

建築物における 環境配慮型コンクリートの導入に向けて

旭川開発建設部 施設整備課

網走開発建設部 施設整備課

○今田 敢己

三木 俊一

那須野 拓磨

近年、カーボンニュートラルの取り組みとして環境配慮型コンクリートが注目されており、新しい材料や技術が開発されているところであるが、建築部門においては建築基準法上の規制もあり積極的な活用には至っていない。本研究では、環境配慮型コンクリートを活用する際の調達や施工条件、コストなどを調査・検討することで、建築部門における利用の促進に資することを目的とする。

キーワード：カーボンニュートラル、環境配慮型コンクリート、構造材料、調達

1. はじめに

(1) 背景

近年、カーボンニュートラルの取り組みが活発化しており、「環境配慮型コンクリート」もしくは「低炭素コンクリート」といった、製造時の二酸化炭素を削減したコンクリートに注目が集まっている。コンクリートは現代の建築部門および土木部門には不可欠な構造材料である。その強度と価格の面や施工の容易さから、一般に最も使用されている資材の一つであり、建築物、道路、ダム、高架橋、トンネルなど用途は多岐にわたる。建設業において重要資材であるコンクリートだが、製造プロセスにおいて二酸化炭素の排出量が多い点が課題となっている。製造時の二酸化炭素を削減したコンクリートは、建築部門においては建築基準法上の規制もあり積極的な活用には至っていないのが現状である。それらのコンクリートの活用促進を図ることは、建築部門における重要な課題の一つであると考えられる。

(2) 考察の目的

本稿では、実際の建物に環境配慮型コンクリートを導入した際の効果検討、コンクリート工場やコンクリート製品製造会社、設計事務所などへのヒアリングによって、環境配慮型コンクリートの有用性や課題・問題点について調査・考察を行う。その考察に基づき、北海道における環境配慮型コンクリート活用における問題点の解決策を提示し、活用促進についてはカーボンニュートラルの取り組みの一助となることを目的とする。

2. 環境配慮型コンクリートの概要

本稿では、製造時の二酸化炭素を削減したコンクリートを「環境配慮型コンクリート」として名称を統一し、本章では、環境配慮型コンクリートの特徴や種類について述べる。

(1) 環境配慮型コンクリートとは

前述したとおり、環境配慮型コンクリートとは製造時の二酸化炭素を削減したコンクリートのことを指す。

コンクリート製造時に排出される二酸化炭素のうち大部分は、コンクリートの材料であるセメントを製造する際に排出されている。そのため、セメント製造時に排出される二酸化炭素を削減することが環境配慮型コンクリートの手法の一つである。

また、コンクリート材料の製造やコンクリートを打設する際に液体状や気体状の二酸化炭素を吸着させる手法も開発が進んでいる。これは二酸化炭素をコンクリート内部に吸着させることで、排出量を抑えるといった手法になっている。

(2) 環境配慮型コンクリートの種類とその特徴

環境配慮型コンクリートの種類を分類するにあたり、原材料からコンクリート製造までの流れを説明する。コンクリートはセメントと水に砂・砂利などを混合することで製造される。セメントの材料は、クリンカやせっこうとなっており、このクリンカを生成する際、石灰石の燃焼時に多くの二酸化炭素が発生する。この製造工程で発生する二酸化炭素を削減するため、いくつかの手法が

