

いま、建設業に求められる サプライチェーン CO₂ 削減

吉村 美毅

昨年、わが国は新たな脱炭素目標を策定した。その直後から、多くの企業が脱炭素に向けた取組みを加速し、建設業に対しても、施工時 CO₂ だけでなく、建材製造時 CO₂ や施設運用時 CO₂ の削減に向けた取組み強化を求め始めている。

本稿では、わが国の CO₂ 排出における建設業の位置づけを確認したのち、主に建材製造時 CO₂、施工時 CO₂ の削減に向けた最新動向を報告する。

キーワード：脱炭素社会、サプライチェーン、建材製造時 CO₂、施工時 CO₂

1. はじめに

地球温暖化への取組みは、1997年の京都議定書によって本格化し、2015年のパリ協定では、主要排出国を含む多くの国と地域で「今世紀後半に温室効果ガスの人為的な排出と吸収を均衡させる」との長期目標を共有することができた。しかし、その具体的な取組みとなると、各国の国情により濃淡様々であり、当初のわが国の削減目標（2013年比で2030年26%削減）は消極的であると国際的な評価は低かった。

一方で、地球温暖化を起因とする異常気象により、ここ数年、わが国では毎年のように大きな水害や土砂崩れが発生し、国民も温暖化対策の必要性を認識するようになった。この意識変化を背景に、日本国政府は2020年に新たな脱炭素目標を定めた。わが国の新しい脱炭素目標は、2013年比で2030年までに46%削減、2050年には100%削減（カーボンニュートラル）を目指すというものである（図-1）。

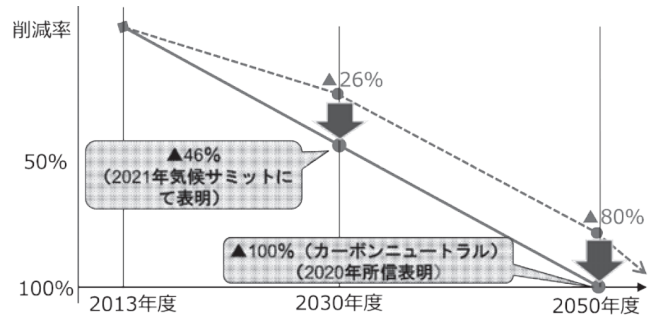
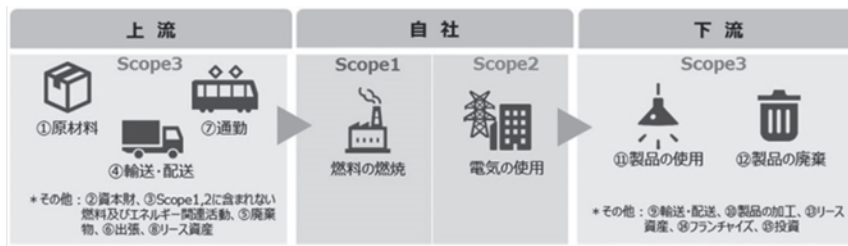


図-1 日本の新たな脱炭素目標

2050年カーボンニュートラルの目標は、全ての企業や人に例外なく CO₂ 排出実質ゼロの活動を求めるものであり、特に企業に対しては、自社排出だけでなく、自社製品の使用時の CO₂ 排出の縮減と CO₂ 排出量削減に寄与する調達が求められるようになった。

企業の事業活動によって排出される CO₂ を、スコープ1、スコープ2、スコープ3と区分することがある（図-2）。このうちスコープ1とスコープ2が自社排出



Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)
 Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
 Scope3：Scope1・2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

