

コンクリートと鋼材の カーボンニュートラルに 対する考え方

近未来コンクリート研究会

代表 十河 茂幸



1.はじめに

人類が減じるとまで
いわれる地球の温暖
化。その原因の一つが
二酸化炭素と考えら
れ、脱炭素化が叫ばれ
ている。図-1に示す
ように、二酸化炭素だ
けが地球温暖化の原因とは言えない
が、図-2、図-3に示すように二酸化
炭素濃度の上昇と地球温暖化の相関
が高いことも事実である。

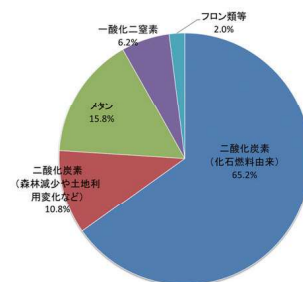


図-1 温室効果ガスの総排出量に占める
ガスの種類別の割合
(IPCC第5次評価報告書より作図)

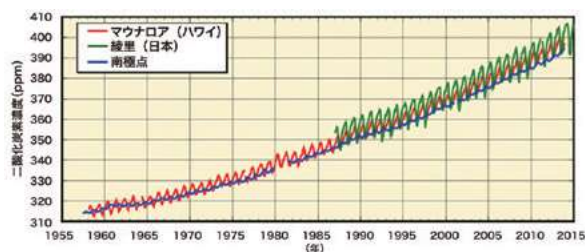


図-2 大気中の二酸化炭素濃度の経年変化
(気候変動監視レポート2014より)

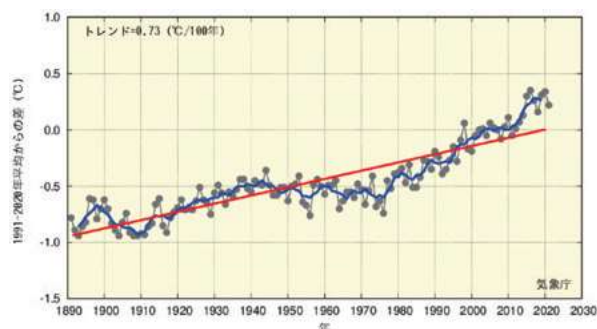


図-3 世界の年平均気温偏差 (ICCCAデータより)

2.コンクリート材料が 排出する二酸化炭素

コンクリートを扱う業界は、脱炭素
化に向けていち早く対応した。それは
セメントの生産時点で二酸化炭素を多
く排出することを知っているからであ
る。つまり、セメントは石灰石（主に
炭酸カルシウム）を一四五〇℃以上で
燃焼させ、セメント（主として酸化カ
ルシウムを主体とする材料）を製造す
る際に、二酸化炭素が発生するからで

ある。例えば、
セメント一トン
造るのに、化学
反応から見ても
約六〇〇kgの二
酸化炭素が排出
されることになる。
さらに、一四五〇℃以上で原料を焼成す
ることは、製造時に必要な燃料でさら
に二酸化炭素を排出することになる。

また、コンクリートは引張強度が小
さいことから、鉄筋により補強されて
鉄筋コンクリート構造として多くのイ
ンフラに適用されている。この時に使
用される鋼材もまた鉄鉱石を高炉で燃
焼して製造される。つまり、鉄筋も二
酸化炭素を排出していることになる。
鉄筋コンクリート構造物やコンクリ
ート構造物（鉄筋で補強されていない
構造物、例えば砂防堰堤やダム構造物

など）は、インフラとして災害に強い
とはいえ、建て替えるするたびにこれ
だけの二酸化炭素を排出することは、
地球温暖化に対しては問題であると言
わざるを得ない。ところが、災害時に
見直されるコンクリート構造物の評価
から考えると、インフラストラクチャ
ーを長持ちさせることが重要となると
いえる。

