

脱炭素に向けた取り組み

広島工業大学 工学部 建築工学科・教授
坂本 英輔

2023年2月15日 場所: 広島工業大学広島校舎501号室

脱炭素化の流れ

1992年に採択された**国連気候変動枠組条約**に基づき、1995年より毎年、**国連気候変動枠組条約締約国会議(COP)**が開催され、**世界での温室効果ガス排出量削減の実現に向けて議論**が行われてきた。

☞ 日本では

- ・2016年11月に発効した「**パリ協定**」において、**温室効果ガス削減目標として、2030年度までに2013年度比で26%削減**するという目標を掲げる。
- ・2020年10月:菅前総理の所信表明演説において、**温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」に挑戦し、脱炭素社会の実現を目指す**ことを宣言した。

目次

1. 脱炭素化の流れ
2. セメント・コンクリート業界での取り組み
3. ジオポリマー
4. 私の取り組み

脱炭素化の流れ

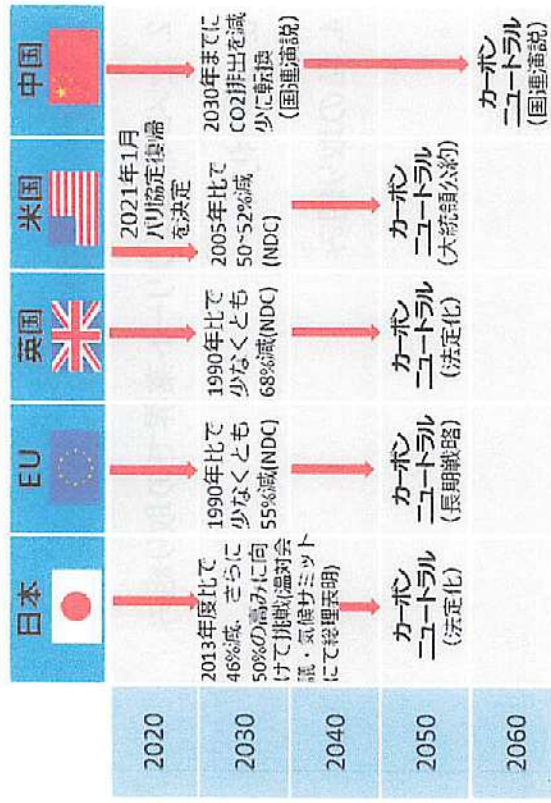
・2021年4月:2030年度の排出量を**2013年度比で46%削減**すると発表した。

■ 2030年に向けて大幅削減が必要になる



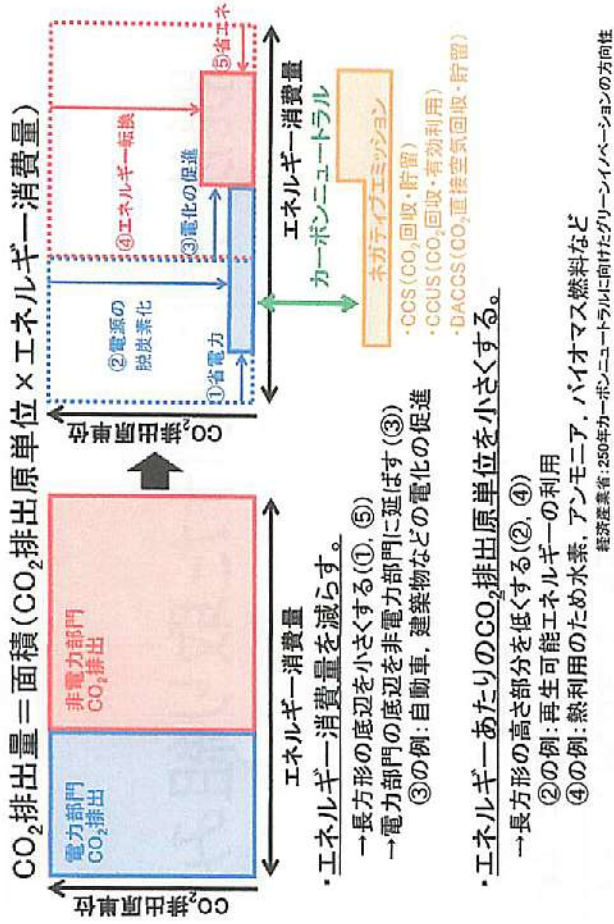
脱炭素化の流れ

4



カーボンニュートラル

5



脱炭素とカーボンニュートラル

6

脱炭素

・地球温暖化の最たる原因であるCO₂排出量をゼロに抑えること。

カーボンニュートラル

・排出されるCO₂をはじめとした温室効果ガスを削減すること。
 ・脱炭素のようにCO₂排出量ゼロにするのではなく、吸収分と相殺することによって実質的に排出量がゼロになるような取り組みのこと。

2050年カーボンニュートラルに向けた政策

7

・2021年6月:

→ 改正地球温暖化対策推進法(温対法)を交付

2050年カーボンニュートラル実現を明記

都道府県などに再エネ利用の実施目標の設定を義務付け

→ 地域脱炭素ロードマップを公表

30年度までに少なくとも100カ所の「脱炭素先行地域」を創出

→ 「グリーン成長戦略」の改訂版を公表

成長が期待される14分野(産業)の取り組みを列挙

1. 地域脱炭素ロードマップのキーマッセージ ～地方からはじまる、次の時代への移行戦略～

地域脱炭素は、地域課題を解決し、地域の魅力と質を向上させる地方創生に貢献

- ① 一人一人が主体となって、**今ある技術**で取り組める
- ② **再エネ**などの**地域資源を最大限**に活用することで実現できる
- ③ 地域の経済活性化、**地域課題の解決に貢献**できる



