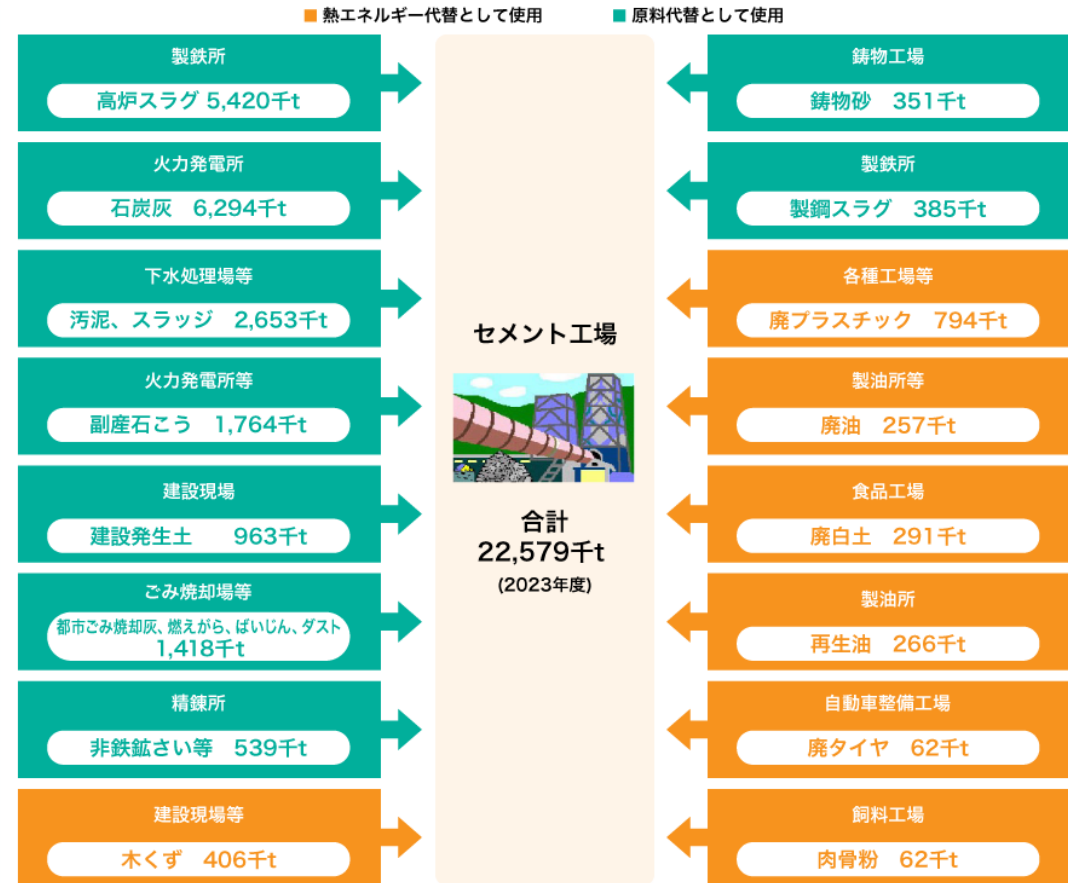
- セメント産業は年間約2,200万t（2024年度。国内で循環利用されている廃棄物・副産物の約10%）の廃棄物・副産物を受け入れ、天然資源の代替として有効利用。これにより循環型社会に貢献。

日本における物質フローと廃棄物のセメント資源化



(出典) 環境省 令和3年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

セメント産業における廃棄物受入の内訳

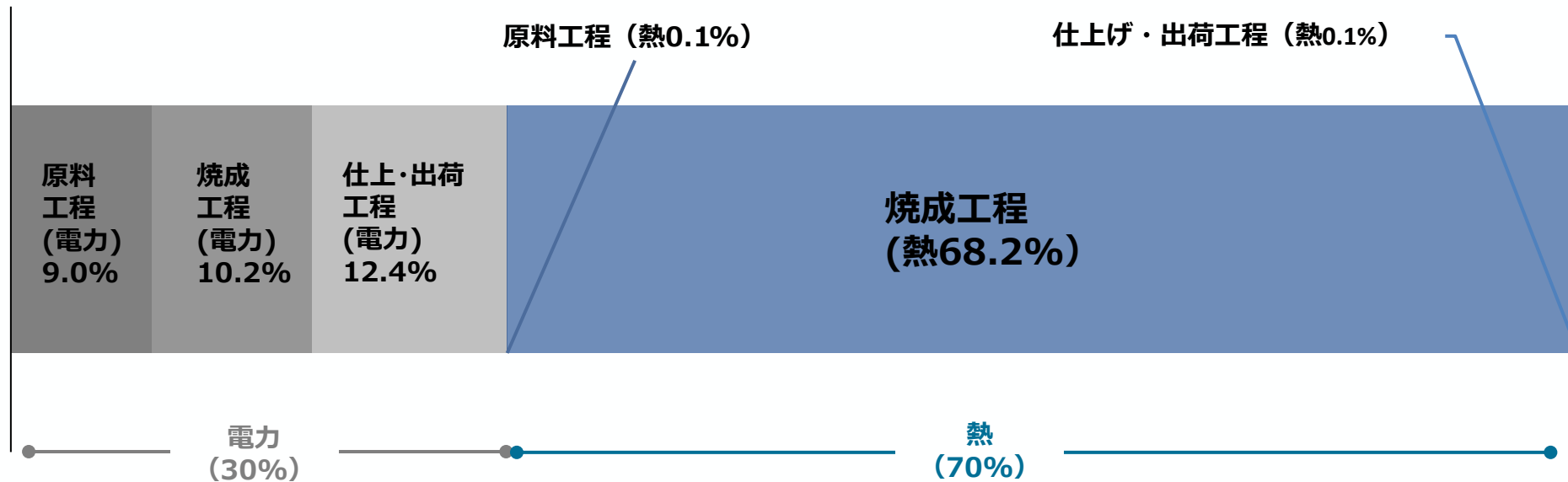


(出典) セメント協会

2. セメント産業について | 製造工程におけるエネルギー消費内訳

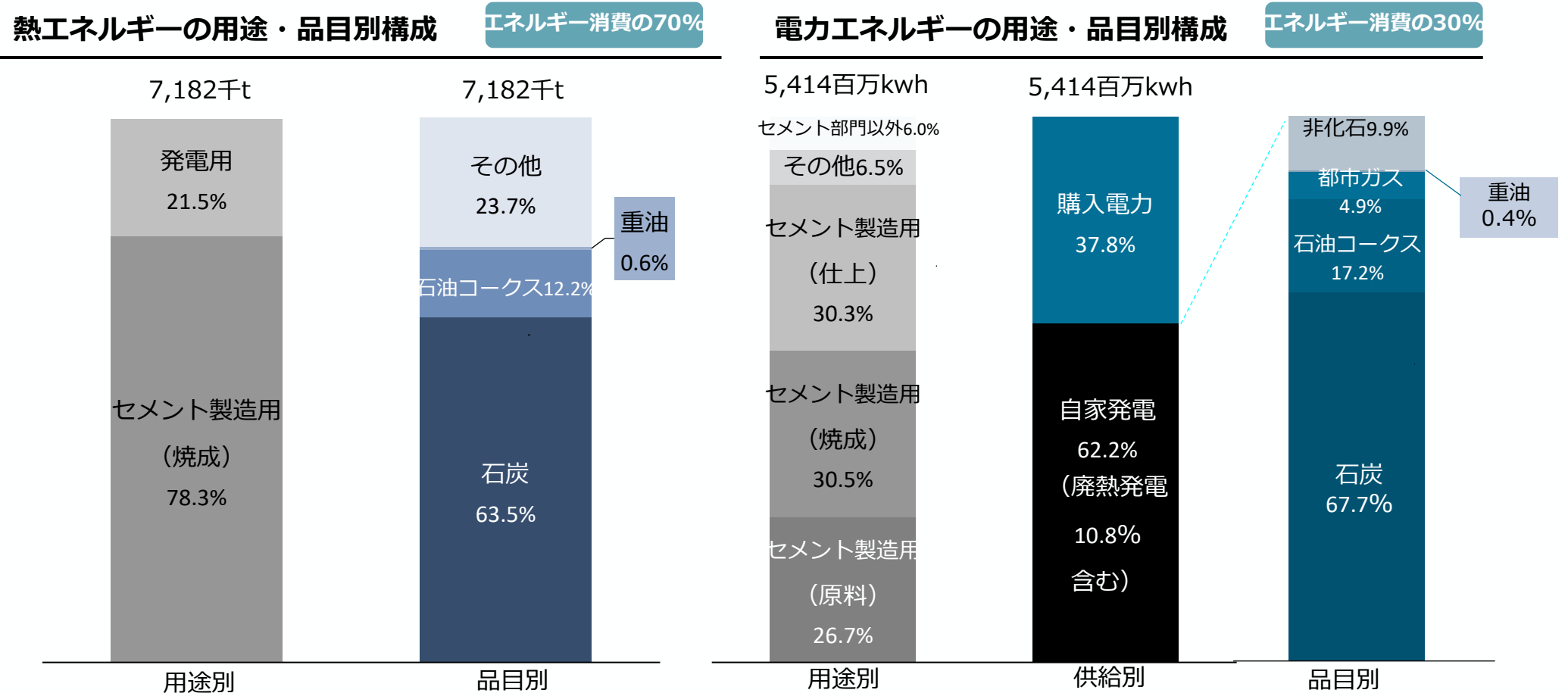
- 製造工程におけるエネルギー消費の大部分（7割）が、1450度の高温を要する石灰石等の原料焼成の熱エネルギーである。
- 電力消費は各工程で広く使われるが、熱を廃熱発電設備に利用するなど有効活用していることで、エネルギー消費の全体に占める割合は低くなっている（3割）。

