

NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025

プログラムNo.9

コンクリートにおけるCO₂固定量評価の 標準化に関する研究開発

グリーンイノベーション基金事業

CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発

発表：2025年7月15日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 栗原 諒

*団体名：(国)東京大学

[再委託先] (株)太平洋コンサルタント (国)名古屋大学 (国)千葉大学 (国)新潟大学 (国)京都大学 (国)北海道大学

(株)リガク(～2023年度) (国)琉球大学 および (国)広島大学(～2024年度)

問い合わせ先 国立大学法人東京大学 E-mail: i.maruyama@bme.arch.t.u-tokyo.ac.jp, ryo.kurihara@bme.arch.t.u-tokyo.ac.jp

 目次

■ 研究計画概要

- (1) 背景・目的
- (2) 開発目標
- (3) 開発項目・実施内容

■ 研究成果トピックス

- (1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発
- (2) 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発

■ まとめ / 課題と今後の取り組み

研究計画概要



(1) 背景・目的

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」の中で、
コンクリート関連分野は、成長が期待される14分野のうち
カーボンリサイクル・マテリアル産業として位置づけ [参考] 経済産業省HP

- 
- ✓ CO₂排出量削減／固定化に関する技術開発が活況
 - ✓ カーボンプライジングの導入を視野に
炭素税や排出量取引の検討はじまる



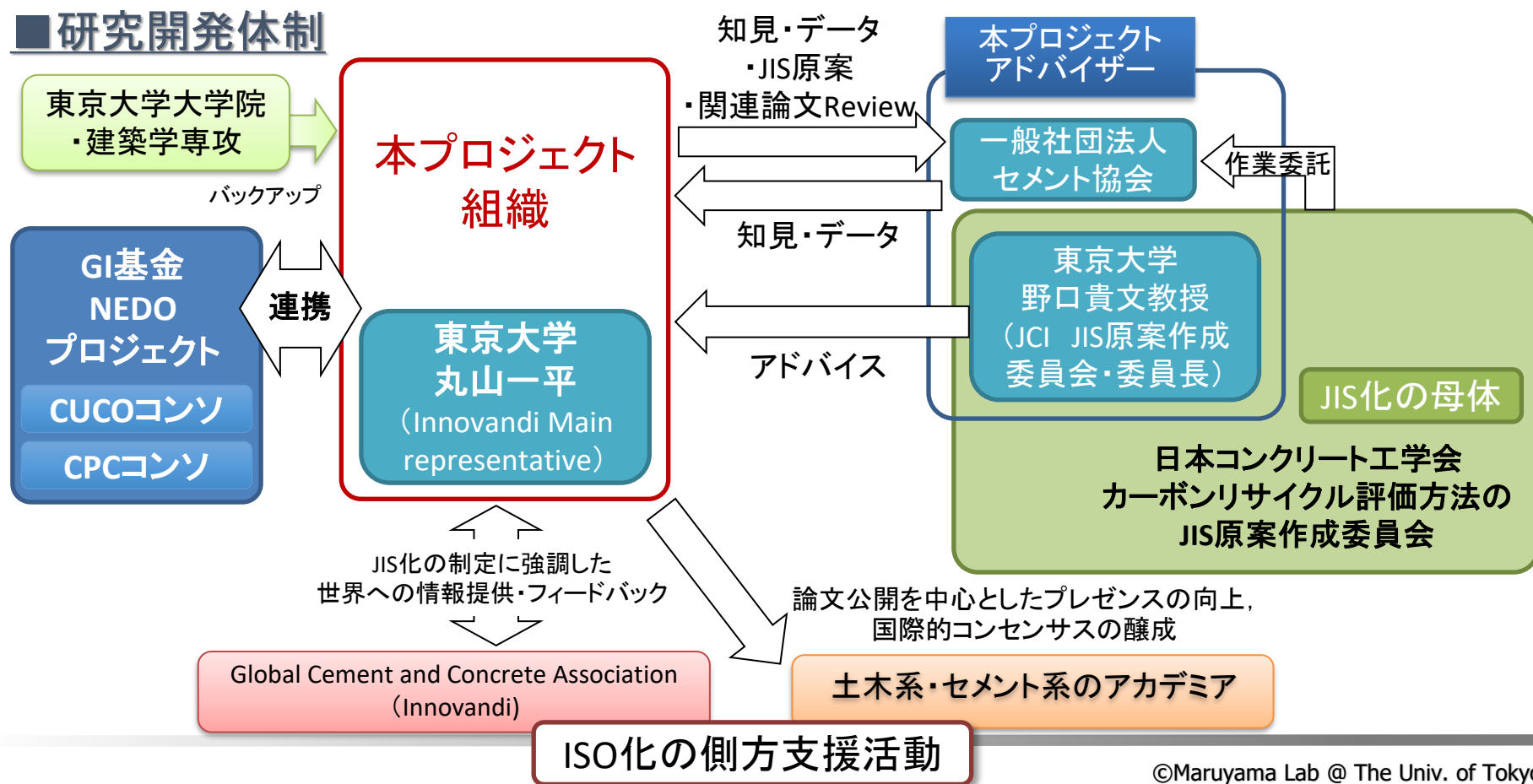
CO₂固定量が重要な評価対象
⇒ CO₂固定量および固定能力の評価に対するニーズが高まる