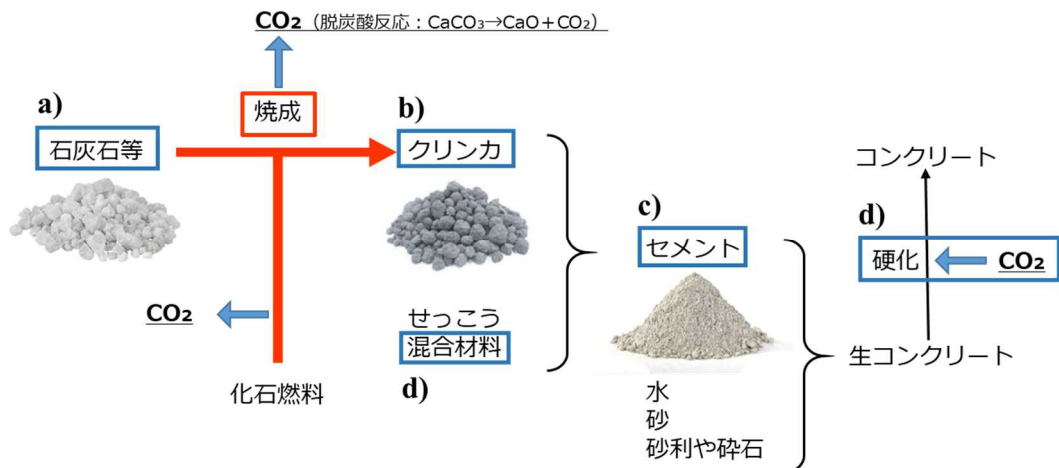


図-1 コンクリート打設の流れ

開発・導入されている。コンクリート製造までの流れを図-1に示し、それらの環境配慮型コンクリートの特徴を下記a)～d)に示す。

a)石灰石を別材料で代替

廃コンクリートや廃せっこうボード等から、カルシウム成分を取り出す。クリンカ生成時に発生した二酸化炭素を回収し、上記のカルシウム成分と化学反応させ人工石灰石を製造する。この人工石灰石からクリンカを生成する際に、発生する二酸化炭素を循環再利用することができ、二酸化炭素排出量を削減する。しかし、クリンカ生成時の二酸化炭素を回収する設備を導入する必要があるコストがかかる。また、技術的には開発段階のものとなっている。

b)クリンカを別材料で代替

クリンカを産業廃棄物（高炉スラグ、フライアッシュ等）で一部代替する。それにより、クリンカ生成時の二酸化炭素排出量を削減する。特別な材料や設備などを必要とせず、すでに実用化されている。

c)セメントを別材料で代替

セメントを産業廃棄物と混合材料で一部代替する。それにより、セメント製造時のクリンカ使用量を削減し、クリンカ生成時の二酸化炭素排出量を削減する。b)と同様に特別な材料や設備などを必要とはしないが、部分的な導入にとどまっており、b)ほど実用化には至っていない。

d)二酸化炭素を吸着

クリンカ生成時に発生した二酸化炭素を回収し吸収させた炭酸カルシウムや、二酸化炭素を吸収した木質バイオマス为原料とするバイオ炭などをセメントの材料として用いることで、コンクリート内部に二酸化炭素を吸着させる。または、セメントの材料に二酸化炭素と化学反応を起こし取り込みながら硬化する混和材料を用いることで、二酸化炭素を吸着させる。特殊な材料が必要であり、二酸化炭素を回収する設備も必要であるため、大きなコストがかかる。今後は部分的に導入されると考えら

れる。

以上の環境配慮型コンクリートの特徴をまとめると以下の表-1のようになる。

表-1 環境配慮型コンクリートの特徴

	コスト		技術	CO ₂ 削減量
	材料	設備		
a)石灰石を代替	不要	必要	開発段階	—
b)クリンカを代替	不要	不要	実用化	約20%～40%
c)セメントを代替	不要	不要	部分的導入 ～実用化	約10%～90%
d)二酸化炭素を吸着	必要	必要	開発段階 ～部分的導入	約25%～100%以上

3. 環境配慮型コンクリートの有用性

本章では、北海道開発局旭川開発建設部にて整備された建物について、建設する際に使用するコンクリートを環境配慮型コンクリートに置き換えた場合の二酸化炭素削減量を調査し、環境配慮型コンクリートの有用性について述べる。

従来のコンクリートを使用する際に発生する二酸化炭素はコンクリート1m³あたり270kgとし、削減できる二酸化炭素は最も実用化されているb)より30%と設定し、二酸化炭素削減量の想定を行った。

(1) RC造での比較

建物1 RC造平屋建 電気室

延床面積：55 m² 建築面積：55 m²

使用コンクリート量 75 m³

発生した二酸化炭素量 20,250kg

環境配慮型コンクリートを使用した場合の

二酸化炭素削減量 6,075kg

建物2 RC造平屋建 電気室
延床面積：170 m² 建築面積：170 m²
使用コンクリート量 270 m³
発生した二酸化炭素量 72,900kg
環境配慮型コンクリートを使用した場合の
二酸化炭素削減量 21,870kg