各工程における電力と熱の消費内訳



2. セメント産業について | 製造工程におけるエネルギー消費内訳

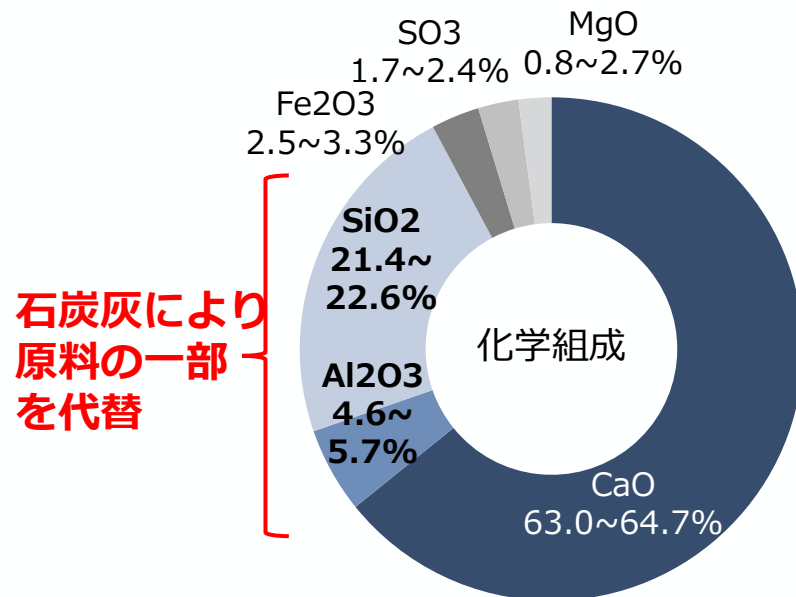
- エネルギー消費の7割を占める熱エネルギーは、多くが石炭によって賄われており、1450度の高温を要する焼成工程に主に使われる。
- エネルギー消費の3割である電力は、自家発電と購入電力により賄われており、各工程で利用されている。自家発電は主に石炭、その他バイオマスや天然ガス等を燃料として発電されている。



2. セメント産業について | 製造工程における石炭等の利用について

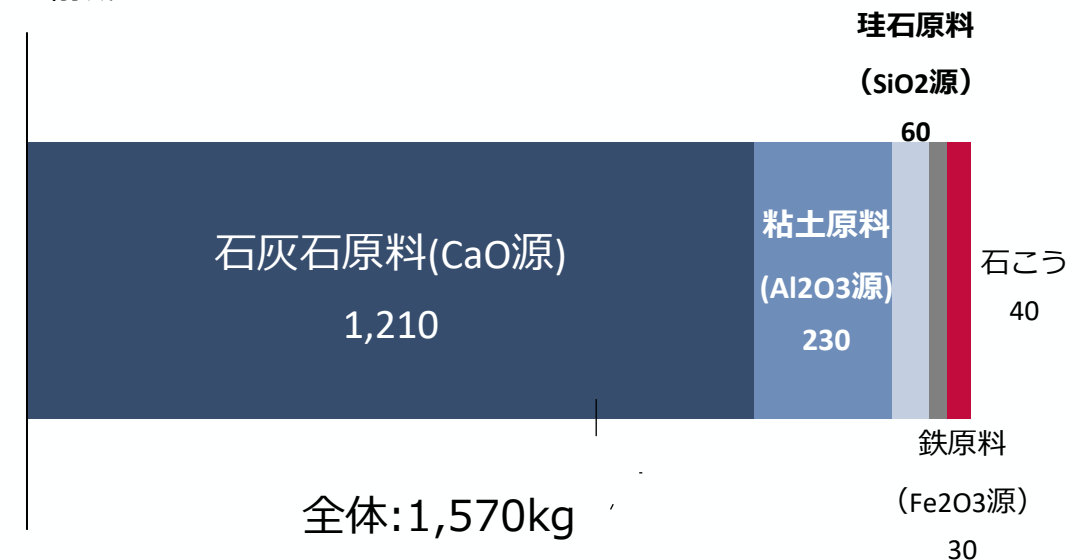
- セメント産業では石炭を燃料及び原料として利用している。焼成工程で1450度の高温を保つことに適しているだけでなく、焼成時に発生する石炭灰はセメント成分であるSiO₂（シリカ）、Al₂O₃（アルミナ）の貴重な原料であり、天然原料代替という観点からも石炭はセメント製造プロセスに合理的な電力・原料供給源の一つとしてスタンダードとなっている。
- 他産業では天然ガスへの燃料転換も行われており、セメント産業でも技術的には導入が可能である一方、石灰石鉱山に近接する内陸部のセメント工場等では、パイプライン設置や輸送が困難である事情が存在。

普通セメントの化学組成



普通セメント1トンあたりの原料構成 (kg)

- 粘土や珪石の代替として石炭灰を活用することで天然原料の利用を削減。



目次

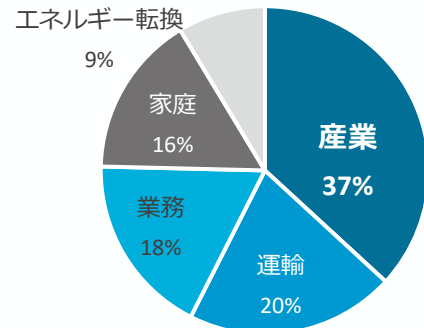
章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

2. セメント産業について | CO₂排出の現状

- 2023年度の我が国のCO₂排出のうち、産業部門のCO₂排出は37%。窯業・土石製品の**エネルギー由来CO₂排出量**は産業部門の7%であり、うち**セメントが約6割**を占める。(約1,350万t)
- 加えて**製造工程での非エネルギー由来CO₂ (=プロセス由来CO₂)**を約2,076万t排出しており、合計約**3,426万トン**のCO₂をセメント産業で排出している。

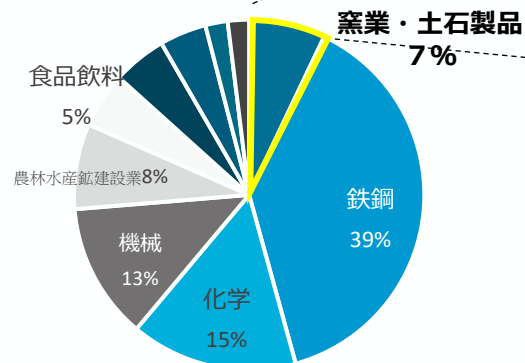
我が国全体 (2023年度)

約9.2億tCO₂ (エネルギー由来CO₂排出量)



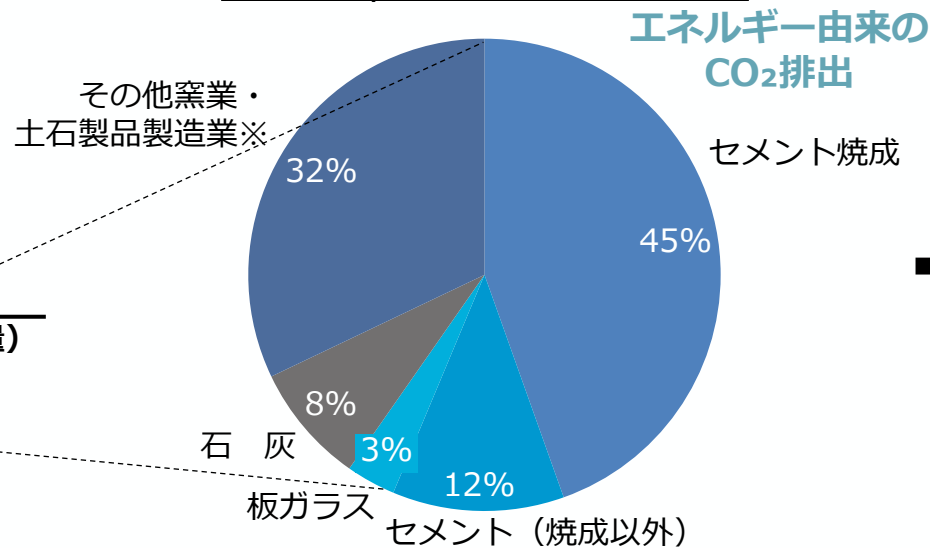
産業部門 (2023年度)

約3.4億tCO₂ (エネルギー由来CO₂排出量)



窯業・土石製品 排出内訳 (2023年度)

約2,400万tCO₂
(うち約1,350万tCO₂がセメント)



約2,076万tCO₂

非エネルギー由来のCO₂排出

セメント製造過程で石灰石からCO₂が発生するため、年間約2,076万tの非エネルギー由来 (=プロセス由来) CO₂排出があり、これはセメント製造工程の排出 (約3,426万トン) の6割に相当する。



※窯業・土石製品製造業のうち、他製品、他ガラス製品製造業、他窯業・土石製品製造業の合計

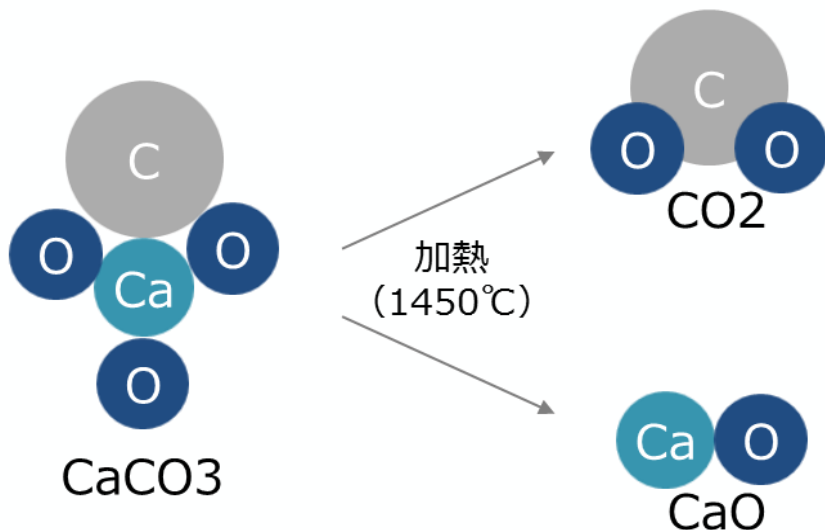
(出典) 国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」(2023年度確報値)、経済産業省「総合エネルギー統計」(2023年度確報値)