出典：地域脱炭素ロードマップ[概要]P.3

3-2. 脱炭素の基盤となる重点対策の全国実施

- 全国津々浦々で取り組む**脱炭素の基盤**となる**重点対策**を整理
- 国はガイドライン策定や積極的支援メカニズムにより協力

- ① 屋根置きなど**自家消費型の太陽光発電**
- ② **地域共生・地域裨益型再エネ**の立地
- ③ 公共施設など**業務ビル**等における徹底した**省エネと再エネ電気調達と更新や改修時のZEB化誘導**
- ④ **住宅・建築物の省エネ性能**等の向上
- ⑤ **ゼロカーボン・ドライブ**（再エネ電気×EV/PHEV/FCV）
- ⑥ 資源循環の高度化を通じた**循環経済への移行**
- ⑦ コンパクト・ブラス・ネットワーク等による**脱炭素型まちづくり**
- ⑧ 食料・農林水産業の**生産力向上と持続性の両立**

出典：地域脱炭素ロードマップ[概要]P.9

2. 地域脱炭素ロードマップ対策・施策の全体像

- **今後の5年**間に政策を総動員し、人材・技術・情報・資金を積極支援
 - ① 2030年度までに少なくとも**100か所**の**「脱炭素先行地域」**をつくる
 - ② 全国で、重点対策を**実行**（自家消費型太陽光、省エネ住宅、電動車など）
 - ③ 3つの**基盤的施策**（1.組織的・包括的変革、2.ライフスタイルイノベーション、3.制度改革）を実施
- モデルを全国に伝播し、**2050年**を待たずに**脱炭素達成**（**脱炭素トリン**）



出典：地域脱炭素ロードマップ[概要]P.4

(参考) 別添3 地域脱炭素の取組に対する関係省庁の主な支援ツール・枠組み

関係省庁	支援ツール・枠組み（名称）
環境省	地方公共団体実行計画（地方公共団体実行計画策定・管理等支援システム[LAPSS(ラップス)]）、再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS(リ-ポス))、環境アセスメントデータベース(EADAS(イーダス))、地域経済価値分析、環境省ローカルSDGs-地域循環共生圏づくりプラットフォーム、地域エネルギー-温暖化対策推進会議、気候変動適応情報プラットフォーム
総務省	分散型エネルギーインフラプロジェクト、ローカル10,000プロジェクト、地域創造イノベーション
内閣府	SDGs未来都市、地方創生推進交付金、地方創生テレワーク交付金、企業版ふるさと納税、地方創生人材支援制度、地方創生SDGs官民連携プラットフォーム、PPP/PEF地域イノベーション、スマートシティ官民連携プラットフォーム
農林水産省	バイオマス産地産地計画、農山漁村再エネ基本計画、畜産バイオマス地産地消対策事業、地産地消活用関係支援事業、脱炭素型フードサプライチェーン可視化（見える化）推進事業
経済産業省	ミラコplus、省エネルギー相談地域プラットフォーム構築事業、地域エネルギー-温暖化対策推進会議（再掲）、なっとく！再生可能エネルギー
国土交通省	コンパクトシティ形成支援チーム、ウオーカブル推進制度、地域公共交通確保維持改善事業、グリーンインフラ官民連携プラットフォーム、国土交通省スマートシティモデルプロジェクト、観光地域づくり法人(DMO)
文部科学省	地域の脱炭素化のための基盤的的研究開発、カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリジョン、エコスクール・プラス

出典：地域脱炭素ロードマップ[概要]P.20

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略12

1 (1) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

- 2020年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。
- 温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に入来。
→ 従来の発想を脱却し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらす、次なる大きな成長に繋がっていく。こうした「産業と環境の好循環」を促すべく産業政策 = グリーン成長戦略。
- 「発想の転換」、「変革」といった言葉を並べるのは簡単だが、実行するのは、資本の力ではできない。
→ 産業界には、これまでのビジネスモデルや戦略を根本的に変えていく必要がある企業が数多く存在。
→ 新しい時代をリードしていくキヤンパスの中、大胆な投資をし、イノベーションを起こすといった民間企業の前向きな挑戦を、全力で応援 = 政府の役割。
- 国として、可能な限り具体的な員通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業が挑戦しやすい環境を作る必要。
→ 産業政策の観点から、成長が期待される分野・産業をいいたすために、まずは、2050年カーボンニュートラルが必要とするためのエネルギー政策及びエネルギー需給の線姿を示すことが必要。
→ こうして導き出された成長が期待される産業（14分野）において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員。

出典：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」P.2

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略14

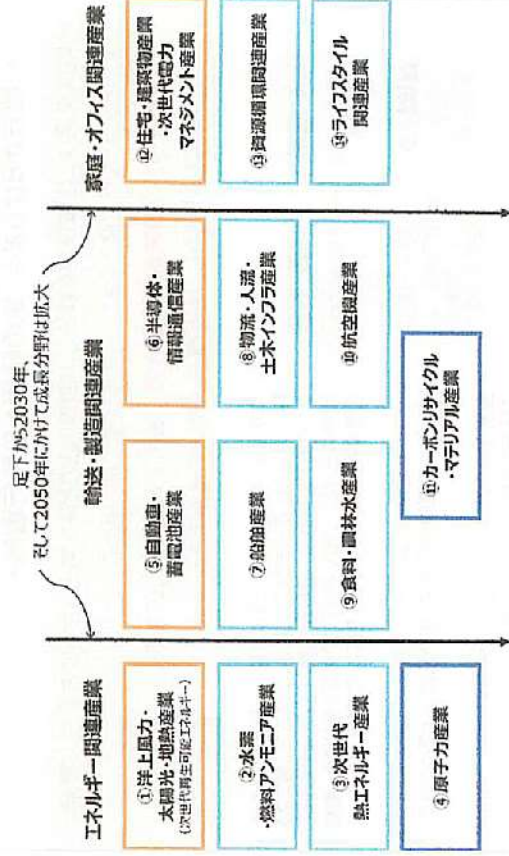
①カーボンサイクル・マテリアル産業（カーボンサイクル）

現状と課題	今後の取組
<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>	<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>
<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>	<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>
<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>	<p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p> <p>● <u>カーボンサイクル</u>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実現に重要。日本に競争力があり、コスト削減、社会実装を進め、グローバル展開を目指す。(IEAは、2070年のCCUSによるCO₂削減は世界で約60億トン/年を予測。)</p>