3.コンクリートに関連する 業界の脱炭素化への動き

建設業界が、脱炭素化を提案してい
る。鹿島建設は、中国電力、デンカ、



図-4 CO₂-SUICOMの環境負荷低減の効果（試算例）

ランデスと共同で、CO₂SUICOMと称して、CO₂を吸い込ませたコンクリートを提案し、実務展開を行っている⁴⁾。低減効果は、図-4に示すように、セメント材料の置換、二酸化炭素の吸収により一般的なコンクリートの二酸化炭素の排出を大幅に低減することができるとされている。試算例で二八八kg/m³としているのは、セメント一トンの製造に七七〇kgの二酸化炭素を排出するとして、コンクリートにセメントを三五〇kg/m³使用した場合の一般的なコンクリートの二酸化炭素のCO₂排出量を算出している。これに対して、セメントに置換する産業副産物などを用いることで一九七kg/m³削減し、さらにCO₂を特殊な混和材（γ-IC₂S）で吸収する量を一〇九kg/m³として、

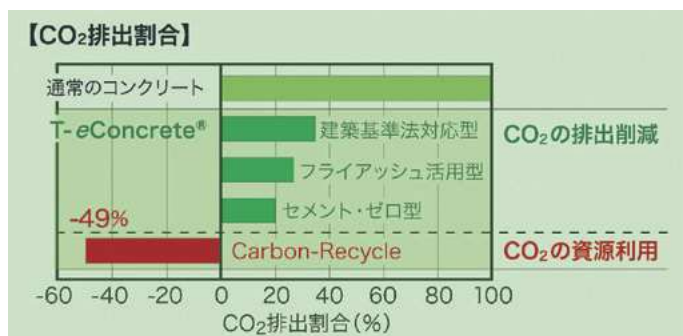


図-5 T-eConcreteの概念

CO₂をゼロ以下にすることができるとしている。
大成建設は、T-eConcreteと称して、資源の有効利用と脱炭素化の実現に向けたコンクリートを提案している⁵⁾。この技術は、通常のコンクリートに対して、セメントの使用量を抑制し、通常のコンクリートと同等の強度、施工性を保持しながら、CO₂を削減する提案である。具体的には、高炉スラグやフライアッシュの活用やセメントを全く使

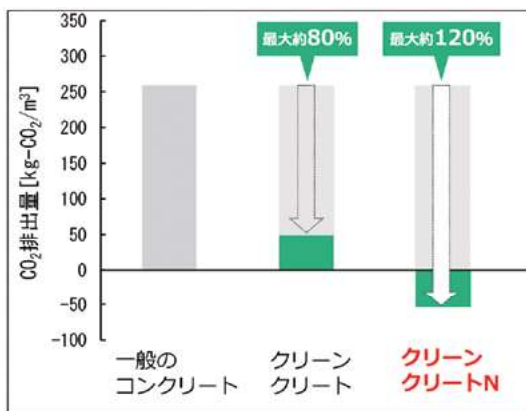


図-6 クリーンコンクリートの概念

用しない方法などを組み合わせることでCO₂排出量をマイナスにすることを目指している（図-5）。
大林組は、クリーンコンクリートと称して、セメントの一部を高炉スラグ微粉末に置き換えることでCO₂を最大約八〇%削減できるコンクリートのほか、クリーンコンクリートNと称して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合することでCO₂排出量をマイナスにできる技術を提案（図-6）している⁶⁾。
清水建設は、東京大学、太平洋セメントほか八社により、二酸化炭素を混

ぜて使用済みコンクリートを再生する「カルシウム・カーボネート・コンクリート（CCC）」を基礎技術とした研究を発表した⁷⁾。また、炭化させて木質バイオマスを混入することで二酸化炭素を固定化するコンクリートなども実用化を目指し、そのほかの建設業もこれらに続いている。
セメント業界も行動した。太平洋セメントは、カーボンニュートラル戦略二〇五〇の技術開発ロードマップを示した⁸⁾。これによるとセメント製造時の技術として、既存技術では、エネルギー由来、原料由来の二酸化炭素の削減を目指すことに加え、革新技術による二酸化炭素の削減も検討するとされている。
住友大阪セメントは、二〇五〇年「カーボンニュートラル」ビジョン「SO-CN2050」と称して図-7に示すカーボンニュートラル実現に向けたシナリオを用意している⁹⁾。また、ここで示されるカーボンリサイクルの概念を図-8に示す。セメント生産から排出される二酸化炭素の削減に向けた多くの技術革新を行うことを明言している。
生コン業界も脱炭素化に動いてい