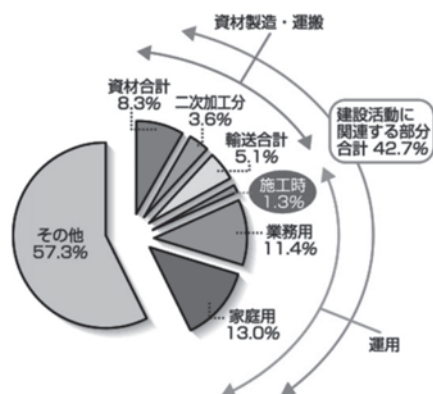
図-2 サプライチェーン CO₂

分であり、その削減に企業は直接の責任を負っている。一方、スコープ3は自社事業の上流側（原材料の製造時や輸送・配送時）、下流側（自社製品の使用時や廃棄時）での他社排出分であるが、企業はその調達や製品開発を通じて他社排出分の削減に貢献することが重要視されるようになった。企業にスコープ3の削減貢献が求められる理由は、素材メーカーが低炭素素材を開発しても、それを使ってくれる需要者がいないと新製品が普及しないこと、あるいは、自動車メーカーが低炭素車両を販売しなければ、自動車使用時のCO₂削減が進まないことから、容易に理解できるであろう。

わが国の脱炭素目標の見直しを受け、今、多くの企業では、自社排出分だけでなく、サプライチェーン全体のCO₂排出量の削減に向けた目標を公表し始めている。

2. 建設業にとってのサプライチェーンCO₂

日本全体のCO₂排出のうち建設業に関連するものが占める割合は大きい。漆崎昇、酒井寛二が日本建築学会に報告した研究¹⁾に拠れば、建設活動に関連するCO₂排出量は日本全体の43%であった（図-3）。前述のスコープ1, 2, 3の区分を建設業に当てはめると、建設業の自社排出（スコープ1, 2）は、わが国の総排出量の1.3%と割合こそ大きくはないが、スコープ3のうち事業の上流部分は、建設資材製造時が8.3%、資材の2次加工時が3.6%、輸送時が5.1%の計17.0%、またスコープ3のうち事業の下流部分は、業務用建物の運用時が11.4%、家庭（住宅）の運用時が13.0%の計24.4%を占めている。なお、環境省が発表した日本の温室効果ガス総排出量（2019年度確定値）によれば、鉄鋼業が排出するCO₂は日本全体の



出典：
「産業連関表を利用した建設業の環境負荷推定」漆崎昇、酒井寛二
日本建築学会計画系論文集 第549号（2001年11月）

図-3 日本のCO₂排出量のなかで建設業が占める割合

約14%と製造業のなかの最大業種であり、セメントやガラスを製造する窯業も約5%を排出する業種である。

建設業のサプライチェーンCO₂の日本のCO₂排出量に占める割合が40%を超えるため、建設業が担う脱炭素社会実現に向けた貢献範囲（期待度）は大きい。建設業が取り組むべきCO₂削減策は、施工時CO₂の削減は当然のこと、建設資材製造時におけるCO₂、建物運用時CO₂の全てにわたる。本稿では、主に建設資材製造時CO₂と施工時CO₂について、削減に向けた取組み事例を紹介する。

3. 建設資材製造時CO₂削減への取組み

建設資材のうち、製造時CO₂が大きな建材としてまず挙げられるのが鉄であるが、製鉄プロセスのCO₂削減については鉄鋼メーカーの技術革新を待ちたい。ここでは、もう一つの代表的建築資材であるコンクリートの低炭素化について紹介する。

コンクリートの製造時CO₂は、その主要材料であるセメントの製法に由来する。セメントは製造過程において、主原料である石灰石（CaCO₃）を1,400℃以上の高温で焼成するため、大量のCO₂が発生する。そのセメントの一部を、産業副産物である高炉スラグに置き換えてCO₂排出量を低減する高炉セメントは、低炭素コンクリート原料として今後の需要拡大が期待される製品である。

本稿ではその他の取組み事例として、「戻りコン再生セメント」と「CO₂吸収コンクリート」を紹介する。

(1) 戻りコン再生セメントを使用したコンクリート

建設業の現場では、受入検査に使用した生コンなど、注文したコンクリートの1~2%がやむをえない理由から使用できず、そのほとんどが再利用されずに処分されている。その量は全国で年間400万tに達するとされ、この「戻りコン」をもう一度、セメントとして再生することで（図-4）、コンクリート製造時CO₂の削減に寄与できる。