出典：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略P.73

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略13

5 (1) 成長が期待される14分野



出典：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」P.23

2050年カーボンニュートラルに向けた政策

・2021年7月:

- 国土交通省「グリーンチャレンジ」を公表
30年度までに取り組む6つの重点プロジェクトを列挙
- 新たな地球温暖化対策計画を閣議決定
改正対法に基づいて政府の総合計画を見直し
- 新たなエネルギー基本計画を閣議決定
30年度の電源構成で再エネの比率を19年度比で倍増

日経コンストラクション、2022年1月10日

グリーン社会の実現に向けて、分野横断・官民連携の視点から重点的に取り組むべきプロジェクトを掲げている。グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」の概要



出典：国土交通省「グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」」

インフラのライフサイクル全体でのカーボンニュートラル、循環型社会の実現 国土交通省



出典：国土交通省「グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」」

グリーンイノベーション基金事業

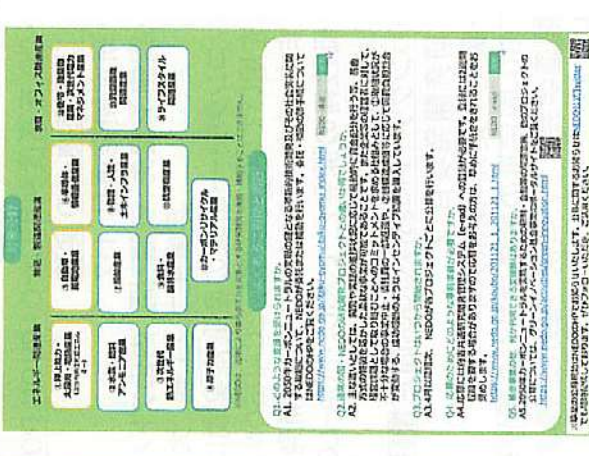
「2050年カーボンニュートラルに向けてエネルギー・産業部門の構造転換や、大胆な投資によるイノベーションといった現行の取組を大幅に加速するため、NEDOに2兆円の基金を造成し、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する基金制度。



出典：経済産業省HP



出典：国土交通省「グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」」



出典：経済産業省HP

グリーンイノベーション基金事業で、コンクリートやセメント分野のカーボンリサイクル技術の開発に着手
 ーコンクリートやセメント製造時のCO₂排出量を削減、固定量を最大化ー

2022年1月28日

NEDOは、グリーンイノベーション基金事業の一環で「CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト」(予算総額550億円)に着手します。本事業では、コンクリート製造時におけるCO₂排出量の削減・固定量の増大とコスト低減を両立する技術の開発と、セメント製造過程での効率的なCO₂分離・回収技術の確立および回収したCO₂のセメント原料化に向けた一体的な技術開発を推進し、社会実装モデルの構築を目指します。

- ・実施期間：2021年度～2030年度(予定)
- ・予算：550億円(NEDO支援規模)
- ・公募開始：2021年10月15日

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構HP

CO₂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
 - ・実施予定先：安藤・間、内山アドバンス、灰孝小野田レミコン、大阪兵庫生コン工組、大成ロテック、電力中央研究所
- コンクリート由来の産業廃棄物にCO₂を固定し、さらに新たな技術を用いてCO₂を吸収したCARBON POOL(CP)コンクリートを開発します。また、CPコンクリートの開発に必要なCO₂固定量・品質評価技術の開発と、LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムを構築します。

- ・コンクリートにおけるCO₂固定量評価の標準化に関する研究開発
 - ・研究開発項目：2
 - ・実施予定先：東京大学
- CO₂固定量の評価方法と品質管理方法を研究開発するとともに、関連学会などと連携・協力し、標準化に向けた戦略的な活動を実施します。

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構HP

(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排出削減・固定量最大化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

(採択テーマ名)

- ・革新的カーボンナガ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
 - ・研究開発項目1・2
 - ・実施予定先：鹿島建設、デンカ、竹中工務店
- コンクリート製造時におけるCO₂排出量の削減とCO₂固定量を最大化しながら、低コスト化に向けた技術開発を行います。また、関係機関などと連携・協力し、同コンクリートの品質管理と固定量の評価手法に関する技術開発を行います。

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構HP

(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回収技術の設計・実証
- 【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

(採択テーマ名)

- ・CO₂回収型セメント製造プロセスの開発
 - ・研究開発項目・実施予定先：3・太平洋セメント
 - ・研究開発項目・実施予定先：4・住友大阪セメント
- 従来のNSPキルンが持つ高い熱交換性を維持しながら、原料由来のCO₂をコンパクトな設備で直接回収するシステム(CO₂回収型仮焼炉)を開発します。また、廃コンクリートなどカルシウムを含有する廃棄物などから効率的に炭酸塩を生成する技術を確立し、それをセメント原料などとして利用する「カーボンリサイクルセメント」の技術を開発します。

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構HP

・2022年4月:

