

脱炭素社会に求められる低炭素型コンクリートの普及に向けて

産業調査部 菊地 優人、地域調査部 鎌田 知啓

要旨

- 低炭素型コンクリートとは、原料代替やCO₂の吸着・固定化によって製造プロセスにおけるCO₂排出量を削減したコンクリートであり、建設資材の脱炭素化に向けた打ち手の一つとして、開発および一部導入が進んでいる。
- しかし、低炭素型コンクリートは、コンクリートとしての性能の向上やCO₂吸着・固定化プロセスに関する技術面、高価な混和材料や設備投資によるコスト面、削減効果の算定方法に関わる基準面などに課題が存在する。
- このうち、製品コストの削減に向けては、国をはじめとした官公庁の後押しが不可欠である。国によるモデル工事が一部行われているが、今後は公共土木工事へのさらなる導入による需要創出を通じた、大量生産への下支えが必要である。
- その上で、民間工事への普及に向けては、支援・制度設計を検討する必要もあろう。供給体制構築に向けた設備投資補助や、建築主の社会的認知度向上に資する制度設計および設計・施工費の一部補助といった導入促進支援に加え、規制の見直しが打ち手として考えられる。

カーボンニュートラル(以下、CN)の潮流が加速する中で、建築・土木分野における脱炭素化の手段として「低炭素型コンクリート」に関する取り組みへの関心が高まっている。これまでは、建築物の利用時におけるエネルギー消費量低減を図るアプローチが先行してきたが、CNの達成に向けては、コンクリートなどの資材までを含めた脱炭素化が必須となる。本稿では、コンクリートおよびその主原料であるセメントに関する基礎的情報を整理した上で、セメント会社やゼネコンにおける低炭素型コンクリートの開発状況と課題、その解決に向けた方向性について述べる。

1.コンクリート・セメントの概要

コンクリートは、道路や水道などのインフラやビルなどの建築物に使用される建設資材であり、セメントに水、砂や砂利などの骨材を練り混ぜることで製造される(図表1-1)。材料の配合割合によって、強度や、硬化前の状態である生コンクリート(以下、生コン)の流動性などが変化する。また、用途によっては、耐海水性や化学抵抗性などの特性を増すための混和材料が混入される。

コンクリートの主原料であるセメントは、材料の配合によって、ポルトランドセメント、混合セメント、エ

図表1-1 コンクリートの構成

セメント	水	骨材	
		砂	砂利

※おおよその質量比で表示。他に、混和材料や空気が混入される。

ポルトランドセメント・・・クリンカ(石灰石、粘土、珪石、酸化鉄原料などを焼成したもの)＋石膏
 混合セメント・・・クリンカ＋石膏＋混合材料(高炉スラグ、フライアッシュ、シリカ)
 エコセメント・・・石灰石、粘土、珪石の代替として、都市ごみ焼却灰や汚泥などを原料とする
 特殊セメント・・・その他、特殊な用途に改良したセメント

コセメント、特殊セメントの4種に大別される。このうちポルトランドセメントは、最も汎用性が高く、幅広く建築・土木工事に使用できることから、国内で使用するセメントの約7割を占める。また、混合セメントは耐海水性などに優れることからダムや港湾などの土木工事に導入されることが多く、エコセメントはポルトランドセメントと性質が類似しており、工場で事前に製造を行うプレキャストコンクリートなどに使用される。特殊セメントは構造物の表面仕上げや緊急工事などに使用される。

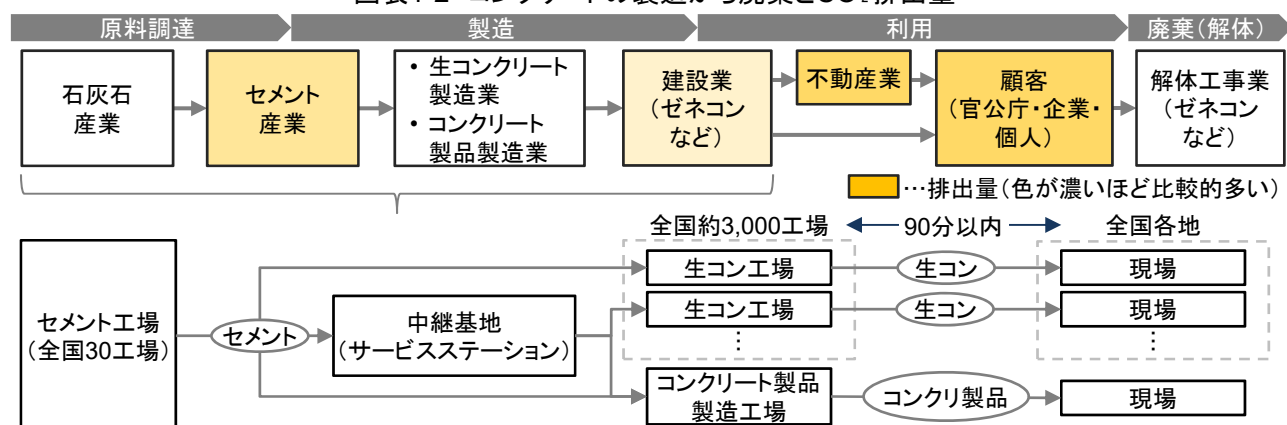
コンクリートは、セメントの原料となる石灰石の調達から製造、利用、廃棄までが国内で完結することが特徴である(図表1-2)。生コンについてはJIS規格(日本産業規格)でコンクリートの練り混ぜ開始から現場到着までの時間を90分以内と規定されているため、現場に近い各工場から供給されている。コンクリートの出荷量は、足元では人口減少などを背景として長期的な減少基調にあるものの、他資材による代替が難しく、今後も老朽化したインフラの建築補修やリニア中央新幹線の建設工事などに向けて一定の需要が見込まれる。