2. セメント産業について | CO₂排出の現状

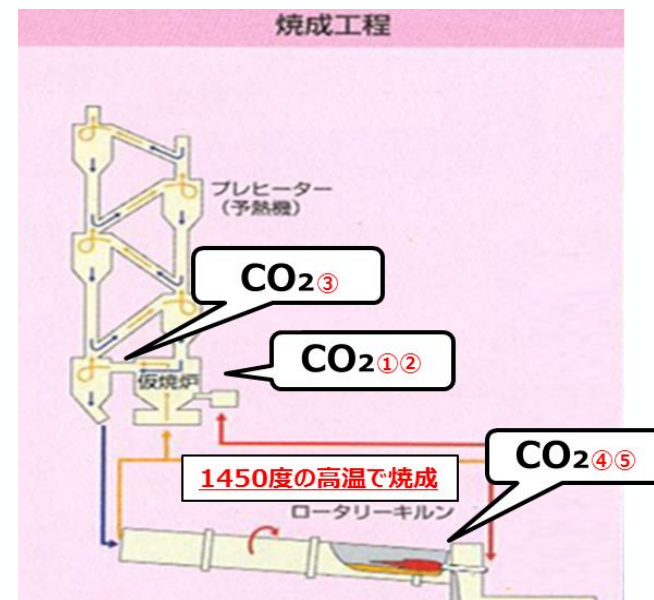
- セメント原料の石灰石から脱炭酸反応によりプロセス由来CO₂が必然的に排出。 焼成工程では1450度の高温焼成のため、主に石炭を利用しており、エネルギー由来CO₂を排出。
- プロセス由来のCO₂が6割、エネルギー由来CO₂が4割。 製造プロセスにおける排出対策とエネルギー源からの排出対策が必要。

プロセス由来CO₂排出原理

- セメントの原料である石灰石を1450度で加熱する際の脱炭酸反応によりCO₂が必然的に発生する。
- セメントの原単位排出は712kgCO₂/t-cem。



セメント焼成時の主なCO₂発生起源



セメント製造工程におけるCO₂発生

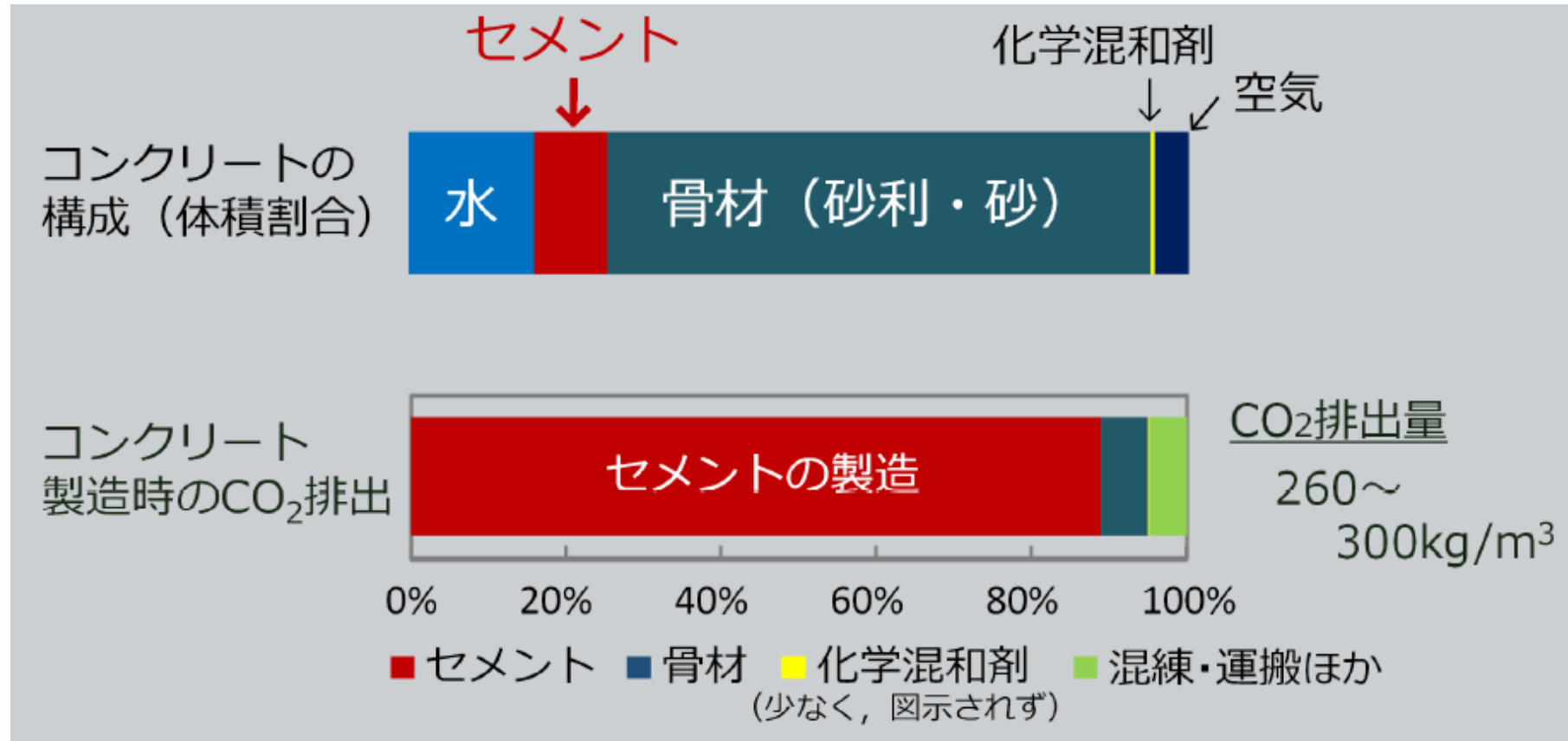
- ①プロセス由来 (仮焼炉) 約48%
- ②エネルギー由来(仮焼炉) 約20%
- ③プロセス由来 (プレヒーター) 約6%
- ④プロセス由来 (キルン) 約6%
- ⑤エネルギー由来 (キルン) 約20%

青字：プロセス由来CO₂
赤字：エネルギー由来CO₂

事業者ヒアリングにより作成

2. セメント産業について | コンクリートの材料構成とCO₂排出割合

- 製品であるコンクリートまで含めてみた場合の評価においても、主なCO₂排出源はセメントであり、セメント産業でのCO₂排出量削減に取り組むことが重要と考える。



各種公表データから作成

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

2. セメント産業について | 国内セメント産業におけるCO₂対策

- プロセス由来CO₂対策はイノベーションによる削減。炭酸塩生成などを含むCCUS、クリンカ比率の低いセメント開発、効率的にCO₂を回収する技術など、革新的技術が不可欠。 既存の研究開発の深化とともに、グリーンイノベーション基金による研究開発、設備投資などが必要。
- エネルギー由来CO₂対策は燃料転換等による削減。省エネ設備導入、エネルギー代替廃棄物利用の拡大、自家発電設備の燃料転換、焼成用キルンの燃料をクリーンエネルギーに転換等を進める必要。
- さらに、関係する産業・行政との連携により、廃棄物を原料・燃料に循環利用する体制(=サーキュラーエコノミー)を一層構築し、上記を円滑かつ確実に実行することで、セメント産業のネットゼロを追及。

CO₂排出量削減方法

プロセス由来CO₂対策

CO₂の再資源化

- セメント製造工程のCO₂をカルシウム源に取り込み、炭酸塩化するなどの**CCUS技術**の研究を実施。
- グリーンイノベーション基金では「**製造プロセスにおけるCO₂回収技術の設計・実証**」や「**多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立**」に関する事業を実施。

セメントの低炭素化

- **クリンカ比率の低いセメント**の開発、**混合セメント**の普及拡大、**混合材の比率の高いセメント**の開発などを実施。

エネルギー由来CO₂対策

省エネ設備、エネルギー代替廃棄物利用による化石燃料削減

- 原料工程、焼成工程、仕上工程の各製造工程において、様々な**省エネ技術・設備を導入**し、省エネによる化石燃料削減を推進。
- クリンカ焼成時に**廃棄物をエネルギーや原料として有効利用**。

化石燃料の削減、低炭素化

- 製造プロセスにおける自家発電において、**化石燃料からバイオマスや水素等への転換**を推進。
- ロータリーキルンの**焼成エネルギーをアンモニア等へ転換**するための研究開発に取り組む。
- CO₂を用いた**合成メタンの生成(メタネーション)及び利用**の推進。

2. セメント産業について | 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

- 2022年3月、一般社団法人セメント協会は「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」を**発表**。
- この中で、2050年までに目指すべき対策として、投入原料や使用エネルギーの低炭素化、CO₂回収・利用・貯蔵（CCUS/カーボンリサイクル）などに取組むこととしている。

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（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]

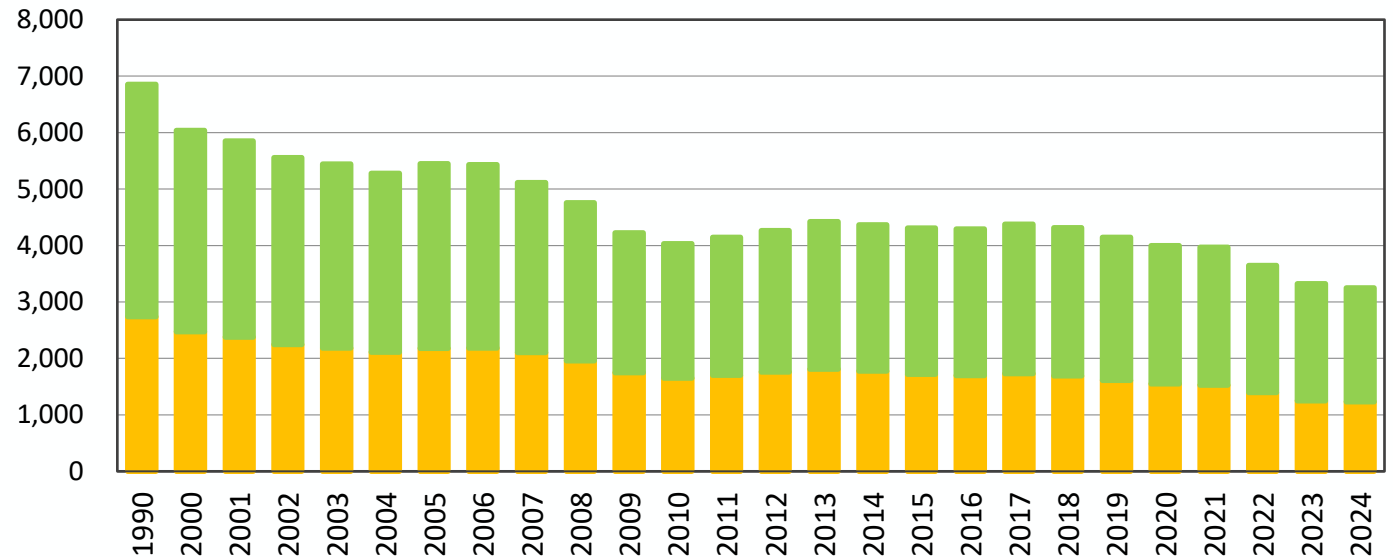
4. 目指すべき対策の方向と克服すべき課題

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

セメント産業CO₂排出量の推移

(万-tCO₂)



