

2023 年度（第 21 回） 建築・住宅技術アイデアコンペ

提案タイトル	CO <sub>2</sub> 吸収・固定材料の定量的な値を表示するガイドラインの構築	
提案概要 (200 字程度)	<p>カーボンニュートラルに向けてコンクリート分野では近年、CO<sub>2</sub> を固定化した材料の使用や、経年による材料への CO<sub>2</sub> 吸収で CO<sub>2</sub> 排出量をマイナスすることが主流となっている。一方で、CO<sub>2</sub> 吸収・固定した量の定量的評価手法はいくつかあるが統一されておらず、示された値がどの手法で算出したものか明確でない場合がある。</p> <p>本提案では、数ある評価手法から CO<sub>2</sub> 吸収・固定量を普遍的に示せる定量的な評価手法を選定し（必要に応じて新しく作り）、その値の表示を推奨するガイドラインを構築する。手法は、簡易な計算でできる手法と、なるべく高度な技術を必要としない機器を用いた手法の 2 通りとし、その 2 つの手法をガイドラインに載せて算出するよう促す。</p>	
提案ポイント	①新規性	<p>ガイドラインが普及することで、CO<sub>2</sub> 吸収・固定量が信頼のおける値で表示されることに新規性がある。</p> <p>現状は、示されている CO<sub>2</sub> 吸収・固定量が計算によるものか、測定によるものか、その手法もわからない場合がある。ガイドライン構築により表示が促されることで、その不透明な部分が解消される。</p>
	②実用性	<p>CO<sub>2</sub> 吸収・固定量を算出する手法は、既存の手法から実用性のあるものを選定する（必要に応じて新しく作る）。だれでもすぐに算出できるような計算による手法と、信頼性に重きをおいた測定による手法の 2 通りを準備する。測定による手法は、汎用性をもたせるために初期投資が安価な機器を使ってできる手法が望ましいと考える。</p>
	③異業種関連度合	<p>大学、評価機関、コンクリートを扱うメーカー、材料メーカー、機器メーカーが関連する。手法の選定には、その手法が妥当であるかの判断を行える有識者に参画してもらう必要がある。その手法に汎用性があるか、評価機関やメーカーが意見する。測定においては機器メーカーの協力が必要である。</p>
	④建築や社会に対するインパクト	<p>CO<sub>2</sub> 吸収・固定の技術開発がすすんでいる一方で、普遍性のある評価が確立されてないため、ガイドラインをもとにした定量的な評価を行うことで、示す値を横並びで評価できる。また測定結果を得ることで信頼ある技術の証明ができる。</p>

提案ポイントについて

① 新規性 :	「従来の建築・住宅技術」に対する新規性について述べて下さい。
② 実用性 :	ご提案のアイデアが、学術研究や情報の蓄積や整理の範囲にとどまらず、都市・建築空間で実地に用いる、あるいは実際に役立つ点を述べて下さい。
③異業種関連度合 :	コンソーシアムの特徴として異業種連携による研究活動をうたっています。ご提案のアイデアが、研究活動における異業種関連度合について述べて下さい。
④建築や社会に対するインパクト :	生活や産業経済、建築空間に対する影響など、研究目標が達成され、成果が実用化された場合の建築や社会に対するインパクトについて述べて下さい。

※こちらにご記入頂いた内容も審査の対象となります。提案ポイント項目は審査評価基準に基づきます。

## 1. 背景・目的

カーボンニュートラルに向けてコンクリート分野では近年、CO<sub>2</sub>を固定化した材料の使用や、経年により骨材へCO<sub>2</sub>を吸収させることでCO<sub>2</sub>排出量を削減することが主流となっている。

一方で、CO<sub>2</sub>吸収・固定した量の定量的評価手法はいくつかあり、示されている値がどの手法で算出したものかわからず明確でない場合があり、数値だけ見て評価している。

本提案では、数ある評価手法からCO<sub>2</sub>吸収・固定量を普遍的に示せる定量的な評価手法を選定・構築し、その値の表示を推奨するガイドラインを構築する。手法は、簡易な計算でできるような手法と、なるべく高度な技術を必要としない機器を用いた手法の2通りとし、その2つの手法をガイドラインに載せる。

## 2. 文献などで示されている評価手法の紹介

CO<sub>2</sub>吸収・固定量の評価方法は文献によって異なる手法を採用している。下記に示す手法は、その一例である。

### 2. 1. 計算による手法

中性化深さの算定式より、コンクリートが外気に面する表面積当たりのCO<sub>2</sub>固定量を以下のように算出できる。近年は環境配慮型コンクリートやセメントを使用しないコンクリートが開発されており、下に示す中性化速度係数Aの個々の係数(α<sub>1</sub>やα<sub>2</sub>など)について想定されていない材料を選んでいる可能性があるため値を見直す、あるいは新しく式をつくる必要がある。

$$co_2 = 0.411 \cdot d + 0.549$$

$co_2$ : 表面積当たりのCO<sub>2</sub>固定量(kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)       $d$ : 中性化深さ(mm)

$$d = A\sqrt{t}$$

$$A = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s$$

ここに、 $t$ : 期間(年)  
 $d$ : 中性化深さ(cm)  
 $k$ : 岸谷式では1.72、白山式では1.41  
 $\alpha_1$ : コンクリートの種類(骨材の種類)による係数  
 $\alpha_2$ : セメントの種類による係数  
 $\alpha_3$ : 調合(水セメント比)による係数  
 $\beta_1$ : 気温による係数  
 $\beta_2$ : 湿度による係数  
 $\beta_3$ : 二酸化炭素濃度による係数  
 $s$ : 仕上げ材による中性化抑制効果の係数