建物3 RC造平屋建 電気室
延床面積：270 m² 建築面積：270 m²
使用コンクリート量 550 m³
発生した二酸化炭素量 148,500kg
環境配慮型コンクリートを使用した場合の
二酸化炭素削減量 44,550kg

(2) 木造での比較

建物4 木造平屋建 公衆トイレ
延床面積：180 m² 建築面積：180 m²
使用コンクリート量 80 m³
発生した二酸化炭素量 21,600kg
環境配慮型コンクリートを使用した場合の
二酸化炭素削減量 6,480kg

建物5 木造2階建 管理棟
延床面積：290 m² 建築面積：180 m²
使用コンクリート量 80 m³
発生した二酸化炭素量 21,600kg
環境配慮型コンクリートを使用した場合の
二酸化炭素削減量 6,480kg

建物6 木造2階建 管理棟
延床面積：640 m³ 建築面積：330 m³
使用コンクリート量 220 m³
発生した二酸化炭素量 59,400kg
環境配慮型コンクリートを使用した場合の
二酸化炭素削減量 17,820kg

RC造は延床面積に対するコンクリート量が大きいため、大幅な二酸化炭素の削減が見込める。また木造においても、RC造ほどの効果はないものの、二酸化炭素の削減が可能であることが分かった。

4. ヒアリング調査

本章では、環境配慮型コンクリートについてコンクリート工場およびコンクリート製品製造会社、設計事務所にヒアリングを行い、環境配慮型コンクリートの導入状況や導入について調査・考察を行った。

(1) コンクリート工場およびコンクリート製品製造会社

IMADA Kango, MIKI Shunichi, NASUNO Takuma

北海道内で環境配慮型コンクリートを扱っている、コンクリート工場およびコンクリート製品製造会社に対してヒアリングを行い、本調査では7社から回答を得ることができた。ヒアリング内容および結果を以下に示す。

Q1. どのような環境配慮型コンクリートを使用しているか教えてください。

(例) コンクリートの材料（クリンカやセメントなど）を別の材料で代替している

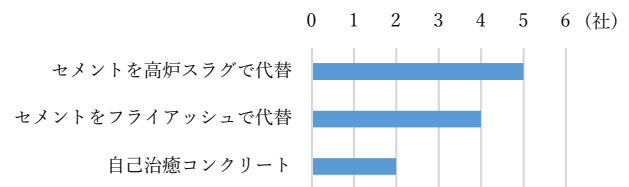


図-2 使用している環境配慮型コンクリートの種類

環境配慮型コンクリートを使用していると回答した7社の内5社において、高炉スラグもしくはフライアッシュでセメントを代替している環境配慮型コンクリートを使用していることが分かる（図-2）。これらの環境配慮型コンクリートは、2. (2) で記述した環境配慮型コンクリートの種類の内、b)、またはc)に当たる。前述の種類には挙げていないが、自己治癒コンクリートを使用しているとの回答もあった。コンクリートに特殊な材料を混合し、コンクリート自体が自己治癒によって補修されるというものであり、補修や改修する頻度が減るためコンクリートの使用量が減り、二酸化炭素の排出量が削減できる。このような特徴から、本稿では自己治癒コンクリートも環境配慮型コンクリートに分類する。

表-1にあるように、セメントを代替する場合では特殊な材料や設備増設の必要が無く比較的導入しやすいと考えられ、上記のような回答結果になったと推察できる。

Q2. 環境配慮型コンクリートをいつから導入したか教えてください。また、導入してからの需要傾向についても教えてください。

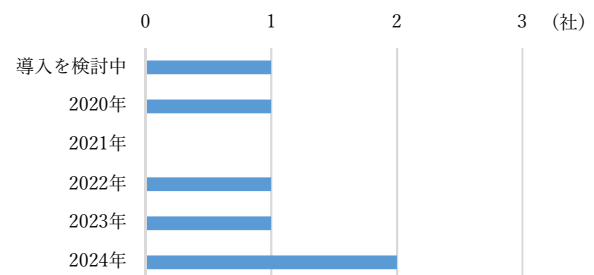


図-3 環境配慮型コンクリート導入時期

2020年から現在にかけて、環境配慮型コンクリートの導入が進められていることが分かる（図-3）。現在は環境配慮型コンクリートを導入していない会社も、導入を検討中と回答があったことから、今後導入する会社が増えていくと考えられる。