戻りコン再生セメントを使用したコンクリートによるCO₂削減効果は、再生セメントの使用割合等により異なってくるが、詳細については、本誌Vol.71（2019年2月号）に「乾燥スラッジ微粉末を用いた低炭素コンクリートの開発」で紹介されているので、参照いただきたい。

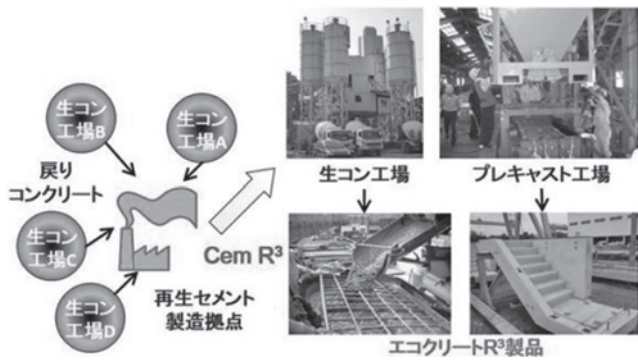


図-4 戻りコンクリートを再利用した「エコクリートR³」

(2) CO₂ 吸収コンクリート

セメントと基本的に同じ成分である特殊混和材(γ-C₂S)は、水ではなくCO₂と反応して硬化する性質を持つ。そこでこの特殊混和材(γ-C₂S)の利用方法をセメントメーカーと共同開発し、セメントの半分以上をγ-C₂Sや産業副産物に置き換えることで、製造時CO₂がマイナスになる「CO₂-SUOCOM」(以下、本開発コンクリートという)を開発した。

一般的なコンクリートブロック製造時のCO₂排出量は288 kg-CO₂/m³であるのに対し、本開発コンクリートでは、セメント代替に特殊混和材、高炉スラグ、フライアッシュを使うことでCO₂排出量を197 kg-CO₂/m³削減、さらにコンクリートの炭酸化反応によるCO₂固定量が109 kg-CO₂/m³あることから、合計で306 kg-CO₂/m³の削減となり、本開発コンクリートの製造時CO₂は18 kg-CO₂/m³のマイナスとなる(図-5)。

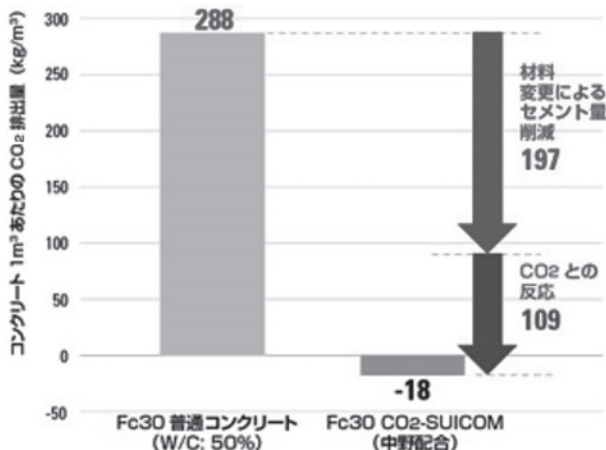


図-5 一般的なコンクリートと本開発コンクリートのCO₂排出量比較

4. 施工時CO₂削減への取り組み

前述のように建設業が施工中に排出するCO₂量は、他産業と比較すると大きくはないが、この削減は他社に頼るのではなく、建設業が主体的に取り組みなけれ

ばならない排出削減である。

(1) 施工時CO₂の内訳

施工時CO₂の排出源内訳について、過去の実績から把握を試みる。データからみると土木工事と建築工事で若干の違いはあるものの、概ねCO₂排出量の25%が現場での消費電力に由来するもの、残りが燃料由来となるが、全体の7割超が軽油(現場が使用する建設機械の燃料)に由来していた(図-6)。

