

CN化に急ぐコンクリート工事の最近の動向

(一財) 建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

カーボンニュートラルに向けた建築分野における取組みは、本誌115号特集で行政・民間（設計・施工）の活動を、新技術調査レポートで「木造・木質化のいま、これから」を報告した。

今回は、日本のCO₂排出量の19%を占める建設工事（資材生産、加工、運送、工事）全体のうち、その30%以上がセメント、コンクリートの製造時に排出されている¹というコンクリート関連をテーマに、低炭素コンクリートの開発、設計への導入、コンクリート工事の現場管理について、ここ1年余りのニュースリリース等を用いて、最近の動向と今後の動きについて報告する。

2 関係団体等のCN化への取組み

1) 日本建築学会「建築工事標準仕様書JASS5 鉄筋コンクリート工事」²の改定

コンクリートは、建築物や土木構造物の躯体及び部材に必要とされる物性、構造安全性、耐久性、耐火性、使用性、環境性、位置・断面寸法の精度及び仕上がり状態など、時代の要請に呼応してJASS5にその標準仕様定められている。

設計図書に引用され、目標性能の参考にされるJASS5は、カーボンニュートラル社会への対応を踏まえ、環境性能は更に資源循環等級（再生材料の使用に応じて4水準）、低炭素等級（CO₂削

減率により4水準）、環境安全性により評価され、2022年版の改定に向けて2020年10月にパブコメを実施した。

2) 日本建築学会「建物のLCA指針 温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール」³の活用

ライフサイクルでの環境負荷を定量的に評価するLCA（Life Cycle Assessment）が国際規格となり、日本建築学会により1999年11月に指針（案）が出版され、2003年2月、2006年11月、2013年2月に改訂版が発行されている。そして、その「まえがき」には、「本指針をひとつの参考例として、利用者が自らの適用目的に合致した改良を加えたLCA手法を作成し、建築分野における地球温暖化防止対策、さらに広く環境負荷削減対策の一助になれば幸いです。（2006年11月LCA指針小委員会 主査）」と記されている。

現在も、指針の改定、LCAデータベース構築が検討されている。

3) 日本建設業連合会の取組み

日本建設業連合会の「建設業の環境自主行動計画」見直しの経緯に建設業の取組みを見る。1996年11月初版策定以来、第2版（1998年10月）で建設工事段階で発生するCO₂削減を、1999年4月増補版でCO₂以外の温室効果ガスの排出抑制を、2010年4月で地球温暖化対策、建設副産物等に関する目標の見直し（第4版改訂版）を、2013年4月で第5版「環境経営」をベースに「低炭素社会」「循環型社会」「自然共生社会」の三つのフ

1 CMCコンクリートメディカルセンター：
「カーボンニュートラル（脱炭素）とコンクリート」
https://concrete-mc.jp/carbon_neutral-concrete/

2 日本建築学会—学術推進委員会—材料施工委員会—鉄筋コンクリート工事運営委員会—JASS5改定小委員会

3 日本建築学会—学術推進委員会—地球環境委員会—LCA小委員会

レームに、2021年4月脱炭素社会・循環経済への円滑な転換に向けた新たな目標の見直しを行い、「自主行動計画第7版」を策定している。

その間、2016年4月に「低炭素型コンクリートの普及促進に向けて一低炭素社会・循環型社会の構築への貢献一」を発刊し、具体的な行動を促してきている。

また、2022年6月、2022年度のCNに向けた実施・検討メニューとして、「建築物・土木構造物全般での施工時CO₂排出量の標準算定方法の整備」を掲げている。



4) グリーンイノベーション基金事業（経済産業省）

2050年カーボンニュートラル目標に向けて、2兆円の「グリーンイノベーション基金」が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）に造成され、産業政策であるグリーン成長戦略重点分野のうち、長期間の取り組みが必要な領域で、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援していくテーマの一つに、コンクリート分野が選定されている。

3 コンクリート工事に関する最近の動き

最近の建設関連企業等のニュースリリースから、1) 低炭素コンクリート等の開発、2) 設計への導入（設計仕様検討）、3) 施工段階の現場における工事管理についての動きを追う。