→改正温対法を施行

→再エネに関する「FIP制度」を開始

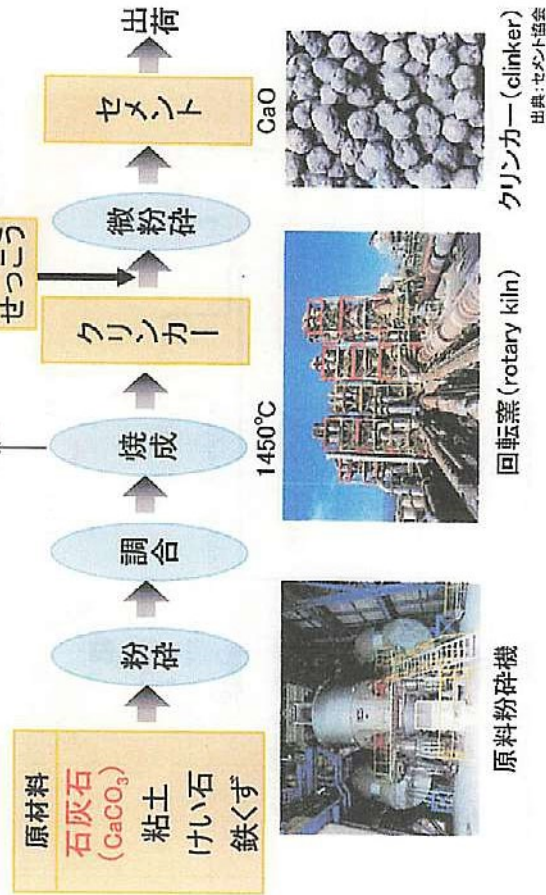
卸売市場などでの売電価格に一定額を上乗せして再エネ導入を促進

日経コンストラクション、2022年1月10日

セメント・コンクリートにおけるCO₂排出

☞製造工程

(緩結材:凝結時間を遅らせる)



セメント・コンクリートにおけるCO₂排出

コンクリートは、世界全体において、水に次いで使用量の多い物資である。

☞日本では

- ・セメントの年間生産量は1996年に1億トンをピークに減少傾向をたどり、最近では60%程度
- ・セメント1tの生産で763kg-CO₂排出
- ・セメント産業は、電力、鉄鋼についてCO₂排出量が多い(総排出量の約4%)
- ・コンクリート1m³あたりのCO₂排出量は約300kg-CO₂ (原材料でセメントが最大で約236kg-CO₂)

コンクリート工学、Vol.59, No.9, pp.730-736, 2021

セメント産業のCO₂排出量

☞セメント産業のCO₂排出量:約4%(電力、鉄鋼について第3位)



- ・工業プロセスの大部分: 石灰CaCO₃の脱炭酸
- ・産業部門の一部: セメント製造に用いる化石系エネルギーの使用

☞省エネルギー化に努めるとともに、他産業の廃棄物(廃タイヤ、石炭灰など)の受け入れ

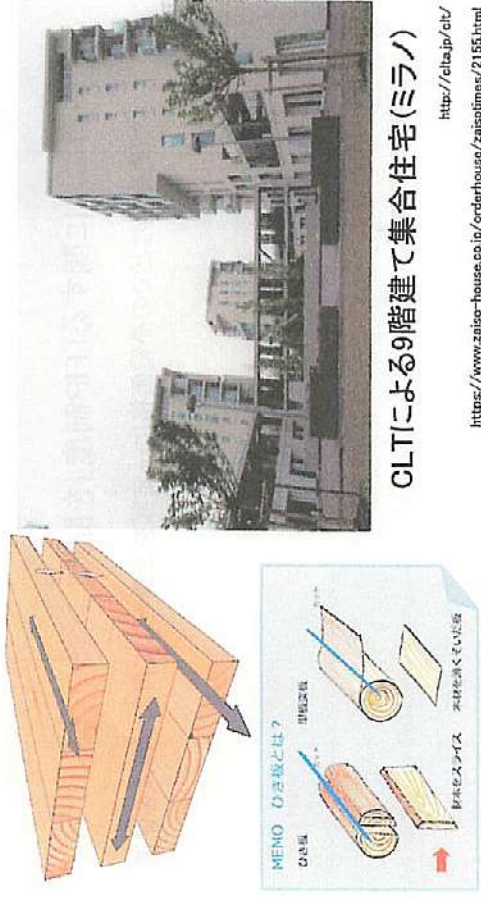
出所: 国立環境研究所温暖化効果ガスインベントリオフィス「日本の1990-2017年度の温室効果ガス排出量データ」(2019.4.16発表)
引用: 全国地球温暖化防止活動推進センター (https://www.jpccs.org/)

・2010年「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」



・2021年「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」
出典：林野庁HP

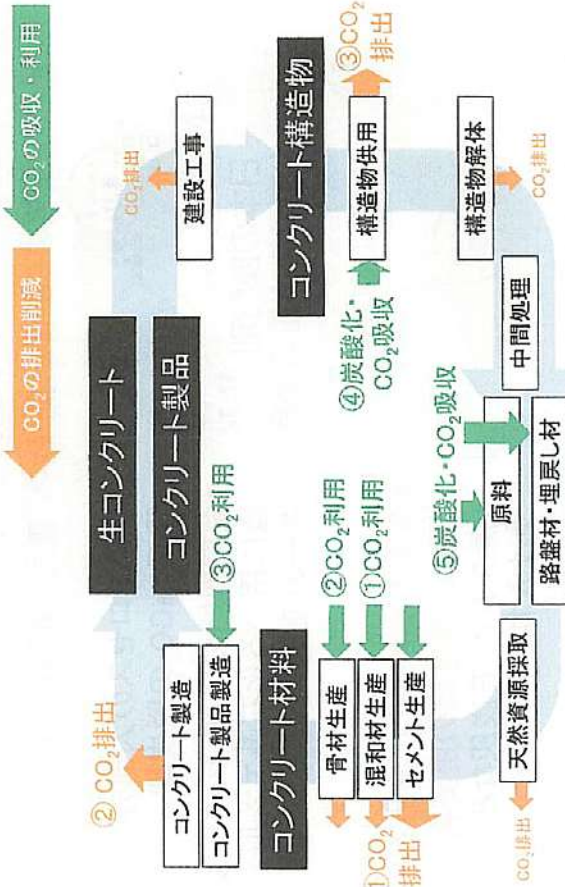
ラミナを繊維方向が互いに平行になるように接着したものを、繊維方向が直交するように積層接着し、3層以上の構造を持たせた材料



CLTによる9階建て集合住宅(ミラノ)

<https://www.zaiso-house.co.jp/orderhouse/zaisoitems/2155.html>
<http://clta.jp/clt/>