需要傾向については、需要増は感じられず特に変化は無いという回答があった。

Q3. 扱っているコンクリートの内、環境配慮型コンクリートがどの程度の割合を占めるか教えてください。

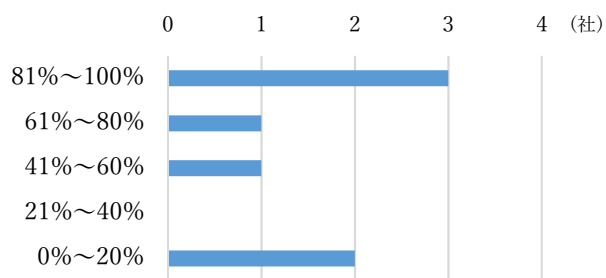


図-4 環境配慮型コンクリートの取扱割合

環境配慮型コンクリートを使用していると回答した7社の内3社が80%以上、1社が60%以上、1社が40%以上、残り2社が20%以下という回答が得られた（図-4）。

60%以上との回答が半数以上あったことから、環境配慮型コンクリートの導入が進んでいると考えられる。

Q4. 建築分野において、環境配慮型コンクリートを導入した実績があるか教えてください。導入した実績がある場合は、民間工事が公共工事のどちらで導入したかも教えてください。

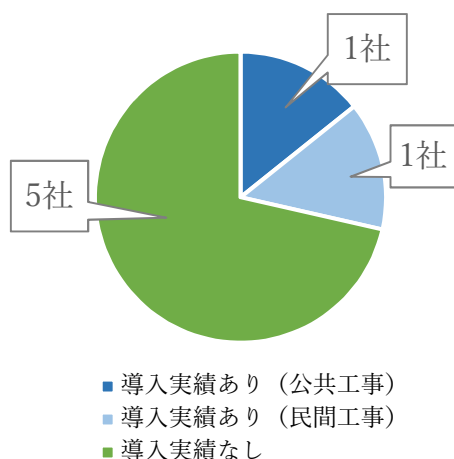


図-5 環境配慮型コンクリートの導入実績

建築分野での導入は、7社の内2社のみとなっている（図-5）。導入実績のある2社の内、公共工事での導入実績のある会社は1社だけであったが、側溝や柵類とい

った外構資材での導入となっており、建物本体への導入は無いことがわかった。また、建築分野での導入では無いが、北海道開発局発注の土木分野での導入実績ありという回答が1社から得られた。土木分野での導入についてヒアリングを行っていないが、調査にあたり会社ホームページを閲覧したところ、土木分野での公共工事において導入実績ありと記載している会社が複数見られたため、土木分野では比較的導入が進められていると考えられる。

Q5. 納期、コスト、施工性といった面で従来コンクリートと違う点があれば教えてください。

- ・高炉セメントを用いた配合は、養生期間の増加に伴い稼働率が下がるため生産コストが増加することが懸念される。
- ・初期強度が低い場合、コンクリート製造の回転率が悪くなる。型枠を増やさなければならず、納期が倍以上必要になりコストは20%増える。
- ・従来製品と納期、コストは変わらずに提供している。施工面についても従来品と同様に使用されている。
- ・納期、施工性に違いなし。コストアップ（設備増設）。
- ・従来コンクリートと変わりなく製造・販売を行っている。

以上のような回答が得られた。従来コンクリートと違う点は特に無いという回答と、生産コストが増加するという回答が混在している。環境配慮型コンクリートにするための混和材料の配合比率や製造環境により差が出ることが予想される。今回のヒアリングでは、配合比率や製造環境については言及していないため、従来コンクリートとの違いについて把握し、環境配慮型コンクリートの普及を促進するための課題になる部分であると考えられる。