以下、枠内の見出し（社名、日付）説明は当該各社ホームページのニュースリリースからの抽出である。なお、社名は敬称略とした。

1) 低炭素コンクリート等の開発

環境配慮をテーマとしたコンクリート開発が脱炭素で急加速し、『日経アーキテクチュア』誌の2021.4.22号「コンクリート超進化」で特集されて一年有余が経つ。

この間、各社の培ったコア技術が、共同研究等によって更なる性能向上が図られている。

- ① カーボンネガティブコンクリートの更なる進化に向けた共同研究を開始 ～CO₂-SUICOMとエコタンカルの技術向上を目指して～

（鹿島建設・日本コンクリート工業 2021.8.31）

炭酸カルシウムの粉体である「エコタンカル」（1t当たり約440kgのCO₂を固定化）をコンクリートに混入し、かつ「CO₂-SUICOM」（1m³当たり18kgのCO₂を大気中から削減）としてコンクリート自体にCO₂を吸わせる。

- ② CCU材料としての炭酸カルシウム微粉末を大量に混入した高流動コンクリートを開発 ～i-Constructionによる作業の省人化とCO₂の大幅削減を同時に実現～

（鹿島建設・日本コンクリート工業 2022.1.26）

締め作業の省人化と大幅なCO₂削減を。1m³当たり▲5kgのカーボンネガティブを実現。

CCU材料：コンクリートガラや残コンなどのコンクリートに由来する材料にCO₂を吸収させて製造した軽質炭酸カルシウムの骨材や粉体。

- ③ 脱炭素から「活性炭素」へ次世代コンクリート技術の共同研究を開始

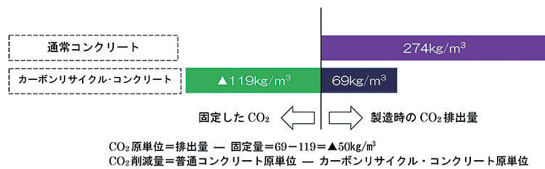
（鹿島建設・竹中工務店・デンカ 2021.10.8）

CO₂排出量を削減するコンクリートとして、竹中工務店、鹿島建設らが開発したCO₂排出量を6割削減できる「ECM[®]」、CO₂を吸収するコンクリートとして、鹿島建設、デンカらが開発したCO₂吸収型コンクリート「CO₂-SUICOM[®]」、CO₂を吸収したコンクリート素材として、竹中工務店が開発中の「CCU材料」の技術、「CO₂-SUICOM[®]」のキーマテリアルとして、デンカが開発した炭酸化混和材「LEAF[®]」を活用。

また、開発コンクリートの建築物や部材部品への適用を進めて、実用化に向けた実績づくりが進んでいる。

④ 「T-eConcrete[®]/Carbon-Recycle」を建築物に国内初適用 CO₂排出量収支がマイナスになるコンクリートの社会実装を推進

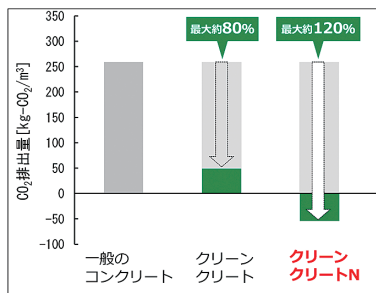
(大成建設 2021.12.1)



コンクリート工場の排気ガスから回収した炭酸ガスとコンクリート廃材中のカルシウム (CaO) から製造した炭酸カルシウム (CaCO₃) を、産業副産物である高炉スラグを使って固めたコンクリート材料「T-eConcrete[®]/Carbon-Recycle」を壁部材として建築物に適用。

⑤ 製造工程でのカーボンネガティブを実現する「クリーンクリートNTM」を開発 プレキャスト製品への適用や現場での打設を可能とする高い実用性を確保します

(大林組 2022.4.15)



クリーンクリートにCO₂を吸収し固定化した炭酸カルシウムを主成分とする粉体を混ぜ合わせることで、その比率によってCO₂排出量を差し引きゼロから更にマイナスにできる。

また、CO₂が固定化されている木質バイオマスやバイオ炭を混合した新たなコンクリート、更にコンクリート面に塗布するCO₂吸収剤が開発されている。

⑥ 木質バイオマスを使用した脱炭素化に貢献するコンクリート「リグニクリートTM」を開発 森林が吸収したCO₂をコンクリート内に長期間固定します

(大林組・日本コンクリート工業・フローリック 2022.5.18)

木質バイオマスである粉体状リグニン (2.4CO₂kg/kg) をコンクリートに混ぜてCO₂を長期間固定化する。

⑦ バイオ炭を用いてコンクリート構造体に炭素を貯留 ～低炭素セメントと併用し、カーボンネガティブを実現～

(清水建設 2022.8.10)

粒状もしくは粉状にしたバイオ炭をコンクリートの混和材として利用。

⑧ コンクリート表層に塗布した含浸剤でCO₂吸収を促進 ～鉄筋の耐食性も向上し、CO₂固定化とコンクリート長寿命化を両立～

(清水建設・北海道大学 2022.5.30)