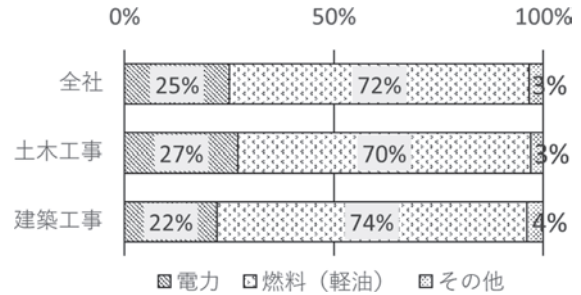


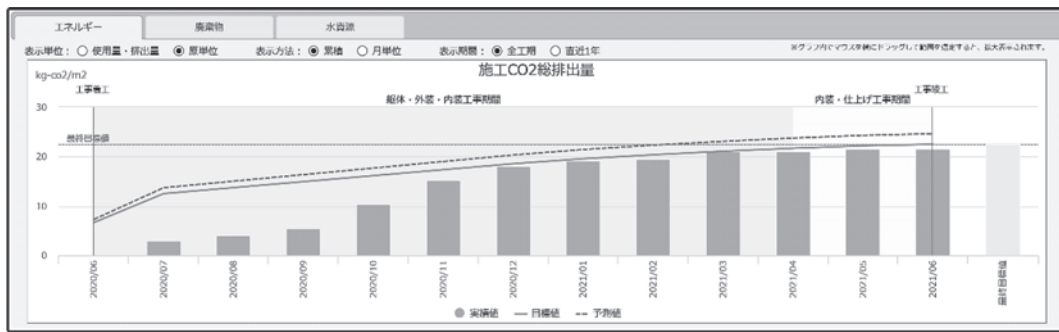
図-6 過去の実績からみる施工時CO₂の内訳

施工時CO₂の削減策には、切り札的なものではなく、
 ①建設現場の消費エネルギー量そのものの縮減(省エネ)
 ②燃料(主に軽油)の使用量削減
 ③建設現場で使用する電力の脱炭素化
 の3つを愚直に進めることとなる。

(2) 省エネ施工の取り組み

建設現場における省エネ施工への取り組みについては、これまでも「高効率照明」「アイドリングストップ」「省燃費運転」等が推奨されており、(一社)日本建設業連合会(以下、日建連)の報告書²⁾によれば、その取り組みは既に現場に定着しているとみることができる。これは、従来からの取り組みだけでは、これまで以上のCO₂削減は進まないことを意味しており、省エネ施工の新たな着眼点が求められている。

建設現場でのさらなるCO₂削減のためには、排出実態の正確な把握が不可欠である。そこで、各現場のエネルギー消費量を把握分析する環境データ評価システム「edes」(イーデス)(以下、本評価システム)を昨年4月から全社で運用開始し、約700現場のデータを得る体制を構築した。本評価システムの導入により、各現場ではエネルギー消費量の内訳を月単位でモニタリングすることができるようになり、自社のCO₂排出量のより詳細な集計を行うとともに、今後は、各現場の工種や工程進捗データと組み合わせて分析することで、有効なCO₂削減策の抽出や検証に活用する



図一七 現場での施工時 CO₂ 排出量を見える化する「edes」の画面（イメージ）

予定である（図一七）。

建設現場の CO₂ 排出量の 1 年間のデータ蓄積から、削減に向けたいくつかのヒントを得ることができている。全現場のデータが得られることで、工種によるエネルギー消費量（施工高 1 億円あたりの CO₂ 排出量。以下、CO₂ 排出原単位）が明らかになりつつある（図一八）。CO₂ 排出原単位の差は、特に土木工事において顕著であり、工種によって数倍も異なることが分かった。また、同一工種であっても、CO₂ 排出原単位の大きな工事現場と小さな工事現場があり、今後、それぞれの工事現場の特色を詳細に分析することで、省 CO₂ 施工への有効策の抽出が期待される。