また、今回はコンクリート工場およびコンクリート製品製造会社を対象にしたヒアリングを行った。実際に建物を建てる際にコンクリートを打設するのは、コンクリート打設業者であるため、施工性について従来コンクリートとの違いを把握するためには、コンクリート打設業者をヒアリング対象にすることも今後検討が必要であると考えられる。

(2) 設計事務所

公共建築の設計経験がある設計事務所に対してヒアリングを行い、本調査では4社から回答を得ることができた。ヒアリング内容および結果を以下に示す。

Q1. 設計を行う上で、環境対策・カーボンニュートラルを行うために検討している事例を教えてください。

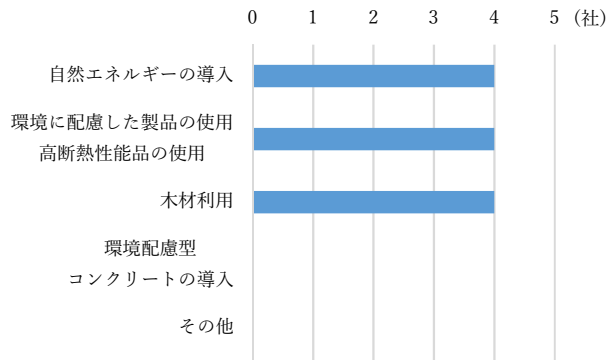


図-6 環境対策・カーボンニュートラルのために検討している事柄

環境対策・カーボンニュートラルのために検討している事柄としては、「自然エネルギーの導入」「環境に配慮した製品の使用・高断熱性能品の使用」「木材利用」が挙げられた（図-6）。上記の事柄は、ヒアリングを行った設計事務所すべてが検討しているという回答になった一方で、「環境配慮型コンクリートの導入」は検討されておらず、他の環境対策に比べて、浸透していないことが分かる。

Q2. 上記の質問で検討している事柄について、実際に導入を行った事柄を教えてください。

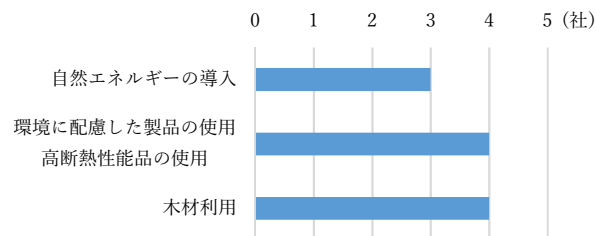


図-7 検討後、実際に導入した事柄

環境対策として検討されている「自然エネルギーの導入」「環境に配慮した製品の使用・高断熱性能品の使用」「木材利用」について、ほとんどが実際に導入されていることがわかる（図-7）。上記回答結果に加えて、下記内容についてもヒアリングの回答があった。

- ・「木材利用」は積極的に検討・導入している
- ・「環境に配慮した製品の使用・高断熱性能品の使用」は、省エネ法を満たすため自動的に検討している場合が多い。
- ・「自然エネルギーの導入」は費用対効果が見込まれないため、提案しても採用されないことが多く、導入実績のある設計者でも不採用になることが多い。

実際に導入するためには、検討した後様々な課題点の

解決が必要である。その際に、どのような課題があったか、それらの課題をどのように解決したのかを把握することで、「環境配慮型コンクリートの導入」が検討された際、実際の導入まで結びつけられる可能性が高くなると考えられるため、今後の課題としたい。

Q3. 検討を行っていない理由を教えてください。

- ・あまり知識がない
- ・使用したことがなく、よくわからない
- ・馴染みがない
- ・知らなかった

以上のような回答が得られた。回答としては、環境配慮型コンクリートについてよく分からないため、検討を行っていないという内容になった。本章前半でのヒアリング結果にもあるように、建物への環境配慮型コンクリート導入の実績がほとんど無いのが現状である。実績が少ないため、どのようにしたら導入できるのか、どのような過程で導入に至るのかなどが不明瞭であり、導入が検討されていないと考えられる。これによりまた実績が作られないといった悪循環が発生し、積極的な導入に至っていないと考察できる。他の環境対策として検討されている項目に比べ、実績が少ないことが問題であると言える。