■ CO₂排出量 (エネルギー起源) (万 t-CO₂) ■ CO₂排出量 (プロセス起源) (万 t-CO₂) (年度)

セメント製造時のCO₂排出 国内3,257万トン(2024年度)

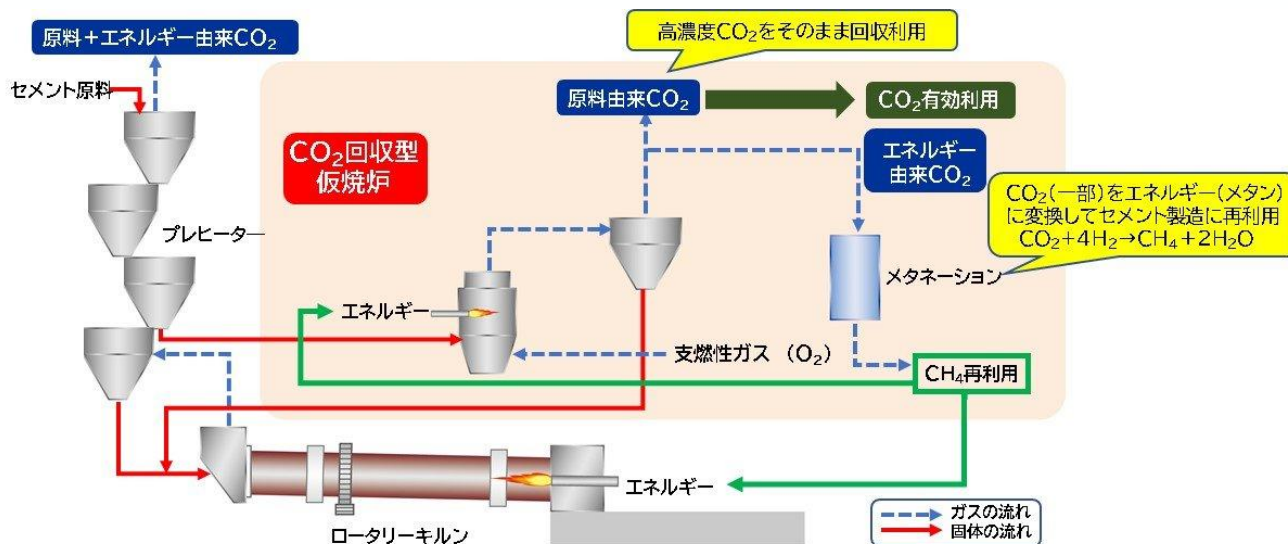
- ・ 石灰石(原料)由来 60% 2,019万トン/CO₂
- ・ 化石燃料(エネルギー)由来 40% 1,238万トン/CO₂

2. セメント産業について | プロセス由来CO₂対策の取組 (GI基金事業)

- 脱炭素に向けて不可欠となるプロセス由来CO₂の削減に向け、グリーンイノベーション基金事業として官民を挙げ取組を推進。
- 本事業においては、既存の効率的な製造プロセスを活用しつつ、CO₂回収量を増加させた新たなセメント製造プロセスを開発するとともに、回収したCO₂と多様なカルシウム源を用いて炭酸塩化・再利用する技術開発を行う。これにより新たな石灰石から排出されるCO₂を削減するとともに、国内の資源確保にも貢献。

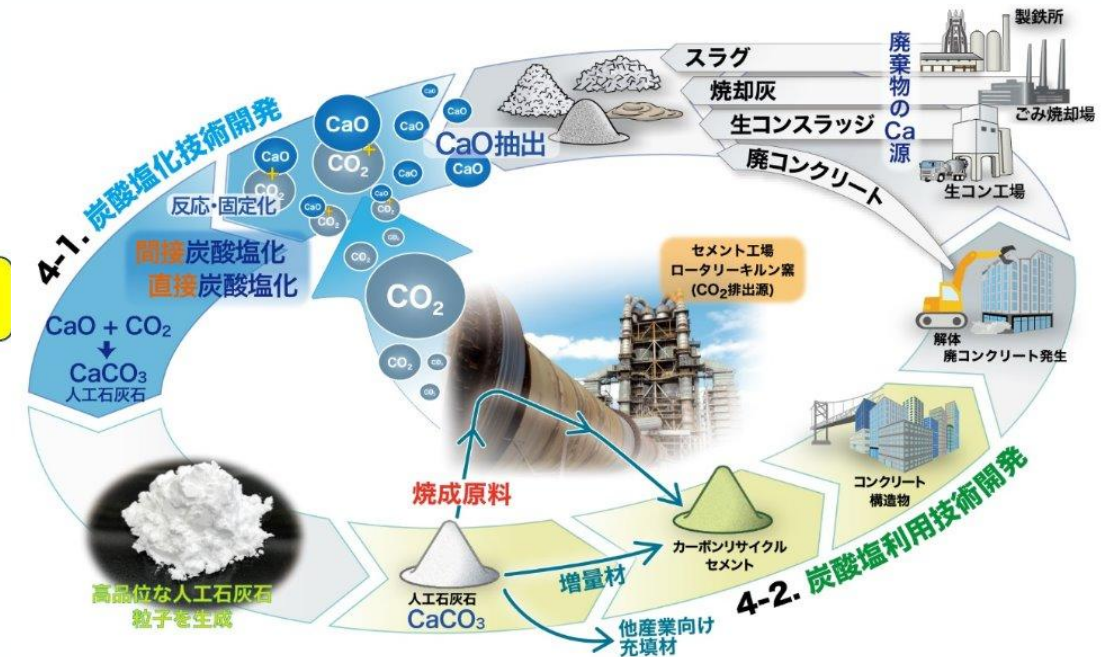
CO₂回収型セメント製造プロセス

- ✓ 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水準を満たすCO₂回収型セメント製造プロセス確立を目指す。
- ✓ セメント製造プロセスから回収したCO₂をメタン化し、キルン・仮焼炉で熱源として循環再利用する技術の確立を目指す。



多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の開発

- ✓ 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技術の確立を目指す。



2. セメント産業について | プロセス由来CO₂対策の取組

- セメント産業からの排出の6割を占めるプロセス由来CO₂は原料である石灰石の焼成により発生するため、完全な削減が困難である。
- プロセス由来CO₂の完全な削減に向けては炭酸塩の活用など革新的な技術が必要。足下の取組として廃棄物を活用した原料代替による削減と共に、炭酸塩生成による取組（CCUS）、クリンカ比率の低いセメント等の技術開発も行われている。**

廃棄物による原料代替

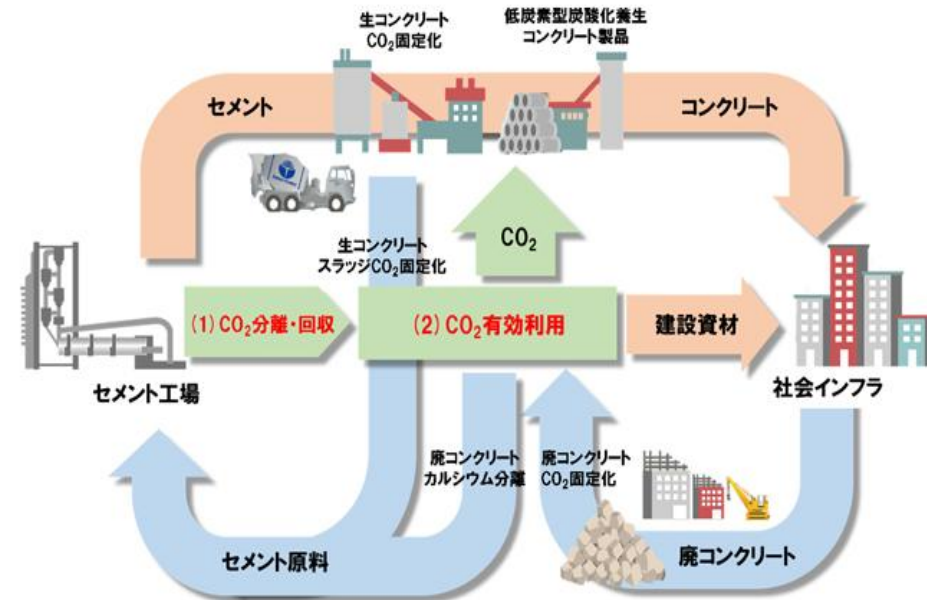
- 廃棄物は化学組成が天然原料に近いいため、クリンカーの原料として代替可能。
- 2021年度のCO₂削減量の試算値は72.9万t-CO₂。石灰石約157.4万tの削減に相当する。

クリンカー原料	酸化カルシウム (CaO)	二酸化けい素 (SiO ₂)	酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化鉄 (Fe ₂ O ₃)
粘土 (天然)	~5%	40~80%	10~30%	3~10%
石炭灰 (廃棄物)	5~20%	40~65%	10~30%	3~10%
焼却灰 (廃棄物)	20~30%	20~30%	10~20%	~10%
下水汚泥 (廃棄物)	5~30%	20~30%	20~50%	5~10%

(出典) セメント協会、NEDO

炭素循環型セメント製造プロセス技術開発

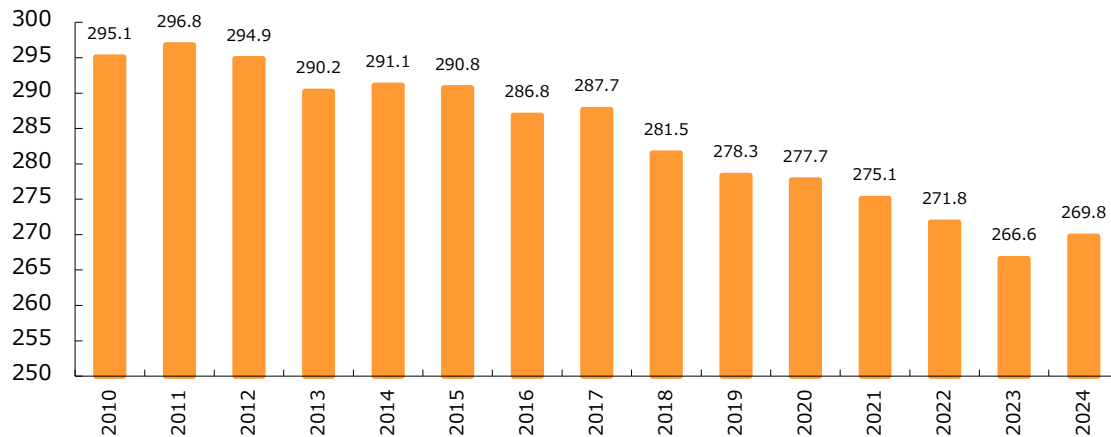
- 国内ではNEDO事業を中心にプロセス由来CO₂の排出削減に向けてキルン排ガスからのCO₂分離・回収や、回収したCO₂をセメント製品へ固定化する実証実験が国内で行われている。
- しかし、セメント産業における排ガス中に含まれるCO₂の全量近くを回収する技術はいまだ確立されていない。