2.低炭素型コンクリートの開発状況

重要資材であるコンクリートだが、製造プロセスにおけるCO₂排出量が多い点が課題であり、CNの潮流が加速する中で、脱炭素化に向けた開発が進められている。コンクリート製造におけるCO₂排出量は、セメント製造時の発生分が大半を占め、排出源はエネルギー由来と非エネルギー由来に分けられる(図表2-1)。エネルギー由来とは石灰石からクリンカを焼成するための熱源として化石燃料を燃焼させた際のCO₂排出であり、非エネルギー由来とはセメントの主原料である石灰石を焼成する際のCO₂の脱離(脱炭酸反応)に伴う排出である。これらを削減するアプローチとして、バイオマスや水素への燃料代替などによってエネルギー由来分を削減する手法と、原料代替やCO₂の吸着・固定化によってエネルギー由来および非エネルギー由来分を削減する手法である「低炭素型コンクリート」が挙げられる(図表2-2)。

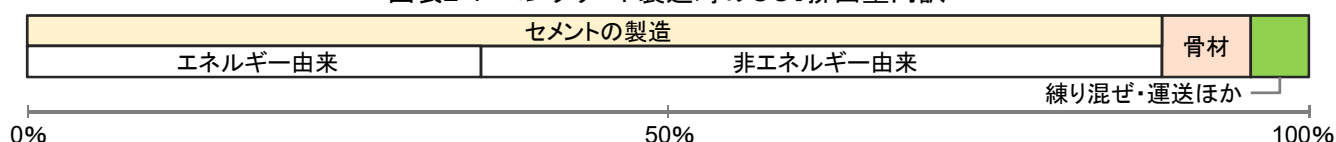
本稿においては、低炭素型コンクリートを、①クリンカの使用量を削減したセメントから製造するもの、②セメントの使用量を削減して製造するもの、③コンクリート製造プロセスなどにおいてCO₂の吸着・固定化を行うもの、の3種に分類する(図表2-3)。

図表1-2 コンクリートの製造から廃棄とCO₂排出量



(備考)一般社団法人セメント協会HPにより日本政策投資銀行作成

図表2-1 コンクリート製造時のCO₂排出量内訳



(備考) 1. 経済産業省「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により日本政策投資銀行作成
2. 化学混和剤は少ないため、図示せず

各手法についてセメント会社やゼネコンが取り組みを加速させており、CO₂削減量や開発状況については次の通りである。

①はセメント原料であるクリンカを高炉スラグやフライアッシュなどの産業廃棄物に一部代替することで、CO₂排出量を削減する手法であり、一般的なポルトランドセメントを使用する場合に比べ約20～40%のCO₂削減効果が得られる。資源循環型社会の構築に資する取り組みとして早くから進められてきたことから、②・③に比べ技術的に成熟しており、製品コストもポルトランドセメントと大差がなく、工事にも一定量導入されている。代替物を増やすとセメントの性能が低下することから、今後に向けては、性能を維持しつつCO₂削減量を増やすかが技術面の課題である。

②はセメントの代替として高炉スラグなどの産業廃棄物と特殊な混和材料を使用することで、CO₂排出量を削減する手法であり、製品によっては従来のコンクリートに比べ最大約90%のCO₂削減効

果が期待できる。ただし、高い削減効果が期待できる製品ほど、使用用途に制約が多いなど技術的な課題も多く、全体として限定的な導入にとどまっている。また、一部製品では高価な混和材料の使用や追加的な設備投資などに起因するコストの高さも課題となる場合がある。