既設構造物を利用して大気からのCO₂吸収を促進するDAC (Direct Air Capture) コートを開発。

このような関連業界・企業との共同研究開発による新たなコンクリートの創出や、より広範な適用分野の拡大を求めている状況は、「ゼネコン各社が低炭素コンクリの開発加速/デベロッパーも低炭素活用方針を表明」(建設工業紙2022.2.17)と施工者だけでなく民間発注者のCN化取組姿勢が報じられている。

更に、この動きはゼネコンだけでなく、生コンメーカーの開発保有する脱炭素へのコンクリート技術をサプライチェーン全体に技術供与する積極的な展開が出て、2022年7月にはメーカー間の技術供与の提携も成立している。

⑨ 加カーボンキュアのCO₂鉱物化 (固定化) 技術を国内初実装 低炭素コンクリートの生産開始

(曾澤高圧コンクリート 2021.11.12)

カーボンキュアはコンクリートの製造時に液化CO₂を噴射して取り込み、ナノレベルの鉱物を生成させ、セメント量を削減しながら同じコンクリート強度を引き出す。

⑩ 2035年までにサプライチェーン排出量⁴のネットゼロを実現 脱炭素系テクノロジーの包括的技術移転プログラムを開発 プレキャストメーカー 50社、生コン50社を対象に供与へ

(曾澤高圧コンクリート 2022.1.20)

2020年11月実用化したバイオでひび割れを自ら修復する自己治癒コンクリート等保有する素材系の脱炭素化技術やブロックチェーンを使った温室効果ガスの排出量管理を希望する同業他社に包括的に技術移転。

4 サプライチェーン排出量とは：事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を指す。
 サプライチェーン排出量 = Scope 1 排出量 + Scope 2 排出量 + Scope 3 排出量

前項2の4)における長期的取組み「グリーンイノベーション基金事業」には、建築関連で次の3テーマが採択され、活動している。

- ⑪ NEDOのグリーンイノベーション基金事業として採択「CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト」で「炭酸塩利用技術開発」を実施
(大成建設・住友大阪セメント 2022.1.28)

生成した炭酸塩がカーボンリサイクルセメントの焼成原料またはセメント成分となる増量材などとして利用可能かを検証し、材料開発を行うとともに、設計・施工に係るガイドラインの作成を行う。
- ⑫ NEDOのグリーンイノベーション基金公募事業に提案採択 ～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～
(安藤・間・大成ロテックら 2022.1.28)

セメントの焼成工程などで発生するCO₂をコンクリート由来の産業廃棄物に固定化させることでカーボンネガティブを実現する。
- ⑬ NEDOグリーンイノベーション基金公募事業「CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト」にコンソーシアムとして提案し採択
(鹿島建設・デンカ・竹中工務店 2022.1.28)

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発、品質管理・固定量評価手法に関する技術開発を行い、汎用性のあるカーボンネガティブコンクリートを実現し、脱炭素から「活性炭」へのステージ移行を押し進める。

低炭素から脱炭素に、更に脱炭素から「活性炭」へのステージ移行を……の意気込みに期待したい。ただ、これまでの各社リリースには、開発コンクリートのコストに関する言及がほとんどなく、普及展開への模索が続くと思われる。

2) 設計への導入 (設計仕様検討)

開発したコンクリートなど新材料は、設計に位置づけられて初めて使用されるため、設計関連の動きを整理する。

建物は、発注者の事業企画立案を経て、設計者が設計し、その設計図書に従い施工者が工事する。コンクリート工事は、前述のJASS5や、公

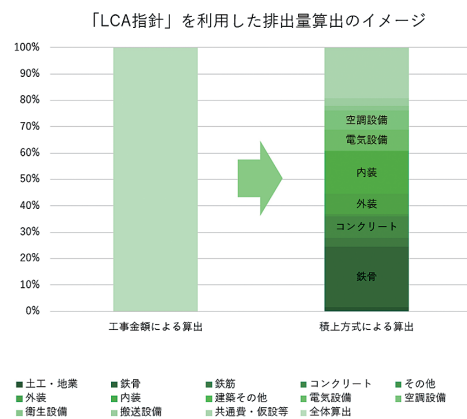
共建築工事標準仕様書(建築工事編)などを参考に、使用するコンクリートの種類、強度、容積重量、スランプ等、更にセメント・骨材等のコンクリートの材料及び調合を構造設計標準仕様として柱や基礎など適用箇所毎に明記される。