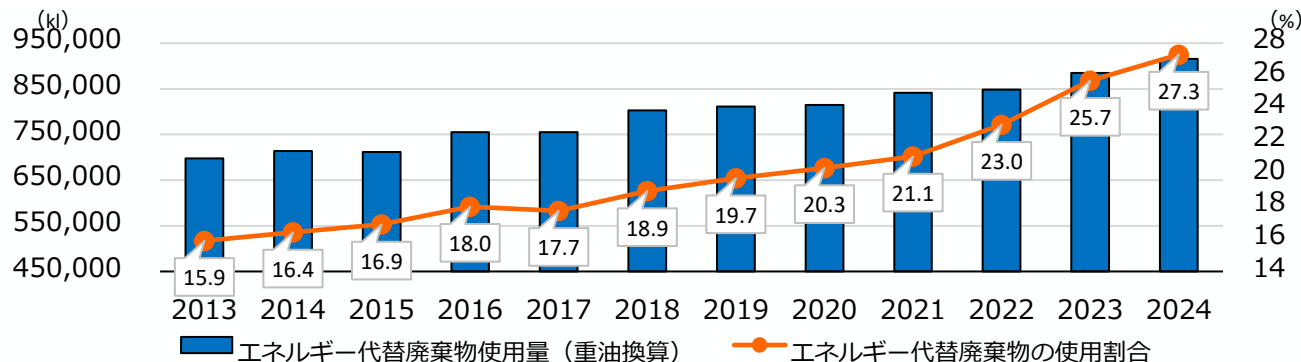
2. セメント産業について | エネルギー由来CO₂対策の現状

- セメント産業では地球温暖化対策計画を踏まえ、省エネ設備導入、エネルギー代替廃棄物利用等による化石燃料削減を通じたCO₂削減対策を実施。
- 自家発電設備においては、化石燃料からバイオマス等への再生可能エネルギーへの転換が進められているなど、エネルギー由来CO₂削減の取組が行われている。

エネルギー由来CO₂排出原単位の推移



エネルギー代替廃棄物使用量の推移



省エネ設備投資額の推移

(単位：百万円)

投資年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	累計
投資額	5,144	749	1,807	2,356	3,634	8,744	3,469	
2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
889	2,975	11,256	3,515	4,728	4,747	4,139	4,173	

燃料転換への取組



栃木工場バイオマス発電設備 (住友大阪セメント株式会社)

- ◆ 廃熱発電をキルン49基中31基導入
- ◆ 自家発における再エネ(混焼含む)が約4割

2. セメント産業について | エネルギー由来CO₂対策における今後の課題と対策

- グリーンイノベーション基金ではプロセス由来のCO₂対策に取り組むこととしているが、キルン等を稼働させるため石炭や重油等から生じるエネルギー由来CO₂対策に課題が残る。
- これまでもバイオマス等の再生可能エネルギーの利用拡大や省エネ設備の導入などエネルギー由来CO₂削減に向けて取組が行われており、一定の成果が上げられているものの、今後カーボンニュートラルに向けては一層、研究開発の実施や燃料転換の取組などに取り組んでいく必要がある。

今後の対策イメージ

- 現在取り組む、再エネ利用拡大、省エネ設備の導入を継続。また、自家用発電に用いるエネルギー源を化石燃料から天然ガスやバイオマスに転換（混焼率向上も含む）を進める。
- 天然ガスの燃焼に必要なパイプライン等のインフラ整備を行いつつ、水素、アンモニア、合成燃料（合成メタン※）など、クリーンエネルギーへの燃料転換に必要な自家発電設備の導入を促進。

※燃料転換の一環として、セメント工場から発生するCO₂と水素によるメタン生成（合成ガス）などメタネーション化を推進しているが、メタン生成に向けた設備の導入や技術実証が必要。

- セメントキルンに利用する燃料対策として、水素・アンモニア※・合成メタン等の脱炭素燃料への転換・導入に向けた開発・実証等を進める。

※アンモニアを用いたバーナーの開発等も既に行われているが、アンモニアの混焼比率は30%程度であり、混焼比率の高いアンモニア焼成技術が必要と考える。

- 事業採算性の向上のため、生産量に応じた効果的な生産体制の整備が必要。たとえば水素やアンモニア等の共同利用するコンビナート等の生産設備の整備など。

2. セメント産業について | (参考) セメントメーカーにおけるエネルギー由来CO₂対策の取組

- 国内セメントメーカーの燃料転換によるエネルギー由来CO₂対策の取組として、セメントキルンの燃焼に化石燃料とアンモニアや天然ガス混焼を用いる焼成技術の開発が進められている。

キルン焼成エネルギーの燃料転換

アンモニア混焼

- 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（内閣府SIP）
ロータ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（UBE三菱セメント、大阪大学等実施）。
- モデル燃焼炉試験を用いて重油あるいは微粉炭とアンモニアとの混焼実験を行い、低NO_x化を達成するための指針を取得。
- 重油とアンモニアを混焼させてクリンカ焼成実験を行い、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。
- 2025年セメント製造における商業規模でのアンモニア燃焼実証試験を開始。セメントキルンにて石炭の熱量比30%をアンモニアで代替する目途を得ている。



天然ガス混焼

- セメント焼成用キルンの熱エネルギー源として、天然ガスを混焼する技術の開発が進められている（UBE三菱セメント実施）。
- UBE三菱セメントの微粉炭燃焼技術と大阪ガス・Daigasエナジーのガス燃焼技術および燃焼シミュレーション技術を活用して3社共同で天然ガス混焼用バーナーを開発。
- 2025年、石炭の40%を天然ガスで代替し、商業規模での運転を行い、操業の安定性や製品品質に問題はなく、環境面でも支障がないことを確認。



2. セメント産業について | 国内と海外のセメント産業の比較

- クリンカ比率や化石燃料利用率等に若干違いはあるものの、原料や燃料の利用状況について大きな違いはない。地震が多く構造物に高い強度や耐久性が求められることなど、日本固有の事情も加味しながら世界の動向と歩調を合わせつつ取組を進める。
- 一方、日本は海外と異なりCO₂の貯留ポテンシャルが少ないことから、CCUSの方向性については、廃棄物や回収したCO₂を再利用する循環型のCCUS技術が国内に適するのではないか。

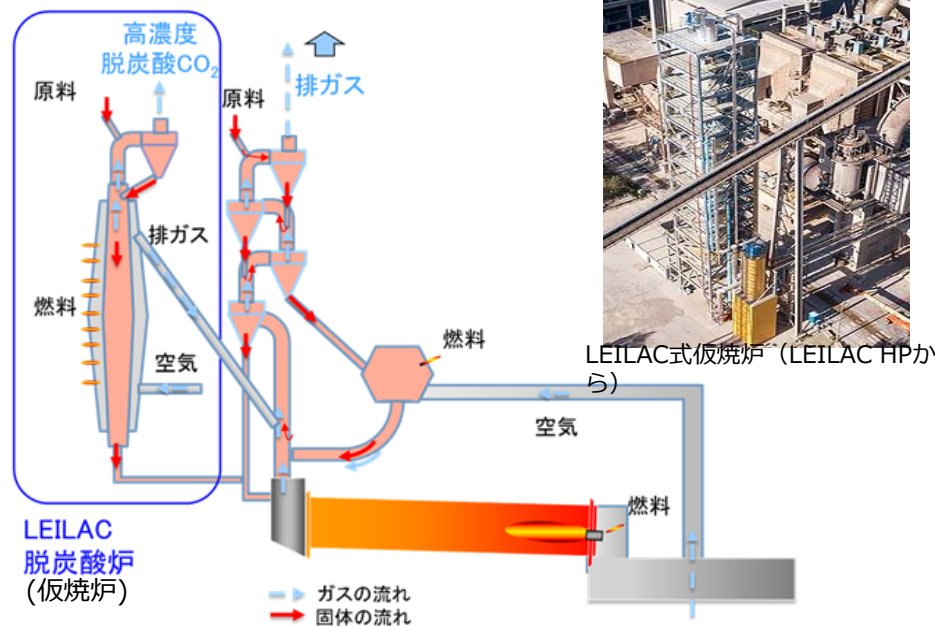
	国内	海外	参考																
クリンカ比率 (プロセス由来CO ₂ 関係)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>クリンカ/セメント比は約83%と世界平均より高く</u>、それに伴いCO₂排出係数も高い。 • 国によってセメントに求める圧縮強度の要求水準の運用の違いがあり、その影響が反映されている。 • CO₂削減に向け<u>クリンカ比率の低減等を進める</u>。(セメント協会長期ビジョン) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>欧州は74%、中国は72%と比較的低い</u>。例えば中国はクリンカ/セメント比が低いセメントが特徴。(CO₂排出係数も低い。) 	主要地域のクリンカ/セメント比※ <table border="1"> <tr> <th>地域</th> <th>クリンカ/セメント比</th> </tr> <tr> <td>米国</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>日本</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>中国</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>インド</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>世界平均</td> <td>74.7</td> </tr> </table>	地域	クリンカ/セメント比	米国	84	日本	83	欧州	74	中国	72	インド	71	世界平均	74.7		
地域	クリンカ/セメント比																		
米国	84																		
日本	83																		
欧州	74																		
中国	72																		
インド	71																		
世界平均	74.7																		
化石燃料利用率 (エネルギー由来CO ₂ 関係)	<ul style="list-style-type: none"> • クリンカ製造における<u>熱エネルギー中の化石燃料利用率は82.1%</u>。 • 日本では<u>廃棄物をエネルギー及び原料の代替として利用</u>している。 • 継続的な取り組みと、<u>使用エネルギーの低炭素化を進める</u>。(セメント協会長期ビジョン) 	<ul style="list-style-type: none"> • 欧州では、エネルギー代替として廃棄物や<u>バイオマス燃料の利用を拡大</u>しており、化石燃料利用率が低い。 • 一方、インドなど新興国では代替燃料の活用が進んでおらず、化石燃料利用率が高い。 	化石燃料比率(%) (2016年度) <table border="1"> <tr> <th>地域</th> <th>化石燃料比率(%)</th> </tr> <tr> <td>インド</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>米国</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>日本</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>フランス</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>ドイツ</td> <td>34</td> </tr> </table>	地域	化石燃料比率(%)	インド	97	米国	83	日本	82	フランス	60	ドイツ	34				
地域	化石燃料比率(%)																		
インド	97																		
米国	83																		
日本	82																		
フランス	60																		
ドイツ	34																		
貯留ポテンシャル (プロセス由来CO ₂ 関係)	<ul style="list-style-type: none"> • 現状国内ではCO₂貯留地域が限られており、回収したCO₂に関しては、貯留や固定より、セメント製造プロセスの中でCO₂を活用する<u>循環型の取組の方が合理的</u>である。 • CCUSへの取組を進める。(セメント協会長期ビジョン) 	<ul style="list-style-type: none"> • 石油採掘地が多い等の理由によりCO₂貯留ポテンシャルが高い<u>北欧やアメリカでは、回収したCO₂を貯留・固定</u>する技術が主流となっている。 	CO ₂ 貯留ポテンシャル (GtCO ₂) <table border="1"> <tr> <th>地域</th> <th>CO₂貯留ポテンシャル (GtCO₂)</th> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>ロシア</td> <td>2100</td> </tr> <tr> <td>カナダ</td> <td>1300</td> </tr> <tr> <td>アメリカ</td> <td>3900</td> </tr> <tr> <td>オーストラリア</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>中国</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>日本</td> <td>1.5</td> </tr> </table>	地域	CO ₂ 貯留ポテンシャル (GtCO ₂)	欧州	260	ロシア	2100	カナダ	1300	アメリカ	3900	オーストラリア	700	中国	390	日本	1.5
地域	CO ₂ 貯留ポテンシャル (GtCO ₂)																		
欧州	260																		
ロシア	2100																		
カナダ	1300																		
アメリカ	3900																		
オーストラリア	700																		
中国	390																		
日本	1.5																		