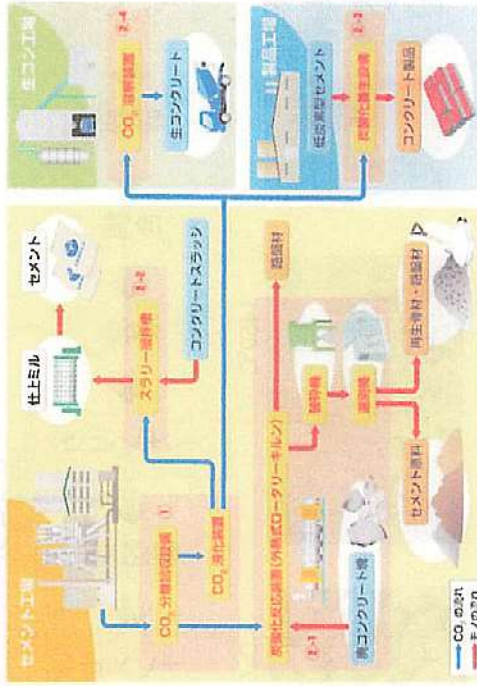
セメント・コンクリートのLCCO₂



シンポジウム「カーボンニュートラル実現に向けた分業」との対応すべき1. 材料・部材・構造分野の動向, 2022年3月18日を基に作成

①セメント製造時のCO₂排出削減

製造プロセスにおけるCO₂回収・有効利用技術 (太平洋セメント)

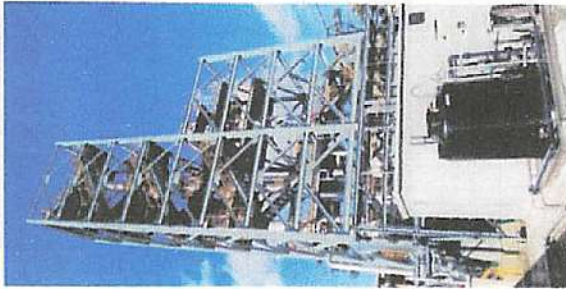


<https://gespedia.com/2022/03/11/taisei-sanso-taiseiyo-cement-co2-liquefaction/>

①セメント製造時のCO₂排出削減

32

- セメントキルン排ガスからのCO₂分離・回収(図①)

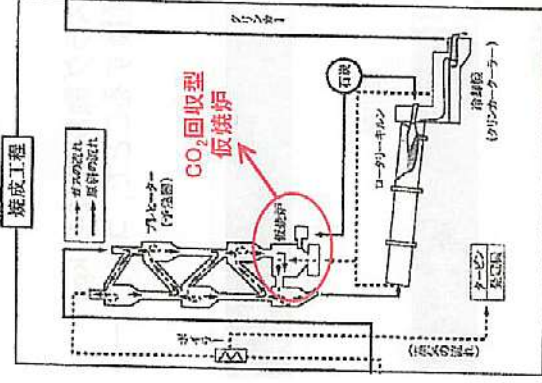


【方法1】アミン液とよばれる化学吸収剤によるCO₂吸収工程と、そのアミン液を加熱してCO₂を放出させる工程の繰り返しにより純度の高いCO₂を回収。(熊谷工場で2020～2021年度のNEDOの実証事業として実施)

<https://gaspedia.com/2022/03/11/tn-sanser-taiheyo-cement-co2-liquefaction/>

①セメント製造時のCO₂排出削減

33



セメントの製造工程
(出典:コンクリート技術の要点)

【方法2】原料由来のCO₂のほとんどは、プレヒーター内にある仮焼炉とよばれる加熱炉内で発生する。プレヒーターから効率よくCO₂を分離回収するCO₂回収型セメント製造プロセス(C2SPキルン)の開発。

①セメント製造時のCO₂排出削減

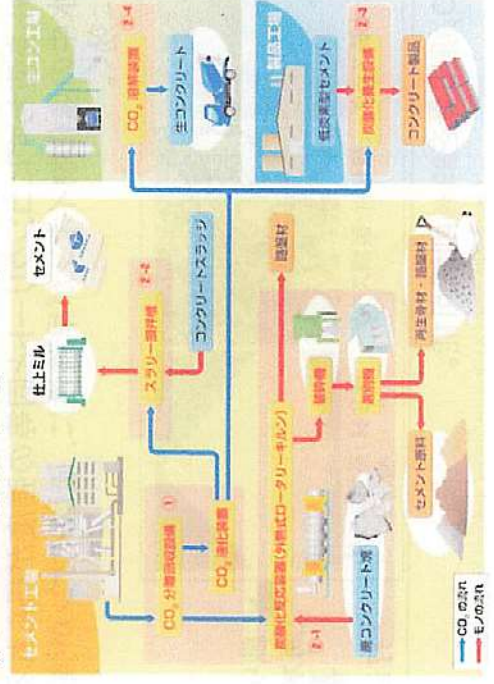
34

- 回収したCO₂を合成メタンに転換してエネルギーとして再利用(メタネーション)
- 鉱化剤の添加やケリンカ組成の間隙相の増量による焼成温度の低減
- ポルトランドセメントに添加する少量混合成分の増量

①セメント製造時のCO₂排出削減

35

- セメントキルン排ガスからのCO₂分離・回収(図①)
- CO₂有効利用技術(図②-1~4)



<https://gaspedia.com/2022/03/11/tn-sanser-taiheyo-cement-co2-liquefaction/>

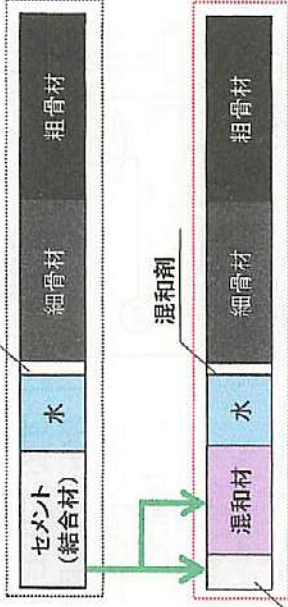
②コンクリート製造時のCO₂排出削減

36

クリーンクリート(大林組)