図-7 住友大阪セメントのCN

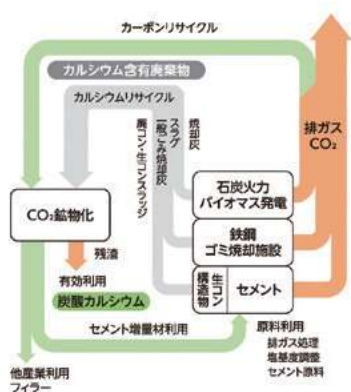


図-8 カーボンリサイクルの概念



写真-1 カーボンキュアコンクリートの製造

る。その代表が会澤高圧コンクリートである。二酸化炭素を生コンに練り込

む技術(写真¹⁰⁾1)を導入して実用化している。また、ネットゼロを目指して、プレキャストコンクリート業界とタッグを組み、脱炭素化に舵を切った。カーボンニュートラルは、自分ごと

として考えられ、コンクリートに関連する業界全体で行動している。

4. 鋼材が排出する二酸化炭素と脱炭素化の動き

鋼材が使用されるのは、鉄筋コンクリートより自動車などの関連業界の方が大きい。鉄鋼分野で

は、高炉による鉄の生産を水素還元による方法、電炉の利用を拡大する方法、あるいは鉄源確保のために直接水素還元技術の拡大などが追求されている。鋼材も社会に必要不可欠な材料であるため、できるだけ脱炭素化に向

けた行動がとられている(図-9)¹¹⁾。

日本製鉄は、二〇三〇年までにCO₂総排出量を三〇% (二〇一三年度比) 削減するとし、二〇五〇年に向けて大型電炉での高級鋼の量産、水素還元製鉄、CCUSを含めた複視的なアプローチでカーボンニュートラルを目指すとしている。

JFEホールディングスは、二〇三〇年までにCO₂総排出量を三〇%以上削減するとし、二〇五〇年のカーボンニュートラルの実現を目指し、カーボンリサイクル高炉とCCUを軸とした超革新的技術開発に挑戦するとしている。また、神戸製鋼所は、二〇三〇年までに生産プロセスにおけるCO₂を三〇%削減することを目標とし、二〇五〇年カーボンニュートラルに向け、技術・生産・サービスで一億トン以上

のCO₂排出削減に貢献している。

一方、需要側も行動している。トヨタ自動車は、二〇三五年までに世界の自社工場でCO₂排出を実質ゼロにする目標を発表し、ホンダは、主要部品メーカーに対して、CO₂排出する量を二〇一九年度比で毎年四%ずつ削減し、二〇五〇年には実質ゼロにするよう要請している。これらは海外との競争もあり、メルセデスベンツは、二〇三九年までにカーボンニュートラルを実現するべく、サプライヤーにもカーボンニュートラル実現を求めると発表した。また、ボルボはSABととともにグリーン鋼材を使用した自動車を商品化することを発表している。

5. インフラの延命化こそ 脱炭素に貢献

コンクリートと鋼材のＣＮの動きは評価できるものの、コンクリート構造物を構築しない訳にはいかない。自然災害が頻発する現状から、コンクリート構造物が被害を避ける意味で重要となるからである。そこで、すでに構築されたコンクリート構造物を延命化する技術が必要となる。また、今後建設されるコンクリート構造物の長寿命化