※クリンカ比率は欧州を除き2016年経済産業省報告書より抜粋。欧州の値はCembureauのデータを参照、年数は不明。

2. セメント産業について | 世界のセメント産業の動向 (取組例)

- 国際技術動向として、LEILACプロジェクトでは仮焼炉で石灰石を間接的に加熱し、プロセス由来CO₂を回収する技術実証に着手中。高濃度のCO₂回収が可能だが、**設備の大規模化が課題**。
- HeidelbergCement は2030年を目標にスウェーデンの工場での脱炭素化を発表。プロセス由来CO₂は化学吸収法で回収し、圧縮冷却して海底貯蔵(CCS)する計画。ただし、CO₂回収エネルギーがセメント生産用エネルギーの5倍と推計。さらに**海底貯蔵コストの考慮も必要**。
- 日本においてはCO₂貯留を広く廉価で行うことが現状難しく、従前の廃棄物利用等におけるノウハウを活用し、回収したCO₂を再利用する**循環型のCCUS技術に取り組んでいくことが現実的**ではないか。

LEILACによる燃焼方法



LEILACプロジェクト

OEU Horizon2020の資金支援を受け、HeidelbergCement (独)、CEMEX(墨)、CALIX(米)等の世界主要メーカーが参画。

- LEILAC I 2019~ 30,000トン -CO₂/年
- LEILAC II 2025~ 100,000トン -CO₂/年

○石灰石由来CO₂の20%相当を回収。

(LEILAC HPから)

HeidelbergCementデータ (CCS)

- CO₂回収エネルギー 3.0GJ/t ※1
- セメント生産 0.6GJ/t ※2

※1 「CO₂ Capture, Use, and Storage in the Cement Industry: State of the Art and Expectations」 (著者Marta G. Plaza, Sergio Martínez, and Fernando Rubiera)

※2 「セメントハンドブック」 (セメント協会) の電力量を基に算定

2. セメント産業について | 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。セメント分野については以下のような方向性が示されている。関連分野では、水素等・CCSについても策定されている。

セメントの分野別投資戦略①

分析

- ◆ 我が国で唯一豊富に賦存する炭素源である石灰石を利用。
- ◆ **内需型産業**（耐震性が求められるコンクリート原料であり、輸入は無い）だが、質の高い我が国製品は、生産量の約2割を輸出。海外での現地生産を実施する企業も存在。
- ◆ また、産業や自治体から排出される**廃棄物・副産物**（日本の廃棄物総量の5%）をセメント原料、代替エネルギーとして利用しており、循環経済においても不可欠な産業。
- ◆ CO2排出は、プロセス由来6割（石灰石の還元反応）、燃料由来4割（石灰等）。温度帯は約1450℃。日本の総排出量の約6%を占める。
- ◆ 廃コンクリート+CO2→人工石灰石化で、高付加価値&カーボンサイクル製品の可能性。

<方向性>

- ① 石炭ボイラーからの燃料転換（サーマルリサイクルボイラー、ガス等）。
- ② CO2の再利用技術の実装によるカーボンリサイクルセメントの生産拡大と海外への技術・設備の輸出ビジネス。

国内部門別CO2排出量
製造業の業界別CO2排出量

（出所）国環研 日本の温室効果ガス排出データ2020年度確報値

2023年から10年程度の目標

国内排出削減：約200万トン

官民投資額：約1兆円～

セメントの分野別投資戦略②

	23fy	24fy	25fy	26fy	27fy	28fy	29fy	30fy	31fy	32fy	～
先行投資	グリーンイノベーション基金（2021年度～） ①コンクリート分野：CO2排出削減・固定量最大化コンクリート製造技術の開発 ②セメント分野：CO2回収型セメント製造プロセスの開発 投資規模：約1兆円～										
	GX先行投資支援 企業の「先行投資計画」を踏まえた、設備投資支援（サーマルリサイクルボイラー、カーボンリサイクル製造設備等）										
規制・制度等	GX-ETSの試行										
	GX-ETSの第2フェーズ開始										
	有償オークション導入										
	温対法やGXリーグでの主要調達部素材の排出量の開示促進の検討										
GX価値の算定・表示・訴求に関するルール形成（公共調達等）											
需要家における導入促進 建材等における導入インセンティブ付与等の検討											
「先行5か年アクション・プラン」											

2 GX先行投資

①サーマルリサイクルボイラーへの設備投資
②カーボンリサイクル製造の技術開発・設備投資

<投資促進策> ※GXリーグと連動

- ◆ ①・②に係る設備投資の補助
- ◆ CO2を用いたコンクリート等製造技術開発（GI基金）
- ◆ 省エネ補助金等による投資促進

+

- 省エネ法の「非化石エネルギー転換目標」等による原燃料・転換促進（2030年度に焼成工程の非化石比率28%）
- GX-ETSによる削減目標達成へのコミットメント ※GXリーグと連動
- 廃コンクリートの回収・流通のための環境整備

3 GX市場創造

<Step:1 GX価値の見える化>

- ◆ GX価値（カーボンフットプリント：CFP、RSL*ラン入、リサイクル等）についての算定・表示ルール（対最終消費者を含む）形成（GXリーグと連携・欧州など、国際的に調和されたルール形成を追求）
- ◆ 大口需要家の、主要部素材の製造に伴う排出量の削減目標の開示促進（温対法・GXリーグと連携）

<Step2: インセンティブ設計>

- ◆ 公共調達におけるGX価値評価促進
- ◆ 大口需要家（建材等）に対する需要喚起策の導入（例：導入補助時のGX価値評価、GX価値の表示スキーム）

<Step3: 規制/制度導入>

- ◆ Step2までの進展を踏まえた、大口需要家（建材等）を対象とした規制導入の検討

30

（出典）分野別投資戦略（Ver.2） https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html

2. セメント産業について | セメント産業の脱炭素に向けた動向まとめ

社会インフラにおいて重要な建材であるセメントは今後とも重要になり、品質や安定供給を求めつつ、脱炭素社会の実現に向けて、プロセス由来CO₂とエネルギー由来CO₂の両面から削減に取り組む必要がある。

プロセス由来CO₂削減については、今後革新的な技術が必要。トランジションとして廃棄物を活用した原料代替や炭酸塩の生成、クリンカ比率の低いセメントの開発などに組みつつ、将来的なカーボンニュートラルに向け、GI基金事業を中心としたCO₂回収・利用技術の開発が必要。また、これらの取組に向け、ユーザーや関係省庁との連携ならびに各者の理解を深め、リサイクル推進のための社会システム整備も段階的に進める必要がある。

エネルギー由来CO₂の削減に向けては、短期的にはエネルギー代替廃棄利用の拡大や、省エネ・高効率な設備の導入などに引き続き組みつつ、長期的には、自家発電設備やキルンにおいて水素やアンモニアなど脱炭素燃料への燃料転換を目指す。

海外ではCCS等の技術開発が進むが、設備規模、コスト等において課題が残る。また、日本では海外より貯留を行うポテンシャルが低く、経済性に鑑みると、廃棄物利用といった従前のノウハウも活用しつつ、回収したCO₂を再利用する、循環型のCCUS技術の開発を中心とした技術開発を着実に進めることが重要。

今後、トランジション期間における技術も活用しながら、GI基金事業を中心として脱炭素に向けた取組を進める。

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低・脱炭素技術

製造プロセス

原料

技術名	概要	排出係数/ 削減幅等 ^{※1}	実装年 ^{※2}	主な参照先
省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃熱発電 ✓ クリンカクーラーの高効率化 ✓ 豎型石炭ミルの導入 ✓ 高炉スラグミルの豎型化 ✓ IoTや自動運転の導入 	エネルギー原単位 約5.7%削減 ^{※3} (2019年比、 2030年時点)	既に導入	✓ セメント業界のCN行動計画 等
燃焼温度の低下	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 鉱化剤の利用により焼成温度を下げることでエネルギー原単位約2.6%の削減に寄与^{※4} 		2020年代	✓ セメント業界のCN行動計画 ^{※4}
クリンカ比率の低減	<p>以下等により、セメントにおけるクリンカの比率を低減し、排出量を削減。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ アルミン酸三カルシウムの量を増やすことで、混合材の使用量の増加 ✓ 高炉セメントB種に添加する高炉スラグの分量増加 	— ^{※5}	一部は既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ セメント業界のCN行動計画やセメント産業の長期ビジョン等 ✓ IEA CETG ✓ 温暖化対策計画
廃棄物による原料代替	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 原材料の一部に廃棄物を利用することで、プロセス由来CO₂の削減に寄与 	— ^{※5}	既に導入	✓ セメント業界のCN行動計画等
コンクリート微粉のリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> ✓ コンクリート製造時の微粉等をクリンカの原料として活用^{※6} 	— ^{※7}	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> ✓ セメント産業の長期ビジョン ✓ IEA CETG
低炭素型新材料の開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存の結合材にかわる新たな組成の材料（製造時のCO₂排出量の低い材料や、石灰石に近い新たな結合剤など）を開発することで非エネルギー排出の削減に寄与 	— ^{※8}	2040年代	✓ セメント産業の長期ビジョン