[課題] CO₂がどのくらいコンクリートに固定化されているか
評価するための方法はまだ標準化されていない

(2) 開発目標

- 2030年までに、CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理手法（CO₂固定量の計測・評価方法）の確立
- 国際標準化の実現

研究開発体制



(3) 開発項目・実施内容

■本PJ内での開発項目・実施内容

実験的事実と科学的基盤に基づき、以下の**CO₂固定量評価方法 / 品質管理方法**を開発

- **[開発項目①]** コンクリート用材料・コンクリートのCO₂固定量
- **[開発項目②]** 構造物供用中のコンクリートのCO₂固定量
- **[開発項目③]** CO₂固定に関する品質管理方法

**標準化 (JIS / ISO)
目指す**

■コンクリートのライフサイクルにおける各開発項目の関係（体制は2023年度時点）



(3) 開発項目・実施内容 **[開発項目1]** の取組み概要

- 国内外の既存研究や動向を調査の上、いくつかのCO₂評価手法を用いて各種試料を測定し、測定結果の再現性、ばらつきを確認
- 測定値の差異・誤差要因を確認し、測定上の問題点、課題を整理
- 代表性を確保できる前処理方法やサンプリング手法、有機材料によるCO₂定量に及ぼす影響低減なども含めて検討し、標準化案を策定

湿式分析例(逆滴定法)