鉄鋼産業の生産プロセス転換

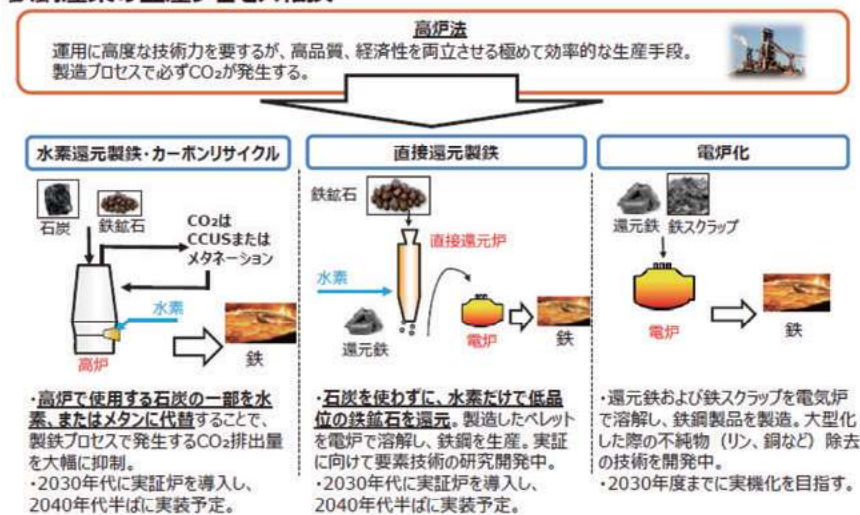


図-9 鉄鋼産業の脱炭素計画（経済産業省資料より）

表-1 点検済みの劣化グレードⅢおよびⅣの橋梁における補修の実施例（国土交通省編：メンテナンス年報2020年度より）

管理者	修繕が必要 A	修繕に着手 B	修繕が完了 D	着手率 (B/A)	完了率 (D/A)
国土交通省	3,427	2,359	1,071	69%	31%
高速道路会社	2,538	1,202	705	47%	28%
都道府県・政令市等	20,535	9,052	5,057	44%	25%
市町村	42,338	12,324	7,812	29%	18%
合計	68,836	24,937	14,645	36%	21%

I：健全 II：予防保全段階 III：早期措置段階 IV：緊急措置段階
このうち、グレードⅢおよびⅣと判定された橋梁が対象

地球温暖化対策は待ったなしの状況である。地球温暖化と二酸化炭素濃度は相関が高く、脱炭素化が必要なのは明らかである。そのために産・官・学が一丸となって脱炭素に向けた行動をとっていることを紹介した。しかし、その脱炭素化のために、かかるコストが高くなることを容認できるのか問題となる。また、脱炭素を推し進めるに際して、ほかの自然環境への影

6.おわりに

算で対応できる範囲を超えているうえ、維持管理が実施できる人材も不足し、俄かに延命化ができていない現実を示している。今後は、インフラの維持管理を行ううえで、人材の確保と予算の効率的な運用を行うことが脱炭素にも貢献できると考えられる。造ることとで二酸化炭素を排出するより、より長持ちさせる技術こそ脱炭素に貢献できることになる。

響なども考慮しなければならない。脱炭素に関する情報を整理したこの報告が参考になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) IPCC第5次評価報告書より
- 2) 気候変動監視レポート2014より
- 3) ICCCデータより
- 4) 鹿島建設HPより
- 5) 大成建設HPより
- 6) 大林組HPより
- 7) 清水建設HPより
- 8) 星野清一ほか、太平洋セメントのカーボンニュートラルに向けた研究開発、CEM'S No.93、2022.01
- 9) 住友大阪セメントHPより
- 10) 会澤高圧（リンクリートHPより）
- 11) 経済産業省資料より
- 12) 国土交通省資料より
- 参考・・・
- 1) IPCCとは、国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）
- 2) ICCCとは、International Conference on Computing, Communication and Automation（略）
- 3) カーボンニュートラル（CN）とは、温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること。
- 4) カーボンリサイクルとは、排出されるCO₂を炭素資源として、これを回収して再利用すること。
- 5) ネットゼロとは、温室効果ガスの排出量を正味ゼロとすること。つまり、排出量から吸収量を差し引いた合計がゼロになること。