※1：排出係数は既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画について、導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照している。

※3：カーボンニュートラル行動計画における2030年見直し予定目標値と2019年実績値を参照した削減率。なお、2023年度時点で目標値である3,040MJ/t-cemを達成している。

※4：セメント業界のCN行動計画では、「当初想定より高コストで、普及にあたっての経済合理性に乏しい」とされている。

※5：クリンカ比率や廃棄物による代替比率により排出係数は異なる。なお温暖化対策計画では、混合セメント生産量/全セメント生産量(%)を対策評価指標とし、2040年度に25.7%、38.8万t-CO₂の排出削減を見込む。

また、セメント産業の長期ビジョンでは、2030年にクリンカ比率0.825を目指すと共に、2050年にはユーザーの低炭素化への意識向上から0.8まで低減することが想定されている。

※6：コンクリート微粉のリサイクルにあたっては、コンクリート分野を始めとした他分野との連携が不可欠。コンクリート分野では「CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発」等をGI基金-社会実装計画で進めている。

※7：参考として、IEA CETGでは、プロセス排出を推定1/3まで削減できると記載がある。ただし前提であるクリンカ比率や基準により削減幅は異なるため、日本における削減幅を想定することは現状困難。

※8：参考として、Material Economicsでは、現状利用可能な代替結合材の利用により、ポルトランドセメントと比較して、最大10%の非エネルギー排出を削減できると記載。ただし、削減幅は純粋なポルトランドセメントの比較であり、高炉スラグなど混合材料を含むセメントでは削減幅が異なるなど、単純比較は困難。また、代替原料の利用可能性に限られることに加え、硬化時間や強度などの技術面でも、採用に向け課題があるとの記載もある。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低・脱炭素技術

	技術名	概要	排出係数/ 削減幅等※1	実装年※2	主な参照先
燃料 転換	廃棄物のエネルギー利用	✓ 廃プラや各産業からの汚泥、木くず等を熱エネルギー代替として活用	エネルギー由来排出 ～100%削減 ※3	既に導入	✓ セメント業界のCN行動計画等
	バイオマス等の利用	✓ 燃焼時にバイオマス等を活用することで、化石燃料の使用量を低減し、エネルギー由来CO ₂ 削減に寄与		既に導入	✓ セメント業界のCN行動計画等
	水素・アンモニア等の利用	✓ 燃焼時にCO ₂ を排出しない水素やアンモニア等を利用することでエネルギー由来CO ₂ の削減に寄与		2030年代	✓ 内閣府SIP ✓ セメント産業の長期ビジョン
CCUS	排ガス等からのCO ₂ 分離回収	✓ 工場外に排出される排ガス等から、化学吸収法等の既存技術を活用してCO ₂ を分離・回収する	-※4	2030年代	✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ ✓ セメント産業の長期ビジョン ✓ IEA CETG
	CO ₂ 回収製造プロセス	✓ 既存のセメント製造プロセスを活用し、プレヒーター内部からプロセス由来CO ₂ を回収	-※4 ※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画※4 ✓ セメント産業の長期ビジョン
	炭酸塩の生成	✓ カルシウム源にCO ₂ を回収させ固定化することで炭酸塩として貯蔵・利用しCO ₂ 削減に寄与	-※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 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セメントの生成	✓ CO ₂ を固定した炭酸塩からセメントを製造する技術によりCO ₂ 排出削減に寄与	-※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
	合成メタンの生成・利用	✓ 排ガス中のCO ₂ を回収し合成メタンを生成・利用することでセメント製造におけるCO ₂ 削減に寄与	-※4	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ セメント産業の長期ビジョン

※1：排出係数は既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。燃料転換についてはエネルギー由来排出、CCUSについてはエネルギー由来排出・非エネルギー由来排出の両方について記載。

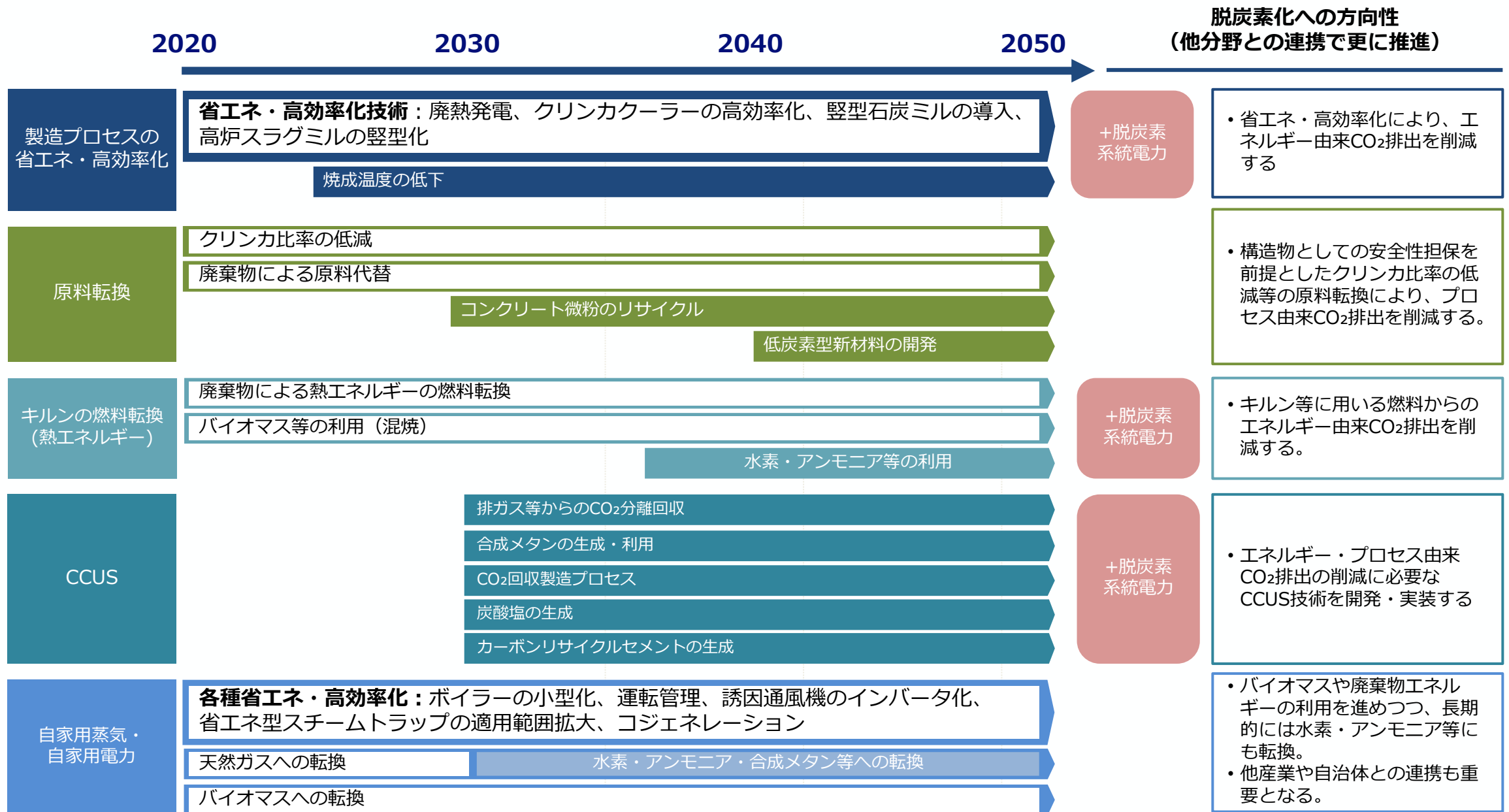
※2：社会実装計画について、導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照している。

※3：水素・アンモニア専焼の場合はエネルギー排出ゼロ、混焼率等により削減幅は異なる。廃棄物・バイオマスの利用における混焼の場合も混焼率に依存する。

※4：CO₂回収による削減効果は、回収性能により異なる。

※5：GI基金・社会実装計画においては、プレヒーター内で発生するCO₂の80%以上を回収し、炭酸塩1トンあたりに固定するCO₂固定量を400kg以上とすることを目標としている。