示差熱天秤分析装置



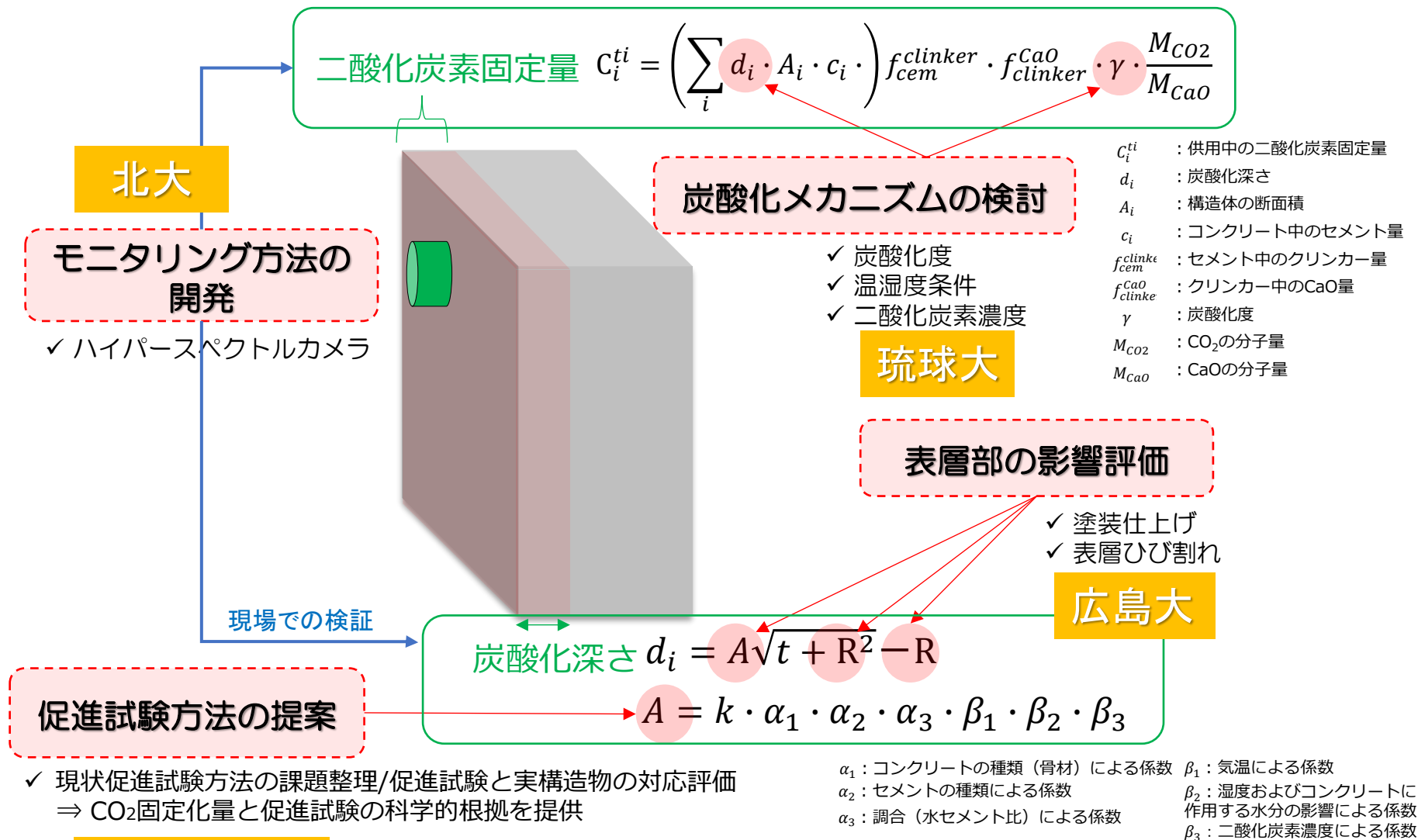
炭素・硫黄分析装置





(3) 開発項目・実施内容

[開発項目2] の取組み概要 (体制は2024年度時点)



研究成果トピックス



- (1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発
- (2) 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発