発注者と設計者による初期段階での設計仕様検討はCN化に向けての第一歩と言える。

建物の建設時CO₂排出量は、設計図書で明示された仕様に基づく資材・製品による排出量と、施工者の構工法等による現場の生産に伴う排出量の総和であり、前項1)の開発された低炭素コンクリート等はその資材・製品にあたり、次項3)は現場での生産にあたる。

2022年3月、発注者と設計者が共同で「建物のLCA指針」をより実務的に活用しやすくアレンジした「建設時GHG排出量算出マニュアル」を策定し、試行を経て、学協会・同業他社・施工会社・建築資機材メーカーなど幅広い関係者で共有し、実務ツールに整備したいとしている。

- ⑭ 建設・不動産業界の脱炭素の取り組みをサプライチェーン全体で推進 三井不動産と日建設計「建設時GHG排出量算出マニュアル」策定
(三井不動産・日建設計 2022.3.31)



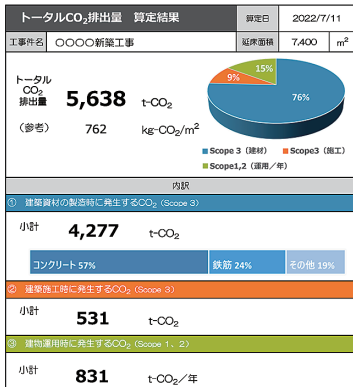
従来の「工事総額」に一定単価を乗じた簡便な方法から部資材毎の積上方式となることで、高精度の温室効果ガス(GHG)排出量の算定が可能に。 GHG: 温室効果ガス

更に5月以降、施設運用によるCO₂排出量も加えた建物のライフサイクル全体でのCO₂排出量の算出ができると建設企業から相次いでリリースがなされ、日建連のCN化に向けた実施・検討

メニュー「建築物・土木構造物全般での施工時CO₂排出量の標準算定方法の整備」(前出)と合わせ、具体的な進展が期待される。

⑮ 建築物に係るすべてのCO₂排出量を算出しお客様に提供

(東急建設 2022.7.11)



算定結果イメージ図

1シートでScope 1～3のCO₂排出量把握が可能。

Scope 1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出

Scope 2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出

Scope 3：1、2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

⑯ 建築物ライフサイクルCO₂の評価ツール

「T-LCAシミュレーターCO₂」を開発 調達から解体まで簡易にCO₂排出量と削減効果を算出可能

(大成建設 2022.5.30)

建築物のライフサイクル「調達、施工、運用、修繕、解体」に係るCO₂排出量や削減効果を初期計画段階から概算値として算出可能。

いずれも初期計画段階で、建物・構造物のライフサイクルにおけるCO₂排出量が概算値であるが評価できるとしている。

設計仕様検討は、コンクリート工事を含む全体計画のCN化検討であるが、コンクリート工事由来のCO₂排出量が占めるCN化への位置づけが明確となる。

3) 施工段階の現場における工事管理

現場は、設計図書に従ってコンクリート工事をを行うが、余分な無駄なコンクリートを持ち込まない、コンクリートを無駄にしないは鉄則である。

DXの進展とともにその取組みはより強化されている。

⑰ 「無駄コンゼロ計画」東京地区・玉川・三多摩の生コン協組の取組み 残コン・戻りコン削減 (東京地区・玉川・三多摩協組 2021.8.31)

⑱ アプリによるコンクリート打設管理システムを開発 ～現場技術者の負担軽減と残コン・戻りコンの抑制による環境負荷の低減を実現し、来年度に外販も視野～

(西松建設 2022.3.25)

iPadに表示した施工図面に対し未打設部分を囲み指示で、最終的に必要なコンクリートの調整量を自動計算。

⑲ 残コン・戻りコンゼロとCO₂削減を建設現場で同時に実現 建設現場内で液化炭酸ガスを利用したシステムを確立

(鹿島建設・東京大学 2022.4.26)

一連の分離・処理過程において液化炭酸ガスを使用、残コン・戻りコンのセメント分にCO₂を吸収・固定させ、残コン・戻りコンの削減と同時にCO₂の削減を達成できる。

⑳ AI(画像認識・文字認識)を利用したコンクリート打設の数量管理・時間管理システムを開発

(安藤・間 2022.6.30)

打設量をリアルタイムに把握でき、戻りコンの量もそれまでと比べ、約6割低減できた。

㉑ CO₂排出削減率70%以上副産物の有効利用率90%以上の先送りモルタルの代替材「サスタル」を開発・初適用 -コンクリート工事における脱炭素・廃棄物ゼロへ-

(東急建設 2021.10.6)