セメント(763kg-CO₂/t)を高炉スラグ微粉末(24.1kg-CO₂/t)などの混和材に大量置換することで、コンクリートの低炭素化を実現している。

【一般のコンクリート】



→CO₂排出量を約60~80%削減可能。

https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/079/2015_079_22.pdf

②コンクリート製造時のCO₂排出削減

38

スラグ固化体(奥村組土木興業・スペースK)

産業副産物である鉄鋼スラグを骨材や結合材に用い、セメントを使わずにコンクリートと同等の強度が得られる。
 ・海水中の塩化物イオンが早強性に、硫酸イオンが強度増進に効く。



→CO₂排出量を99%削減可能。

http://www.fe-mineral.co.jp/business/iron_and_steel/blast_furnace_slag_fine_aggregate.html

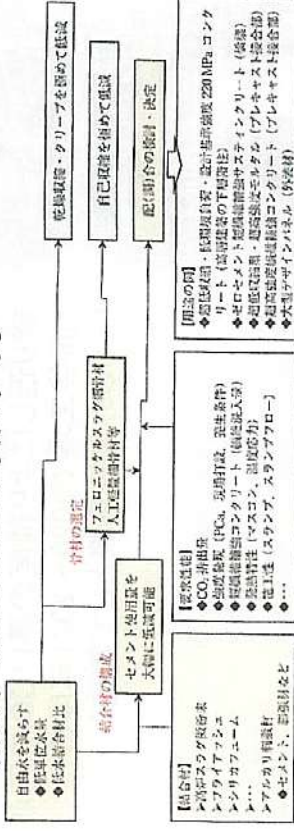
<https://www.slg.jp/slag/product/kotuzab.html>

②コンクリート製造時のCO₂排出削減

37

サステインクリート(三井住友建設)

セメントを使わない高強度かつ超低収縮・低発熱なコンクリート。
 ・膨張材によるカルシウムイオンの供給とアルカリ刺激とで副産物(高炉スラグ微粉末, シリカフェューム, フライアッシュ)が反応することによって硬化する。



→STC-ZEROはCO₂排出量を約70%削減可能。

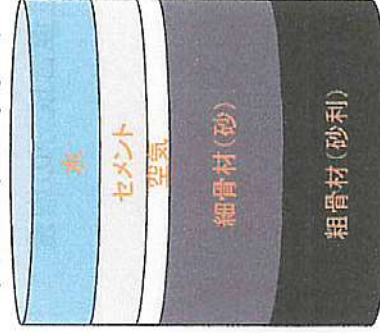
コンクリート工学, Vol.59, No.9, pp.788-793, 2021

②コンクリート製造時のCO₂排出削減

39

ジオポリマーコンクリート

セメントの代わりに**活性ファイラー**、水の代わりに**アルカリ溶液**を混ぜて作るコンクリート。
 ・圧縮強度は、セメントコンクリートと同レベルまで発現が可能(セメント)コンクリート
 ジオポリマーコンクリート



- ・産業副産物の有効利用が図れる。
- ・固化成分にCaが少いため、酸に対する抵抗性が高い。
- ・アルカリシリカ反応が発生しにくい。

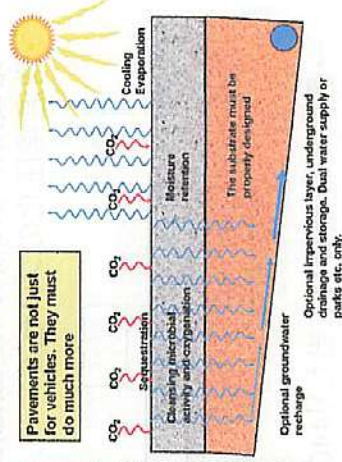
→セメントに比べ、CO₂を約70%削減できる。



<https://www.rci.or.jp/rd/division/rd49/r490/r490-rd01-0014.html>

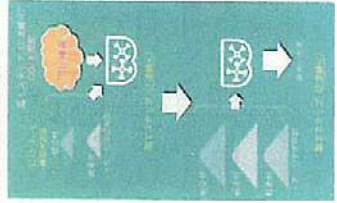
Permeconcrete

- ・連続空隙を持った雷おこしのような形態をしたコンクリートであり、必要に応じて地下排水を設け、通常は貯水池に水を貯めることができる舗装(ヒートアイランド現象抑制)。
- ・大規模な炭酸塩岩の吸収源となる。



カーボンリサイクルコンクリート(大成建設)

- ・CO₂を回収して製造される炭酸カルシウム(CCU製品: Carbon dioxide Capture and Utilization)と高炉スラグ主体とした結合材を用いて製造
- ・CO₂をガスとして取り込まないので強アルカリ性を維持



コンクリート製造時のCO₂排出量の収支

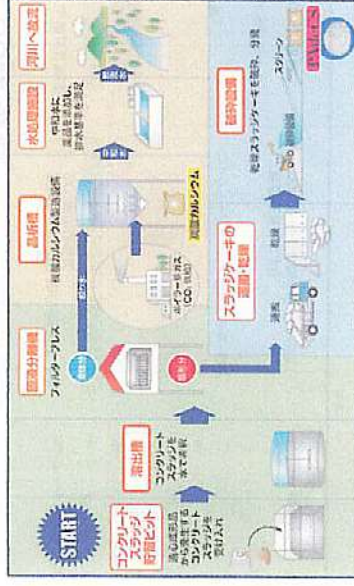
→コンクリート1m³当たりのCO₂固定量は70~170kg-CO₂(カーボンネガティブ可能)

T-Carbon Mixing (CO₂固定量10kg/m³)

<https://www.taisei.co.jp/t-econcrete/>

エコタンカル(日本コンクリート工業)