(1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発

■従来の試料調整(粉砕/縮分操作)の一例



数日かけて数kgのコンクリートを均一な粉末にして
数十mgの量で複数回測定する必要

☐ (1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発

■装置開発の概要

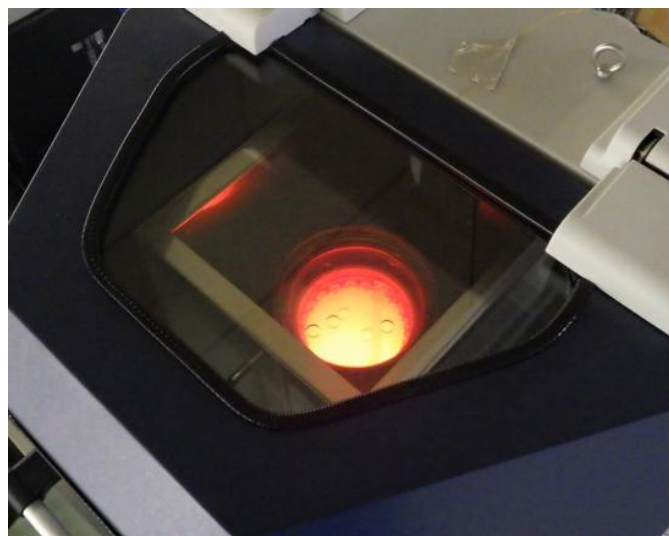
- ✓ 粉末化の作業の簡略化
- ✓ 測定したデータのばらつき低減

課題解決

バルクのコンクリート試験体 (φ10x20cm, φ5x10cm, 骨材群) を
そのまま測定できる大型コンクリート分析装置を開発



装置内にセットした
コンクリート試験体



加熱測定時の状態

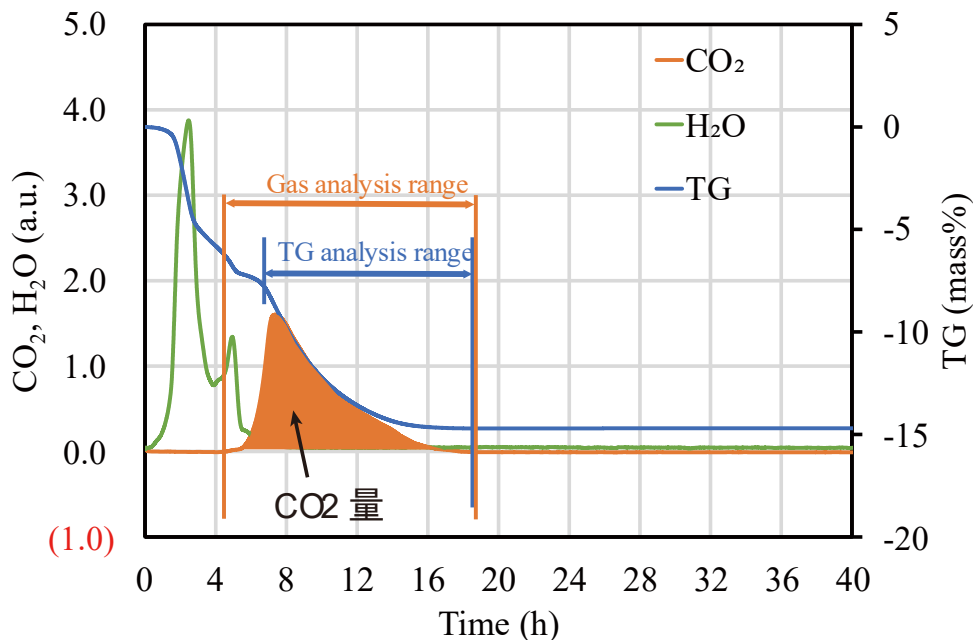




(1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発

■開発装置での測定事例

オレンジで囲まれた面積が、試料中のCO₂量を表す



- 開発装置による測定結果は、コンクリートを練り混ぜた時の材料構成比率と、構成材料中それぞれのCO₂量から算出した理論値と整合
- 作業工数も大幅に削減

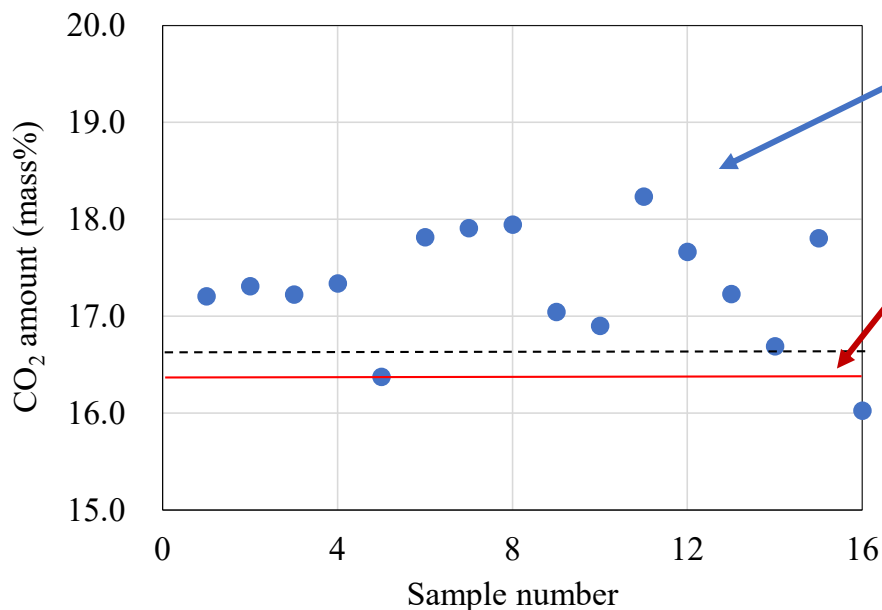
■作業工数の比較





(1) コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発

■従来法で実施した場合との比較



- : 従来法で試験体を粉砕し、微量で測定したデータ
- : 材料製造時の構成材料から計算した理論値
- : 開発した装置での測定値

- 従来法で粉砕し、測定した結果は、バラツキが大きい
- 開発した装置での測定結果は、理論値（図中の赤線）に近い

試験体中のCO₂量が均一な場合のみならず、**試験体中のCO₂固定量にバラツキがある場合**でも、**効率良くかつ高い精度**で、代表サンプル中の**CO₂固定量を測定できる**