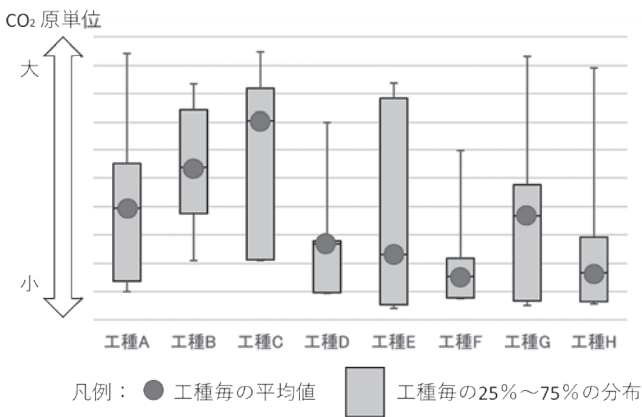
一方で、建築工事では着工直後の基礎工事と竣工間際の内装仕上げ工事とではそれぞれの CO₂ 排出原単

位が大きく異なっており、昨年 1 年間のデータからその違いを定量的に把握することができた（図一九）。着工直後は基礎工事が大きな CO₂ 排出源となるとすれば、CO₂ 削減策の検討は施工計画の初期段階から組み入れることが重要であることを示している。

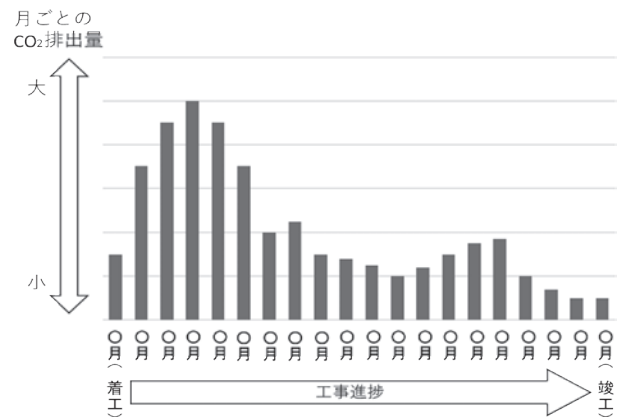
また、各社で取組みが本格化している自動化施工も、作業効率が向上し CO₂ 削減に寄与するものと期待している。

(3) 燃料（主に軽油）の使用量削減

建設現場で使用する機械の燃料を低（脱）炭素燃料に切り替えることで、現場で使用する化石燃料を削減することが可能となる。現場で消費される燃料のほとんどが軽油であることから、現在、わが国で利用可能



図一八 土木工事の工種毎の CO₂ 排出原単位の違い（イメージ）



図一九 建築工事の工事進捗による CO₂ 排出量（イメージ）

表一 軽油代替燃料の種類と特徴

	バイオディーゼル燃料		GTL
	B100	B5	
概要	廃食用油から製造する燃料	軽油に B100 を混合させた燃料	天然ガスから製造する燃料
CO ₂ 削減効果	100.0% カーボンニュートラル	5.0%	8.5%
メーカーの対応	なし	あり	ほぼあり
特徴	地産地消エネルギー B100 専用オイルあり	品確法で品質基準あり、軽油 同等の扱い	NETIS 登録 KT-190065-A 軽油 JIS 規格に合致

な軽油代替燃料の種類と特徴をまとめた(表—1)。

軽油代替燃料のうちB100の原料は廃食用油(バイオマス)のみであるため、CO₂削減効果100%が期待できるが、廃食用油の供給量に限りがあるため、建設業全体が必要とする量は確保できない。最近では、化学メーカーが非化石燃料由来の原材料としてB100に注目しており、供給量の奪い合いも予想される。また、製造施設による品質のばらつき等から、建設機械メーカー(エンジンメーカー)の保証が得られないため、使用にあたっては機械保有者(レンタル会社、サブコン等)との協議が不可欠となる。現在、日建連等からレンタル会社や行政への働きかけ(軽油代替燃料の利用拡大)を行っており、今後の関係者の理解醸成や具体的支援策を期待する。