③は先述した①・②に加え、CO₂を吸着・固定化させる手法である。具体的には、コンクリート自体の製造プロセスや火力発電所などで発生したCO₂を直接コンクリートに吸着させる製品、CO₂から製造した炭酸カルシウムやCO₂を吸収した木材由来原料を混和材料として用いる製品などがある。この手法は、排出量よりも吸収量が多くなるカーボンネガティブの実現も可能となる。一部製品は、プレキャストコンクリートとして部分的な導入がされている。ただし、コンクリートとしての性能の向上や吸着・固定化プロセスに関する技術面、混和材料や設備投資によるコスト面の両方において、①・②と比較して課題は大きい。

図表2-2 低炭素型コンクリートのCO₂排出削減寄与

排出削減手法	エネルギー由来		非エネルギー由来	
	省エネ・高効率化		原料代替	
	燃料代替			
	CCUS CO ₂ の吸着・固定化(コンクリート製造プロセス以外から回収したCO ₂ を使用する場合あり)			

低炭素型
コンクリート

※原料代替は燃料使用量削減につながることから、エネルギー由来分の削減にも寄与する。
(備考)経済産業省「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により日本政策投資銀行作成

図表2-3 製造手法ごとのステータス

		①クリンカの使用量削減	②セメントの使用量削減	③CO ₂ の吸着・固定化
CO ₂ 排出削減量		約20%～40%	約8.2%～90%	約60%～マイナス
フェーズ		実用化	部分的導入～実用化	開発段階～部分的導入
普及への課題	技術	成熟		課題が多い
	製品コスト	並		高
	高価な原料	不要		必要
	追加設備投資	小さい		大きい
	CO ₂ 削減量算定方法	統一されている		製品ごとに異なる
製品例		混合セメントから製造されるコンクリート	・エコクリートR ³ ・アルカリ活性材料コンクリート	・CO ₂ -SUICOM ・T-eConcrete
		③		
セメント		骨材		
クリンカ	石膏	水	砂	砂利
①		混合材料		

(備考)鹿島建設株式会社、JFEスチール株式会社、大成建設株式会社プレスリリースにより日本政策投資銀行作成

また、①・②と違い、製品ごとにCO₂削減量の算定方法が異なるため製品同士の厳密な環境性能の比較ができない点も課題としてあげられる。

今後、長期的にはより高い排出削減効果が得られる③の普及が期待されるものの、当面は、技術確立が一定程度なされている①・②の導入を進め、段階的に脱炭素化を進めていく必要がある。

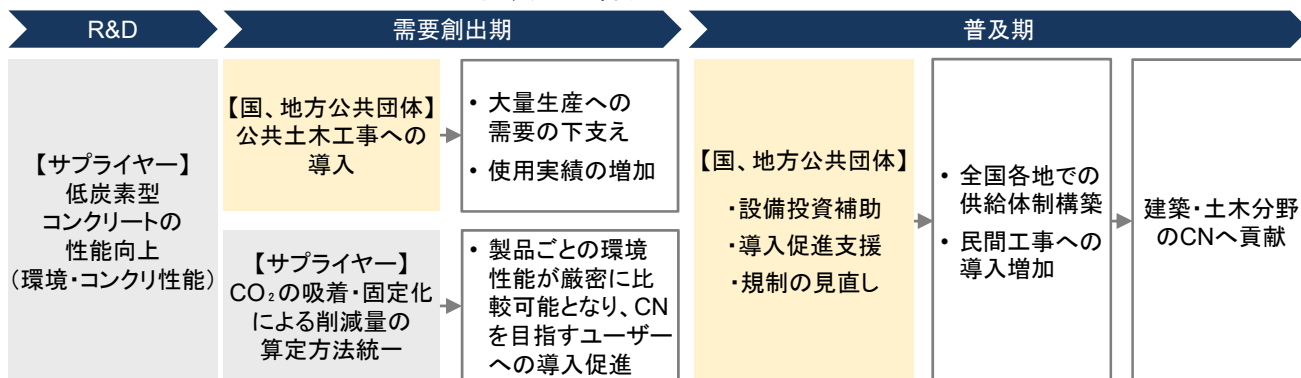
3.課題解決に向けた打ち手

低炭素型コンクリートの課題のうち、技術開発については国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の補助金活用や大学との共同研究を通じて進められる見込みであり、CO₂削減量の算定方法については一部サプライヤー内で2025年度までに統一を図る動きがある。一方で、高価な混和材料の使用量削減や追加的な設備投資の抑制には限界があることから、製品コストの削減に向けては、国をはじめとした官公庁の後押しが不可欠である。足元では、一般的なコンクリートと

比較し製品価格が約3倍の割高な製品もあることから、普及初期においては、公共土木工事への積極的な導入を通じた需要創出による、大量生産への下支えが必要である(図表3-1)。