㊦ (2) 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発

(実施項目3 CO₂の固定に関する品質管理方法に関する技術開発)

[課題] 今後、炭素税などの導入により、偽装した炭酸塩含有材料等が生じ得る

➡ 排出したガス等のCO₂源からCO₂を無機塩として固定したことを確認できる手法を明らかにする

- ✓ ガス（空気、工場排ガス等）と固定した炭酸塩におけるCO₂中の炭素同位体（¹⁴C）の含有率を利用
- ✓ ガス固定を実施したかどうかの確認を行う手法を検討

品質管理、CO₂固定のトレーサビリティ確保

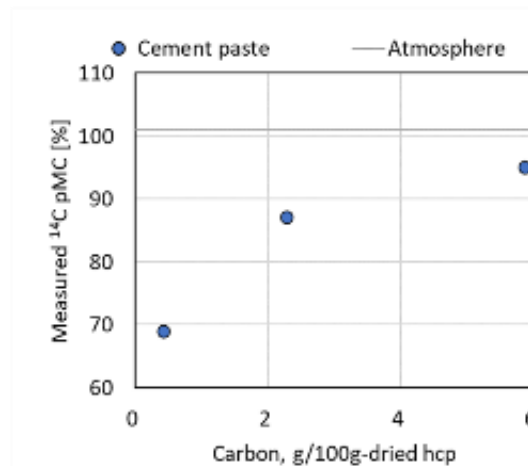
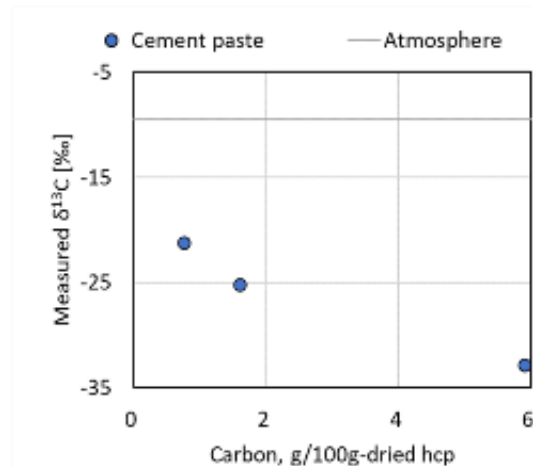


図：名古屋大学・宇宙地球環境研究所
タンデトロン年代測定研究グループ所有の炭素同位体測定装置

(2) 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発

■炭素同位体の特性

- ¹³C and ¹⁴C
 - $pMC = \left(\frac{\Delta^{14}C}{1000} + 1 \right) 100$.
- The atmospheric value of *pMC* is taken as 101.1%[20,21,22]
- The atmospheric value of $\delta^{13}C = -10\text{‰}$ [21,22]



- 大気中の炭素を取り込むにつれて、¹³Cの割合が減少し、¹⁴Cの割合は大気のレベルに近づく
- ¹³Cの減少は、炭酸塩の沈殿時に起こる同位体分別という自然現象と一致
温度やpHなどの要素も影響を与えることが、既往研究から分かっている
- ¹⁴Cは同位体分別の影響を受けにくいいため、炭素の起源を追跡する上で非常に有効な指標となる



(2) 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発

■空気および高濃度CO₂で固定化したサンプルの妥当性確認

Direct air capture validation

- pMC is independent from fractionation

$$\rightarrow pMC_{spl} = pMC_{carbon\ origin}$$

$$\rightarrow R_{spl}^{14} = R_{atm}^{14}$$

$$\therefore \delta^{14}C = \frac{R_{spl}^{14}}{R_{std}^{14}} - 1$$

$$\therefore (\delta^{14}C)_{spl} = \frac{\chi R_{atm}^{14} + (1 - \chi) R_{ini}^{14}}{R_{ref}} - 1$$