GTLは化石燃料(天然ガス)が主原料でありCO₂削減効果も限定的なため、2050年カーボンニュートラルに向けた橋渡しの代替燃料ではあるが、供給量の制約は小さく、国内需要が拡大すれば、輸入量や販売網(供給施設)の拡大も期待できる。また、軽油JIS規格に合致しているため、建設機械メーカー(エンジンメーカー)の保証も得やすく、当面の代替燃料として有望と考える。

燃料使用量削減のもう一つの手段が、建設機械の燃費向上である。これまでも機械メーカーは排ガス規制に合わせてより低燃費な建設機械の開発・販売を進めており、その歩みは今後も継続される。一方で2050年カーボンニュートラル実現のためには、化石燃料に代わる新たな脱炭素エネルギーを燃料とする新たな建設機械の実装が不可欠である。一部で実用化している「電動化」については機種拡大を、また稼働中にCO₂を排出しない「グリーン水素燃料」が利用できる機械の開発にも期待するところである。

(4) 建設現場で使用する電力の脱炭素化

これまでも建設現場に太陽光発電やミニ風力発電を設置する事例があった。関係者への意識付けやPRには有効だったが、発電量そのものを見ると現場で消費する電力を賄うにはほど遠いのが実態であり、建設現場で使用する電力の脱炭素化には、商用電力の脱炭素化が不可欠である。

全社の電力由来CO₂は全体の1/4程度であるが、2050年のカーボンニュートラルを見据えると、建設機械の電動化はこれまで以上に進み、現場が消費するエネルギーの過半を電力に依存する状況も想定していなければならない。その時、商用電力の脱炭素化は建設業の脱炭素化のカギとなってくる。

商用電力の脱炭素化は、再エネ発電施設の拡充により自ずと達成されるものではあるが、建設業としてそれを待つだけでなく、積極的に100%再エネ電力(グリーン電力)を使用することにより、再エネ発電施設の拡充に寄与することも重要である。

工事用電力は仮設電源となる場合がほとんどであり「契約期間が短い」「電力消費量の変動が大きい」等の特徴から、一般需要家と比べると小売電気事業者にとって手間のかかる顧客である。また、グリーン電力の供給量には現状では限りがあるため、必ずしもすべての建設現場で利用できるわけではない。建築現場でのグリーン電力の使用については、本誌Vol.72(2020年4月号)「超高層ビル建築工事で工事用電力を100%再エネに」で紹介されているので、参照いただきたい。

5. おわりに

建設業におけるCO₂削減の取組みを見てきたが、どれをとっても建設業単独でできることは少ない。施工時CO₂の削減においても、燃料供給会社、建設機械メーカーの取組みが前提となり、再エネ電源の拡充についても、発電事業者に依存している。一方で、サプライチェーンCO₂(他社排出分)については、最終的にはそれぞれの排出事業者の取組みに拠るところではあるが、例えば、低炭素建材の開発、ZEB(ゼロ・エネルギー・ビル)やZEH(ゼロ・エネルギー・ハウス)の設計など、建設会社の支援、貢献が不可欠な部分も多い。

脱炭素技術の社会実装には、技術(製品)が先か、実需要が先かという「卵・ニワトリ論」で進捗が遅かったところがあるが、これからは、業種を超えた連携を強化し、建設業もわが国の脱炭素をけん引する一員でありたいと考える。

JICMA

《参考文献》

- 1) 「産業連関表を利用した建設業の環境負荷推定」日本建築学会計画系論文集 第549号(2001年11月) 漆崎昇, 酒井寛二
- 2) 「2019年度CO₂排出量調査報告書(2020年11月)」(一社)日本建設業連合会 環境委員会 温暖化対策部会

【筆者紹介】

吉村 美毅(よしむら よしたけ)
鹿島建設㈱
環境本部 地球環境室 室長

