

# 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。

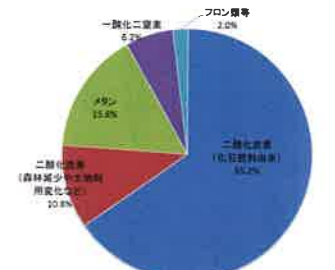


図-1 温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別の割合 (IPCC第5次評価報告書より作成)

## 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、セメント一トンの造るのに、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

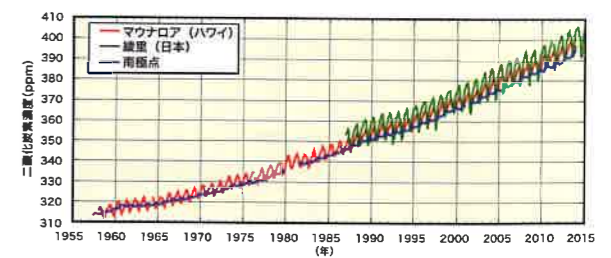


図-2 大気中の二酸化炭素濃度の経年変化 (気候変動監視レポート2014より)

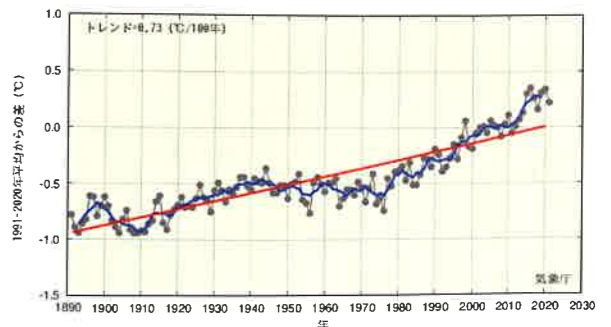


図-3 世界の年平均気温偏差 (ICCCAデータより)

## 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、

ランデスと共同で、CO<sub>2</sub>-SUICOMと称して、CO<sub>2</sub>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。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/m<sup>3</sup>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として、コンクリートにセメントを三五〇kg/m<sup>3</sup>使用した場合の一般的なコンクリートの二酸化炭素のCO<sub>2</sub>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/m<sup>3</sup>削減し、さらにCO<sub>2</sub>を特殊な混和材（アークS）で吸収する量を一〇九kg/m<sup>3</sup>として、

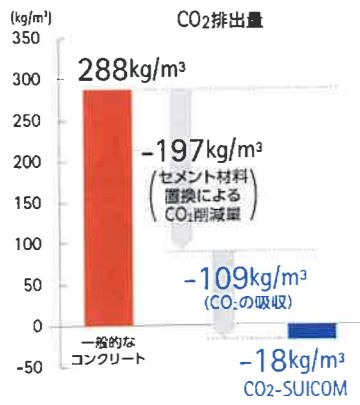


図-4 CO<sub>2</sub>-SUICOMの環境負荷低減の効果 (試算例)

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。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、CO<sub>2</sub>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

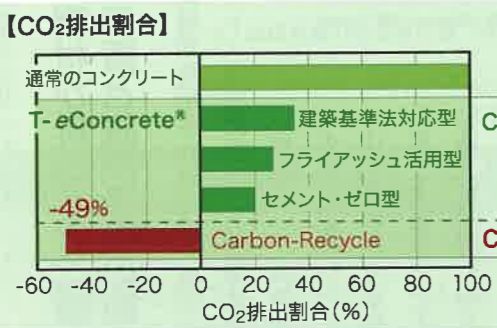


図-5 T-eConcreteの概念

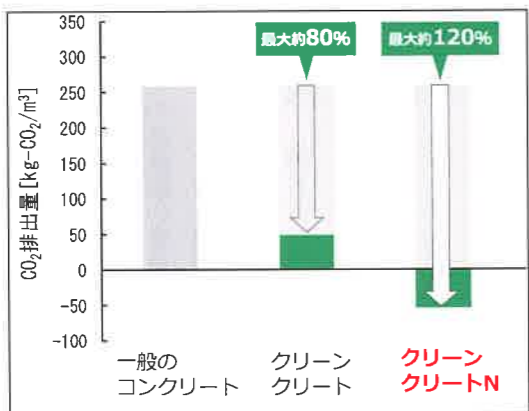


図-6 クリーンクリートの概念

用しない方法などを組み合わせることでCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を最大約八〇%削減できるコンクリートのほか、クリーンクリートNと称してCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量をマイナスにできる技術を提案 (図-6) している。