Q4. 検討を行う場合、導入が難しいと思われる理由を教えてください。

- ・通常のコンクリートと同様に使えるのかどうか分からない
- ・通常のコンクリート同様に使えたとしても、近場のコンクリート工場が対応できるかどうか分からない
- ・構造的や、コスト的な面において検討が必要になる

以上のような回答が得られた。前述したように、建物への環境配慮型コンクリート導入の実績が少ないため、検討における課題が多く存在することが分かる。やはり実績が少ないことが、検討・導入の妨げとなっており、解決すべき課題であると考えられる。

5. 解決策の提示

環境配慮型コンクリートを導入するにあたり発生すると考えられる問題点に対して、コンクリート工場およびコンクリート製品製造会社、設計者それぞれへの解決策を提示する。

(1) コンクリート工場およびコンクリート製品製造会社

コンクリート工場およびコンクリート製品製造会社においては、環境配慮型コンクリートの導入が進められており生産・製造する会社は今後増えていくと考えられる。

近年、カーボンニュートラルの取り組みが活発になって
いることから、環境配慮型コンクリートの需要も増加し、
高い水準で需要と供給が釣り合うと推測される。

問題点としては、生産・製造するにあたり従来コンク
リートと比較してコストがかかることである。ヒアリン
グにおいて、初期強度低下による養生期間の増加や、設
備増設によるコストの増加が懸念されている。一方で従
来コンクリートとコストは変化ないと回答している会社
もあるため、そのような会社の生産・製造における技術
や環境の調査を行い、コストを抑えるためにどのような
取り組みを行っているかを把握し、コスト増加を懸念し
ている会社に情報提供を行うことを解決策として提案す
る。生産・製造レベルの底上げにより、環境配慮型コン
クリートの導入がより一層進められると考える。

(2) 設計事務所

設計者においては、環境配慮型コンクリートに関する
情報が少ないことが最も大きな問題であると考ええる。ヒ
アリング結果からも推察されるが、建物への環境配慮型
コンクリート導入の実績が少ないことから、検討・導入
が進んでいないと考えられる。この問題の解決策として、
国や地方自治体の行政機関による環境配慮型コンクリ
ートの活用モデル工事の実施を提案する。既に土木分野で
は、環境配慮型コンクリート活用モデル工事の実施が取
り組まれており、建設現場における脱炭素化が推進され
ている。今回のヒアリングにおいても、北海道開発局発
注の土木分野での環境配慮型コンクリート導入実績有り
と回答があったことから、モデル工事实施により環境配
慮型コンクリート導入増加への効果はあると考える。建
築物への導入実績を行政機関が率先して作っていくこ
とで、環境配慮型コンクリート導入増加への足がかりとな

ることを期待したい。

6. まとめ

カーボンニュートラル実現を目指している近年におい
て、建築分野での取り組みとして環境配慮型コンクリ
ートの導入は必要不可欠である。調査を行うにあたり、環
境配慮型コンクリートの有用性は明らかだが、一方で実
際に導入には至っていない現状が見られた。本稿では、
環境配慮型コンクリート導入にあたっての懸念に対する
解決策として、ヒアリングで得られた技術やモデル工事
実施による建築工事への導入を提案した。しかし、導入
にあたっての問題は今回の調査ですべて明らかになった
とは考えられない。今後も調査を継続し問題点を明確に
することで、より具体的かつ適切な解決策を提示してい
くことが必要であると考ええる。それらの解決策が、建
築分野での環境配慮型コンクリート導入の増加および活
用促進、ひいてはカーボンニュートラル実現の一助とな
ることを期待したい。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：コンクリート・セメントで脱炭素社会を
築く！？技術革新で資源もCO₂も循環させる 2021年
- 2) 一般社団法人セメント協会：循環型社会構築に向けた取り組
み 廃棄物・副産物の有効利用
- 3) 大林組：低炭素型のコンクリート「クリーンクリート®」
- 4) 清水建設：コンクリート内部にCO₂を固定してカーボンネガ
ティブを実現する「バイオ炭コンクリート」
- 5) 鹿島建設：植物のようにCO₂を吸い込むCO₂吸収コンクリート
- 6) 會澤高圧コンクリート：aNET ZEROイニシアティブ