土木分野は建築基準法などが定められる建築分野と比較して制約が少ないため、幅広い製品の導入を行い易い上、インフラは全国各地に整備されていることから相応の需要量が確保できる。足元では、国土交通省が製造時のセメント置換率を55%以上とする条件のもと、護岸ブロックや連節ブロック、歩車道境界ブロックへ低炭素型コンクリートを導入するモデル工事を発注している。2022年度については全国で5件の発注にとどまるが、今後発注数を増やしていく方向である。今後10年で、耐用年数の目安とされる50年を迎えるインフラも大幅に増加することから、これらの維持・更新も含め導入可能な箇所には積極的な低炭素型コンクリートの採用を進めていくべきだろう(図表3-2)。

図表3-1 普及までのイメージ



(備考)日本政策投資銀行作成

図表3-2 建設後50年以上経過する社会資本の割合(令和2年度算出) ※1

	2030年3月時点	2040年3月時点
道路橋(約73万橋、橋長2m以上)	約55%	約75%
トンネル(約1万1千本)	約36%	約53%
河川管理施設(約4万6千施設) ※2	約23%	約38%
下水道管渠(総延長:約48万km)	約16%	約35%
港湾施設(約6万1千施設) ※3	約43%	約66%

※1 建設後50年以上経過する施設の割合については建設年度不明の施設数を除いて算出

※2 ・国:堰、床止め、閘門、水門、揚水機場、排水機場、樋門・樋管、陸閘、管理橋、浄化施設、その他(立坑、遊水池)、ダム。独立行政法人水資源機構法に規定する特定施設を含む

・都道府県・政令市:堰(ゲート有り)、閘門、水門、樋門・樋管、陸閘などゲートを有する施設および揚水機場、排水機場、ダム

※3 水域施設、外郭施設、係留施設、臨港交通施設など一部事務組合、港務局を含む

(備考)国土交通省「インフラメンテナンス情報」により日本政策投資銀行作成

4.一層の普及に向けて検討すべき打ち手

国・地方公共団体においては、土木工事における発注によって初期的な需要創出を図ることに加え、一層の普及に向けて、さらなる支援・制度設計を検討する必要がある。具体的には、供給体制構築に向けた設備投資補助に加えて、民間工事への導入促進支援や規制の見直しが考えられる。

導入促進支援の取り組みとしては、木材の例が参考になる(図表4-1)。林野庁では、2021年に木材の導入拡大を企図した「建築物木材利用促進協定」制度を策定した。当協定は、建築主である事業者が木材利用拡大の構想やその達成に向けた取り組み内容について、国・地方公共団体と協定を結ぶことで、社会的認知度の向上などが期待できるものである。また、一部地方公共団体では、木材を一定以上使用中・大規模の民間建築物の設計および工事に係る経費の一部補助を実施している。低炭素型コンクリートについても同様の取り組み

みを実施することで、導入促進が期待できるだろう。

また、規制の見直しも必要となる(図表4-2)。前述した②・③のうち、セメントを全く使用しない製品は、建築基準法第37条の「指定建築材料」に該当しないため、建築物に使用する場合、個別の建築物ごとに審査を受けるなどの例外的な対応が必要となる。こうした手続きには多大な時間と手間を要することから、今後は、規制を見直し、セメント不使用の製品についても、一定の性能を満たすものについては、従来のコンクリートと同様の扱いを可能にすることが、普及加速に向けては有効であろう。

低炭素型コンクリートは、技術・コスト・基準など依然として課題は多いものの、CN実現に資する重要な製品である。諸外国でも関心は高まっており、世界の大手セメントメーカーやスタートアップ企業なども開発を進めている。世界の潮流とともに、国・地方公共団体・事業者が取り組みをさらに加速させ、今後一層普及することが期待される。

注:執筆者の部署名は執筆時のもの

図表4-1 木材導入促進に向けた支援・制度設計

木材の導入促進
【建築物木材利用促進協定】 ➤ 協定を締結した事業者は、国や地方公共団体による取り組みの公開を通じた社会的認知度向上などが期待できる 【中・大規模建築物への木造木質化支援】 ➤ 一定以上の木材を利用する建築物の設計・施工に係る経費の一部補助

(備考)林野庁、東京都HPにより日本政策投資銀行作成

図表4-2 規制の見直しを通じた手続きの簡素化

現状	規制の見直し後
➤ セメントを全く使用しないコンクリートは「指定建築材料」に該当しないため、使用時に個別の建築物ごとに審査などを受ける必要があり、多大な時間と手間がかかる	➤ 「指定建築材料」として認定することで、手続きが大幅に簡素化され、従来のコンクリートと同様にさまざまな建築物に使用できる

(備考)一般社団法人日本経済団体連合会により日本政策投資銀行作成

©Development Bank of Japan Inc.2023

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引などを勧誘するものではありません。
本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要です。当行までご連絡下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所：日本政策投資銀行』と明記して下さい。

お問い合わせ先 株式会社日本政策投資銀行 産業調査部

Tel: 03-3244-1840

e-mail(産業調査部): report@dbj.jp