- ・コンクリート二次製品工場内で発生するスラッジから固液分離した高アルカリ廃水にボイラー排ガス中のCO₂を反応させることにより、軽質炭酸カルシウムを製造



→軽質炭酸カルシウムのCO₂固定量は440kg-CO₂/t

出典: エコタンカル リーフレット

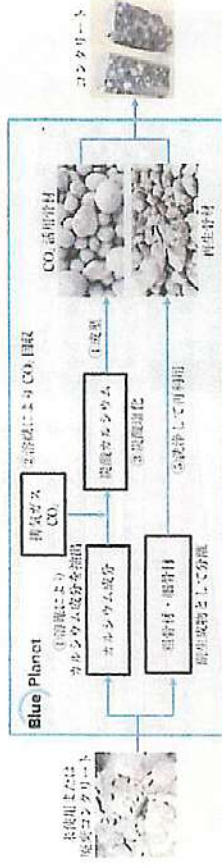
②骨材製造時のCO₂利用

44

カーボンリサイクル技術におけるMineralization:カルシウムとCO₂を反応させて炭酸カルシウムを生成

Blue Planet Systems Corporation (アメリカ)

- ・炭酸カルシウムを軽量骨材としてサイズと強度を制御可能
- ・発電所からの排ガスを最低限の処理で使用可能
- ・常温常圧化のプロセス



→最大で軽量骨材1t当たり440kgのCO₂を吸収

コンクリート工学, Vol.59, No.9, pp.788-793, 2021

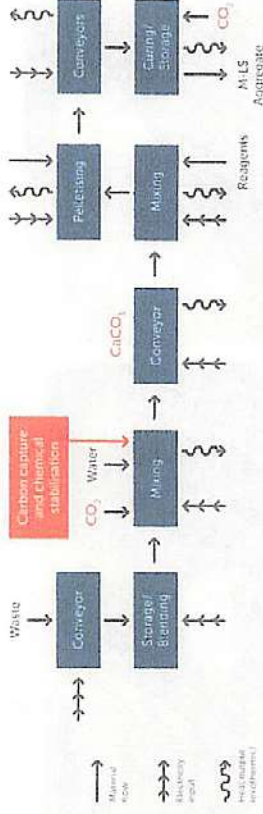
<https://eco.co.uk>

②骨材製造時のCO₂利用

45

O.C.O. Technology (イギリス)

- ・焼却灰, 石炭灰, スラッグなどの中のカルシウムとCO₂を反応させて炭酸カルシウムを含む骨材を製造
- ・英国内に3工場を保有し, 年間20万t以上の骨材を製造中



③コンクリート製造時のCO₂利用

46

CO₂-SUICOM (鹿島建設, デンカ, ランデス, 中国電力)

- ・セメントの半分を以上を高炉スラッグなどに置換し, 消石灰を原料としたCO₂と反応して硬化する特殊混和材「ア-C₂S」でCO₂を吸収



CO₂排出量がゼロ以下 = コンクリート中に吸収したCO₂量 > コンクリートを製造した際に排出されたCO₂量

<https://www.landis.co.jp/product/113>

③コンクリート製造時のCO₂利用

47

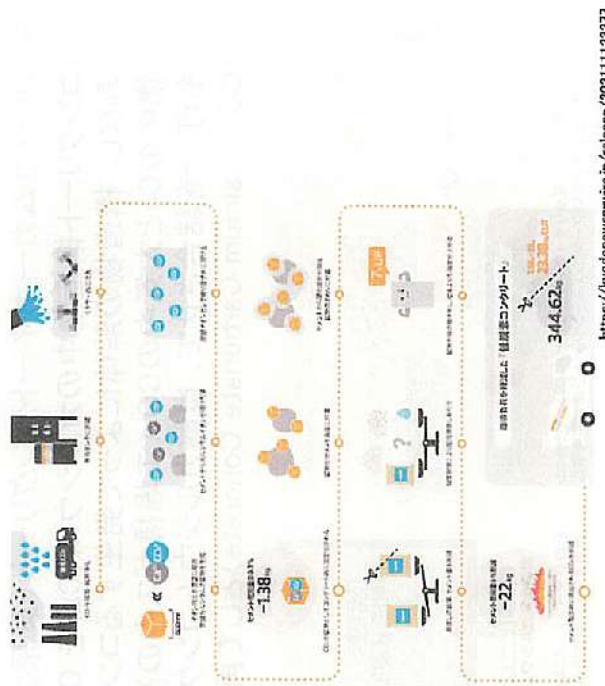
カーボンキュア社の技術 (カーボンキュア・テクノロジーズ)

カーボンキュア・テクノロジーズは, 2007年にRob Niven (ロブ・ニーブン)らが設立したカナダのブリティッシュコロンビア州に本部を置く環境テクノロジ企業 (三菱商事が同社に投資)。



<https://www.atpress.ne.jp/news/250082>

③コンクリート製造時のCO₂利用



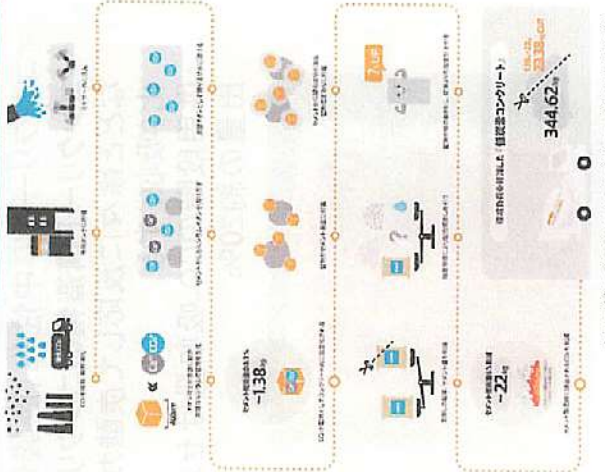
③コンクリート製造時のCO₂利用



プラントでセメント、骨材、水などが計量され、ミキサーに投入された直後、ミキサー内部に直接注入されたCO₂は空気に触れた瞬間に「CO₂スノー」と呼ばれる粒子となって水に溶け込んで炭酸水となる。