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。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。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。また、ここで示されるカーボン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

## 特集

# カーボンニュートラル・脱炭素社会実現を目指す

鉄鋼産業の生産プロセス転換

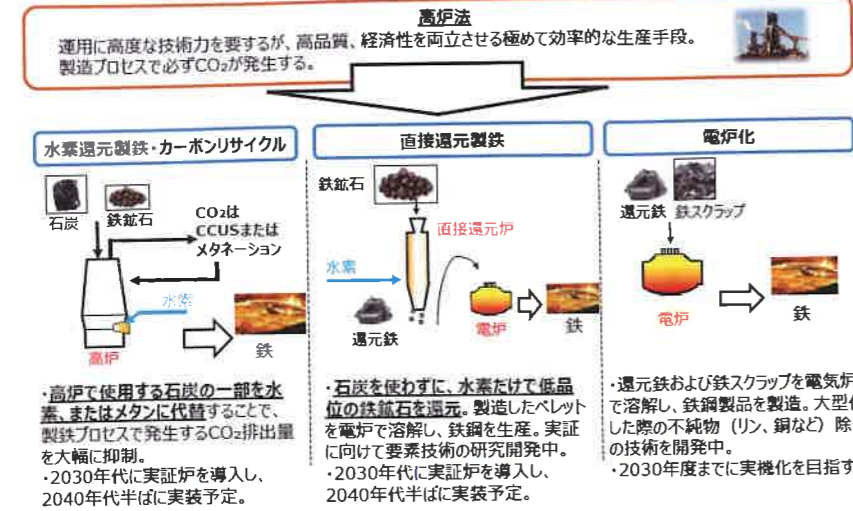


図-9 鉄鋼産業の脱炭素計画（経済産業省資料より）

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、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、脱炭素を押し進めるに際して、ほかの自然環境への影

6. おわりに

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、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、脱炭素を押し進めるに際して、ほかの自然環境への影

もまた、二酸化炭素の削減に有効と考えることができる。  
インフラの老朽化は、現実のものとなりすでに国土交通省は例えば道路橋の点検を実施するように指示し、国土交通省の管理下の道路橋のみならず、高速道路会社、地方自治体の道路橋も

点検を行い、補修・補強を行っている。表1は、二〇一四年度から二〇一八年度の五年間の点検で劣化グレードⅢ及びⅣと評価された橋梁の数と、それに対する補修の実施状況を示しているが、地方自治体では補修が進んでいないことを示している。これは、国の予

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。

- 【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) IPCC A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) 会澤高圧コンクリートHPより
- ⑩) IPCCとは、国連気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change)
- 1) CO<sub>2</sub>Aとは、International Conference on Computing, Communication and Automationの略
  - 2) 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。
  - 3) カーボンリサイクルとは、排出されるCO<sub>2</sub>を炭素資源として、これを回収して再利用すること。
  - 4) 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。

2050年“カーボンニュートラル”ビジョン[SO-CN2050]



図-7 住友大阪セメントのCN

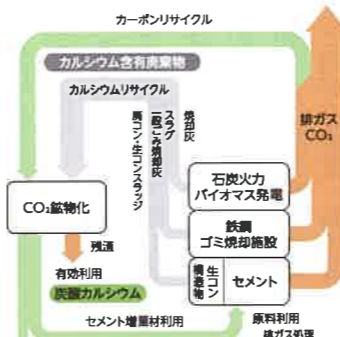


図-8 カーボンリサイクルの概念



写真-1 カーボンキュアコンクリートの製造

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  
が大きく。鉄鋼分野での脱炭素に向けた活動は、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)。日本製鉄は、二〇三〇年までにCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を三〇~四〇%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

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

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-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

4. 鋼材が排出する二酸化炭素と脱炭素化の動き

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。