モルタルよりも少ない使用量で配管内に潤滑性を付与する現場で製造できる先送り材の開発、実用化。

更に、コンクリート工事の生コン手配から製造、搬送、打設に至る一連の生産活動全体をいかに見える化し、そのCO₂排出量を把握するか実用化が進んでいる。

㉒ コンクリートの製造・運搬におけるCO₂排出量を見る化するプラットフォームを構築

～ブロックチェーンを活用した建設サプライチェーン全体におけるCO₂排出量の把握に向けて～

(鹿島建設 2022.3.29)

コンクリートを現場で受け入れるまでに各所で排出されたCO₂排出量を見る化し、サプライチェーン全体のCO₂排出量が提示でき、あわせて、環境配慮型コンクリートを使用した際には、そのCO₂排出削減量をクレジットに変換も可能。

4 まとめと今後の動き

低炭素コンクリートの開発、低炭素に向けた設計仕様の検討、コンクリート工事施工段階での生産管理など、関係各界のカーボンニュートラル化への取組みが拡充していることが理解できる。

更に、次のようなアクションが見て取れる。

- ・カーボンニュートラル化に向けた具体的な設計仕様検討に発注者も参画している。
- ・施工段階も、資材供給の上流から工事管理の下流までサプライチェーン全体でカーボンニュートラル化を捉えようとしている。
- ・コンクリート開発から活用までコンソーシアムのような連携が組まれていて成果展開が期待できる。
- ・また、長期的な開発助成で得た成果の利用普及も期待できる。

一方、開発改善された新材料・新システム利活用のカーボンニュートラルに向けた効果に比べて、要するコストについての言及は少なく、やはり、費用対効果の透明性が新技術・新システム利活用促進の第一歩であろう。

まず、効果の利活用には、カーボンニュートラル化に有効な新材料・新技術・新システムの効果・性能認証などCO₂排出原単位データの整備充実が必要であるが、LCAデータベースの見直し、施工時CO₂排出量の算出方法整備は関係各界で緒についていると理解できる。

次は、効果に見合ったコストなのか、あるいはコストをかけただけの効果だったのかどう判断するかである。対応するかと思われる制度に、国が認証するCO₂等の吸収量をクレジットとするJ-クレジット⁵がある。

⑳ 「クリーンクリート[®]」が低炭素型のコンクリートとしてJ-クレジットを国内初取得しました
建設時のCO₂排出削減量をクレジットとして発注者に還元

(大林組 2018.12.20)

「クリーンクリート」に置き換えたことによるCO₂排出削減量 555 t(約4万本のスギ相当)が、クレジットとして認証。

㉑ 低炭素型コンクリート「ECMコンクリート[®]」のCO₂排出削減により「J-クレジット制度」の認証を取得

(竹中工務店 2022.3.15)

地下躯体部分を削減に資する「ECMコンクリート」に置き換え、CO₂排出削減量 64 t分について、クレジットを取得。

㉒ 環境配慮型コンクリートの適用により181 t-CO₂のJ-クレジットを取得 ～ブロックチェーン技術を用いたプラットフォームの活用でクレジットの取得手続きがスムーズに～

(鹿島建設 2022.8.9)

リリース㉒のプラットフォームでサプライチェーン全体のCO₂排出量を算定、実績報告し、クレジットに変換。

これは発注者と施工者が保有するクレジットで、従来の汎用品と新規開発した製品との価格差に対する費用対効果の対応事例と言える。

更に、前項3の2)で取り上げた「建設時GHG排出量算出マニュアル」が、積み上げ方式の算出とすれば、建築コスト算出のように、CO₂排出原単位(資材、生産)を用いたCO₂積算ができないか、もしCO₂積算ができれば設計段階での費用対効果の評価判断に繋がるのではないか。

近い将来、低炭素性水準が定義されたJASS 5が改定されて設計仕様に新しい低炭素コンクリートが位置づけられ、更に整備・試行を重ねたCO₂排出量算出システムが実用化を迎える日が来ると考えると、建物の初期計画段階からCO₂排出量と建築コストの両側面から計画内容が検討されるのではないかとと思われる。

5 経済産業省「J-クレジット制度」：省エネルギー設備の導入や再生可能エネルギーの利用によるCO₂等の排出削減量や、適切な森林管理によるCO₂等の吸収量を「クレジット」として国が認証する制度
【方法論】EN-S-040 (Ver.3.0) ポルトランドセメント配合量の少ないコンクリートの使用