CO₂と水酸化カルシウムと結合して、400nmの炭酸カルシウム結晶を形成し、この注入したCO₂の「鉱物化」により、硬化後のコンクリートの圧縮強度が増加する。

③コンクリート製造時のCO₂利用



CO₂サプライヤーは、化学工場などから採取したCO₂を純粋液体化し、ローリー車で生コンプラントに設置された専用タンクまで配送する。

カーボンキュア社は、専用タンクからCO₂を取り込んで最適な添加量をプラントのミキサー内部に直接注入する装置をプラントに供与する。

セメント使用量を戦略的に減らしても要求される強度を満たす。

コンクリート1m³あたりのCO₂削減効果：約18kg
 ① CO₂の注入による効果→1m³あたり290g
 ②セメント使用量削減による効果

CC社技術におけるコンクリート1m³あたりのCO₂フットプリント

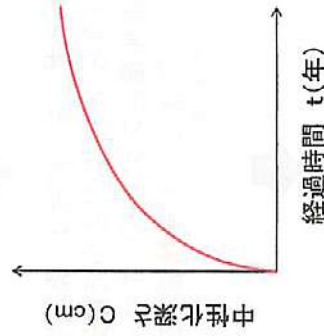
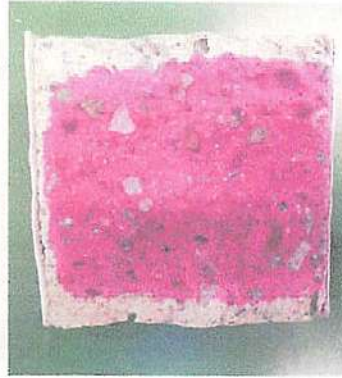
Factor	g CO ₂ /m ³ concrete
Emissions - CO ₂ from gas processing	49.4
Emissions - CO ₂ from gas transport	6.1
Emissions - CO ₂ from equipment production	0.1
Emissions - CO ₂ from equipment transport	0.0
Emissions - CO ₂ from equipment operation	9.2
Emissions - Avoided CO ₂ from materials transport	-123.6
CO2AB : CO ₂ absorbed	-289.1
CO2AV : Avoided CO ₂ emissions from cement	-17584.8
Total CO ₂ avoided and absorbed	-17997.4
CO2EM : Total CO ₂ produced	64.7
Net CO ₂ reduction	-17932.7

④ 構造物供用時のCO₂吸収

52

☞ コンクリートの中性化(炭酸化)

- ・コンクリート構造物のコンクリートは大気中の二酸化炭素などと徐々に反応して炭酸カルシウム(CaCO₃)として固定化(吸収)する。
- ・供用段階のCO₂吸収量はセメントの脱炭酸由来のCO₂排出量の約20%

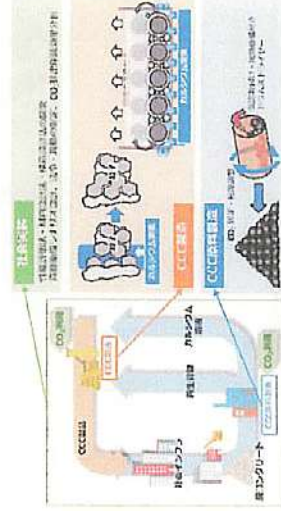


⑤ コンクリートリサイクル時のCO₂利用

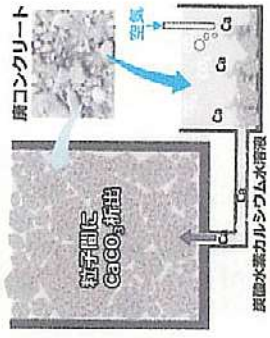
53

☞ カルシウムカーボネートコンクリート(東京大学)

- ・コンクリート構造物中のカルシウム(Ca)をCO₂吸収源とみなし、構造物の解体によって発生するコンクリート廃棄物中のCaと大気中のCO₂(工場排ガス中の高濃度CO₂でも可)とを結合させて、炭酸カルシウムコンクリート(CCC: Calcium Carbonate Concrete)として再生する技術



※最初! CO₂を原料とする完全リサイクル可能なカーボネートコンクリートの基礎的製造技術を開発 - NEDO ムーンショット型研究開発事業 (CS 研究開発プロジェクト)



野口直文、「カルシウムカーボネートコンクリート(CCC)」が創設する資源循環の将来像。建設マテリアル技術。pp.64-66, 2022.2

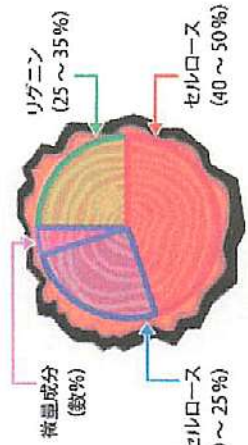
カーボンオフセット

54

企業活動や商品製造時により排出してしまう温室効果ガスのうち、どうしても削減できない量の全部または一部を、ほかの場所での排出削減・吸収量で埋め合わせする方法。

☞ リグニンコンクリート(大林組・日本製紙・フローリック)

製紙工場では木材チップを溶かし、パルプに加える過程で「リグニン」という物質が出る。樹木の重さの3割近くを占めており、燃やすとCO₂が発生する。



カーボンオフセット

55

リグニンをコンクリートに添加することで、燃料として使用したり廃棄後に腐朽したりして、大気に戻ってしまうCO₂を長期間にわたり固定化できる。



- ・コンクリート製造時: 約270kg-CO₂/m³排出
- ・リグニンコンクリート製造時: 約30kg-CO₂/m³排出
 - リグニンは1kg当たり約2.4kgのCO₂を吸収
 - 1m³のコンクリートに100kgのリグニンを添加することで、約240kg/m³のCO₂を固定化