図1. 計算による手法例※国総研プロジェクト研究報告 第63号 第5章より転載

### 2. 2. 測定による手法

#### 2. 2. 1. TG-DTAを用いた手法

試料を加熱した際に起こる質量変化(TG)と発熱や吸熱などの熱的挙動(DTA)を同時に連続的に測定する方法であり、これらを基に、試料に含まれる炭素量を定量することができる。

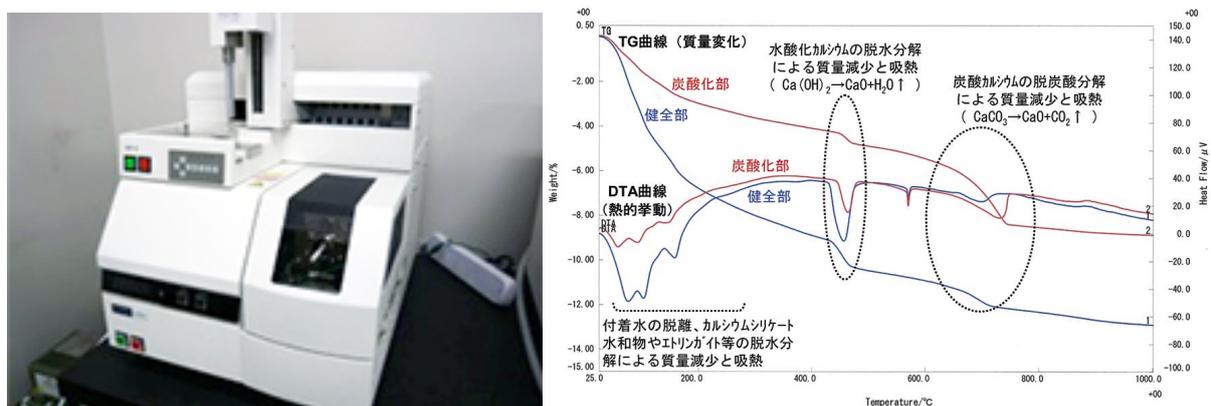
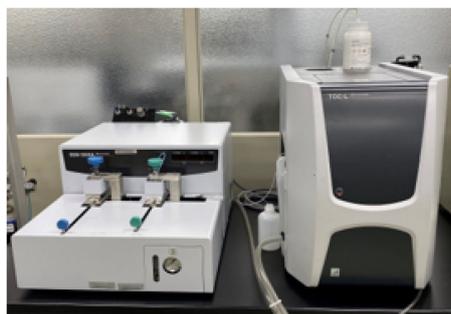


図2. TG-DTAのイメージ(左: 機器、右: 分析結果) ※太平洋コンサルタントHPより転載

## 2. 2. 2. TOC を用いた手法

セメントやコンクリートに吸収・固定化された CO<sub>2</sub> を、無機体炭素の測定が可能な TOC 計を用いて測定し評価する。得られた無機体炭素の含有量から、CO<sub>2</sub> 相当量を算出できる。



ポルトランドセメント試料		無機体炭素(IC)		CO <sub>2</sub> 換算値
開始日	1回目	0.02	0.02	0.06
	2回目	0.02		
10日後	1回目	0.24	0.25	0.91
	2回目	0.26		
42日後	1回目	0.44	0.44	1.6
	2回目	0.45		

(単位：wt%)

図3. TOC のイメージ (左：機器、右：分析結果) ※島津テクノロジー HP から転載

上記のように測定による手法もいくつかあるため、それらを参考にして扱い易く普及し易い手法を機器メーカーと一緒に構築する。

## 3. ガイドラインの構成

CO<sub>2</sub> 吸収・固定材料の吸収・固定量を定量的な値で表示させていくため、方向性を定めたガイドラインを構築する。ガイドラインの目次案を図4に示す。

### 目次

1. 趣旨  
⋮
2. ガイドラインの適用範囲  
⋮
3. 計算による CO<sub>2</sub> 固定量の算出方法  
⋮
4. 測定による CO<sub>2</sub> 吸収・固定量の算出方法  
⋮
5. CO<sub>2</sub> 吸収・固定量の表示方法  
⋮
6. 算出結果の記録・保存  
⋮

図4. 目次案

ガイドラインには、「1. 趣旨」で CO<sub>2</sub> 吸収・固定量を普遍性のある手法で算出し表示をするといった、目指すべき姿を示す。

「2. ガイドラインの適用範囲」には、コンクリートを構成する材料に範囲を絞ることなどを示す。

「3. 計算による CO<sub>2</sub> 固定量の算出方法」、「4. 測定による CO<sub>2</sub> 吸収・固定量の算出方法」には、有識者を交えて普遍性を考慮した視点から妥当な算出方法をつくり、その手法を掲載する。

CO<sub>2</sub> 吸収・固定の特徴をもつ商品の表示には、『年間\*トンの CO<sub>2</sub> を吸収』や『○○の CO<sub>2</sub> 排出量の \*% を吸収』と書かれていたり、単位が『kg (のみ)』、『t/年』、『%』と書かれていたり表現方法がばらばらであるため、「5. CO<sub>2</sub> 吸収・固定量の表示方法」には、算出した値を統一して表示させるための例を示し、その例に則って表示することを定着させる。また根拠となる算出の過程は「6. 算出結果の記録・保存」に則って十分な期間保存するようにする。

その他に、添付資料としてコンクリート関連の材料に絞った二酸化炭素原単位を載せる。CO<sub>2</sub> 排出量は、その原単位をもとに算出し、さらにガイドラインによる手法で算出した CO<sub>2</sub> 吸収・固定量をマイナスすることで総排出量が算出できる仕組みとする。