Based on:

$$pMC = \left(\frac{\delta^{14}C}{1000} + 1 \right) 100.$$

- $(pMC)_{atm}$: the value of atmosphere

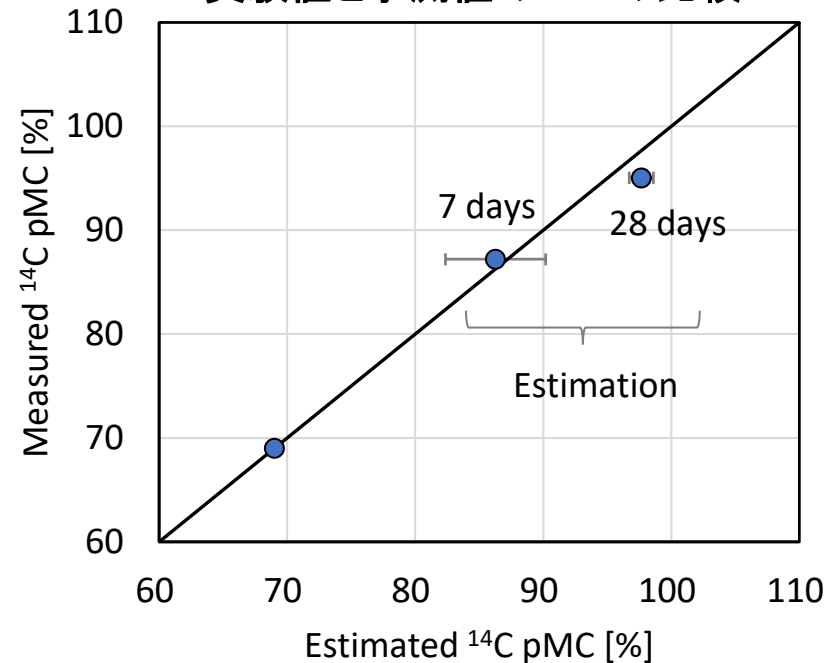
$(pMC)_{ini}$: the value of initially included carbon in sample

- χ , the ratio of carbon from air-capture to the total carbon in the sample. when carbonation period=0d, then $\chi=0$, as the initial situation.



$$(pMC)_{spl} = \chi(pMC)_{atm} + (1 - \chi)(pMC)_{ini}$$

<実験値と予測値の $\Delta^{14}C$ の比較>



- 実験値と予測値は良い一致を見せており、カーボンの増加量と $\Delta^{14}C$ の変化量から、想定した空気が付いていることを実証可能

➤ DACによるCO₂固定化の真贋評価等の活用に期待

まとめ / 課題と今後の取り組み



☐ まとめ

- コンクリートに特化したCO₂固定量測定装置の開発
 - ・ 既往装置の原理を応用して、φ10×20cm の大型試験体まで測定可能な装置の開発
 - 分析工程の大幅な省力化と高精度化を達成
- 空気中のCO₂固定を証明する方法の開発
 - ・ 空気中のCO₂と反応して無機炭酸塩の形で固定化したことと、固定化したCO₂量を、¹⁴Cを用いて明らかにする手法を開発
 - 炭酸塩化の工程を想定した試料を準備し、もとのガス／溶液ならびに固定化後の物質に対して、¹⁴C量比を測定し、固定化の確認手段となることを実証

課題と今後の取り組み

1) 測定方法の標準化（JIS/ISO化）に向けた対応

- さまざまな測定手法をJISにしていくための検証、提案を継続
- ISO化につながるよう国際的なアクティビティを強化、情報発信の継続
- GI事業の他コン素との知見／情報交換
- 炭酸化メカニズムに関する科学的知見の確立
- 論文投稿、国際会議での発表、他学協会での活動への参画

2) 評価手法の実材料・実構造物での適用性検証

- 実際の製品に対する適用性評価と適用性拡大のための技術開発
- 実構造物から採取したサンプルについても検討対象に