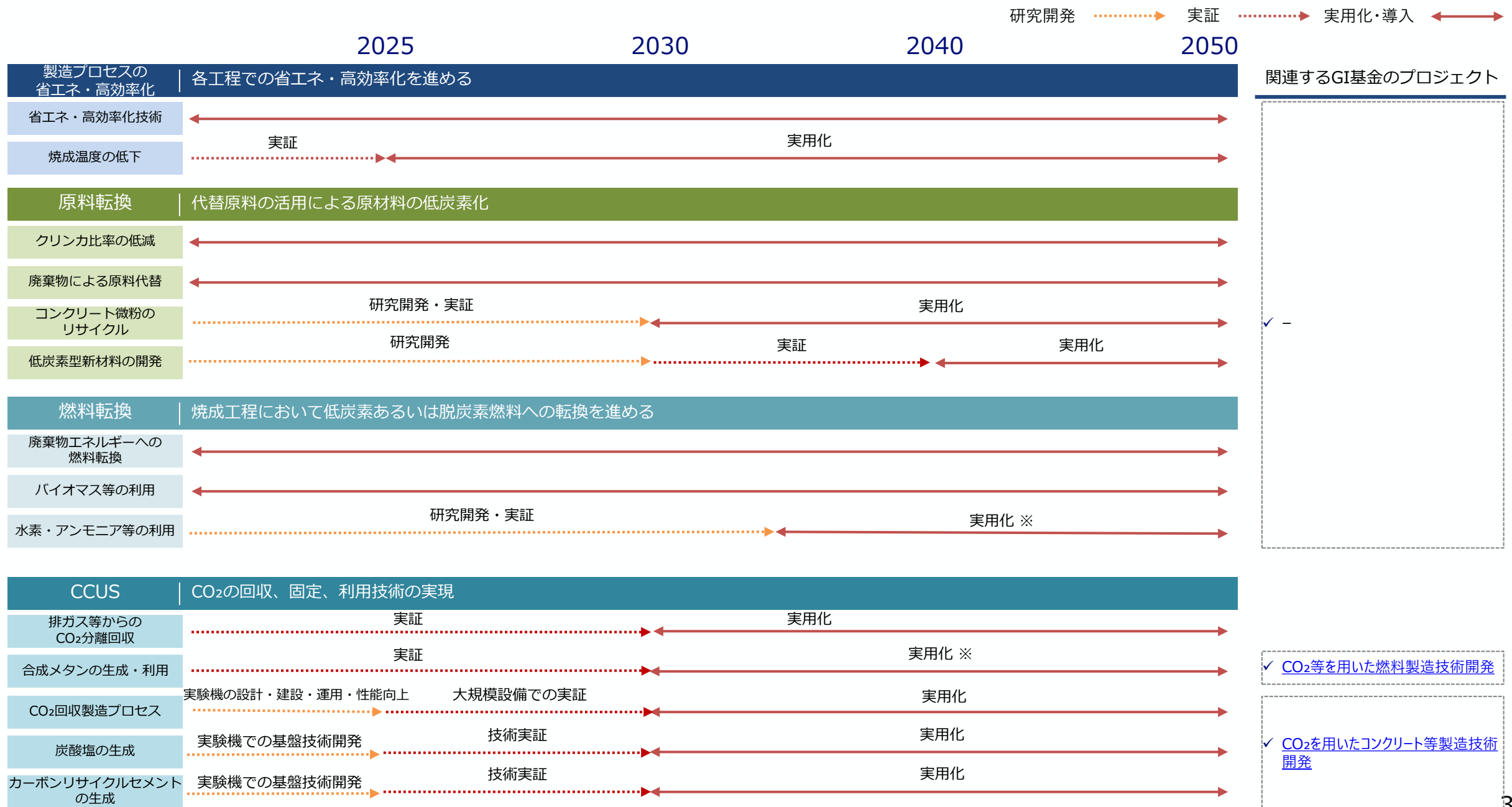
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ



※ セメント産業はエネルギー消費の約8割が熱エネルギーである。

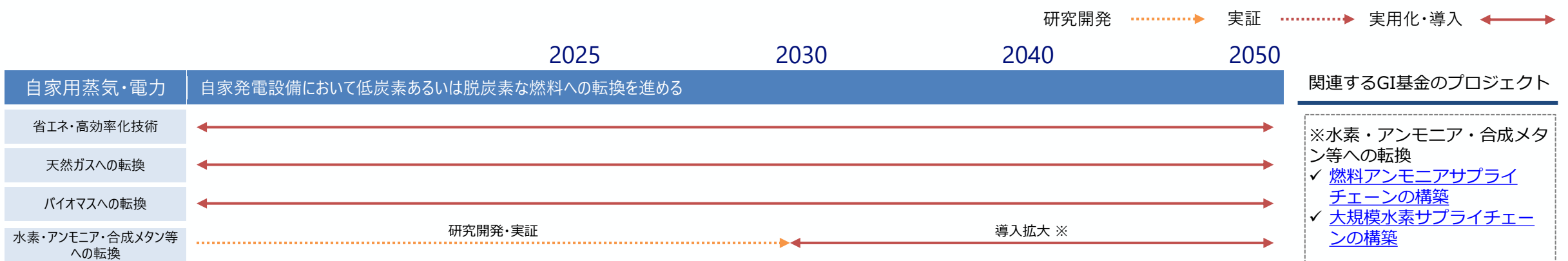
※ 燃料転換については、足下で廃棄物やバイオマス、次いで天然ガス等への転換が進むことを想定。将来的には天然ガス等のため敷設したパイプラインを用いることでの水素・アンモニア等への転換も考えられる。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



※ 実用化にあたっては、安価な水素の安定供給、インフラの確立など社会システムの整備といった条件の確立が必要。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



関連するGI基金のプロジェクト

- ※水素・アンモニア・合成メタン等への転換
- ✓ [燃料アンモニアサプライチェーンの構築](#)
- ✓ [大規模水素サプライチェーンの構築](#)

※ 実用化にあたっては、安価な水素の安定供給、インフラの確立など社会システムの整備といった条件の確立が必要。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照して策定しており、パリ協定と整合する。
- 具体的には、各種省エネ・効率化や燃料転換などによる着実な低炭素化に加え、CCUSなどの革新的技術を積極的に導入することで、2050年のカーボンニュートラルを実現していくものである。

CO₂削減イメージの試算概要・根拠等

概要・策定根拠

- 右図は、p35~36に記載の技術による排出削減経路を試算のうえ、その結果をイメージとして示したものの。
- 試算にあたっての各種想定は、「第7次エネルギー基本計画」における、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各種政府施策や、国際的に認知されたパリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

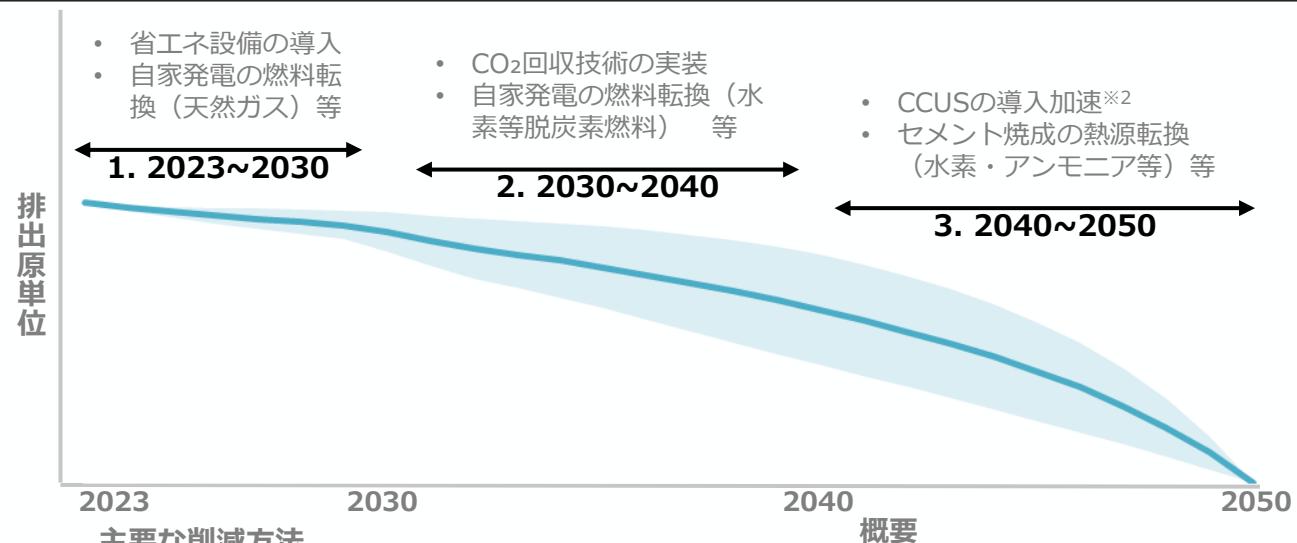
経路に大きな影響を与える主な要素

- CCUSの導入状況
- 自家発・焼成工程における燃料転換の進展
- クリンカ比率

パリ協定整合性の確認

- 削減イメージの試算結果は、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCや国際的に認知されたシナリオとの整合を検証し、パリ協定整合であることを確認している。

CO₂排出削減イメージの試算結果※1、2、3



1. 2023~2030

- 省エネ設備の導入や、バイオマス・廃棄物等への燃料転換を進める。
- CO₂回収等の技術開発、クリンカ比率の低減、廃棄物の原料利用等を進める。

2. 2030~2040

- 2020年代の取組に加え、CO₂回収等技術の実装を進める。
- 自家用電力や焼成用キルンについて、水素等の脱炭素燃料への転換を進める。

3. 2040~2050

- CO₂回収等技術の実装を加速させるとともに、自家発電・キルンの脱炭素燃料への転換を進め、脱炭素を目指す。

※1 我が国におけるセメント産業全体としての削減イメージであり、実際にはセメント各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※2 2050年カーボンニュートラルの実現には、CCUSや水素・アンモニア等の導入拡大も非常に重要。省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、その関連のインフラ、サプライチェーンを通じた連携によるCCUSやサーキュラーエコノミーなど、新たな社会システムの整備が前提。

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">セメント分野のロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ
2. セメント産業について		<ul style="list-style-type: none">セメント産業の概要（産業規模、国内製造プロセス、エネルギー消費内訳）CO₂排出の現状CO₂排出に対する対応策
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO₂排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">脱炭素電源など他分野との連携本ロードマップの今後の展開

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本技術ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを提示するものである。
- セメント分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、セメント分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、水素供給、インフラ、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右される。また、カーボンニュートラルに対応したセメント及び技術の利用拡大や、技術開発によって生まれた付加価値の回収については、ユーザーを含め社会全体での理解も得る必要があるため、他分野や関係省庁等と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、技術ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- セメントメーカー各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本技術ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせ、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本技術ロードマップの「技術」にとどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入、CCSの実施等も考えられる。

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会 セメント分野 委員名簿 (2022年3月策定時)

【座長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE)
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔 マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長

梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 執行役員サステナブル・ファイナンス評価本部長

関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授

高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授

竹ヶ原 啓介 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／副所長 兼 金融経済研究センター長

松橋 隆治 東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

【専門委員】

坂井 悦郎 東京工業大学 名誉教授

北村 晃成 一般社団法人セメント協会 生産・環境幹事会 幹事長
(太平洋セメント株式会社 執行役員 生産部長)

赤松 史光 大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 燃烧工学研究室 教授

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会 セメント分野 委員名簿 (2025年10月更新時)

【座長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE)
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔 マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長
梶原 康佑 株式会社日本格付研究所 シニア・サステナブル・ファイナンス・アナリスト 国際評価ユニット長
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介 政策研究大学院大学 教授

【専門委員】

高橋 正之 一般社団法人セメント協会 生産・環境幹事会 幹事長